

Міністерство освіти і науки України

**Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя**

*Кафедра технічної механіки та  
сільськогосподарських машин*

# **МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТВАРИННИЦТВА**

**НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК**  
(курс лекцій)

**Частина 1**

для студентів спеціальності  
208 «Агроінженерія»

Тернопіль  
2021

**УДК 631.22(075)**

**X 76**

**Автори:**

**Н. І. Хомик**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин

**А. Д. Довбуш**, старший викладач кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин

**В. П. Олексюк**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин

**Рецензенти:**

**Н. П. Болтик**, к.с.-г.н., директор Тернопільської дослідної станції Інституту ветеринарної медицини НААН України

**А. Й. Матвійшин**, к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобілів Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

*Розглянуто на засіданні кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин, протокол № 9 від 18.03.2021 р.*

Схвалено й рекомендовано до друку та впровадження у навчальний процес на засіданні вченої ради ТНТУ імені Івана Пулюя, протокол № 8 від 22.06.2021 р.

**Хомик Н.І.**

**X 76** Машини та обладнання для тваринництва: навчальний посібник (курс лекцій). Частина перша / Н. І. Хомик, А. Д. Довбуш, В. П. Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 240 с.

Посібник розроблено відповідно до навчальної програми і призначено для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія», може бути рекомендований і для фахівців інших спеціальностей.

У посібнику у короткій формі викладено класифікацію машин та обладнання, що забезпечують високу якість виконання технологічних процесів у тваринництві і птахівництві, основи теорії розрахунку їх робочих органів та методику обґрунтування основних параметрів. Частина перша вміщає такі матеріали: класифікацію, властивості та способи обробки кормів; основи теорії подрібнення кормів та теорії молоткових дробарок; аналіз конструкцій машини та обладнання для подрібнення концентрованих та стеблових кормів, розрахунок їх основних робочих органів; аналіз конструкцій машин та обладнання для обробки коренебульбоплодів, розрахунок їх основних параметрів; аналіз конструкцій машини для приготування та змішування кормів і кормових сумішей; аналіз конструкцій машини для теплової й хімічної обробки та гранулювання й брикетування кормів; аналіз конструкцій машин та обладнання для роздавання кормів, технологічний розрахунок кормороздавальних пристроїв та розрахунок їх робочих органів.

**УДК 631.22(075)**

© Хомик Н. І., Довбуш А. Д.,  
Олексюк В. П., 2021

# ЗМІСТ

	стр.
<b>ВСТУП</b> .....	6
<b>Лекція 1. КОРМИ: КЛАСИФІКАЦІЯ, ВЛАСТИВОСТІ, СПОСОБИ ОБРОБКИ</b> .....	7
1.1. Основні фактори повнораціонної годівлі тварин та вимоги до кормів .....	8
1.2. Класифікація кормів, їх характеристика .....	9
1.3. Способи та вимоги до підготовки кормів для згодовування .....	13
1.4. Поняття про технологію та основні схеми кормоприготування .....	16
<b>Лекція 2. ОСНОВИ ТЕОРІЇ ПОДРІБНЕННЯ КОРМІВ</b> .....	18
2.1. Подрібнення як процес утворення нових поверхонь .....	19
2.2. Теорії подрібнення .....	21
2.3. Основні залежності процесу подрібнення .....	25
<b>Лекція 3. МАШИНИ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ КОНЦЕНТРОВАНИХ КОРМІВ</b> .....	28
3.1. Способи подрібнення кормів .....	29
3.2. Зоотехнічні вимоги до технології подрібнення концентрованих кормів .....	30
3.3. Молоткові подрібнювачі кормів, їх будова і класифікація .....	30
3.4. Технологічні схеми молоткових подрібнювачів кормів .....	34
<b>Лекція 4. ТЕОРІЯ МОЛОТКОВИХ ДРОБАРОК</b> .....	41
4.1. Робочий процес молоткової дробарки .....	42
4.2. Механічні фактори робочого процесу молоткової дробарки .....	43
4.3. Аеродинаміка та енергетичні показники дробарки .....	47
<b>Лекція 5. ТЕОРІЯ МОЛОТКОВИХ ДРОБАРОК (закінчення)</b> .....	50
5.1. Оцінювання механічних і конструктивних факторів подрібнення .....	51
5.2. Розрахунок молоткових дробарок .....	54
<b>Лекція 6. МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ СТЕБЛОВИХ КОРМІВ</b> .....	60
6.1. Теоретичні основи подрібнення стеблових кормів .....	61
6.2. Типи робочих органів соломосилосорізок .....	67
6.3. Конструктивні особливості подрібнювачів стеблових кормів .....	69

<b>Лекція 7. РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ СТЕБЛОВИХ КОРМІВ .....</b>	<b>73</b>
7.1. Визначення основних параметрів дискових соломосилосорізок .....	74
7.2. Визначення основних параметрів барабанних соломосилосорізок ..	77
7.3. Визначення параметрів штифтового подрібнювача .....	78
7.4. Визначення параметрів живильника .....	80
7.5. Розрахунок потужності на привод подрібнювача .....	82
7.6. Визначення параметрів вивантажувального пристрою .....	84
<b>Лекція 8. МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОБРОБКИ КОРЕНЕБУЛЬБОПЛОДІВ .....</b>	<b>86</b>
8.1. Основи теорії різання коренебульбоплодів .....	87
8.2. Способи очищення коренебульбоплодів, класифікація машин для їх обробки та основні вимоги до цих машин .....	90
8.3. Схеми машин для сухого очищення, миття й подрібнення коренебульбоплодів .....	92
<b>Лекція 9. РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ МАШИН ДЛЯ ОБРОБКИ КОРЕНЕБУЛЬБОПЛОДІВ .....</b>	<b>99</b>
9.1. Розрахунок параметрів шнекових мийок-коренерізок .....	100
9.2. Розрахунок параметрів дискового подрібнювача коренеплодів .....	105
9.3. Розрахунок параметрів решітчасто-ножового подрібнювального апарата .....	111
<b>Лекція 10. МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ КОРМОВИХ СУМІШЕЙ .....</b>	<b>113</b>
10.1. Види кормових сумішей та вимоги до їх приготування .....	114
10.2. Обладнання для дозування кормів, вимоги, класифікація .....	116
10.3. Об'ємні дозатори безперервної дії .....	120
10.3.1. Барабанні та секторні дозатори .....	120
10.3.2. Стрічкові дозатори .....	122
10.3.3. Шнекові дозатори .....	123
10.3.4. Дискові й тарілкові дозатори .....	125
10.3.5. Відцентрові дозатори .....	128
10.3.6. Вібраційні лоткові дозатори .....	130
<b>Лекція 11. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗМІШУВАННЯ КОРМІВ .....</b>	<b>132</b>
11.1. Вимоги до змішування кормів .....	133
11.2. Основи теорії змішування кормів .....	134
11.3. Класифікація змішувачів кормів .....	135
11.4. Шнекові змішувачі безперервної дії .....	140
11.5. Двовальні лопатеві змішувачі періодичної дії .....	141
11.6. Одновальні лопатеві змішувачі періодичної дії .....	144
11.7. Вертикальні шнекові змішувачі періодичної дії .....	145



<b>Лекція 12. МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТЕПЛОВОЇ Й ХІМІЧНОЇ ОБРОБКИ КОРМІВ .....</b>	<b>146</b>
12.1. Основні способи теплової обробки кормів. Вимоги до їх сушіння .....	147
12.2. Класифікація обладнання для сушіння кормів .....	148
12.3. Основи процесу сушіння кормів. Розрахунок параметрів сушарки .....	153
12.4. Вологотеплова обробка зерна .....	155
12.5. Запарювання коренебульбоплодів .....	157
12.6. Термохімічна обробка грубих кормів .....	158
12.7. Технологічний розрахунок запарників .....	159
<b>Лекція 13. МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ГРАНУЛЮВАННЯ Й БРИКЕТУВАННЯ КОРМІВ .....</b>	<b>161</b>
13.1. Пресування кормів.....	162
13.2. Гранулювання і брикетування кормів .....	165
13.3. Преси для гранулювання кормів .....	166
13.4. Преси для брикетування кормів .....	171
13.5. Комплекти обладнання для пресування кормів .....	173
13.6. Обладнання для приготування амідоконцентратних добавок .....	175
13.7. Розрахунок основних параметрів гранулятора .....	176
<b>Лекція 14. МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РОЗДАВАННЯ КОРМІВ .....</b>	<b>181</b>
14.1. Вимоги до роздавачів кормів .....	182
14.2. Класифікація кормороздавальних пристроїв .....	184
<b>Лекція 15. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК КОРМОРОЗДАВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ .....</b>	<b>195</b>
15.1. Розрахунок потрібної кількості мобільних кормороздавачів .....	196
15.2. Технологічний розрахунок пересувних кормороздавачів.....	199
15.3. Технологічний розрахунок стаціонарних кормороздавачів.....	201
<b>Лекція 16. РОЗРАХУНОК РОБОЧИХ ОРГАНІВ КОРМОРОЗДАВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ .....</b>	<b>204</b>
16.1. Розрахунок стрічкових робочих органів .....	205
16.2. Розрахунок ланцюгово-планчастих робочих органів .....	208
16.3. Розрахунок ланцюгових робочих органів .....	210
16.4. Розрахунок скребкових робочих органів .....	212
16.5. Розрахунок шнекових робочих органів .....	215
16.6. Розрахунок спірально-гвинтових робочих органів .....	219
<b>ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>	<b>222</b>
<b>ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК .....</b>	<b>224</b>

## ВСТУП

Тваринництво є основною галуззю агропромислового комплексу, яка забезпечує населення продуктами харчування, дає сировину для переробної галузі, у поєднанні з рослинництвом, утворює замкнену гармонійну біотехнічну систему.

Зменшення поголів'я тварин і птиці, зниження їх продуктивності й показників відтворення призвели до зменшення виробництва всіх видів тваринницької продукції та зниження їх споживання населенням.

Головні причини цього – незадовільний за кількістю і якістю рівень кормовиробництва й кормозабезпечення галузі; скорочення виробничого потенціалу; застарілі виробничі тваринницькі приміщення й споруди, машини й технологічне обладнання; недостатня селекція племінних господарств; значне переміщення виробництва продукції тваринництва у приватний сектор, що призвело до погіршення ефективності ведення галузі з питань селекційно-племінної роботи, кормозабезпечення, ветеринарно-санітарного, технічного і технологічного забезпечення та інформаційного і дорадчого супроводження.

Скорочення поголів'я худоби призводить до різкого зниження родючості ґрунтів через зменшення внесення органічних добрив, що зумовлює зниження врожайності та валових зборів як продовольчих, так і кормових культур.

Відродження і розвиток тваринництва буде успішним і ефективним, якщо в цій галузі будуть застосовуватися нові пріоритетні технології та засоби механізації, технічне переоснащення діючих об'єктів, нові ферми і системи інженерно-технічного обслуговування та ремонту техніки, адаптовані до рівня концентрації і спеціалізації виробництва, способів утримання й годівлі тварин.

Створення обладнання для приготування та роздавання кормів тваринам і птиці, доїльного обладнання, систем для вентиляції та регулювання температурного режиму в тваринницьких приміщеннях, технічних засобів для сепарування, пастеризації та охолодження молока, систем водопостачання та напування тварин і птиці, видалення гною, посліду і приготування з них добрив змінило технології виробництва, способи утримання і годівлі тварин, вимоги до технологічних режимів їх життєзабезпечення.

Нові машини і знаряддя впливають на вдосконалення технологій утримання тварин, спрощують їх, зменшують витрати ресурсів на їх виконання, покращують використання генетичного потенціалу.

Сучасні технології у тваринництві: кліткове утримання птиці; різні способи утримання худоби; нові технології і форми організації доїння корів у залах і станках, обладнаних автоматичними системами контролю молоковіддачі; автоматичне нормування видавання кормів; створення засобів для машинного обслуговування тварин, автоматизовані системи виробництва яєць, м'яса бройлерів, відгодівлі свиней і т.п.

Ефективність виробництва високоякісної конкурентоспроможної тваринницької продукції потребує високого рівня інженерно-технічних працівників, на підготовку яких частково направлений цей посібник.

## **Лекція 1**

### **КОРМИ: КЛАСИФІКАЦІЯ, ВЛАСТИВОСТІ, СПОСОБИ ОБРОБКИ**

- 1.1. Основні фактори повнораціонної годівлі тварин та вимоги до кормів.**
- 1.2. Класифікація кормів, їх характеристика.**
- 1.3. Способи та вимоги до підготовки кормів для згодовування.**
- 1.4. Поняття про технологію та основні схеми кормоприготування.**

## **1.1. Основні фактори повнораціонної годівлі тварин та вимоги до кормів**

**Годівля сільськогосподарських тварин** – наука про регулювання їх живлення залежно від віку, фізіологічного стану, розвитку і продуктивності. Вона вивчає закономірності повноцінного і спрямованого годування, поживність і властивості кормів, науково обґрунтовану потребу тварин у поживних і біологічно активних речовинах, умови заготівлі, зберігання, приготування й раціонального використання кормів, принципи складання норм годівлі та раціонів, техніку та організацію годівлі.

В умовах господарства **годівля** – виробничий процес, що забезпечує живлення тварин за рахунок використання кормів.

**Головні фактори повноцінної годівлі:** повний набір незамінних поживних речовин, своєчасне й оптимально узгоджене в кількісному відношенні надходження їх в організм тварин.

Раціони повинні бути збалансованими приблизно за 20-ма чітко нормованими показниками для великої рогатої худоби (надалі – ВРХ) і 50–80-ма показниками для свиней і птиці. Кількість показників, що контролюється, зростає у міру підвищення рівня інтенсифікації тваринництва.

Основа інтенсивного розвитку тваринництва – повноцінна годівля, яка забезпечується виробництвом достатньої кількості кормів, зниженням втрат їх поживності при заготівлі та зберіганні, а також правильною підготовкою кормів до згодовування.

**Виробництво продукції тваринництва** – складна біотехнічна система, в якій тварина є основним засобом виробництва, що переробляє біологічним шляхом корм у високоцінні продукти харчування.

Для годівлі сільськогосподарських тварин використовують органічні продукти рослинного і тваринного походження, мінеральні та синтетичні речовини, які можуть бути ними перероблені у продукти харчування або сировину для харчової та легкої промисловості.

Корми забезпечують тваринам поживні речовини, необхідні їм для підтримання життєдіяльності організму й виробництва продукції.

**Корми** – сировина, тому мають відповідати певним вимогам.

**Вимоги до кормів:** повинні містити поживні речовини у доступній для засвоєння формі; добре поїдатися тваринами; не мати шкідливого впливу на тварин; не погіршувати якості продукції; за своїми фізичними і хімічними властивостями відповідати анатомо-фізіологічним особливостям тварин. Корми не повинні містити токсичних і отруйних речовин, та речовин, які можуть змінити природні властивості продукції, наприклад, її колір, смак або запах. Корми не повинні бути забруднені ґрунтом,

пально-мастильними матеріалами, радіоактивними елементами, не містити сторонніх включень (особливо металевих), мати допустимий вміст нітратів і нітритів. У кормах не повинно бути біологічних чи хімічних препаратів, які, потрапляючи в організм людини з продуктами харчування, спричиняли б шкідливий вплив на здоров'я, наприклад, стимуляторів росту.

## **1.2. Класифікація кормів, їх характеристика**

Сучасна **класифікація кормів** ґрунтується на їх походженні й найголовніших властивостях.

Усі корми залежно від походження складають три основні групи: рослинного походження, тваринного походження та промислового виробництва.

За властивостями корми поділяють на грубі, соковиті, концентровані, рибні, м'ясні, молочні, комбіновані, кормові добавки й харчові відходи.

Класифікація кормів за походженням, видом і призначенням наведена у таблиці 1.1.

Найбільш розповсюджені корми рослинного походження.

**Грубі корми** характеризуються високим умістом клітковини і відносно низькою поживністю, але є невід'ємною складовою раціону жуйних тварин.

Грубі корми заготовляють у розсипному чи пакованому вигляді. Відходи рільництва (бадилля, стебла кукурудзи тощо) силосують. З відходів лісової промисловості отримують хвойне борошно – «лісовий комбікорм».

Спосіб заготівлі залежить від біологічних властивостей кормів, призначення й доцільності трудових та енергетичних витрат для забезпечення їх зберігання.

**Сіно** отримують із сіяних (люцерна, конюшина, буркун, вика, овес) і лугових трав сушінням до кондиційної вологості в польових умовах із підв'ялюванням (при заготівлі розсипного подрібненого сіна – до вологості 40...45%, пресованого в тюки – до 30...35%) і подальшим досушуванням маси активним вентиляванням.

**Солома** – побічний продукт зернового виробництва і сировина для отримання енергетичного корму. На практиці застосовують такі технології збирання соломи: у цільному вигляді, зі здрібнюванням і пресуванням. Вологість соломи повинна бути 18–20%.

**Сінаж** – законсервований прив'яленням (зниженням вологості) й герметизацією зелений корм.

Сінаж заготовляють із багаторічних й однорічних бобових і злакових трав, злаково-конюшинних сумішей, з попередньо прив'яленої до вологості 45–50% подрібненої маси. Закладають його у герметичні наземні чи баштові сховища. Процес сінажування закінчується за 20–30 днів після закладання й герметизації маси. При цьому втрати поживних речовин складають 8–12%.

Таблиця 1.1

Класифікація кормів за походженням, видом і призначенням

Група	Вид корму		Використання		
	Підгрупа	Назва	для ВРХ	для свиней	для птиці
Рослинного походження	грубі	сіно	+	–	+
		солома	+	–	+
		гілковий корм	+	–	–
		сінаж	+	–	+
		зелені корми	+	+	+
		силос	+	+	+
	соковиті	плоди баштанних культур	+	+	+
		коренебульбоплоди	+	+	+
		жом	+	+	+
		водорості	+	–	+
	концентровані	зерно злакових і бобових культур	+	+	+
		патока кормова (меляса)	+	–	+
		дріжджі	+	+	+
		трав'яне борошно	+	+	+
		жом сухий	+	–	+
Тваринного походження	рибні	відходи переробки риби	–	+	–
		рибне борошно	–	+	–
	м'ясні	м'ясо-кісткове борошно	+	+	+
	молочні	відвійки і сироватка	+	+	–
Промислового походження	комбіновані	комбікорм	+	+	+
	кормові добавки	мінеральні (солі, макро- і мікроелементи)	+	+	+
		синтетичні, які містять азот (сечовина, карбамід)	+	–	+
		премікси (вітамінні, мінеральні)	+	+	+
	харчові відходи	від мережі громадського чи індивідуального харчування	–	+	–

**Силосовані корми** (силос) – законсервований біологічним способом зелений корм.

**Зелені корми** – трава природних і сіяних пасовищ, стебла і качани кукурудзи молочної стиглості, люпин, гичка буряків та інші рослини, які добре силосуються. Качани кукурудзи підвищеної вологості в стадії воскової і повної стиглості, а також вологе фуражне зерно заготовляють силосуванням із використанням хімічних консервантів і без них.

**Вітамінне трав'яне борошно** – подрібнений висушений штучним способом зелений корм, що містить значну кількість вітамінів.

Трав'яне борошно і трав'яну різку отримують із зеленої маси люцерни, конюшини, гороху, вики, кормових бобів, із суміші багаторічних бобових і злакових трав. Для покращення умов зберігання й транспортування (зменшення розпилювання) та засвоювання вітамінів і поживних речовин трав'яне борошно гранулюють і брикетують.

**Коренебульбоплоди** заготовляють у натуральному, зневодненому (суха стружка), силосованому чи запареному (наприклад, картопля) вигляді. Сухої речовини в коренеплодах цукрових буряків і бульбах картоплі міститься до 25%, з них 16...20% складає цукор у буряках і 20% – крохмаль у картоплі. Буряки кормові містять 10...12% сухої речовини. Решту у коренеплодах і бульбах складає вода.

Включення коренеплодів до раціону ВРХ, особливо молочних корів у період їхнього стійлового утримання, дозволяє підвищити засвоюваність грубих кормів і стимулювати молоковіддачу.

Зберігати коренеплоди можна в тимчасових (бурти, кагати, траншеї) і постійних сховищах (спеціалізовані коренеплодосховища, підвали) із застосуванням активного вентилявання 2–3 рази на день при відносній вологості повітря не вище 70–72%.

До коренебульбоплодів відносяться буряки, картопля, морква, турнепс, бруква, соковиті плоди овочевих і баштанних культур.

**Зернові корми** – зерна злакових (ячмінь, овес, жито, пшениця, кукурудза та інші) та бобових (горох, соя, люпин, вика, біб, чина та інші) культур, а також відходи мукомельної промисловості.

Консервоване фуражне зерно підвищеної вологості – концентрат для тваринництва, який отримують способом хімічного консервування азотоутримуючими речовинами (вуглеамонійними солями).

**Найцінніші відходи технічних підприємств:** жом, меляса, барда, пивна дробина, макуха, шрот, мезга та інші.

**Корми тваринного походження** мають високий вміст повноцінного протеїну, мінеральних елементів і вітамінів. Використовуються для годівлі молодняка всіх видів тварин, дорослих свиней, звірів і птиці.

**Мінеральні корми** – кухонна сіль, крейда, черепашник, кісткове борошно.

**Синтетичні корми** – карбамід (сечовина), обезфторені фосфати, амінокислоти, антибіотики та інші.

Як корми часто використовують відповідним чином оброблені **харчові відходи**.

**Комбіновані корми** – сухі концентровані кормові суміші, приготовлені на основі подрібнених зернових кормів, збагачених білково-активними речовинами мікробіологічного й хімічного синтезу, тобто – премікси, білково-мінерально-вітамінні добавки, кормові дріжджі, амінокислоти.

Як корм для годівлі молодняка використовують **рідку кормову суміш** – замітник цільного молока, основу якого складають відвійки. До суміші додають рослинний або тваринний жир, вітаміни, антибіотики та мікроелементи.

За **енергетичною цінністю, фізіологічною дією і впливом** на травлення тварин корми поділяють на **об'ємисті й концентровані**.

Об'ємисті характеризуються порівняно невисокою поживністю, що зумовлено низьким умістом сухої речовини у вологих кормах і високим умістом сирової клітковини у грубих.

До об'ємистих кормів відносять такі, в яких в одному кілограмі маси міститься менше 0,5кг перетравних речовин або 0,65 кормової одиниці. Це – грубі й соковиті корми, а також водянисті відходи цукрового, крохмального і бродильного виробництв. До концентрованих кормів відносять, як правило, зернові й комбіновані корми, основу яких складають зернові.

За **органолептичними і хімічними показниками** корми поділяють на класи. Класність кормів встановлюють відповідно до вимог і норм, які зазначені у Держстандарті. Корм може бути віднесений до неklasного, якщо не відповідає хоча б одній із вимог стандарту. Силос, сінаж, сіно і трав'яне борошно можуть мати перший, другий і третій класи.

Розмаїтість кормів у раціонах та їхня добра якість – неодмінна умова повноцінності годівлі, високого засвоєння поживних речовин.

Господарська цінність кормів зумовлена їх поживністю, дієтичними властивостями та вартістю виробництва, віднесеною до кормової одиниці.

Поживність залежить від хімічного складу, вмісту мінеральних речовин і вітамінів та форми, в якій вони перебувають. Основне значення має вміст і якість протеїну (білкових і небілкових азотистих речовин).



### **1.3. Способи та вимоги до підготовки кормів для згодовування**

Сучасні наукові та практичні дослідження в галузі фізіології годівлі тварин спрямовані в основному на розв'язання комплексних проблем, пов'язаних із переходом тваринництва на промислову основу.

**Промислова технологія й техніка годівлі** тварин – це забезпечення кожної тварини протягом доби певною кількістю кормів заданого складу, яка б сприяла перетворенню процесів травлення в стійку біологічну систему з оптимальними режимами функціонування.

Дотримання цієї технології вимагає згодовувати корми у вигляді повнораціонних збалансованих за багатьма параметрами кормових сумішей.

Згодовування кормів у підготовленому вигляді дозволяє забезпечити:

- краще поїдання;
- повніше і швидше засвоєння;
- зменшення витрат на роздавання кормів;
- уніфікацію засобів для роздавання кормів;
- балансування раціону за багатьма показниками;
- зменшення затрат праці;
- покращення умов праці.

**Способи обробки кормів** поділяють за видом енергії, яка використовується в технологічному процесі. Розрізняють: механічну, теплову, хімічну, біологічну, електричну та комбіновану обробки кормів (рис. 1.1).

**Механічна обробка кормів** містить: очищення, подрібнення, дозування, змішування, пресування, транспортування. Під впливом механічної обробки кормів змінюються їх фізичні, механічні, технологічні та дієтичні властивості, гранулометричний склад, зменшуються затрати біологічної енергії на розжовування тваринами під час поїдання.

**Термічна обробка кормів** – це нагрівання, запарювання, варіння, сушіння, підсмажування, випарювання, пастеризація, охолодження заморожування. Під дією тепла чи холоду активізуються або сповільнюються хімічні, фізичні й біологічні процеси, які можуть значно підвищити цінність корму або сповільнити його псування, а також зменшити втрати поживних речовин під час зберігання.

**Хімічна обробка кормів** включає обробку їх хімічними препаратами, наприклад, вапнування, обробка кислотами, лугами, аміаком (амонізація) та іншими речовинами. Хімічна обробка кормів може значно підвищувати їх поживну цінність, засвоювання, дієтичні властивості.

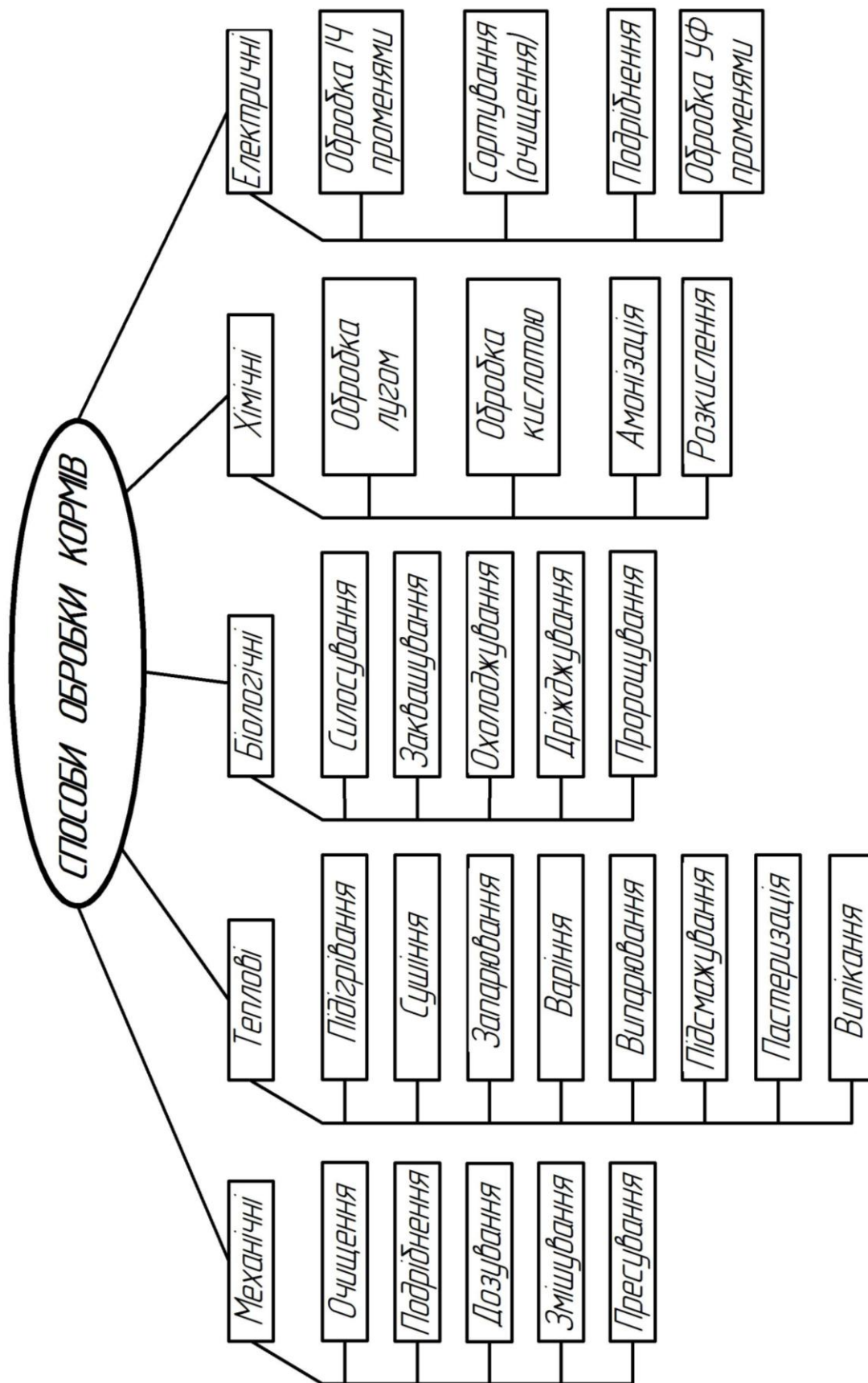


Рисунок 1.1. Класифікація способів обробки кормової сировини у процесі її підготовки до згодовування

**Біологічні способи обробки кормів** – це розведення на поживному середовищі корму біологічної мікро- і макрофлори, яка перетворює корм у доступніші для засвоєння тваринами речовини, а також збагачує білками та іншими цінними речовинами за рахунок споживання тваринами самих біоорганізмів. Приклади: силосування, заквашування, дріжджування, пророщування.

**Електричні способи обробки кормів** – це сортування, подрібнення, обробка інфрачервоними та ультрафіолетовими променями.

**Основні зоотехнічні вимоги до підготовки кормів.**

Грубі корми подрібнюють на січку довжиною 10...15мм для ВРХ молочного і 10...20мм для відгодівельного напрямків виробництва із розщепленням уздовж волокон. Силос і сінаж у складі кормосуміші повинен мати довжину частинок не більше 30мм.

Коренебульбоплоди очищають від бруду, подрібнюють та змішують з іншими кормами. Залишкова забрудненість не повинна перевищувати 3%. Розміри частинок подрібнених коренеплодів повинні бути 10...15мм.

Зернові корми надходять до кормоцеху у вигляді комбікормів або збагачених сумішей концентрованих кормів, виготовлених у комбікормових цехах або на заводах і вводяться у кормосуміші в натуральному або зволоженому вигляді.

На фермах для відгодівлі ВРХ весь раціон зернових кормів включають до кормосуміші. На молочних фермах близько 50% зернових кормів входить до складу кормосуміші, а решту згодовують під час доїння пропорційно до продуктивності корів.

Трав'яне борошно вводиться до кормової суміші з концентрованими кормами. Обладнання для зберігання й дозування трав'яного борошна повинно бути уніфіковане з обладнанням для зернових кормів.

Живильні розчини – мелясовий, меляси з карбамідом та інші готують у кормоцеху згідно з зоотехнічними вимогами до приготування живильних розчинів і добавок. Такі розчини застосовують для здобрювання кормів і збалансування поживності кормосуміші.

Неточність дозування грубих кормів, силосу, сінажу, коренебульбоплодів не повинна перевищувати  $\pm 15\%$ ; а концентрованих – 5% від заданого раціону. Показник якості однорідності змішування кормосуміші повинен бути не менше 80%, а якщо до раціону вводиться карбамід – не менше 90%. Вологість готової кормосуміші не повинна перевищувати 75%.

#### **1.4. Поняття про технологію та основні схеми кормоприготування**

**Технологія кормоприготування** – структура і послідовність способів і засобів обробки кормової сировини, мета яких отримати готові до згодовування корми.

**Процес кормоприготування** – виконання технологічних операцій, які надають сировині, що обробляється, нових властивостей.

Машини, що виконують операції кормоприготування, називають **технологічним обладнанням**.

У процесі кормоприготування для переміщення об'єкта обробки від машини до машини чи його перевантаження використовується допоміжне обладнання, яке забезпечує потоковість і безперервність, усуває ручну працю.

На рис. 1.2 наведена загальна класифікація кормоприготування. Із можливих заходів підготовки кормів, через недостатню ефективність, економічну недоцільність, складність технології чи технологічного обладнання, використовуються не всі.

Вибір технології кормоприготування зумовлюється наявними кормовими компонентами та їх якістю, видом та віком тварин, прийнятим (заданим) типом годівлі.

Для більшості видів кормів досвідом визначено раціональні технологічні заходи – очищення і подрібнення. Для приготування кормових сумішей обов'язковими є дозування і змішування.

Для підвищення інтенсифікації тваринництва замість багатокомпонентних раціонів застосовують **монокорми** з додаванням необхідних добавок. Технологія приготування монокорму така. Рослини скошують у фазі бутонізації – початку цвітіння трав або молочно-воскової стиглості зерна, коли найбільший уміст поживних речовин. Висушують у сушильному агрегаті. Подрібнюють на січку або борошно. Збагачують білковими, мінеральними та біологічно активними речовинами і гранулюють чи брикетують.

##### ***Переваги* застосування монокормів:**

- суміщення кормовиробництва і підготовки кормів до згодовування в одному процесі. Заготівля кормів відбувається у сплановані оптимальні терміни незалежно від погодних умов;

- забезпечує суттєве збільшення виходу поживних речовин з одиниці площі посіву і знижує їх втрати у процесі зберігання;

- спрощує механізацію та автоматизацію приготування, зберігання і роздавання кормів, забезпечує механізацію всіх процесів, починаючи зі збирання кормів і закінчуючи годівлею;

- не потребує різнотипних сховищ і технічних засобів.

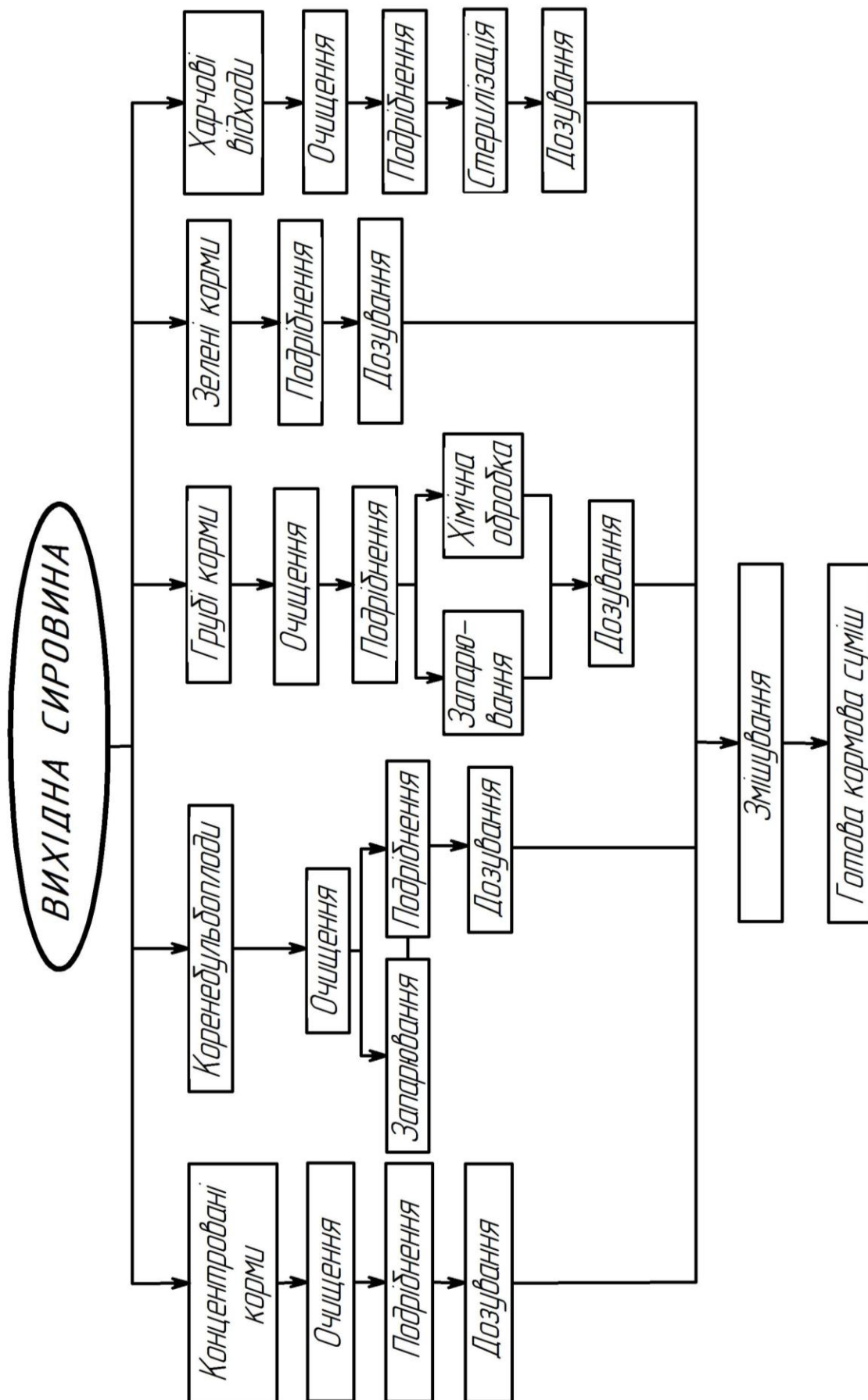


Рисунок 1.2. Найпоширеніші технологічні схеми підготовки до згодовування основних кормових компонентів

## **Лекція 2**

### **ОСНОВИ ТЕОРІЇ ПОДРІБНЕННЯ КОРМІВ**

- 2.1. Подрібнення як процес утворення нових поверхонь.**
- 2.2. Теорії подрібнення.**
- 2.3. Основні залежності процесу подрібнення.**

## 2.1. Подрібнення як процес утворення нових поверхонь

**Подрібнення** – це процес поділу механічним способом твердого тіла на частинки, тобто прикладанням зовнішніх сил, які перевищують сили молекулярного зчеплення.

При подрібненні збільшується вільна поверхня матеріалу в результаті утворення нових поверхонь розлому, тобто процес подрібнення – це процес нарощування нових поверхонь частин корму.

Подрібнений сипучий матеріал має певну дисперсність. Кількісна міра дисперсності сипучих матеріалів визначається питомою поверхнею частинок.

**Питома поверхня частинок** – сумарна площа поверхні всіх частинок, що містяться в одиниці об'єму або маси.

У теоріях подрібнення визначають:

- **об'ємну питому поверхню**

$$S_{n.ob} = \frac{6}{D}; \quad (2.1)$$

- **масову питому поверхню**

$$S_{n.m} = \frac{6}{\rho \cdot D}, \quad (2.2)$$

де  $\rho$  – густина подрібнюваного матеріалу, кг/м<sup>3</sup>;

$D$  – характерний розмір частинок або середній розмір, який прийнято називати **діаметром**, незалежно від дійсної їх форми;

Найважливіша характеристика процесу подрібнення – **ступінь подрібнення**  $\lambda$ , який визначають залежністю

$$\lambda = \frac{D}{d}, \quad (2.3)$$

де  $D$  – характерний розмір тіла (куска) до подрібнення;

$d$  – характерний розмір тіл (частинок) після подрібнення.

Ступінь подрібнення характеризує технологічний процес подрібнення, а не крупність частинок дерті.

У випадку подрібнення стеблових кормів (сіна, соломи та інших) ступінь подрібнення визначають як

$$\lambda = \frac{L_{cm}}{l_{piz}}, \quad (2.4)$$

де  $L_{cm}$  і  $l_{piz}$  – довжини стебла і січки (різки) відповідно.

При розмелюванні сухої січки у трав'яне борошно

$$\lambda = \frac{L_{сiч}}{l_{TB}} . \quad (2.5)$$

Якщо фізичні властивості подрібнюваного продукту не дозволяють провести ситовий аналіз, то ступінь подрібнення визначають за формулою

$$\lambda = \sqrt[3]{\frac{M}{m}} , \quad (2.6)$$

де  $M$  і  $m$  – маси куска і частинки відповідно.

Зі зменшенням розмірів подрібнюваних частинок питома площа поверхні зростає, тому ступінь подрібнення чисельно визначають як

$$\lambda = \frac{S_k}{S_{поч}} , \quad (2.7)$$

де  $S_k$  і  $S_{поч}$  – кінцева і початкова площа поверхні частинок і куска відповідно.

У загальному випадку **енергоємність технологічного процесу подрібнення** залежить від збільшення питомої площі поверхні матеріалу, тобто

$$\Delta S = S_k - S_{поч} . \quad (2.8)$$

Для характеристики середнього розміру кормів, що подрібнюються, не вдаючись до конкретизації їх форми, прийнято відображати їх характерний розмір **еквівалентним діаметром**  $D_e$ , що визначається за формулою

$$D_e = \sqrt[3]{\frac{6v_{екв}}{\pi}} \approx 1,25 \cdot \sqrt[3]{v_{зер}} . \quad (2.9)$$

Еквівалентний діаметр – це діаметр кулі, об'єм якої  $v_{екв}$  дорівнює дійсному об'єму продукту (зерна  $v_{зер}$ ), отримують експериментально.

Якщо продукт подрібнюється за кілька прийомів (багатостадійний процес), то загальний ступінь подрібнення визначають як

$$\lambda_{заг} = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \dots \cdot \lambda_n . \quad (2.10)$$

При подрібненні кормів на молоткових дробарках регулятором тонкості розмелу є решето, встановлене у дробильній камері.

Важливою характеристикою процесу подрібнення є гранулометричний склад продукту подрібнення, який відображається середньозваженим діаметром частинок після подрібнення. Цей показник називають **модулем помолу**  $M_n$  і його визначають як



$$M_n = \frac{\sum_{i=0}^n d_i \cdot m_i}{\sum_{i=0}^n m_i}, \quad (2.11)$$

де  $d_i$  – середній діаметр отворів двох  $i$ -тих суміжних решіт, мм;

$m_i$  – масовий залишок на  $i$ -му решеті, кг;

$n$  – кількість решіт у решітному класифікаторі.

На практиці використовують решітні класифікатори з отворами решіт 1, 2, 3 і 5мм або 0,2; 1; 2; 3 і 4мм. Верхні решета з діаметрами отворів 5 і 4мм є контрольними для виявлення цілих зерен, яких у дерті не повинно бути. Масові залишки на цих решетах додаються до залишків на сусідніх решетах.

## 2.2. Теорії подрібнення

Теорія подрібнення вивчає закони розподілу часток продуктів за їх розмірами та функціональний взаємозв'язок між затратами енергії на процес подрібнення матеріалу і ступенем подрібнення. Якщо ця залежність відома, то можна провести розрахунок основних енергетичних і конструктивних параметрів подрібнювальних машин.

Процес подрібнення характеризується **нарощуванням нових поверхонь** частинок продукту.

Для визначення роботи подрібнення у 19ст. було запропоновано дві енергетичні теорії: поверхневу та об'ємну.

У 20ст. розроблена об'єднана теорія подрібнення.

**Поверхнева теорія подрібнення.** Сформулював її німецький вчений П. Рітінгер у 1867р. Робота, затрачена на подрібнення тіла, прямо пропорційна площі знову утвореної поверхні, тобто є функцією **приросту новоутворених поверхонь** і визначається як

$$A_R = f(\Delta S), \quad (2.12)$$

де  $\Delta S$  – площа новоутвореної поверхні (приріст площі поверхні).

Вважаючи, що цей функціональний зв'язок лінійний, можна записати

$$A_R = K_R \cdot \Delta S, \quad (2.13)$$

де  $K_R$  – коефіцієнт пропорційності.

Враховуючи залежність між  $\Delta S$  і  $\lambda$ , отримаємо вираз для визначення роботи на подрібнення матеріалу.

**Повна робота**, затрачена на подрібнення (за Ріттінгером), пропорційна квадрату початкового характерного розміру куска

$$A_R = K_R \cdot D^2. \quad (2.14)$$

Однак така залежність виражає лише окремий випадок. Насправді ступінь подрібнення змінюється в широких межах і залежить від властивостей та розміру матеріалу, способу подрібнення та конструктивних особливостей подрібнювача.

При подрібненні зернових кормів спостерігається майже прямолінійна залежність між затратами енергії на подрібнення і ступенем подрібнення.

Коли подрібнюється не один кусок, а сукупність  $M$  кусків різної крупності й подрібнення здійснюється за  $n$  прийомів, то робота, затрачена на подрібнення, буде

$$A_R = \frac{K_R^1 \cdot M \cdot \left( \frac{D}{d} - 1 \right)}{D \cdot (\lambda_i - 1)} \quad (2.15)$$

або

$$A_R = K_R^1 \cdot M \cdot \left[ \left( \frac{1}{d} \right) - \left( \frac{1}{D} \right) \right]. \quad (2.16)$$

Основні залежності поверхневої теорії подрібнення добре узгоджуються з експериментальними даними для дрібнодисперсних матеріалів з добре розвиненою поверхнею. Коли подрібнення здійснюється до крупних частинок, то реальні затрати енергії суттєво перевищують розраховані за теорією Ріттінгера.

**Об'ємна теорія подрібнення** усуває невідповідність поверхневої. Розробили її вчені В.Л. Кірпічов (1874) і Ф. Кік (1885).

За Кірпічовим-Кіком **затрати енергії на подрібнення пропорційні об'єму**  $\Delta v$  деформованої частини тіла

$$A_K = f(\Delta v). \quad (2.17)$$

**Робота деформації** тіла пропорційна добутку сили, що виникає при взаємодії деформатора з матеріалом на приріст деформації.

Об'ємна теорія Кірпічова-Кіка дає точніші результати процесів грубого подрібнення, при якому основна частина енергії витрачається на пружні деформації тіла, а питома площа поверхні при цьому змінюється не суттєво.

Затрати енергії на подрібнення за об'ємною теорією більші, а саме **пропорційні кубу характерного (початкового) розміру куска**

$$A_K = K_k \cdot D^3, \quad (2.18)$$

де  $K_k = \sigma^2 / 2E$ ;  $\sigma = P/F$ ;  $l \cdot F = v$ ;  $A_k = K_k \cdot v$ .

Тут  $\sigma$  – нормальне напруження, Па;  $K_k$  – коефіцієнт пропорційності;

$E$  – модуль пружності одновісного стиску-розтягу, Па;

$F$  – площа поперечного перетину куска, м<sup>2</sup>;

$l$  – довжина напруженої ділянки куска, м.

Об'ємна, як і поверхнева теорії подрібнення є однобічними і не враховують впливу конкретних умов на процес подрібнення, на його енергоємність (дисперсність матеріалу, конструкція і режими подрібнювачів).

### Об'єднана теорія подрібнення

Об'єднуючи поверхневу та об'ємну теорії, німецький вчений Ф. Бонд у 1952 році запропонував «примирювальну» теорію. Припущення, покладене в її основу, таке: **робота, затрачена на подрібнення, пропорційна середньому геометричному від роботи, визначеної за поверхневою і об'ємною теоріями**

$$A_B = \sqrt{K_k \cdot D^3 \cdot K_R \cdot D^2} = K_B \cdot D^{2,5} \quad (2.19)$$

або

$$A_B = K_B \cdot \left( \frac{1}{\sqrt{d}} - \frac{1}{\sqrt{D}} \right). \quad (2.20)$$

Пізніше вчені А.К. Рундквіст (1956) та Р. Чарльз (1958) запропонували емпіричне рівняння

$$dA = -C \cdot d \cdot \left( \frac{d \delta}{\delta^z} \right), \quad (2.21)$$

де  $\delta$  – характерний розмір куска  $D$  і частинки  $d$ ;

$C$  і  $z$  – коефіцієнти.

Інтегруючи рівняння (2.21) і надаючи дискретні значення  $z=1,2$  і  $2,5$  з урахуванням кінцевих значень розмірів, отримують наближене значення інтеграла у вигляді

$$A = k \cdot D^q, \quad (2.22)$$

де  $q$  – показник ступеня. Надаючи  $q$  значень 3; 2 і 2,5, отримують залежності всіх попередніх теорій (2.14), (2.18), (2.19).

### Основний закон подрібнення

П.А. Ребіндер у 1928 році вперше запропонував оцінювати роботу подрібнення формулою, яка компенсує недоліки поверхневої та об'ємної теорій подрібнення

$$A = f (\Delta v) + f_1 (\Delta S), \quad (2.23)$$

де  $\Delta v$  – об'єм деформованої частини тіла;

$\Delta S$  – приріст питомої поверхні продукту.

Рівняння Ребіндера можна записати у розгорнутому вигляді

$$A_P = A_v + A_S = k \cdot \Delta v + \alpha \cdot \Delta S, \quad (2.24)$$

де  $A_v$  – робота, затрачена на деформацію частини тіла;

$A_S$  – робота, затрачена на створення нових поверхонь;

$k$  – коефіцієнт пропорційності;

$\alpha$  – коефіцієнт пропорційності, що враховує енергію поверхневого натягу твердого тіла.

Отже, **рівняння Ребіндера (2.24) вважають основним законом подрібнення**. Згідно з ним повна робота подрібнення дорівнює сумі робіт, затрачених на деформацію у деформованій частині об'єму шматка, що руйнується, і на утворення нових поверхонь.

Енергетичний баланс процесу подрібнення можна представити у вигляді закону Ребіндера

$$A = A_{PP} + A_S. \quad (2.25)$$

Розглядаючи процес подрібнення за Ребіндером як єдине ціле, можна відзначити, що робота створення нової поверхні  $A_S$  є корисною, а робота пружних деформацій  $A_{PP}$  – некорисною. Коефіцієнт корисної дії (надалі – ККД) процесу подрібнення можна записати як

$$\eta_{подр} = \frac{A_S}{A_S + A_{PP}}. \quad (2.26)$$

Для підвищення ефективності й ККД процесу подрібнення необхідно:

- зменшувати роботу пружних деформацій  $A_{PP}$  зниженням міцності матеріалу за рахунок застосування поверхнево активних речовин (ефект Ребіндера);

- збільшувати роботу  $A_S$  на утворення нових поверхонь, створюючи умови найбільшого перенапруження матеріалу, наприклад, за рахунок застосування високих швидкостей робочих органів ( $V_{y\partial} \geq 100$  м/с).

Отримані вирази для визначення роботи подрібнення не можуть бути використані при кількісних розрахунках, коли потрібно знайти абсолютне значення  $A_{ПДР}$ , тому що невідомі значення коефіцієнтів пропорційності. Ці формули застосовують для якісного дослідження робочих процесів і порівняльних розрахунків з метою виявлення відносної величини роботи, що затрачується на подрібнення.

### 2.3. Основні залежності процесу подрібнення

Для дослідження процесів подрібнення кормів використовують такі припущення:

1. Розширенням наявних мікротріщин і утворенням нових у межах пружних деформацій аж до початку плинності матеріалу можна знехтувати, припустивши, що вся робота при цьому витрачається тільки на деформацію корму і пропорційна деформованому об'єму. Позначається ця частина роботи  $A_v$  і визначається відповідно до закону Кірпічова-Кіка

$$A_v = C_v \cdot \lg \lambda^3 . \quad (2.27)$$

2. Робота, що витрачається на подрібнення корму в інтервалі від границі текучості до руйнування, витрачається на утворення нових поверхонь, тобто пропорційна збільшенню питомої площі поверхні. Позначається ця частина роботи  $A_s$  і визначається відповідно до закону Ріттінгера

$$A_s = C_s (\lambda - 1) . \quad (2.28)$$

Отже, теоретичні затрати роботи на процес подрібнення

$$A_T = A_v + A_s . \quad (2.29)$$

Емпіричну робочу формулу для визначення затрат енергії на процес подрібнення, спираючись на основний закон подрібнення (2.24) (закон Ребіндера), запропонував у 1952р. С.В. Мельников

$$A_{подр} = C_{ПР} \cdot A_T , \quad (2.30)$$

де  $A_{подр}$  – повні (розрахункові) витрати роботи на подрібнення з урахуванням способу подрібнення й конструкції подрібнювача;  
 $C_{ПР}$  – дослідний коефіцієнт процесу подрібнення.

Враховуючи (2.27) і (2.28), запишемо **основну залежність для визначення витрат роботи (енергії) на подрібнення** у кінцевому вигляді

$$A_{\text{подр}} = C_{\text{ПР}} \cdot [C_v \cdot \lg \lambda^3 + C_s (\lambda - 1)], \quad (2.31)$$

де  $C_v$  – постійний коефіцієнт, визначає роботу пружних деформацій за прийнятим методом механічних досліджень зерна;

$C_s$  – постійний коефіцієнт, визначає роботу, витрачену на утворення нових поверхонь при подрібненні 1 кг зерна;

$C_{\text{ПР}}$  – характеризує вплив неврахованих факторів, що з'являються під час подрібнення: властивості зернового матеріалу; спосіб подрібнення, конструктивні особливості подрібнювача.

Коефіцієнти  $C_v$  і  $C_s$  залежать від структурно-механічних властивостей зерна, його розміру і густини;  $C_{\text{ПР}}$  – виражає кореляційний зв'язок між значеннями  $A_T$  і  $A_{\text{подр}}$ . Усі ці коефіцієнти наведені у літературних джерелах, експериментальне їх визначення – трудомісткий процес.

Формулу (2.31) можна спростити і записати у вигляді

$$A_{\text{подр}} = C_1 \cdot \lg \lambda^3 + C_2 (\lambda - 1), \quad (2.32)$$

де  $C_1$  і  $C_2$  – коефіцієнти, що визначаються з виробничих досліджень подрібнювачів різних типів. Можна прийняти:

- для ячменю  $C_1 = (10 \dots 13) \cdot 10^3$  Дж/кг;  $C_2 = (6 \dots 9) \cdot 10^3$  Дж/кг;

- для грубих стеблових кормів

$$C_1 = (7,5 \dots 8,5) \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}; \quad C_2 = (0,6 \dots 0,9) \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}.$$

Формула (2.32) є універсальною і дозволяє оцінювати будь-який процес подрібнення з позицій сучасної теорії подрібнення. Це має особливе значення для дослідження робочого процесу універсальних дробарок, обладнаних апаратом, що ріже, та молотковим барабаном; подрібнювачів з дворазовим операційним впливом робочих органів на матеріал.

Усі наведені залежності справедливі для процесів подрібнення зернових кормів, які здійснюються завдяки ударному впливу робочих органів.

Запропонований П.А. Ребіндером основний закон подрібнення (2.24) може бути застосований для опису процесу подрібнення стеблових кормів різанням на соломосилосорізках.

Вираз (2.29) для стеблових кормів при подрібненні їх різанням

$$A_T = A_v + A_S = A_{CT} + A_{PIЗ} . \quad (2.33)$$

де  $A_{CT}$  – робота стиску, Дж/кг;

$A_{PIЗ}$  – робота різання, Дж/кг.

Значення цих робіт визначають за характеристиками міцності стеблових кормів  $\sigma_{руйн}$ .

При різанні стеблових кормів на соломосилосорізці значна частина стебел потрапляє під лезо ножа і перерізується не перпендикулярно поздовжній осі стебел, а під гострими кутами. У цих випадках на їхнє перерізування потрібно витратити зусилля і роботу значно менші, ніж при різанні упоперек.

При різанні стеблових кормів ступінь подрібнення  $\lambda = L_{CT} / l_{PIЗ}$  є дуже високим, тому першим доданком у формулі (2.33) можна знехтувати, тоді роботу на подрібнення стеблових кормів визначають за формулою

$$A_{подр} = A_{PIЗ} = C (\lambda - 1) . \quad (2.34)$$

**Ефективність процесу подрібнення** визначають за формулою

$$E_{II} = \frac{Q}{N} , \quad (2.35)$$

де  $Q$  – подача машини, кг/с, т/год;

$N$  – підведена до машини потужність, кВт.

**Енергоємність** (питома витрата енергії) **процесу подрібнення** (величину, обернену до ефективності) визначають

$$E = \frac{N_k}{Q \cdot \lambda} , \quad (2.36)$$

де  $E$  – затрати енергії на одиницю маси корму з урахуванням досягнутого ступеня подрібнення;

$N_k$  – корисна потужність без врахування втрат на холостий хід машини.

## **Лекція 3**

### **МАШИНИ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ КОНЦЕНТРОВАНИХ КОРМІВ**

- 3.1. Способи подрібнення кормів.**
- 3.2. Зоотехнічні вимоги до технології подрібнення концентрованих кормів.**
- 3.3. Молоткові подрібнювачі кормів, їх будова і класифікація.**
- 3.4. Технологічні схеми молоткових подрібнювачів кормів.**



### 3.1. Способи подрібнення кормів

Найпоширеніші способи подрібнення кормів (рис. 3.1): дроблення ударом, розколювання, стирання (розмелювання), плющення, різання. Різання може бути лезом, різцем або пуансоном.

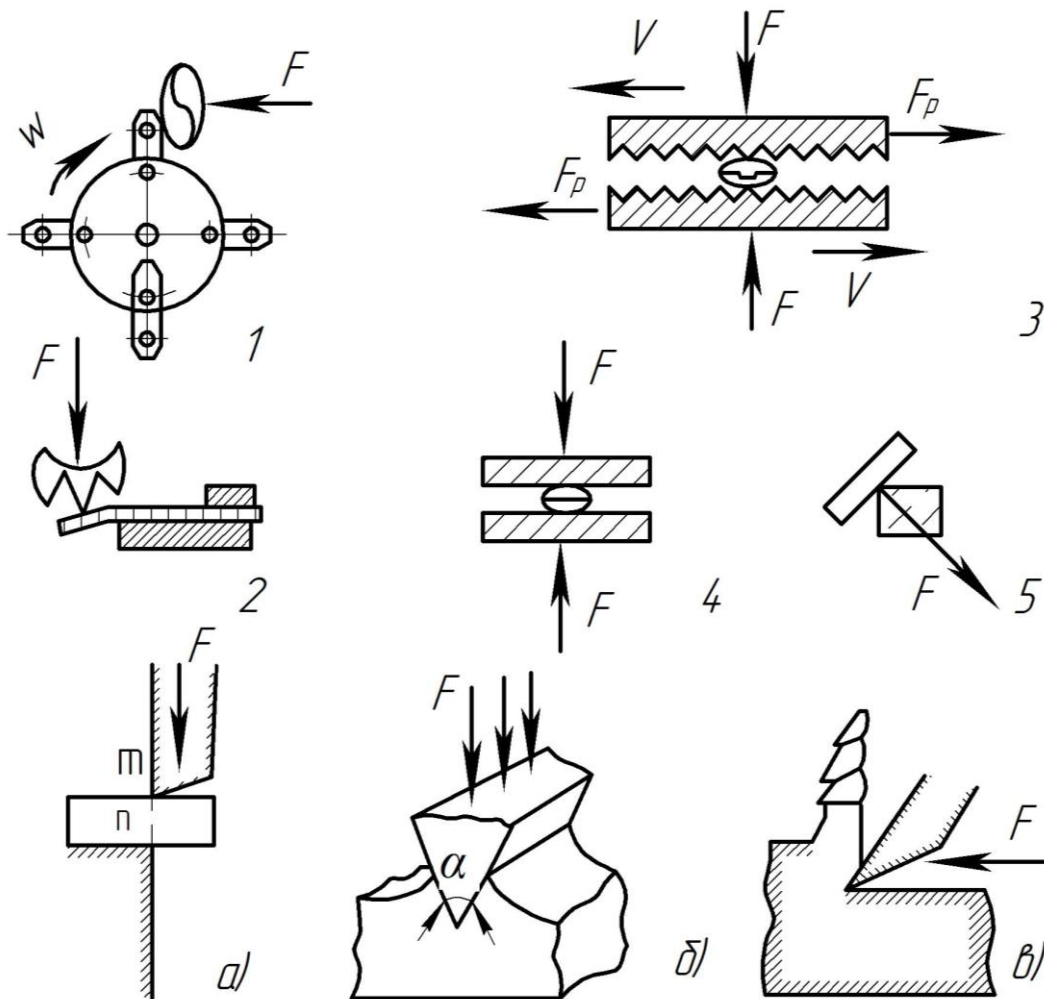


Рисунок 3.1. Способи подрібнення кормів:

1 – дроблення ударом; 2 – розколювання; 3 – стирання; 4 – плющення; 5 – різання: а – пуансоном; б – лезом; в – різцем.

При виборі способу подрібнення і конструювання робочих органів подрібнювачів необхідно враховувати фізико-механічні властивості та геометричні параметри кормів і вибирати такі способи впливу на матеріал, що переробляється, за яких руйнування його може бути досягнуте при найменших напруженнях і витраті енергії.

Розколювання, стирання і різання вигідніші порівняно з іншими способами подрібнення, тому що руйнівне напруження сколювання  $\tau_{руйн}$  менше за нормальне напруження  $\sigma_{руйн}$ .

Різноманіття видів кормів та їхніх властивостей, а також вимог до технології приготування, зумовлених фізіологією годівлі, призвело до створення різних способів подрібнення, кожен з яких має свій механіко-математичний опис або відповідну теорію.

### **3.2. Зоотехнічні вимоги до технології подрібнення концентрованих кормів**

Зоотехнічні вимоги до операції приготування концентрованих кормів.

1. **Очищення** від ґрунту, каміння, насіння бур'янів і домішок соломи на зерноочисних машинах (сепаратори, бурати, грохоти тощо); від металевих домішок – на магнітних сепараторах.

Уміст металевих домішок розміром до 2мм із негострими краями допускається не більше 30мг на 1кг корму.

2. **Подрібнення** до заданої крупності різними способами на дробарках або млинах-плющилках. Зернові корми подрібнюють до часток з такими розмірами: для ВРХ – не більше 3мм, для свиней – до 1мм, для птиці – до 2...3мм при сухій годівлі і до 1мм при годівлі вологими мішанками.

Стандарт на комбікорми, борошно та висівки (ГОСТ 13496.8-72, ГОСТ 27560-87) визначає 3 ступені розмелювання, що характеризуються середніми розмірами часток (модуль помолу): від 0,2 до 1мм – дрібне розмелювання, від 1 до 1,8мм – середнє і від 1,8 до 2,6мм – велике.

3. **Дозування і змішування** компонентів для приготування кормових сумішей за раціонами на спеціальних дозаторах і змішувачах.

Однорідність складу забезпечує однакову поживну цінність усієї кормової суміші. Для зернових кормів показник однорідності суміші повинен бути не менше 90...95% (залежно від призначення за видом і віком тварин).

### **3.3. Молоткові подрібнювачі кормів, їх будова і класифікація**

Для подрібнення кормів основними машинами є подрібнювачі ударної дії. Робочі органи – сталеві пластинки різної форми, які рухаються зі значною швидкістю і на льоту розбивають частинки корму. Такі робочі органи називають **молотками**, а подрібнювальні машини – **молотковими дробарками**.

Конструктивно молоткові дробарки складаються з подрібнювального ротора, який розміщений всередині дробильної камери 1 (рис. 3.2). Ротор має вал 2, на якому закріплено один або кілька дисків 3, на яких шарнірно, за допомогою пальців 4, закріплені молотки 5. У верхній частині дробильної камери є завантажувальна горловина 6 з дозатором подачі 7, а в нижній – решето 8. Внутрішня периферійна поверхня дробильної камери 9 є ребристою, її називають декою.

**Переваги молоткових дробарок:** простота будови, висока надійність у роботі, компактність, динамічність робочих режимів, високі швидкості робочих органів.

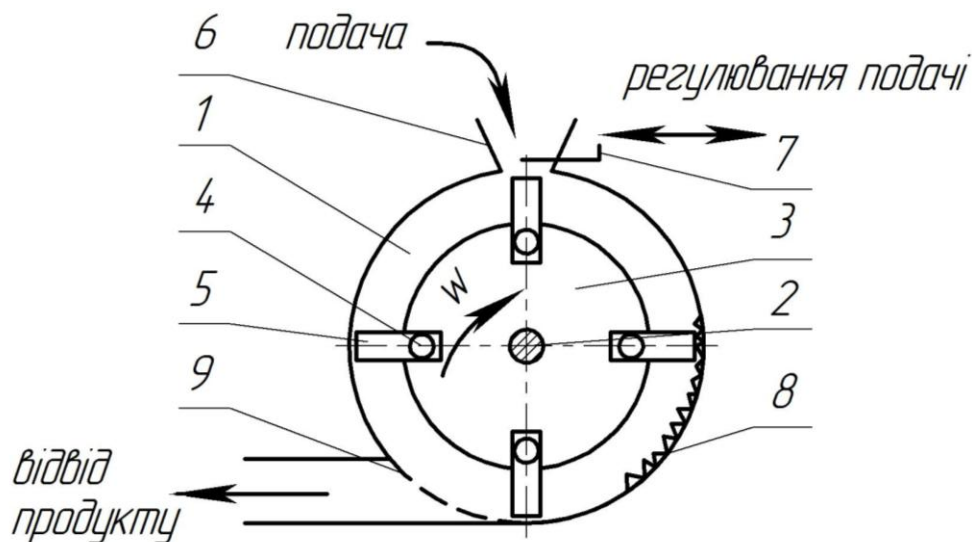


Рисунок 3.2. Схема молоткової дробарки кормів

**Основні недоліки:** висока енергоємність, можливість додаткового подрібнення часток, інтенсивне спрацювання робочих органів.

Типові схеми молоткових дробарок сільськогосподарського призначення зображено на рис. 3.3.

Залежно від організації робочого процесу у робочій камері є дробарки *відкритого* (рис. 3.3а) і *закритого* (рис. 3.3б) *типів*.

У дробарках відкритого типу матеріал з дробильної камери швидко видаляється, не замикаючи при своєму переміщенні кола. У таких дробарках подрібнюється здебільшого шматковий сухий матеріал (гранули, крейда, черепашник, сіль). Основним механічним фактором процесу є вільний удар молотків по шматках значної маси.

У дробарках закритого типу решето і деки охоплюють увесь барабан, і матеріал, який надходить у дробильну камеру, під час свого переміщення виконує багаторазові колові рухи, розмішуючись у камері у вигляді пухкого кормо-повітряного шару. Матеріал подрібнюється під час багаторазової ударної дії. На відміну від молоткових дробарок із жорстко закріпленими робочими органами (билами) їх прийнято називати роторними дробарками.

**Робочі органи молоткових дробарок**, які змінюють якісний стан перероблюваного матеріалу – це **молотки, решето і деки; допоміжні механізми**, які забезпечують безперервність проходження технологічного процесу – **транспортери-живильники, бункери з дозаторами, вентилятори, циклони, фільтри, системи трубопроводів і вивантажувальні транспортери**.

Класифікація молоткових дробарок за способом організації робочого процесу наведена на рис. 3.4.

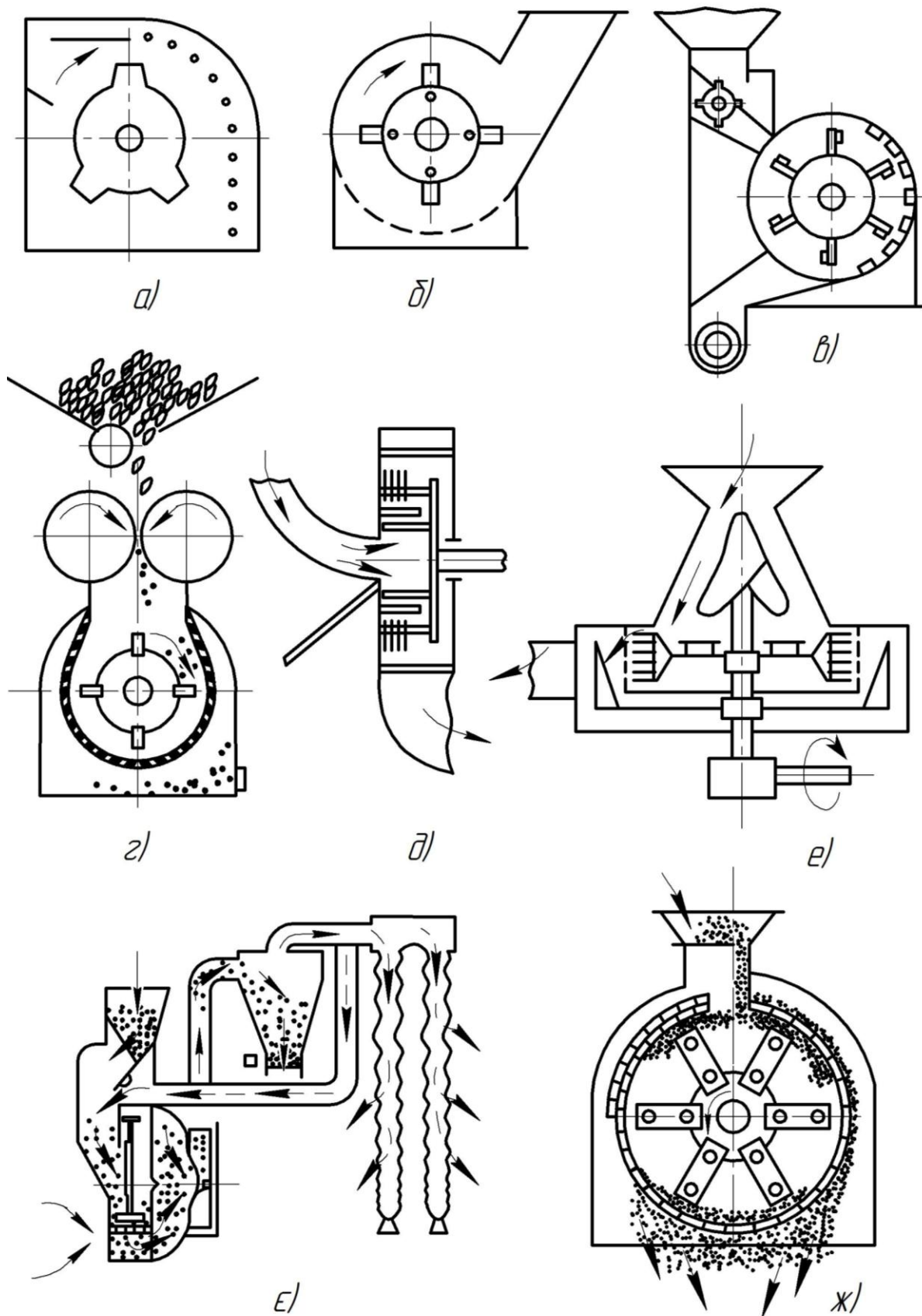


Рисунок 3.3. Конструктивно-технологічні схеми молоткових дробарок:  
 а – відкритого типу; б – закритого типу; в – з жорстким кріпленням робочих органів;  
 г і з – двостадійні; е – горизонтальна; е – із замкненим повітряним потоком;  
 ж – із шарнірним кріпленням робочих органів.

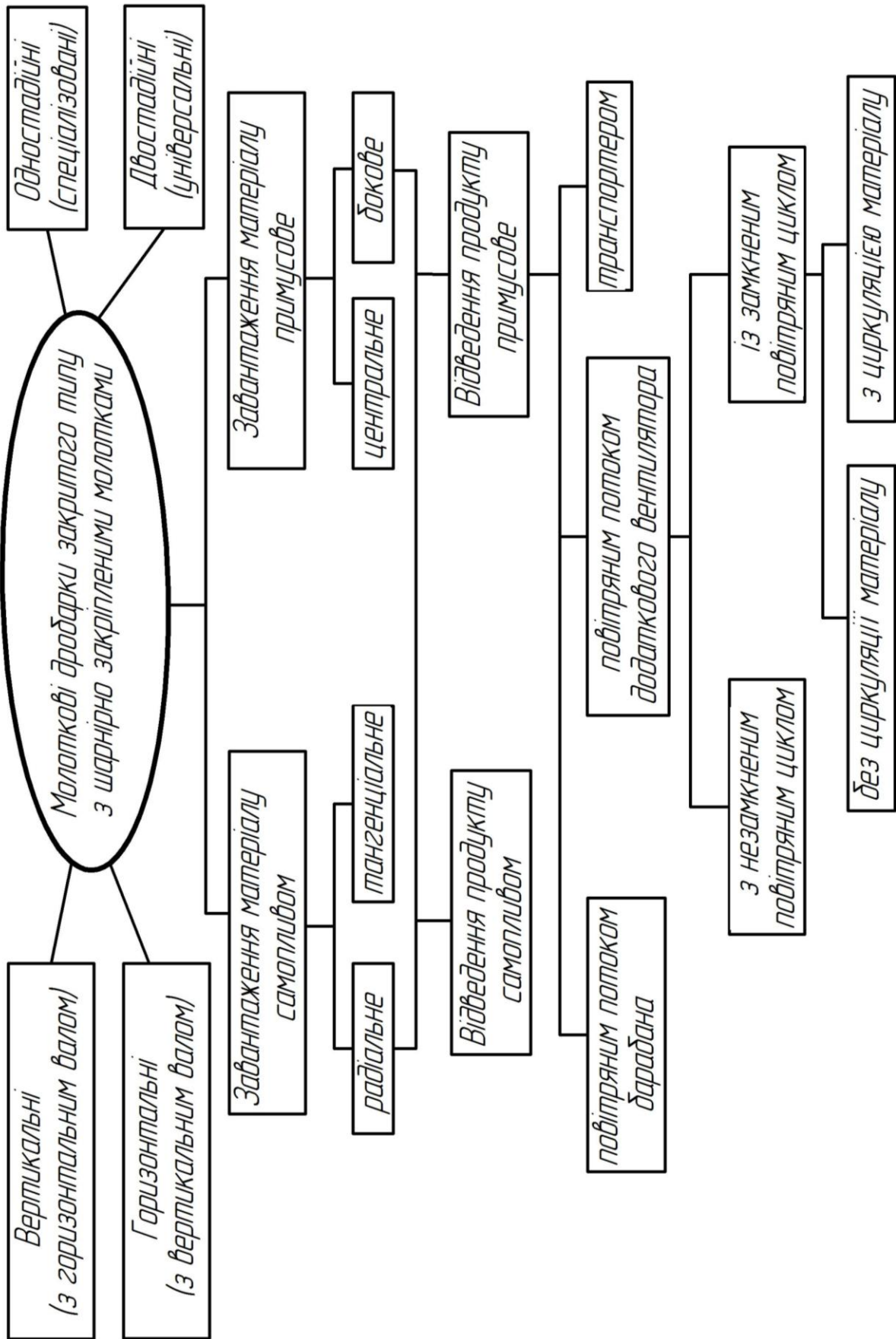


Рисунок 3.4. Класифікація молоткових дробарок за способом організації робочого процесу



### 3.4. Технологічні схеми молоткових подрібнювачів кормів

Заводи-виготовлювачі сільськогосподарської техніки випускають кілька типів молоткових дробарок для подрібнення фуражного зерна: КДУ-2, ДДМ, ДМ, ДЗ-Ф-2, ДКМ-5, ДБ-5 та інші.

**Дробарка КДУ-2 «Українка»** (рис. 3.5) призначена для подрібнювання зерна, сіна, сухих кукурудзяних стебел і качанів, макухи, зеленої маси і коренебульбоплодів. На ній можна також готувати кормові суміші з кількох компонентів із введенням рідких добавок. Дробарку можна використовувати як окрему машину або в комплекті кормоприготувального обладнання.

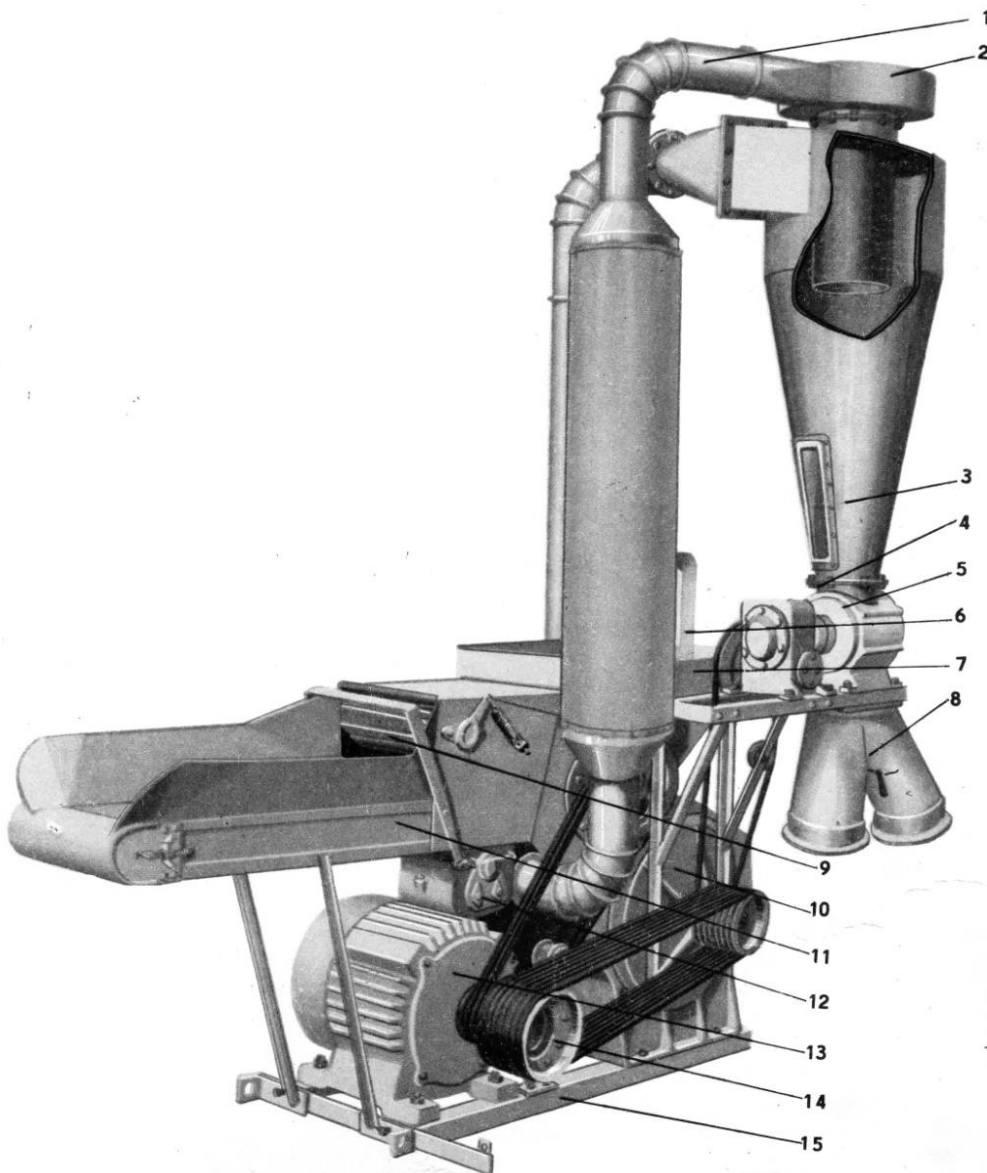


Рисунок 3.5. Дробарка КДУ-2:

1 – зворотній трубопровід з фільтром; 2 – верх циклону; 3 – циклон; 4 – редуктор шлюзового затвору; 5 – шлюзовий затвор; 6 – рамка амперметра-індикатора; 7 – приймальний бункер; 8 – розтруб циклону; 9 – пресуючий транспортер; 10 – дробильна камера; 11 – живильний транспортер; 12 – редуктор транспортера; 13 – електродвигун; 14 – шків з автоматичною фрикційною муфтою; 15 – рама.

Дробарка КДУ-2 складається із завантажувального бункера, живильного і пресуючого транспортерів, різального барабана, дробильного апарата, вентилятора, пневмопровода з циклоном і шлюзовим затвором, рами, приводного електродвигуна і захисної електроапаратури.

У нижній частині бункера дробарки КДУ-2 встановлена поворотна засувка для регулювання подачі зерна. На скатній дошці розташований магнітний сепаратор.

Дробильний апарат має ротор і дробильну камеру (рис. 3.6).

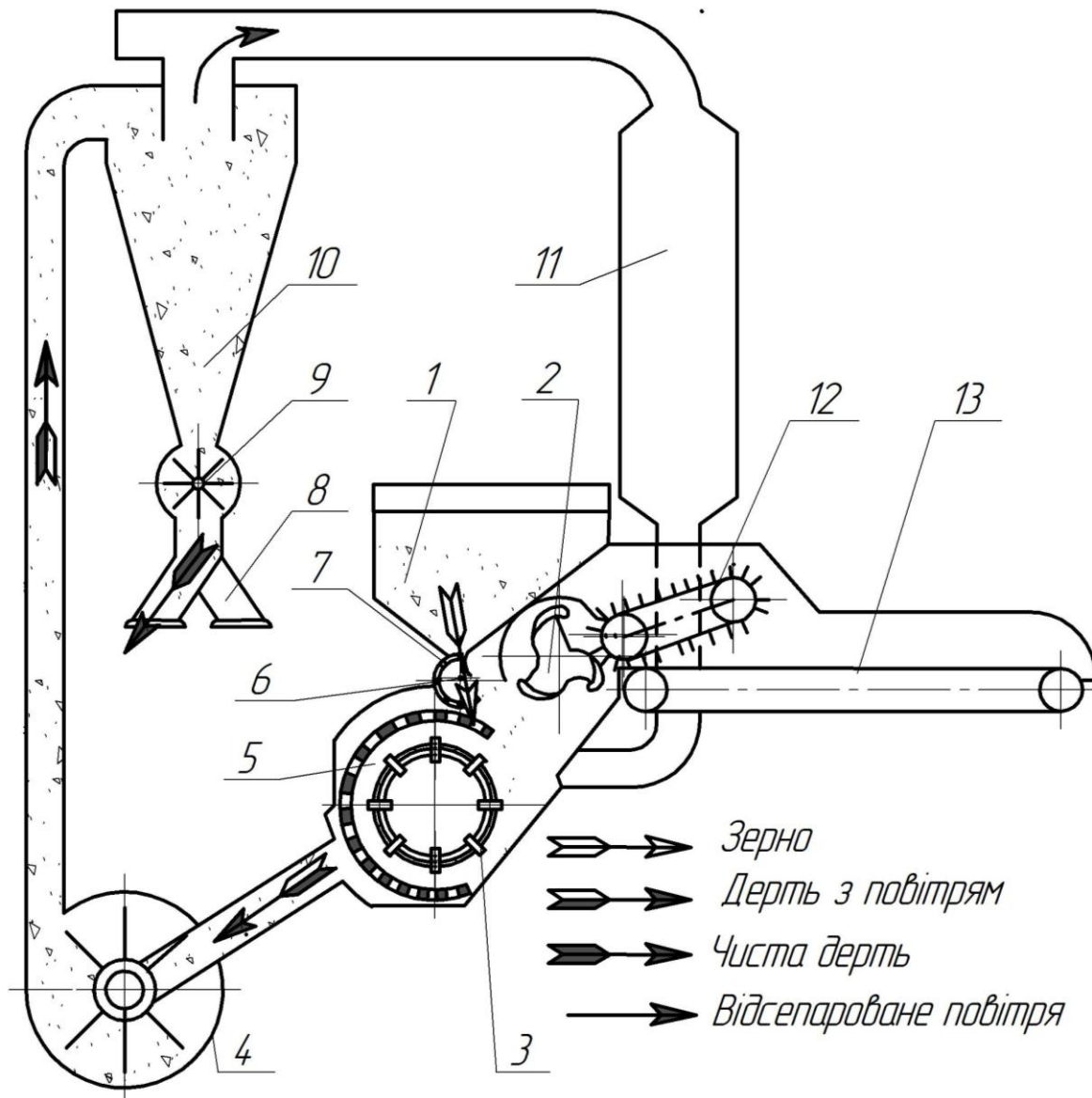


Рисунок 3.6. Технологічна схема подрібнювача сипучих кормів (кормодробарки КДУ-2):

1 – бункер; 2 – ножовий барабан; 3 – ротор; 4 – вентилятор; 5 – решето; 6 – магнітний сепаратор; 7 – заслінка; 8 – розтруб; 9 – шлюзовий затвор; 10 – циклон; 11 – фільтр; 12 – притискний транспортер; 13 – живильний транспортер.

На валу ротора жорстко посаджено 8 дисків. На краях кожного з них шарнірно навішано по 15 пластинчастих молотків у шаховому порядку. Барабан обертається в дробильній камері, утвореній двома боковинами корпусу, решетою і рифленою декою. Змінне решето затискається кришкою дробильної камери за допомогою накидних замків. При обробці соковитих кормів замість змінного решета закріплюють вставну викидну горловину.

Для подрібнення соковитих і грубих кормів використовується ножовий барабан. На його двох фігурних сталевих дисках закріплені три спіральні ножі. Зазор між ножем і протиризальною пластиною повинен бути не більше 0,55мм. Його регулюють двома гвинтами. Живильні й пресуючі транспортери приводяться в дію ланцюговими передачами через редуктор, що знаходиться під рамою живильного транспортера.

Дробарка приводиться в дію через автоматичну фрикційну муфту, яка насаджена на вал електродвигуна.

При подрібнюванні сіна та інших грубих кормів включають різальний апарат дробарки, отвір для завантаження зерна в бункері перекривають. При переробці соковитих кормів замість решета закріплюють вставну викидну горловину і відбивний козирок, а відсмоктуючий патрубок знімають. При подрібнюванні фуражного зерна різальний барабан вимикають.

Технологічні схеми подрібнювача кормів КДУ-2 на обробці різних видів кормів зображені на рис. 3.7.

**Дробарка безрешітна ДБ-5** призначена для подрібнення фуражного зерна вологістю не більше 17% для різних видів і статевовікових груп тварин.

Дробарка складається з таких основних частин: ротора з молотками, корпусу, бункера з датчиками верхнього і нижнього рівнів, розподільної камери, рами і механізмів привода.

Технологічний процес подрібнення відбувається так: фуражне зерно завантажується в бункер, де за допомогою датчиків рівня підтримується необхідна його кількість вмиканням і вимиканням завантажувального транспортера. Подача зерна в камеру подрібнення регулюється автоматично поворотом заслінки за допомогою окремого механізму привода або вручну важелем.

Дробарку виготовляють у двох модифікаціях:

- як самостійну машину – ДБ-5-1 укомплектовану завантажувальним і вивантажувальним шнеками;
- для комплектації комбікормових агрегатів ОКЦ – ДБ-5-2 (без допоміжних шнеків).



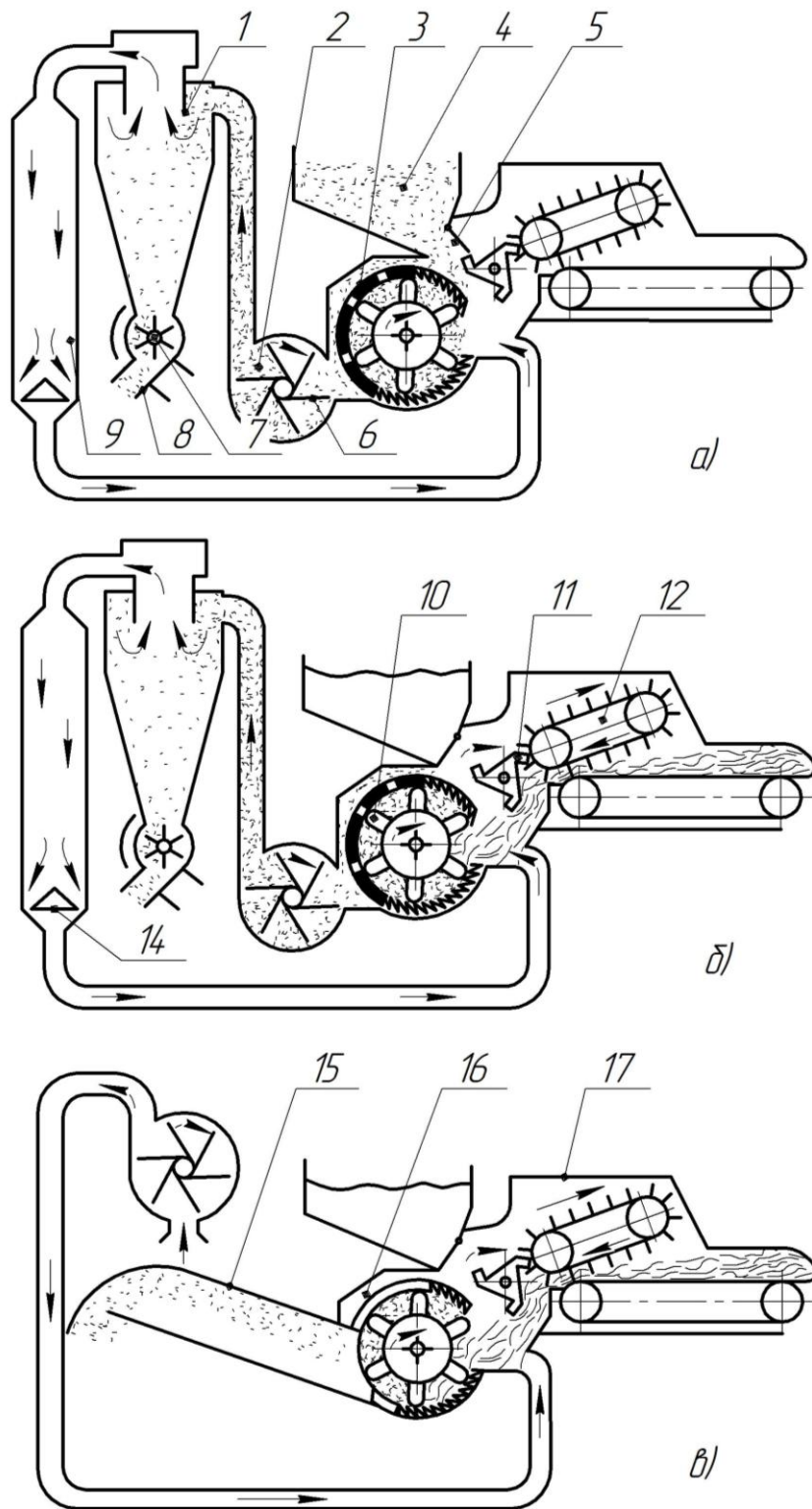


Рисунок 3.7. Технологічні схеми подрібнювача кормів КДУ-2 на обробці різних видів кормів:

*a* – подрібнення зерна та інших сипучих кормів; *б* – подрібнення несипучих сухих кормів (сіна, соломи); *в* – подрібнення вологих і соковитих кормів; 1 – циклон; 2 – вентилятор; 3 – дробильна камера; 4 – бункер; 5 – заслінка; 6 – подрібнений сухий продукт; 7 – шлюзовий затвор; 8 – розтруб мішкотримачів; 9 – фільтрувальний рукав; 10 – дробильний барабан; 11 – ножовий барабан; 12 – верхній транспортер живильника; 13 – нижній транспортер живильника; 14 – розсікач фільтрувального рукава; 15 – викидна горловина; 16 – дефлектор; 17 – корпус живильника.

**Дробарка ДКМ-5** призначена для подрібнення зерна і грубих кормів у технологічних лініях їх приготування. Основні вузли ДКМ-5: дробарка, завантажувальний шнек, вивантажувальний шнек, блок керування і підставка під вивантажувальний шнек.

Процес подрібнення фуражного зерна, грубих кормів і приготування січки на ДКМ-5 виконується відповідно до функціональних схем, зображених на рис. 3.8.

Для отримання кормів заданої крупності встановлюють змінні решета для ячменю і пшениці – з отворами 4; 6; 8мм, вівса – 8; 16мм.

Вологість зерна повинна бути в межах 12–14%. При подрібненні вівса вологістю більше 12% використовують решета з діаметром отворів 16мм.

Вологість грубих кормів повинна бути 10–17%, решето – з діаметрами отворів 16мм.

**Дробарки-подрібнювачі кормів типу ІРТ** використовують переважно на великих фермах і спеціалізованих комплексах ВРХ для переробки грубих кормів у розсипному вигляді, рулонах або тюках, зв'язаних шпагатом, і завантаження подрібненої маси в транспортні засоби. Тюки, зв'язані дротом, попередньо звільняють від нього. Привод робочих органів дробарки-подрібнювача ІРТ-165 (рис. 3.9) здійснюється від вала відбору потужності тракторів класу 3кН або 5кН. Основними конструктивно-функціональними елементами подрібнювача є бункер зі щитом, молотковий ротор, змінне решето, горизонтальний і похилий розвантажувальні транспортери, підйомник транспортера, гідропривод, мультиплікатор та шасі.

Головний робочий орган подрібнювача – молотковий ротор.

Робочий процес подрібнювача проходить так. Молотковий ротор набирає номінальних обертів ( $2000\text{хв}^{-1}$ ), увімкнений бункер обертається за напрямком стрілки на його боковині. Грубі корми в рулонах, тюках чи розсипному вигляді завантажують навантажувачами у бункер до такого рівня, щоб матеріал не випадав через край.

При обертанні бункера матеріал подається на ротор, зтягується молотком між зубцями гребінки в робочу камеру, де в результаті багаторазової взаємодії з молотками, зубцями гребінки та решетом подрібнюється. Продукти подрібнення просіваються крізь решето на горизонтальний транспортер, подаються ним на похилий транспортер і вивантажуються в технологічну лінію кормоцеху або транспортні засоби.

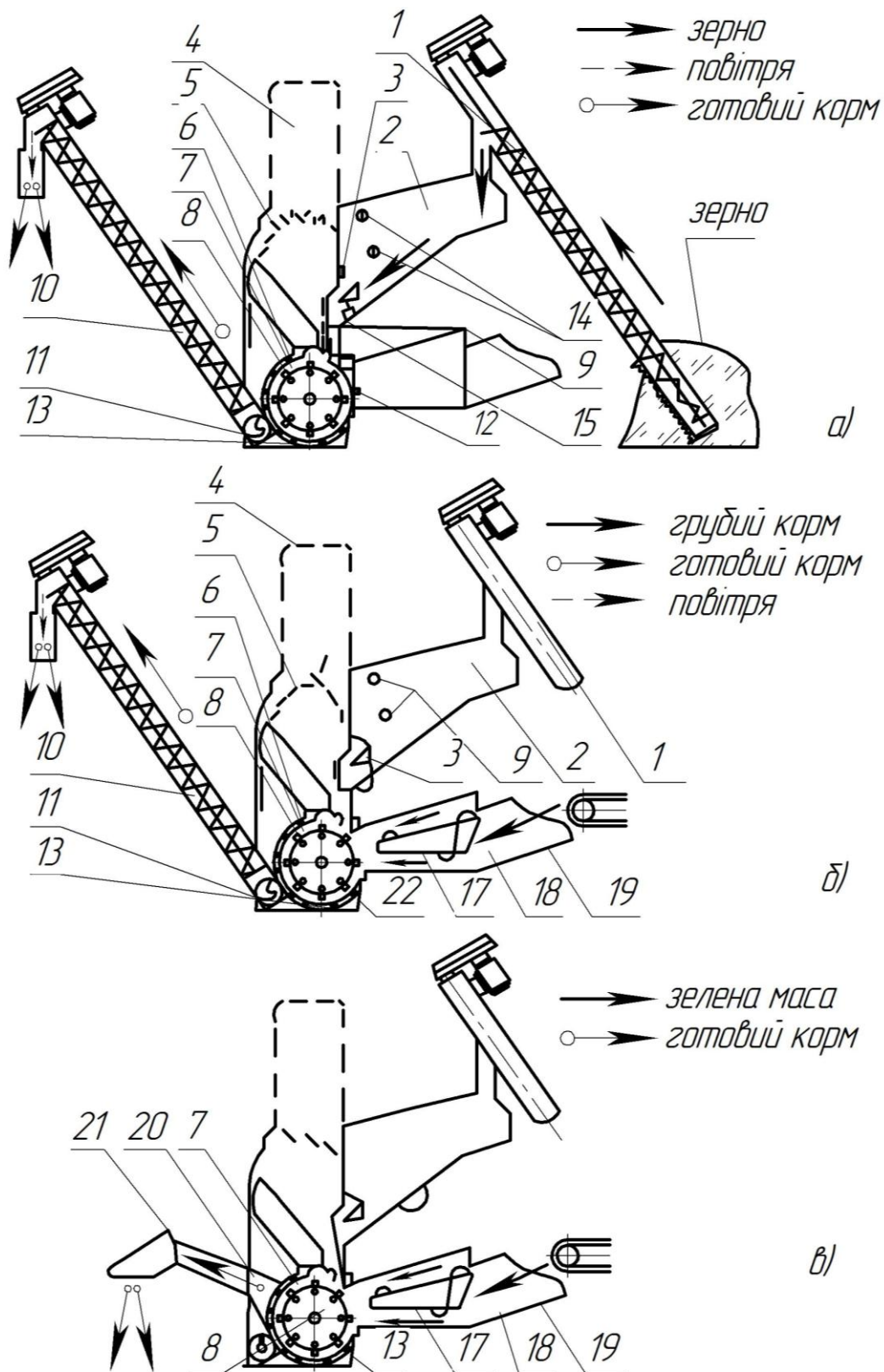


Рисунок 3.8. Функціональна схема дробарки ДКМ-5:

*a* – робота на зерні; *б* – робота на грубих кормах і качанах кукурудзи; *в* – приготування січки;  
 1 – шнек завантажувальний; 2 – бункер; 3 – заслінка; 4 – фільтр; 5 – пиловідокремлювач;  
 6 – змінне решето; 7 – камера подрібнення; 8 – ротор; 9 – заслінка; 10 – шнек вивантажувальний; 11 – шнек дробарки; 12 – кришка; 13 – деки; 14 – датчики рівня;  
 15 – магнітний сепаратор; 17 – внутрішній шнек живильника (нерухомий); 18 – зовнішній шнек живильника (рухомий); 19 – лоток; 20 – горловина; 21 – дефлектор; 22 – пластина.

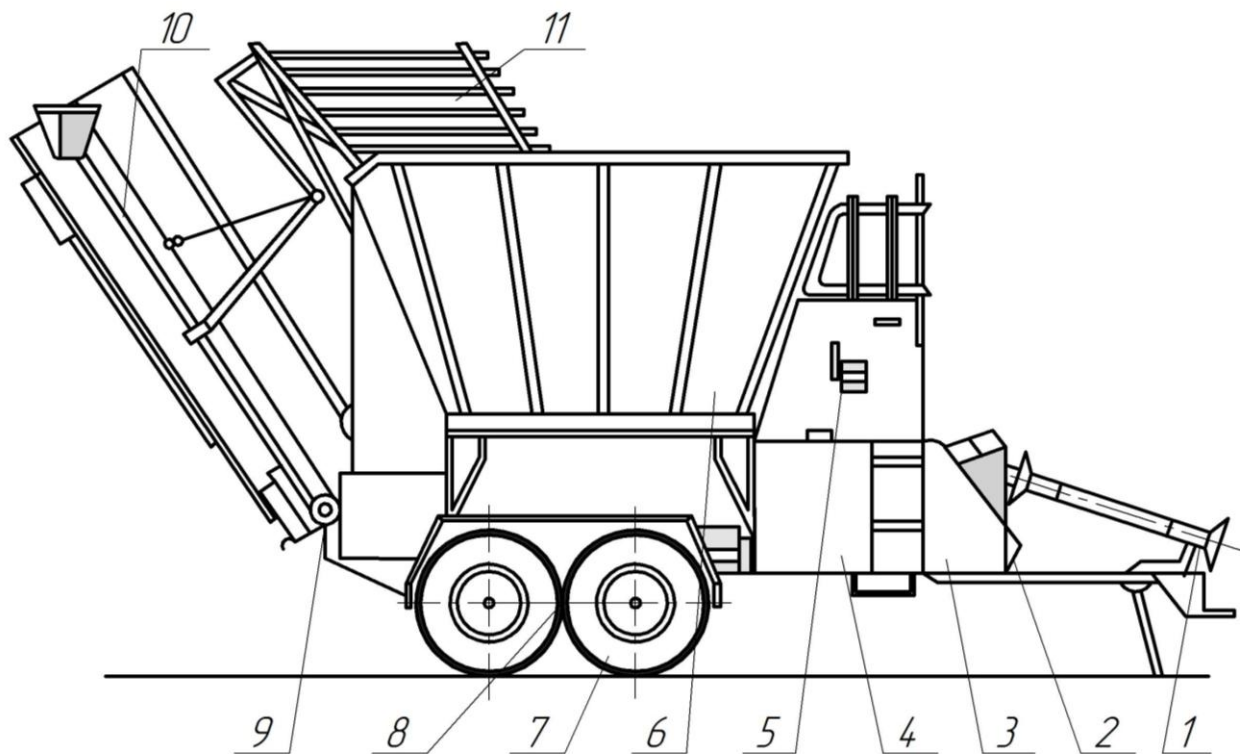


Рисунок 3.9. Дробарка-подрібнювач типу IPT-165:

1 – телескопічний вал; 2 – мультиплікатор; 3 – рама; 4 – гідропривод; 5 – місток для технічного обслуговування; 6 – бункер; 7 – шасі; 8 – горизонтальний транспортер; 9 – лебідка; 10 – похилий транспортер; 11 – щит.

Для оптимального завантаження подрібнювача залежно від виду, вологості, стану (розсипний, пресований) перероблюваного матеріалу та крупності кінцевого корму регулюють подачу сировини на молотковий ротор: встановленням ліфтерів, зміною частоти обертання бункера, переставленням його дефлекторів, зміною кута нахилу гребінки і відсікача. Використання ліфтерів – це один із ефективних способів зниження енергоємності процесу. Вони підтримують подрібнювальний матеріал, запобігають гальмуванню ним молоткового ротора.

Ступінь подрібнення продукту регулюють підбиранням відповідного решета. Подрібнювач комплектується решетами з отворами діаметром 20, 50 та 75мм.

**Дробарка-подрібнювач IPT-80** може подрібнювати грубі корми вологістю до 60% у розсипному і пресованому вигляді з одночасним завантаженням подрібненої маси в транспортні засоби. Вона є стаціонарною машиною з приводом робочих органів від електродвигуна потужністю 55кВт.

Машина складається з рами, завантажувального бункера місткістю 5м<sup>3</sup>, ротора з приводом, опорних котків, розвантажувального пристрою та блока керування.

## **Лекція 4**

### **ТЕОРІЯ МОЛОТКОВИХ ДРОБАРОК**

- 4.1. Робочий процес молоткової дробарки.**
- 4.2. Механічні фактори робочого процесу молоткової дробарки.**
- 4.3. Аеродинаміка та енергетичні показники дробарки.**

#### 4.1. Робочий процес молоткової дробарки

Робочий процес молоткової дробарки можна поділити на такі етапи: **подача сировини** (живлення), **переробка матеріалу в подрібнювальній камері** (подрібнення), **відведення готового продукту** (евакуація).

При роботі дробарки в камері подрібнення завжди знаходиться певна кількість сировини, необхідної для завантаження камери. Цей матеріал розташовується по периферії камери тонким шаром і під дією молотків приводиться у багаторазовий круговий рух, тобто **циркуляція** його є характерною рисою дробарок закритого типу. Молотки рухаються з великою коловою швидкістю. Після зіткнення з молотками зернини частково руйнуються і відкидаються на решето (випробовуються на прохід). Якщо частинки зерна проходять через решето, то вони покидають дробильну камеру. Ті частинки, які не пройшли через решето, як від екрана відбиваються і знову потрапляють в зону дії молотків. Таким чином, процес повторюється кілька разів. Цей процес має випадковий характер, тому чітко не можна сказати, скільки разів зерно повинно зіткнутись із молотками, щоб досягти необхідного ступеня подрібнення. При цьому частки матеріалу перебувають у зваженому стані.

При надходженні в камеру зерно може бути відкинуте до периферії не ударом молотка, а повітряним потоком. Тоді перший удар воно отримує об деку або решето. Тому у молоткових дробарках сільськогосподарського призначення матеріал подрібнюється внаслідок багаторазового ударного впливу молотків і стирання його в безупинно циркулюючому шарі. При цьому дію руйнації матеріалу забезпечують також деки і решета, гострі крайки яких працюють як різці (протирізальна частина), що деформують частки на зовнішній стороні циркулюючого шару.

На ефективність роботи молоткової дробарки впливає ряд факторів, які загалом можна поділити на технологічні, механічні та конструктивні.

**Технологічні фактори** – це ступінь подрібнення, якість кінцевого продукту, фізико-механічні властивості вихідної сировини. Перші два є заданими й зумовлені зоотехнічними вимогами, а фізико-механічні властивості сировини при створенні нових дробарок необхідно враховувати, щоб знайти найефективніші способи впливу робочих органів на матеріал, що подрібнюється.

**Конструктивні фактори.** Головне значення мають: розміри камери подрібнення, особливості конструкції робочих органів, спосіб подавання й відведення продукту, зазор між кінцями молотків і решетом тощо.

Головну роль відіграють **механічні фактори**: швидкість руху молотків та переміщення матеріалу по решету, динамічні властивості барабана, повітряний режим у дробильній камері, ударний імпульс і зумовлена ним величина роботи деформації при ударі тощо.

## 4.2. Механічні фактори робочого процесу молоткової дробарки

Однією з найважливіших характеристик процесу подрібнення кормів у молотковій дробарці є **робота, затрачена на процес подрібнення**.

В основу аналізу робочого процесу молоткових дробарок (визначення роботи деформації при однократному ударі) покладена теорія удару В.П. Горячкіна.

**Основні припущення** для дослідження робочого процесу дробарки:

- у дробарках має місце вільний удар, коли протидією є тільки інерція власне шматків матеріалу, що подрібнюється;

- між молотком і шматком матеріалу виникає непружний прямий центральний удар.

Після удару молотка по зерну **зміна кількості руху молотка** (ударний імпульс) буде змінюватися і складе

$$i = M \cdot (V_M - V_K), \quad (4.1)$$

де  $i$  – ударний імпульс, Н·с;

$M$  – маса молотка, кг;

$V_M$  і  $V_K$  – швидкості молотків до і після удару, м/с.

Вважаємо, що початкова швидкість зерна  $V_3$ , що надходить у дробильну камеру, до зустрічі з молотком дорівнює нулю. Після удару зерно отримує швидкість, що дорівнює кінцевій швидкості молотка  $V_K$ , тому кількість руху зерна складе

$$i = m \cdot V_3 = m \cdot V_K, \quad (4.2)$$

де  $m$  – маса однієї зернини, кг;

$V_3$  – швидкість зерна, що дорівнює швидкості молотка після удару,

$$V_3 = V_K.$$

Для енергетичного оцінювання процесу подрібнення необхідно знати величину швидкості молотка після удару  $V_K$ , тому прирівняємо праві частини формул (4.1) і (4.2). Це правомірно тому, що імпульс сили, яку втратив молоток, під час удару передався зерну. Тому отримаємо

$$M \cdot (V_M - V_K) = m \cdot V_K, \quad (4.3)$$

звідки

$$M \cdot V_M = M \cdot V_K + m \cdot V_K = V_K \cdot (M + m). \quad (4.4)$$

Тоді

$$V_K = \frac{M \cdot V_M}{(M + m)} = \frac{V_M}{\left(1 + \frac{m}{M}\right)}. \quad (4.5)$$

З рівняння (4.5) випливає, що величина кінцевої швидкості молотка залежить від співвідношення мас взаємоударяючих тіл і змінюється за гіперболою. Якщо  $m \ll M$  чи  $\frac{m}{M} \rightarrow 0$ , тоді  $V_K \approx V_M$ , тобто швидкості молотка до і після удару будуть близькі між собою.

Визначимо корисну роботу при ударі молотка по зерну.

Враховуємо, що при непружному ударі частина кінетичної енергії витрачається на рух системи взаємоударяючих тіл, а інша частина перетворюється на роботу деформації цих тіл (теоретична механіка). У нашому випадку корисна робота – та, що витрачається на деформацію і руйнування матеріалу  $A_{def}$ .

#### **Баланс енергій при взаємодії молотка і зерна під час удару**

$$A_0 = A_M + A_3 + A_{def}, \quad (4.6)$$

де  $A_0$  – кінетична енергія молотка, що рухається зі швидкістю  $V_M$ , тобто до удару, Дж,

$$A_0 = \frac{M \cdot V_M^2}{2}; \quad (4.7)$$

$A_M$  – кінетична енергія молотка після удару, Дж,

$$A_M = \frac{M \cdot V_K^2}{2}; \quad (4.8)$$

$A_3$  – кінетична енергія зерна після удару, Дж,

$$A_3 = \frac{m \cdot V_K^2}{2}. \quad (4.9)$$

Кінетична енергія зерна до удару  $A_{03}$  дорівнює нулю, тому що швидкість зерна до удару через малу висоту падіння прийнята такою, що дорівнює нулю.

Роботу деформації зерна можна визначити із (4.6).



$$A_{\text{деф}} = A_0 - A_M - A_3 . \quad (4.10)$$

З урахуванням (4.7) – (4.9) запишемо

$$A_{\text{деф}} = \frac{M \cdot V_M^2}{2} - \frac{M \cdot V_K^2}{2} - \frac{m \cdot V_K^2}{2} . \quad (4.11)$$

Враховуючи (4.3), знайдемо, що корисна робота деформації складе

$$A_{\text{деф}} = \frac{m \cdot V_M \cdot V_K}{2} . \quad (4.12)$$

З отриманого рівняння (4.12) бачимо, що корисна робота деформації змінюється за законом прямої і залежить від швидкості молотка після удару  $V_K$ . Відомо також, що кінцеві швидкості залежать від відношення  $m/M$ . Отже, **робота деформації залежить від співвідношення мас взаємоударяючих тіл**. Практично необхідно прагнути, щоб маса зерна була набагато меншою від маси молотка  $m \ll M$ . Тоді  $V_K \approx V_M$  і для визначення роботи деформації буде справедливим вираз

$$A_{\text{деф}} = \frac{m \cdot V_M^2}{2} . \quad (4.13)$$

У молоткових дробарках відбувається процес багаторазового удару: зерно після удару молотка вдаряється об деку, тобто воно в такому випадку є тілом, що вдаряє. Необхідно врахувати також, що його маса набагато менша за масу деки. Аналогічно вищевикладеному визначимо кінцеву швидкість деки

$$V_D = \frac{V_K}{\left(1 + \frac{M_D}{m}\right)} . \quad (4.14)$$

Оскільки  $M_D \ll m$ , то  $\frac{M_D}{m} \rightarrow \infty$ . Отже,  $V_K = 0$ . Тобто весь запас кінетичної енергії зерна в даному випадку іде на його деформацію. Звідси впливає дуже важливий **висновок**: кінетична енергія на відкидання зерна  $A_3$  у молотковій дробарці не губиться даремно. Вона перетворюється на роботу руйнування при ударі зерна об нерухомі частини машини (деки і решето). З урахуванням цієї обставини повна робота руйнування складе

$$A_{\text{ПОВ}} = A_{\text{деф}} + A_3 = \frac{m \cdot V_M \cdot V_K}{2} + \frac{m \cdot V_K^2}{2}. \quad (4.15)$$

За умови, що  $V_K \approx V_M$ , отримаємо

$$A_{\text{ПОВ}} = m \cdot V_M^2. \quad (4.16)$$

### Зауваження.

1. Усі отримані вище рівняння виведені для випадку **поступального руху взаємоударяючих тіл**. У молоткових дробарках має місце обертальний рух. Тому роботу деформації варто знаходити з урахуванням теореми про кінематичний момент. Тобто в розрахункові формули замість мас взаємоударяючих тіл необхідно вводити їхні моменти інерції.

2. Роботу деформації визначали, вважаючи, що має місце **досконалий непружний удар**. Насправді зерно та інші корми мають пружні властивості, що характеризуються коефіцієнтом відновлення  $k$ . З урахуванням цього отримаємо вираз

$$A_{\text{деф}} = (1 - k^2) \cdot \frac{m \cdot V_M \cdot V_K}{2}; \quad (4.17)$$

при  $V_K \approx V_M$

$$A_{\text{деф}} = (1 - k^2) \cdot \frac{m \cdot V_M^2}{2}. \quad (4.18)$$

Відповідно повну роботу руйнування визначають за формулою

$$A_{\text{ПОВ}} = (1 - k^2) \cdot m \cdot V_M^2. \quad (4.19)$$

Коефіцієнт відновлення, за дослідними даними, для зерна середньої сухості має дорівнювати 0,3...0,4.

Для подрібнення зерен ячменю до середньої крупності необхідно нанести по зерну 30...40 ударів на льоту при швидкості молотків 40...45м/с.

### 4.3. Аеродинаміка та енергетичні показники дробарки

Аеродинаміка молоткової дробарки має важливе значення для організації процесу подрібнення. Від неї залежать такі основні параметри: **кратність циркуляції, подавання сировини, інтенсивність відведення готового корму**. Основний показник аеродинаміки дробарки – це **витрата повітря**

$$Q_{II} = V_P \cdot S_P \cdot K_{3B} , \quad (4.20)$$

де  $V_P$  – швидкість повітряного потоку в отворах решета, м/с;

$S_P$  – площа живого перетину решета, м<sup>2</sup>;

$K_{3B}$  – коефіцієнт звуження струменя повітряного потоку в отворах решета.

Подача дробарки приблизно прямопропорційна витраті повітря через дробарку. Швидкість повітря в зазорі між кінцями молотків і декою приблизно дорівнює 40% колової швидкості кінців молотків. Радіальна складова цієї швидкості на порядок нижча і становить 2,5...3м/с.

Витрата повітря, визначена через радіальну складову швидкості потоку, приблизно дорівнює експериментальним значенням (3,2м/с, 3м/с).

Основною умовою правильного формування аеродинамічного потоку в дробарці є зміщення центра вихору відносно осі обертання ротора дробарки. При цьому утворюються зони з радіальною складовою повітряного потоку, спрямованого на периферію і до центра обертання ротора.

У зоні, де радіальна складова напрямлена від центра обертання ротора, встановлюють решето, а в зоні, де ця складова напрямлена до центра, – завантажувальний пристрій.

Зміщення центра вихорового потоку здійснюється встановленням у дробильній камері напрямляючих пристроїв або вихрових камер.

Впорядкований повітряний потік у молотковій дробарці значно підвищує її подачу. Наприклад, введення в дробарку агрегату АВМ-0,4, вихрової камери та оптимізація режимів дробарки і сушильного барабана сприяли підвищенню подачі агрегату на 62%.

Повітряний потік у зарешітному просторі повинен мати достатню транспортуючу здатність для забезпечення надійної евакуації подрібненого продукту, яка залежить від його аеродинамічних властивостей.

Основною характеристикою аеродинамічних властивостей дисперсного матеріалу (подрібненого корму) є його **швидкість витання**  $V_B$ . Для різних за формою і розміром частинок суміші визначають середню швидкість витання, при якій висхідним потоком повітря

виноситься 50% маси всіх частинок наважки. Для таких культур, як ячмінь (зернова дерть) середня швидкість витання становить 4,3м/с; пшениці – 3,6; гороху – 3,4; кукурудзи – 3,0; вівса – 2,2; трав'яного борошна – 0,8–1; сухої січки зі злакових трав – 3,0м/с. Швидкість виносу останньої частинки для всіх згаданих кормів не перевищує 10...15м/с.

При розрахунку пневмопроводів дробарок рекомендується визначати мінімальну швидкість повітряного потоку за емпіричною формулою

$$V_{\min} = 10 + 0,57 V_{B.CP} \quad (4.21)$$

Для надійності процесу транспортування вводиться коефіцієнт запасу  $K_V = 1,5 \dots 1,6$ . Тоді **робоча швидкість повітряного потоку**

$$V_{POB} = K_V \cdot (10 + 0,57 V_{B.CP}) \quad (4.22)$$

Тобто робоча швидкість повітряного потоку повинна бути не менше 18...20м/с. Для КДМ-2  $V_{POB} = 5$ м/с; для АВМ-0,65  $V_{POB} = 9,12$ м/с.

**Енергетичні показники молоткової дробарки** характеризуються рівнянням балансу потужності

$$N = N_{ПОДР} + N_{Ц} + N_{ХХ} \quad (4.23)$$

де  $N_{ПОДР}$  – потужність, що витрачається на подрібнення матеріалу, Вт;

$N_{Ц}$  – потужність, що витрачається на створення циркуляції матеріалу в дробильній камері, Вт;

$N_{ХХ}$  – потужність, необхідна на холостий хід дробарки, Вт.

Потужність на подрібнення матеріалу можна визначити за заданою продуктивністю дробарки  $Q$  і величиною роботи подрібнення  $A_{подр}$

$$N_{ПД} = Q \cdot A_{подр} = Q \cdot [C_1 \cdot \lg \lambda^3 + C_2 \cdot (\lambda - 1)] \quad (4.24)$$

(Див. лекція 2, формула (2.32)).

Розрахункову секундну продуктивність дробарки, кг/с або т/год, можна визначити за формулою

$$Q = g' \cdot D \cdot L \quad (4.25)$$

де  $g'$  – питоме навантаження дробарки, що характеризує вихід готового продукту з  $1\text{ м}^2$  площі діаметрального перетину камери; для зернових кормів –  $2,4 \dots 2,6 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ ; для січки –  $0,5 \dots 0,86 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ ;  
 $D$ ,  $L$  – діаметр і довжина подрібнювального барабана дробарки, м.

**Продуктивність дробарки**,  $\text{кг}/\text{с}$ , для подрібнення зернових кормів можна визначити за емпіричною формулою

$$Q_{зр} = (2 - 8) \cdot 10^5 \rho \cdot D^2 \cdot w, \quad (4.26)$$

де  $\rho$  – густина подрібнювального продукту,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$w$  – кутова швидкість обертання подрібнювального барабана,  $\text{рад}/\text{с}$ .

Потужність, що витрачається на створення циркуляції матеріалу в дробильній камері  $N_{ц}$ , і потужність, необхідна на холостий хід дробарки  $N_{хх}$ , беруть у межах  $15 \dots 20\%$  від  $N_{подр}$ .

$$N_{ц} + N_{хх} = (1,15 \dots 2) N_{подр}. \quad (4.27)$$

Порівняння проектованої дробарки і загальне оцінювання її конструкції проводять за техніко-економічними показниками:

Питома витрата енергії (питома енергоємність процесу подрібнення)

$$w = N/Q, \text{ Дж}/\text{кг}. \quad (4.28)$$

Питома продуктивність,  $\text{кг}/\text{Дж}$

$$Q_{п} = Q/N. \quad (4.29)$$

Питома продуктивність при даному ступені подрібнення,  $\text{кг}/\text{Дж}$

$$Q_{п.\lambda} = Q \cdot \lambda / N. \quad (4.30)$$

Енергоємність процесу подрібнення,  $\text{кВт} \cdot \text{год}/\text{т}$ , з урахуванням досягнутого ступеня подрібнення

$$E_{п} = \frac{N_{подр}}{Q \cdot \lambda}. \quad (4.31)$$

Загальна ефективність роботи дробарки,  $\text{кг}/\text{Дж}$ , оцінюється величиною питомої продуктивності, що характеризує кількість готового продукту, який отримують з одиниці встановленої потужності

$$E_{з} = \frac{g'}{N_{вст}}. \quad (4.32)$$

## **Лекція 5**

### **ТЕОРІЯ МОЛОТКОВИХ ДРОБАРОК (закінчення)**

- 5.1. Оцінювання механічних і конструктивних факторів подрібнення.**
- 5.2. Розрахунок молоткових дробарок.**

## 5.1. Оцінювання механічних і конструктивних факторів подрібнення

Матеріал, який подрібнюється в дробарці, захоплюється молотками і здійснює обертовий рух з коловою швидкістю, значно меншою від швидкості молотків, тобто циркулює.

**Масу циркулюючого корму**, що подрібнюється  $M_{Ц}$ , визначають за формулою

$$M_{Ц} = q \cdot t, \quad (5.1)$$

де  $q$  – масова подача дробарки, кг/с;

$t$  – тривалість перебування корму в дробильній камері, с.

Із формули (5.1) можна визначити час, протягом якого матеріал подрібнюється до заданого ступеня подрібнення. Отже,

$$t = \frac{M_{Ц}}{q}. \quad (5.2)$$

**Циркуляція матеріалу** в дробильній камері характеризується кратністю циркуляції, що відповідає кількості повних обертів матеріалу в дробильній камері за час подрібнення його до заданої крупності. **Кратність циркуляції** визначають за формулою

$$K_{Ц} = \frac{t \cdot V_{Ш}}{\pi \cdot D} = \frac{M_{Ц} \cdot V_{Ш}}{\pi \cdot D \cdot q}, \quad (5.3)$$

де  $D$  – діаметр дробильної камери, м;

$V_{Ш}$  – колова швидкість кільцевого кормо-повітряного шару, що циркулює в дробарці, визначають залежністю (дослідні дані)

$$V_{Ш} = (0,4 \dots 0,5) V_M, \quad (5.4)$$

де  $V_M$  – колова швидкість молотків.

**Циркуляційну масу** можна виразити через конструктивні параметри дробарки, якщо допустити, що циркуляційний об'єм має форму кільця товщиною  $h_{Ш}$ . Тоді

$$M_{Ц} = \pi \cdot D \cdot B \cdot h_{Ш} \cdot \rho \cdot \mu_{Ц}, \quad (5.5)$$

де  $B$  – ширина дробильної камери, м;

$\rho$  – густина подрібнювального матеріалу (зерна), кг/м<sup>3</sup>.

$\mu_{Ц}$  – масова частка подрібнюваного продукту в кормо-повітряному шарі.

Для оцінювання механічних і конструктивних факторів подрібнення необхідно визначити величину сумарної корисної роботи, що йде на подрібнення циркулюючого у дробильній камері матеріалу.

При ударі по шару кормо-повітряної суміші, що циркулює, **роботу деформації** визначають як

$$A_{\text{деф.ш}} = \frac{Z_M \cdot n_P}{60} \cdot t \cdot \frac{M_{\text{ц}} \cdot V_{\text{відн}}^2}{2}, \quad (5.6)$$

де  $Z_M$  – число молотків;

$n_P$  – частота обертання ротора;

$M_{\text{ц}}$  – маса циркулюючого шару сировини у завантажувальній камері, кг;

$V_{\text{відн}}$  – швидкість молотків відносно шару сировини, м/с.

Найбільший вплив на процес подрібнення матеріалу має величина **робочої швидкості молотків**. У сучасних дробарках вона досягає 100м/с. Зі збільшенням швидкості молотків збільшується ступінь подрібнення матеріалу, зростає продуктивність дробарки та швидкість руху шару й ефективність ударних дій на нього. Це призводить до переподрібнення матеріалу і зайвої витрати енергії; збільшується потужність на холостий хід дробарки, оскільки ротор працює як вентилятор. Тому величина робочої швидкості молотків повинна бути оптимальною.

Отже, **швидкість удару молотків по шару** визначають як

$$V_{\text{відн}} = V_M - V_{\text{ш}}. \quad (5.7)$$

Експериментальними дослідженнями встановлено, що

$$V_{\text{ш}} = \beta_{\text{ш}} \cdot V_M = (0,4 \dots 0,5) V_M. \quad (5.8)$$

Відносна швидкість дорівнює швидкості руйнування,  $V_{\text{відн}} = V_{\text{руйн}}$ .

Тоді

$$V_{\text{руйн}} = V_M - \beta_{\text{ш}} \cdot V_M = V_M \cdot (1 - \beta_{\text{ш}}). \quad (5.9)$$

Для руйнування зерна за один удар руйнуючу швидкість взаємодіючих молотків із зерном проф. С.В. Мельников рекомендує визначати на основі хвильової теорії поширення напружень

$$V_{\text{руйн}1} = \sqrt{\frac{1}{\rho} \cdot K_D \cdot \sigma_{\text{СТ}} \lg \left( \frac{\alpha_3}{x_1} \right)}, \quad (5.10)$$



де  $K_D$  – коефіцієнт динамічності,  $K_D = 1,4-2$ ;

$\sigma_{CT}$  – статична границя міцності, МПа;

$\alpha_3$  – повна (недеформована) довжина зерна, м;

$x_1$  – довжина зерна, яка залишилася після удару, м.

Робочі швидкості молотків у дробарках не забезпечують умов для одноразового руйнування зерна через те, що кормо-повітряний шар знижує дійсну швидкість молотків. Для досягнення одноразового руйнування зерна вона повинна бути

$$V_M = V_{руйн} + V_{Ш} . \quad (5.11)$$

Залежність між необхідною швидкістю співударяння  $V_{руйн}$  і ступенем подрібнення зерна  $\lambda$  при багаторазовому впливі визначають як

$$V_{руйн} = \sqrt{K_3 \cdot (0,81 + 2,3 \lg \lambda)} , \quad (5.12)$$

де  $K_3$  – характеристика фізико-механічних властивостей зерна.

**Кількість ударів** певної інтенсивності, яка необхідна для отримання заданого ступеня подрібнення, визначають за формулою

$$Z_{уд} = \frac{\lambda}{(\lambda - 0,445)} . \quad (5.13)$$

**Швидкість руйнування зерна** можна визначати з теорії пластичності. Доцільно застосовувати для цього теорію Н.Є. Жуковського, відповідно до якої швидкість руйнування залежить від поширення звукових хвиль у матеріалі, що руйнується. Тобто

$$V_{руйн} = \frac{C \cdot \sigma_P}{E} = \sigma_P \sqrt{\frac{1}{\rho \cdot E}} , \quad (5.14)$$

де  $\sigma_P$  – напруження, при якому руйнуються частинки, МПа;

$E$  – модуль пружності зерна, МПа;

$C$  – швидкість поширення звуку в матеріалі, що руйнується,

$$C = \sqrt{E/\rho} .$$

Для дробарок закритого типу величину швидкості поширення звукових хвиль варто зменшувати на 15...20% через те, що удари наносяться багаторазово.

## 5.2. Розрахунок параметрів молоткових дробарок

При розрахунку молоткових дробарок визначають: розміри барабана, а саме, діаметр  $D$  і довжину  $L$ ; розміри, кількість і порядок розміщення молотків; показники кінематичного режиму; енергетичні та техніко-економічні показники.

**Вихідні дані при проектуванні дробарок:** розрахункова продуктивність дробарки  $Q$ , кг/с; необхідний ступінь подрібнення матеріалу,  $\lambda$ ; основні фізико-механічні властивості матеріалу.

**Розрахункова продуктивність дробарки залежить** від основних розмірів барабана – **діаметра і довжини**. Зв'язок між ними і заданою продуктивністю визначають через показник питомого навантаження (кг/(с·м<sup>2</sup>))

$$g' = \frac{Q}{D \cdot L} . \quad (5.15)$$

Отже, **питоме навантаження дробарки** – це відношення секундної розрахункової продуктивності до площі діаметральної проекції  $DL$  барабана.

У сучасних дробарках кормів показник питомого навантаження при швидкостях молотків 45...55м/с складає 2...3кг/м<sup>2</sup> і відповідно 3...6кг/м<sup>2</sup> при швидкості молотків 70...80м/с.

При розрахунковому проектуванні дробарки необхідно враховувати тип барабана, що характеризується відношенням

$$\frac{D}{L} = K . \quad (5.16)$$

За цією ознакою розрізняють два типи барабанів. Для першого з них зазначене відношення дорівнює 1...2 (АІ-ДМР, КДУ-2, ДДМ, ДМ та ін.), а для другого – 4...7 (А1-ДМ2Р-55(75), А1-ДМ2Р-110(160)).

У барабанах першого типу маса молотків, пальців і шайб складає близько 50% маси барабана. Барабани цього типу характеризуються високою металомісткістю. Їх піддають тільки статичному балансуванню, тому що всі зазначені маси розташовані поблизу осі обертання і створюють відносно невисокий осьовий момент інерції.

У барабанах другого типу маса молотків з пальцями і шайбами складає 15...18% від усієї маси барабана. Пакети молотків значно віднесені від осі обертання і створюють великі осьові моменти інерції. Такі барабани обов'язково піддають статичному і динамічному зрівноважуванню.

З урахуванням викладеного з виразу (5.16) випливає, що довжина барабана

$$L = \frac{D}{K}. \quad (5.17)$$

Показник питомого навантаження згідно з (5.15) з урахуванням (5.17) буде

$$g' = \frac{Q \cdot K}{D^2}. \quad (5.18)$$

**Звідси діаметр ротора барабана молоткової дробарки**

$$D = \sqrt{\frac{Q \cdot K}{g'}}. \quad (5.19)$$

Питоме навантаження дробарки залежить від швидкості обертання ротора. Його приймають:

- при подрібненні коренеплодів –  $v_M = 45 \dots 55 \text{ м/с}$ ,  $g' = 2 \dots 4 \text{ кг/с} \cdot \text{м}^2$ ;
- при подрібненні зерна –  $v_M = 60 \dots 80 \text{ м/с}$ ,  $g' = 3 \dots 6 \text{ кг/с} \cdot \text{м}^2$ .

Для барабанів першого типу значення коефіцієнта  $K = 0,5 \dots 0,9$ ; для другого –  $1,0 \dots 1,9$ . Для дробарок з периферійною подачею сировини рекомендується приймати  $K = 1 \dots 2$ , а з осьовою –  $K = 4 \dots 7$ .

За величиною діаметра  $D$  і показником типу барабана  $K$  визначають його довжину за виразом (5.16).

Якість роботи дробильної машини та її довговічність значно залежать від конструкції молотків та їх правильного монтажу. Молотки кріплять на барабані за допомогою шарнірів. Дуже важливо розмістити вісь підвісу молотка так, щоб реакція в шарнірі була мінімальною або зовсім зникла. Для з'ясування умов динамічної рівноваги розглянемо співвідношення сил і моментів, що діють на молоток у момент удару. Молоток дробильної машини показано у вигляді прямокутної пластини на рис. 5.1а.

При обертанні барабана молотки співударяються зусиллям  $F$  із матеріалом, що подрібнюється. Сила  $F$  прикладена по дотичній до крайньої торцевої площини молотка. У точці  $A$  осі шарніра виникає реакція  $R_A$ , спрямована в бік, протилежний напрямку дії сили  $F$ . Під дією цієї ж сили  $F$  молоток обертається навколо осі підвісу з кутовим прискоренням, що дорівнює  $dw/dt$ . У результаті цього виникає момент сили інерції молотка відносно осі підвісу.

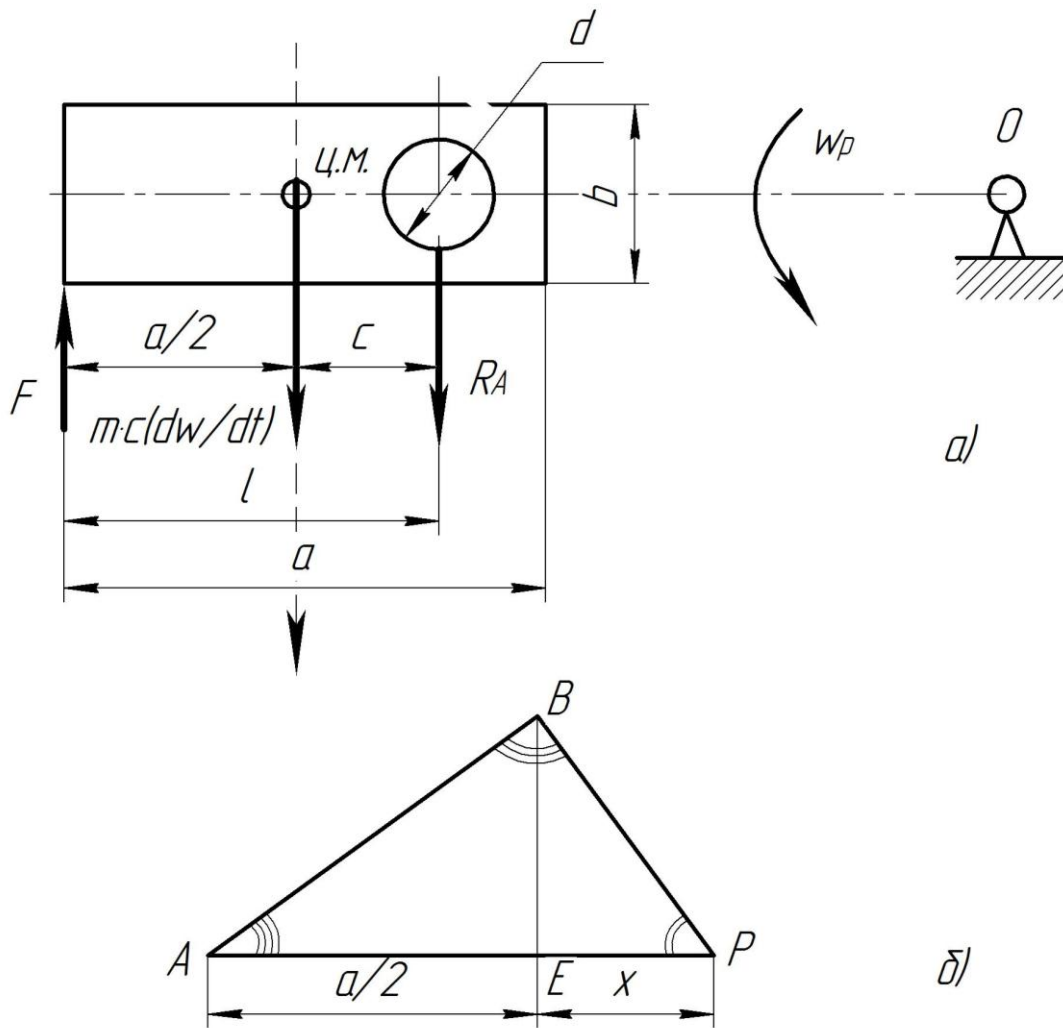


Рисунок 5.1. Розрахункові схеми для:

$a$  – визначення осі підвісу молотка;  $b$  – розташування осей симетрії молотка.

Складемо рівняння рівноваги молотка масою  $m$  під дією всіх сил відносно осі підвісу:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n F_Y = F - m \cdot c \cdot \frac{dw}{dt} - R_A = 0 ; \\ \sum_{i=1}^n M_A = I \cdot \frac{dw}{dt} - F \cdot l = 0 . \end{cases} \quad (5.20)$$

З першого рівняння системи (5.20) визначимо силу удару  $F$  і підставимо її у друге рівняння системи, розв'язавши яке, отримаємо вираз для визначення реакції  $R_A$

$$R_A = \frac{dw}{dt} \cdot \left( \frac{I}{l} - m \cdot c \right), \quad (5.21)$$

де  $l$  – відстань від точки осі підвісу до кінця молотка, м;

$I$  – полярний момент інерції молотка відносно осі підвісу, визначається за формулою

$$I = m \cdot \rho^2, \quad (5.22)$$

де  $\rho$  – радіус інерції молотка відносно осі підвісу (шарніра).

У рівняння (5.21) підставимо залежність (5.22) і знайдемо, що реакція  $R_A$  може дорівнювати нулю, коли

$$\rho^2 = l \cdot c, \quad (5.23)$$

де  $c$  – відстань від центра мас молотка до осі підвісу.

У загальному випадку момент інерції молотка можна записати

$$I = I_0 + m \cdot c^2 = m \cdot \rho_0^2 + m \cdot c^2, \quad (5.24)$$

де  $I_0$  – полярний момент інерції молотка, що проходить через центр мас.

Для молотка, прийнятого у вигляді прямокутної пластини (див. рис. 5.1а) довжиною  $a$  і шириною  $b$  (нехтуючи площею, що займає отвір), запишемо радіус інерції  $\rho_0$  відносно центра мас

$$\rho_0^2 = \frac{a^2 + b^2}{12}. \quad (5.25)$$

Прирівняємо залежності (5.22) і (5.24), враховуючи (5.23) і (5.25). Визначимо радіус інерції молотка відносно осі підвісу (при паралельному перенесенні осей)

$$\rho^2 = \rho_0^2 + c^2, \quad \text{або} \quad \frac{a^2 + b^2}{12} + c^2 = c \cdot l. \quad (5.26)$$

Якщо удар припаде на кінець молотка, то

$$l = \frac{a}{2} + c. \quad (5.27)$$

Підставивши (5.27) у (5.26), отримаємо

$$c = \frac{a^2 + b^2}{6a}. \quad (5.28)$$

Величина  $c$  визначає *пошукове мінімальне значення місця розташування осі підвісу молотка*.

Маючи розміри молотка-подрібнювача, вісь підвісу молотка можна визначити також із геометричної побудови (див. рис. 5.1б). Точка  $P$  – місце розташування осі підвісу молотка.

Відстань від осі підвісу до центра ваги молотка, який має прямокутну форму і два отвори (рис. 5.2), визначаємо за виразом

$$C = -\frac{A}{2} + \sqrt{\frac{A^2}{4} + B}, \quad (5.29)$$

де  $A = \frac{a^2 \cdot b}{\pi \cdot d^2} - \frac{a}{2}; \quad B = \frac{a \cdot b \cdot (a^2 + b^2)}{6\pi \cdot d^2} + \frac{d^2}{8};$

$d$  – діаметр отвору під палець ( $d = 0,0205\text{м}$ ).

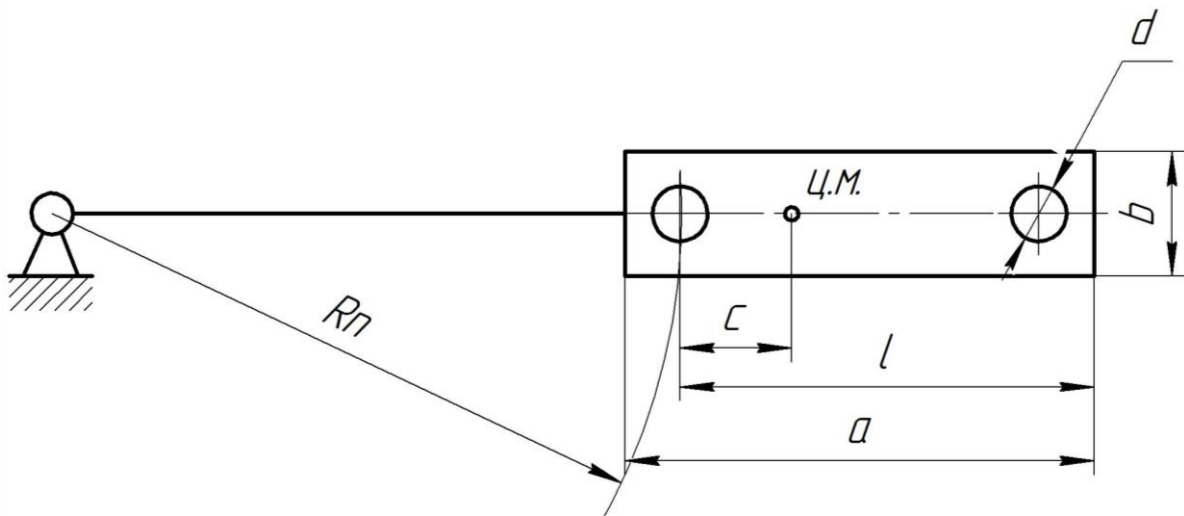


Рисунок 5.2. Схема до розрахунку молотків з двома отворами

При налагодженні та експлуатації дробарок необхідно домагатися, щоб уся рухома система шарнірно підвішених молотків була зрівноваженою. Тоді ударні імпульси не будуть передаватися від молотків через палець і диски на підшипник вала ротора, що запобігає виникненню вібрації дробарки і передчасному виходу з ладу підшипникових вузлів.

Молотки, «зрівноважені на удар», задовольняють умову (5.23)

$$\rho^2 = c \cdot l.$$

Для забезпечення стійкого руху молотка необхідно підібрати відповідну довжину молотка  $a$  (див. рис. 5.1а) і радіус його встановлення. Для їх визначення рекомендують такі співвідношення:

- радіус підвісу молотка, м,

$$R_n = 0,346 D ; \quad (5.30)$$

- відстань від точки осі підвісу молотка до кінця молотка, м,

$$l = 0,154 D ; \quad (5.31)$$

- довжина молотка, м,

$$a \approx 1,5 l ; \quad (5.32)$$

- ширина молотка, м,

$$b \approx 0,1 D . \quad (5.33)$$

**Кількість молотків**, шт, визначають за формулою

$$Z_M = \frac{L - \Delta L}{\delta + S} \cdot K_z , \quad (5.34)$$

де  $\Delta L$  – сумарна товщина дисків, які не перекриваються молотками, м;

$K_z$  – число молотків, що йдуть по одному сліду,  $K_z = 1 \dots 6$  ;

$\delta$  – товщина молотків,  $\delta = 0,002\text{м}; 0,004\text{м}; 0,01\text{м}$ ;

$S$  – відстань між молотками, м.

Необхідно прагнути, щоб простір дробильної камери якнайбільше було перекрито молотками, а порядок розміщення їх не порушував умов статичної й динамічної зрівноваженості барабана.

Усі зазначені розміри уточнюють після розрахунку деталей барабана на міцність.

Частоту обертання ротора (кінематичний режим)  $n$ , об/хв, визначають за знайденим значенням швидкості молотків  $V_M$ , м/с, і діаметра барабана  $D$ . Тобто

$$V_M = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60} . \quad (5.35)$$

Тоді

$$n = \frac{60 V_M}{\pi \cdot D} . \quad (5.36)$$

## **Лекція 6**

### **МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ СТЕБЛОВИХ КОРМІВ**

- 6.1. Теоретичні основи подрібнення стеблових кормів.**
- 6.2. Типи робочих органів соломосилосорізок.**
- 6.3. Конструктивні особливості подрібнювачів стеблових кормів.**



## 6.1. Теоретичні основи подрібнення стеблових кормів

**Процес різання стеблових кормів** – це частковий випадок подрібнення і тому підпорядкований загальному закону руйнування матеріалів під впливом зовнішніх сил, які переважають сили молекулярного зчеплення.

**Особливості різання стеблових кормів.** Руйнування настає:

- при виникненні на межі контакту леза з матеріалом контактних напружень, які перевищують границю міцності матеріалу на зминання;
- за рахунок виникнення дотичних напружень, більших від границі міцності на зсув;
- при виникненні в матеріалі напружень розриву, більших від граничних.

Теорію різання лезом розробив академік В.П. Горячкін, доповнили академік В.А. Желіговський, професор М.Є. Резнік та інші вчені. У їхніх працях наведено результати експериментів щодо визначення фізико-механічних властивостей матеріалів, які подрібнювались, визначено вплив різних конструктивних параметрів соломосилосорізок на енергоємність різання.

У теорії різання розрізняють **три способи: пуансоном (штампом), різцем (клином) і лезом (ножем).**

**Різання стеблових кормів** розглядається як **проникнення двогранного клина (леза ножа) в матеріал (рис. 6.1).** Руйнування проходить за рахунок тиску, який створюється вершиною цього клина під дією сили  $F_{PI3}$ .

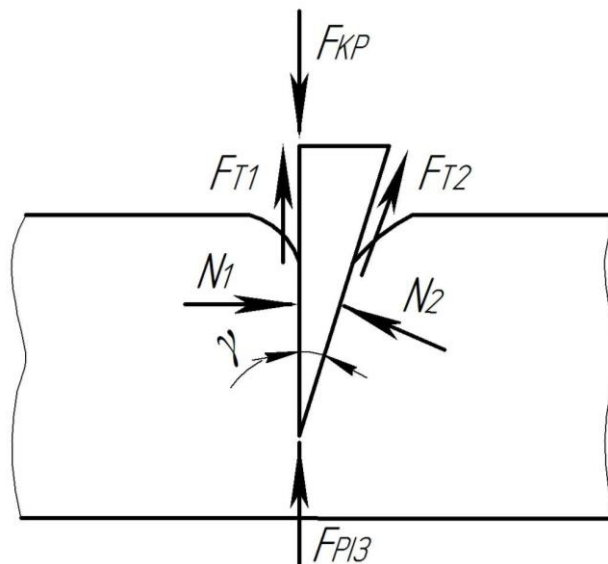


Рисунок 6.1. Схема входження леза в матеріал:

$F_{PI3}$  – сила різання;  $N_1$  і  $N_2$  – сили нормального тиску матеріалу на грані леза;

$F_{T1}$  і  $F_{T2}$  – сили тертя матеріалу об грані леза;  $F_{KP}$  – критична сила, за якої можливе різання;  $\gamma$  – кут між гранями клина (кут заточки).

Процес різання проходить у **дві фази: ущільнення** (стиск) до певної щільності, при якій забезпечується досягнення критичних напружень, і **руйнування**.

Під час руху клина матеріал деформується і виникає опір. Для подолання сил опору до клина необхідно прикласти **критичну силу**  $F_{KP}$ . Тобто

$$F_{KP} = F_{PI3} + F_{T1} + F_{T2} \cdot \cos \gamma + N_2 \cdot \sin \gamma, \quad (6.1)$$

де  $F_{T1}$  і  $F_{T2}$  – сили тертя матеріалу об грані леза;

$N_2$  – сила нормального тиску матеріалу на передній грані леза.

**Сила різання** залежить від механічних властивостей матеріалу і гостроти леза, визначається за формулою

$$F_{PI3} = \delta \cdot \Delta L \cdot \sigma_p, \quad (6.2)$$

де  $\Delta L$  – довжина леза, що безпосередньо входить у матеріал (активна частина), м;

$\delta$  – гострота леза ножа, м;

$\sigma_p$  – граничне нормальне контактне напруження, Н/м<sup>2</sup>.

**Сила тертя** залежить від нормального тиску матеріалу на грані і визначається за формулою

$$F_{Ti} = N_i \cdot f = N_i \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (6.3)$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя матеріалу об лезо;

$\varphi$  – кут тертя матеріалу по лезу, град.

**Сила нормального тиску**  $N$  за законом Гука залежить від деформації матеріалу гранню клина.

$$N_i = k \cdot h_i, \quad (6.4)$$

де  $k$  – коефіцієнт опору матеріалу, Н/м;  $h_i$  – величина деформації, м.

Величина деформації  $h_1$  залежить від властивостей і швидкості подавання матеріалу через горловину, а  $h_2$  – від властивостей матеріалу, довжини різання і кута заточування ножа. Тобто

$$h_2 = x \cdot \sin \gamma, \quad (6.5)$$

де  $x$  – переміщення ножа, м.

З урахуванням залежності (6.3) після перетворень формула (6.1) набуде вигляду

$$F_{KP} = F_{PIЗ} + N_1 \cdot f + \frac{N_2}{\cos \varphi} \cdot \sin (\varphi + \gamma) . \quad (6.6)$$

Аналізуючи формулу (6.6) з урахуванням формул (6.4-6.5), можна зауважити, що величина критичної сили залежить також від кута заточування леза ножа  $\gamma$ . При збільшенні  $\gamma$  збільшується й сила опору на входження ножа в матеріал.

Розрізняють **три загальних випадки різання лезом** залежно від кута  $\tau$  між векторами нормальної сили і переміщення ножа (між перпендикуляром до леза і напрямком переміщення ножа):

1-ий випадок (рис. 6.2а) – **нормальне різання** або рубання, кут  $\tau = 0$  ;

2-ий випадок (рис. 6.2б) – **похиле різання**, кут  $0 \leq \tau \leq \varphi$  ;

3-ий випадок (рис. 6.2в) – **ковзне різання**, кут  $\tau > \varphi$  .

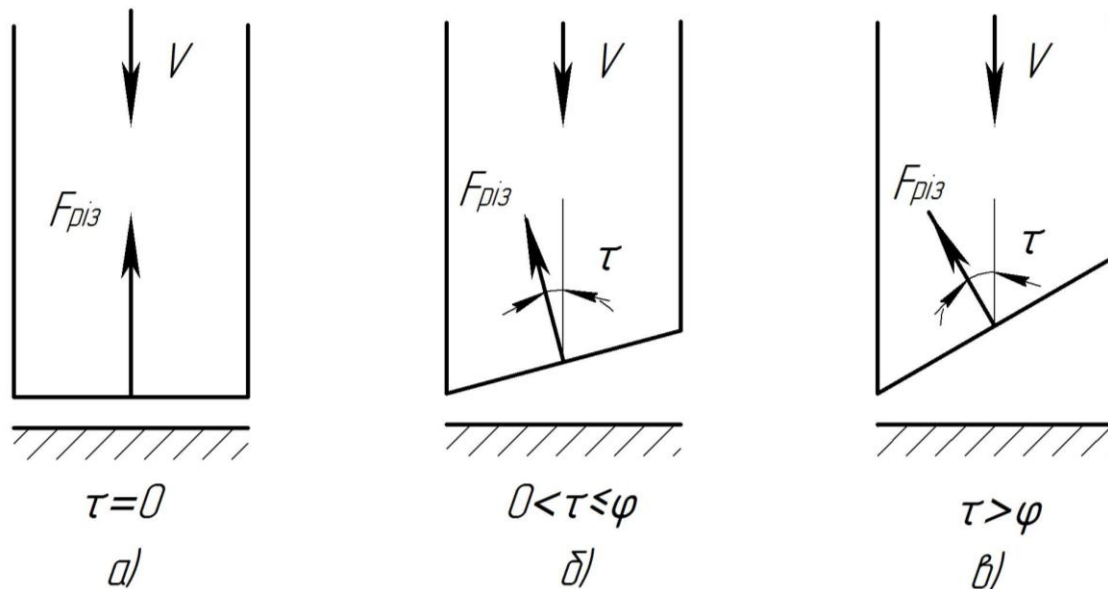


Рисунок 6.2. Випадки різання залежно від кута  $\tau$  :  
 а – нормальне різання; б – похиле різання; в – ковзне різання.

При нормальному різанні (рис. 6.3а) величину критичної сили визначають за формулою (6.6).

При різанні під кутом (рис. 6.3б) проходить «трансформація» кута заточування ножа

$$\operatorname{tg} \gamma' = \operatorname{tg} \gamma \cdot \cos \tau , \quad (6.7)$$

де  $\tau$  – кут установки ножа, град.

Професор Резнік М.Є. назвав це явище **кінематичною трансформацією кута заточування** і запропонував визначати його за формулою

$$\operatorname{tg} \gamma' = \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\sqrt{1 + \varepsilon^2}}; \quad (6.8)$$

де  $\varepsilon$  – коефіцієнт ковзання,

$$\varepsilon = \operatorname{tg} \tau. \quad (6.9)$$

Формула (6.9) тотожна формулі (6.8).

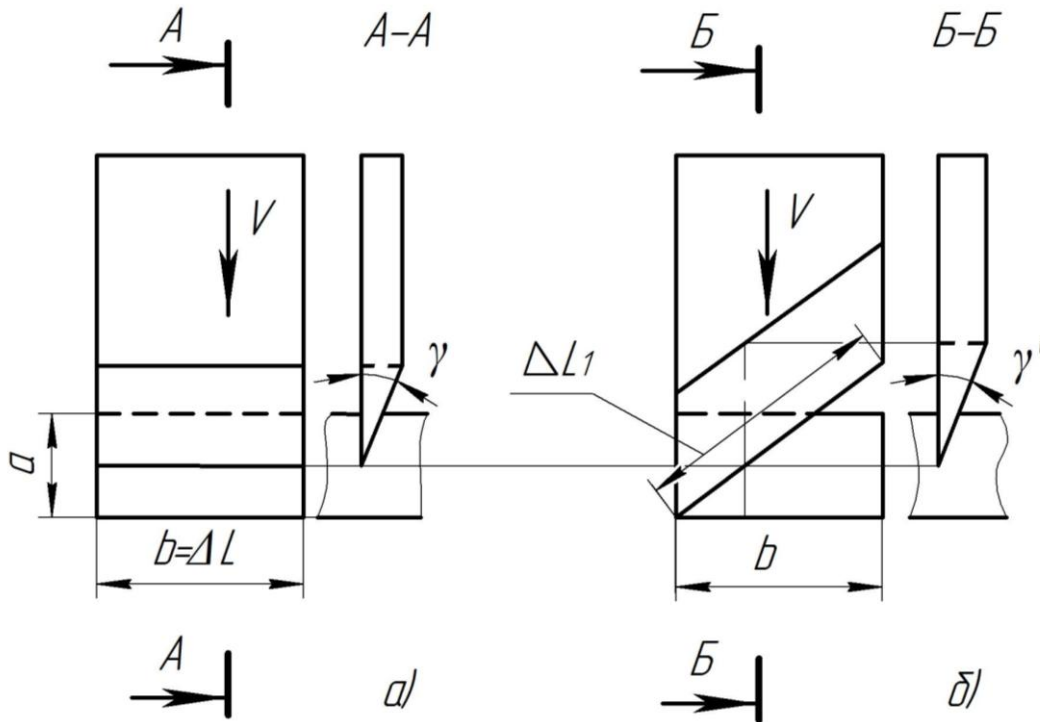


Рисунок 6.3. Схеми різання матеріалу ножом:  
 $a$  – пряме різання;  $b$  – різання під кутом.

У цьому випадку величину критичної сили визначають за формулою

$$F_{KP} = F_{PIЗ} + N_1 \cdot f + \frac{N_2}{\cos \varphi} \cdot \sin (\varphi + \gamma'). \quad (6.10)$$

При цьому необхідно враховувати, що змінюється величина деформації  $h_2$  (формула (6.4)), а також величина сили  $F_{PIЗ}$  (рис. 6.4) і довжина леза ножа, яка бере участь у різанні (див рис. 6.3б). Тобто

$$\Delta L = \frac{a}{\sin \tau}. \quad (6.11)$$

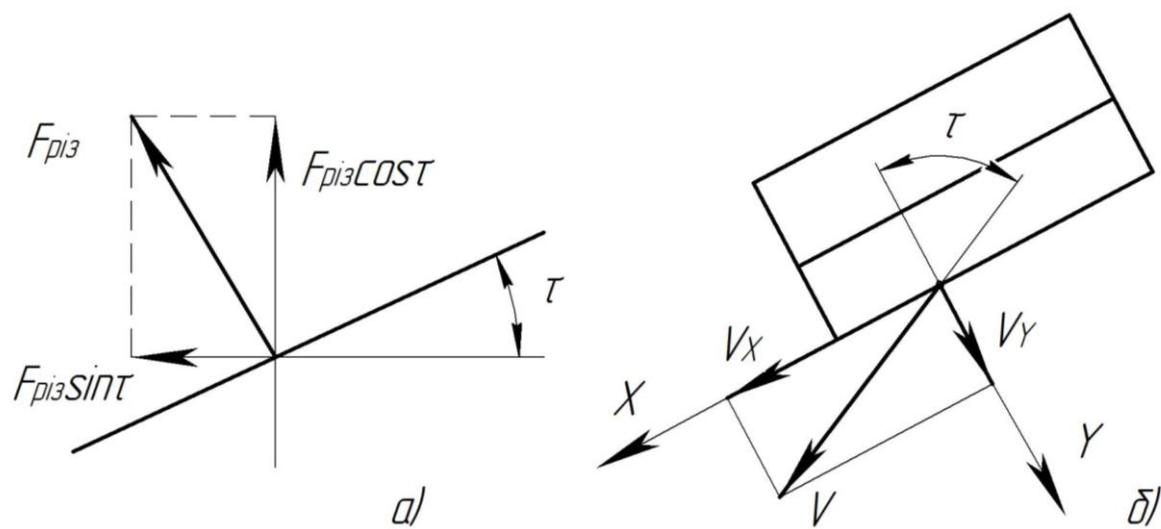


Рисунок 6.4. Схеми різання:

*a* – схема дії сили різання; *б* – схема ковзного різання.

Формула для розрахунків критичної сили при різанні під кутом

$$F_{KP} = F_{PI3} \cdot \cos \tau + N_1 \cdot f + \frac{N_2}{\cos \varphi} \cdot \sin (\varphi + \gamma'). \quad (6.12)$$

Аналізуючи формулу (6.12), можна визначити, що при різанні під кутом зменшуються діюча складова сили різання і сила нормального тиску  $N_2$ . **Робота, яка виконується під дією сили  $F_{PI3}$ , не залежить від кута установки ножа.** Визначають її за формулою

$$A = F_{PI3} \cdot x, \quad (6.13)$$

де  $x$  – шлях, який проходить ніж при перерізуванні матеріалу, м.

**При різанні під кутом зменшується сила різання (6.12), але збільшується шлях  $x$ , який проходить ніж.**

Ковзне різання відбувається тоді, коли виникає відносний рух ножа й матеріалу у двох взаємно перпендикулярних напрямках  $V_x$  і  $V_y$  (див. рис. 6.4б). Цей процес може виникнути природно, коли  $\tau > \varphi$  і матеріал під тиском ножа висковзує з-під нього, або примусово – за допомогою бокової сили. Кут  $\tau$  визначають за формулою

$$\operatorname{tg} \tau = V_x / V_y = \varepsilon. \quad (6.14)$$

У процесі різання з ковзанням значно знижується опір різанню. Впливає на це кінематична трансформація кута заточування ножа  $\phi$ -ла (6.7), і те, що при боковому переміщенні ножа мікрорівності на лезі захоплюють матеріал. У результаті виникають деформації зсуву і розтягу, які значно менші, ніж деформації стиску при нормальному різанні.

Робочий орган соломосилосорізки складається з ножів і протиризальної пластини. У ній використовується **другий спосіб різання – різання під кутом**. Це пов'язано з тим, що при нормальному різанні виникають значні нерівномірні навантаження на робочий орган, а при ковзному різанні складно організувати технологічний процес машини.

Розглянемо умови, за яких буде забезпечено защемлення матеріалу між ножем і протиризальною пластиною (ризальна пара) (рис. 6.5).

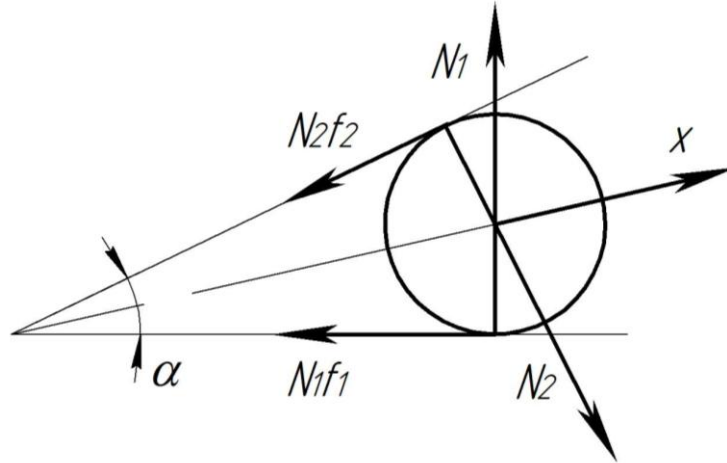


Рисунок 6.5. Схема сил, які діють на матеріал у момент початку защемлення в ризальній парі

Умова защемлення

$$N_1 \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + N_2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \leq N_1 \cdot f_1 \cdot \cos \frac{\alpha}{2} + N_2 \cdot f_2 \cdot \cos \frac{\alpha}{2} . \quad (6.15)$$

Після перетворення виразу

$$(N_1 + N_2) \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \leq N_1 \cdot f_1 + N_2 \cdot f_2$$

загальна формула для визначення кута защемлення

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \leq \frac{N_1 \cdot f_1 + N_2 \cdot f_2}{N_1 + N_2} . \quad (6.16)$$

У випадку, коли коефіцієнти тертя матеріалу об ніж і протиризальну пластину однакові, вираз для визначення кута защемлення

$$\operatorname{tg} \alpha / 2 \leq f = \operatorname{tg} \varphi . \quad (6.17)$$

Отже, защемлення буде гарантовано за умови

$$\alpha \leq 2\varphi_{\min} . \quad (6.18)$$

На дискових соломосилосорізках  $\alpha = 40 \dots 50^\circ$ , а на барабанних  $\alpha = 24 \dots 30^\circ$  (встановлено експериментально).

## 6.2. Типи робочих органів соломосилосорізок

Робочі органи, які виконують процес різання, професор Рєзнік М.Є. поділив на **шість типів**: плоско-обертальні, циліндрично-обертальні, обернено-поступальні, криволінійно-коливальні, плоско-коливальні і плоско-поступальні.

Для соломосилосорізок найприйнятніші перші два: плоско-обертальні (дискові) й циліндрично-обертальні (барабанні).

**Дискові** робочі органи мають ножі, закріплені так, що при обертанні їх леза рухаються у площині кола. У **барабанних** робочих органах леза ножів описують циліндричну поверхню.

При проектуванні подрібнювача стеблових кормів вибирають тип робочого органу, враховуючи такі **основні вимоги**:

- мінімальні витрати енергії;
- мінімальна металомісткість;
- рівномірність навантаження на вал машини протягом усього циклу роботи;
- надійне защемлення стебел між ножем і протирізальною пластиною.

Порівняння характеристик дискових і барабанних подрібнювачів показує, що барабанні за всіма вимогами мають перевагу, за винятком випадку, коли подрібнену масу необхідно подавати на значну відстань. Для цього на диск встановлюють лопаті, а кожух подрібнювача формують як корпус вентилятора-кидалки.

### **Особливості конструкції барабанного робочого органу.**

Для забезпечення надійності защемлення стебел між ножами і протирізальною пластиною *у барабанному різальному апараті, ножі виготовляють криволінійної форми з постійним кутом защемлення  $\chi < 2\varphi_{\min}$ , який не змінюється при проходженні всього леза через матеріал* (рис. 6.6а). Така форма ножів ускладнює їх виготовлення, але дозволяє проводити заточування лез за допомогою заточувальних пристроїв безпосередньо на машині без знімання ножів. Можна також проводити регулювання зазору між ножами і протирізальною пластиною одночасно для всіх ножів – переміщенням барабана або протирізальної пластини.

Постійний кут  $\tau$  забезпечує постійну кінематичну трансформацію кута заточування  $\gamma'$ . Оскільки ножі розміщені по гвинтовій лінії, то їх перекриття  $a$  і кут  $\gamma'$  забезпечують рівномірність навантаження на вал барабана і мінімальні витрати енергії на подрібнення. Довжина барабана обмежується шириною горловини для подавання матеріалу з урахуванням розходження в бік стебел при виході з горловини.

### Особливості конструкції дискового робочого органу.

На дисковому робочому органі можна встановлювати ножі з криволінійним або прямим лезом. **Криволінійність леза забезпечує постійність кута  $\chi < 2\varphi_{\min}$  як і в барабанних подрібнювачах.**

Налагодження різального апарата з криволінійним лезом досить складне й забирає багато часу (заточування і регулювання зазорів між ножами і протирізальною пластиною). Тому використовують різальні апарати з прямим лезом (рис. 6.6б). Лезо ножа розміщується з «вильотом»  $P$  для того, щоб забезпечити необхідний кут  $\alpha$ .

Під час проходження леза по матеріалу величина кута  $\chi$  змінюється від  $\chi_{\max}$  до  $\chi_{\min}$ . Враховуючи, що активна довжина леза  $\Delta S$  також змінюється, а середній радіус прикладання сили опору матеріалу збільшується, то при перерізуванні матеріалу ножом навантаження на вал робочого органу також змінюється. Після проходження ножа через матеріал навантаження на нього зникає до підходу наступного ножа. Таким чином, не виконується одна з основних вимог щодо рівномірності навантаження, що призводить до жорсткої роботи різального апарата. Витрати енергії також зростають.

Геометричні параметри дискового подрібнювача також значно більші порівняно з барабанним.

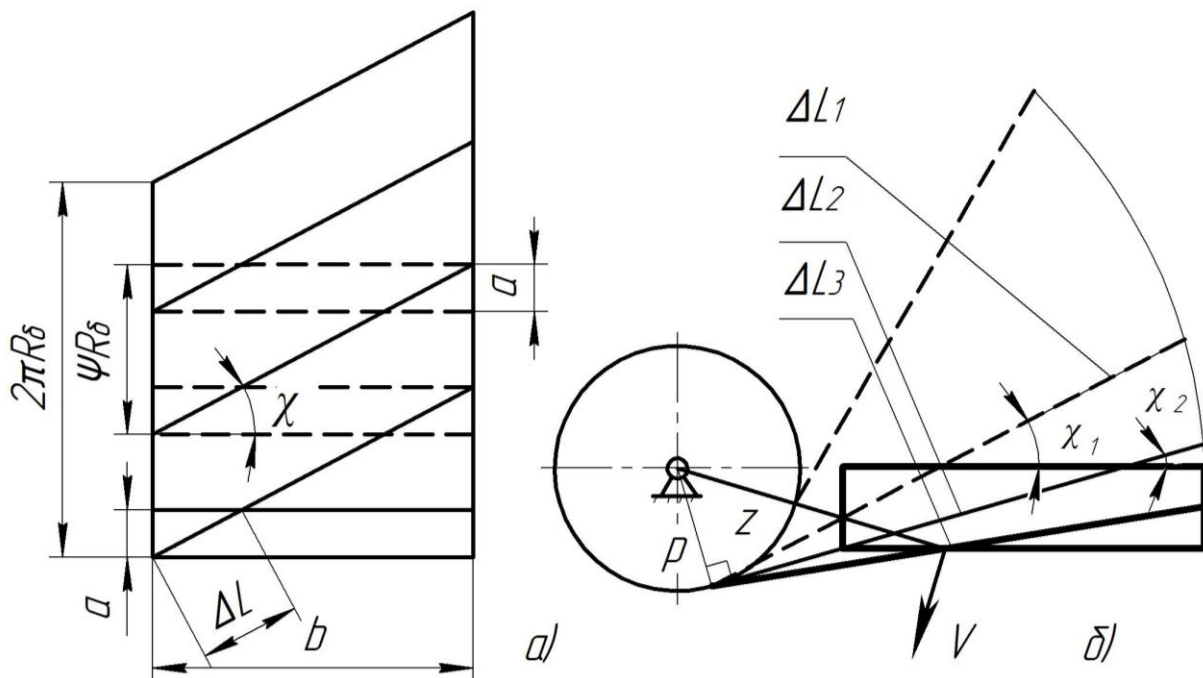


Рисунок 6.6. Розгортка ножового барабана (а) і схема роботи дискового апарата з прямим лезом (б)



### 6.3. Конструктивні особливості подрібнювачів стеблових кормів

**Подрібнювач грубих кормів ІГК-Ф-4-1** призначений для переробки соломи, сіна та інших грубих кормів (вологістю не більше 35%) з одночасним завантаженням подрібненої маси у транспортні засоби або місткості для накопичення. Виготовляється у навісному і стаціонарному виконанні. Робочий орган машини виконано у вигляді ротора-диска з закріпленими на ньому трьома поясами клиноподібних штифтів (рис. 6.7). Протиризальна частина подрібнювального пристрою – дека 6. Вона нерухома і має два ряди штифтів, розташованих концентрично, які входять у проміжки між поясами штифтів ротора 2.

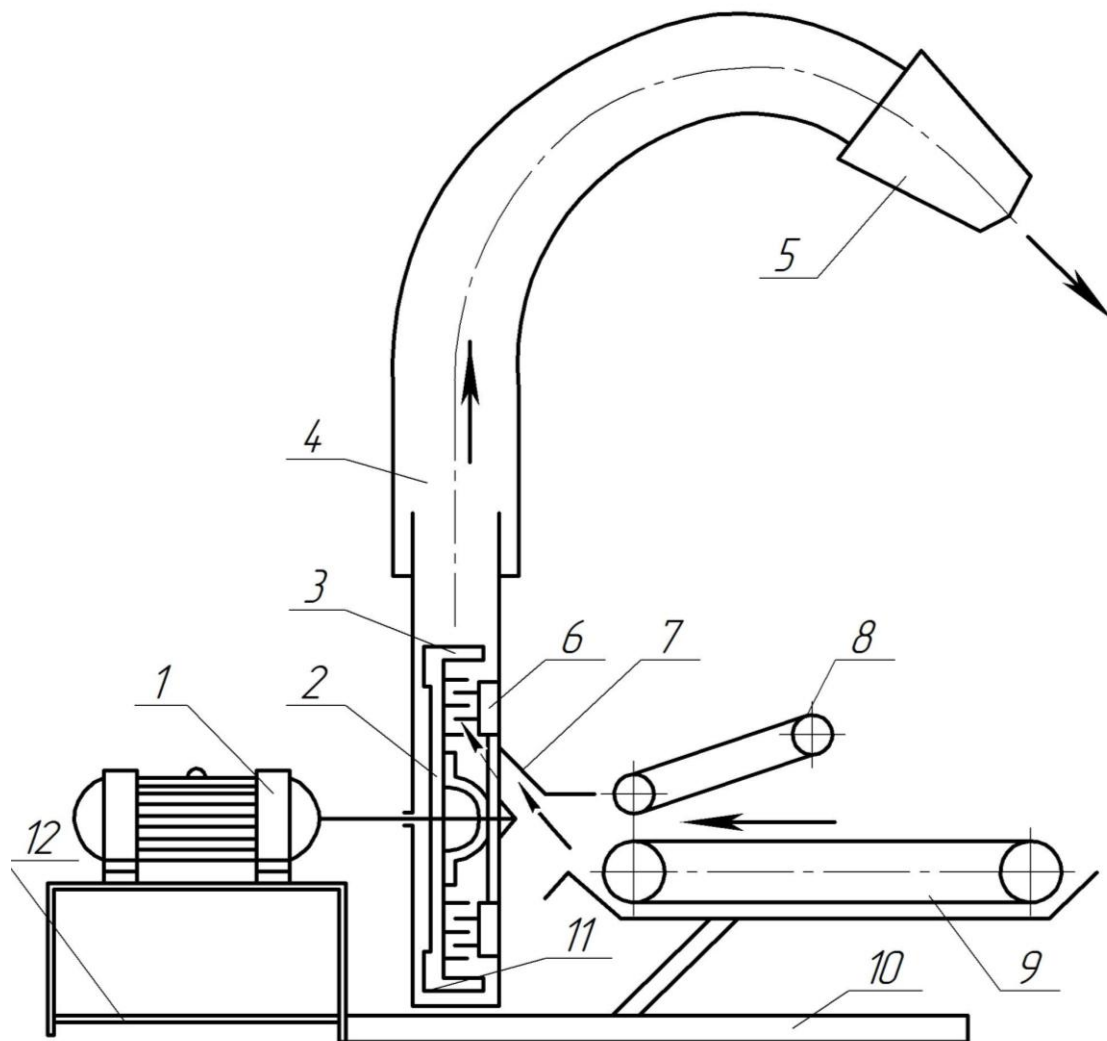


Рисунок 6.7. Схема подрібнювача грубих кормів ІГК-Ф-4-1:

1 – електродвигун; 2 – ротор; 3 – лопатка; 4 – дефлектор; 5 – козирок; 6 – дека;  
7 – приймальна камера; 8 – притисний транспортер; 9 – подавальний транспортер;  
10 – рама; 11 – кожух; 12 – рама електродвигуна.

Солома, що підлягає подрібненню, подається горизонтальним транспортером 9, розрівнюється й ущільнюється підпресовуючим плаваючим транспортером 8. Подрібнювальний продукт входить у

приймальну камеру 7, обладнану в нижній частині вікном, у яке викидаються випадкові металеві включення й камені. Далі солома проходить у дробильну камеру і лопатями ротора подається до периферії диска, в зону подрібнення, де штифти розщеплюють і розривають стебла. Подрібнений корм лопатями 3 викидається через дефлектор 4.

При подрібнюванні сухої соломи продуктивність машини найбільша. Якщо солома має вологість понад 18%, її подавання зменшують, а при вологості більше 20% – знижують швидкість транспортера заміною зірочок на швидкохідному і проміжному валах ланцюгового редуктора. Зі збільшенням вологості соломи від 14 до 35% витрата енергії зростає, а продуктивність машини знижується у понад 1,5 раза.

До комплекту подрібнювача входять 25 лопаток, які встановлюють на штифти ротора при подрібнюванні вологого корму. Стержні штифтів повинні виходити за верхні грані гайок не менше, ніж на один виток різьби (при цьому обов'язкова наявність пружних шайб). Лопатки ставлять так, щоб по обидва боки кожної лопатки розташовувалося 19 штифтів по зовнішньому ряду і 9 – по внутрішньому. При перевантаженні електродвигуна (понад 55А за показанням амперметра-індикатора) вимикають живильник до вирівнювання навантаження.

При експлуатації машини необхідно стежити за станом кріплень подрібнюючих штифтів, балансуванням ротора, натягом ланцюгів, не допускати нагрівання підшипників, проводити своєчасне змащування деталей і складальних одиниць.

**Соломорізка РСС-6Б** (рис. 6.8) призначена для подрібнення соломи, сіна і силосу різної вологості. Випускають у двох варіантах: з приводом від електродвигуна і з приводом від ВВП трактора класу 14кН.

Живильник складається з горизонтального і похилого транспортерів і двох вальців для стискування стебел після похилого транспортера.

Робочий орган соломосилосорізки – це ротор-диск, на якому встановлено ножі під кутом до радіуса диска, що забезпечує надійність защемлення стебел у різальній парі.

Робочий процес проходить так: корм подається на горизонтальний транспортер, вирівнюється і ущільнюється похилим транспортером, потім ущільнюється вальцями і подається через вікно на подрібнення ножем і протирізальною пластиною. Відрізані частки 3-ма лопатями викидаються через трубопровід і дефлектор. Довжину різання регулюють установкою на диску двох, трьох або шести ножів, а також заміною пар шестерень із різною кількістю зубів на приводі живильника. Регулювання зазору між ножами і протирізальною пластиною проводиться переміщенням ножів, які закріплені на диску болтами з прокладками. Для силосних культур максимальний зазор – до 2,5мм; грубих кормів – до 1мм.

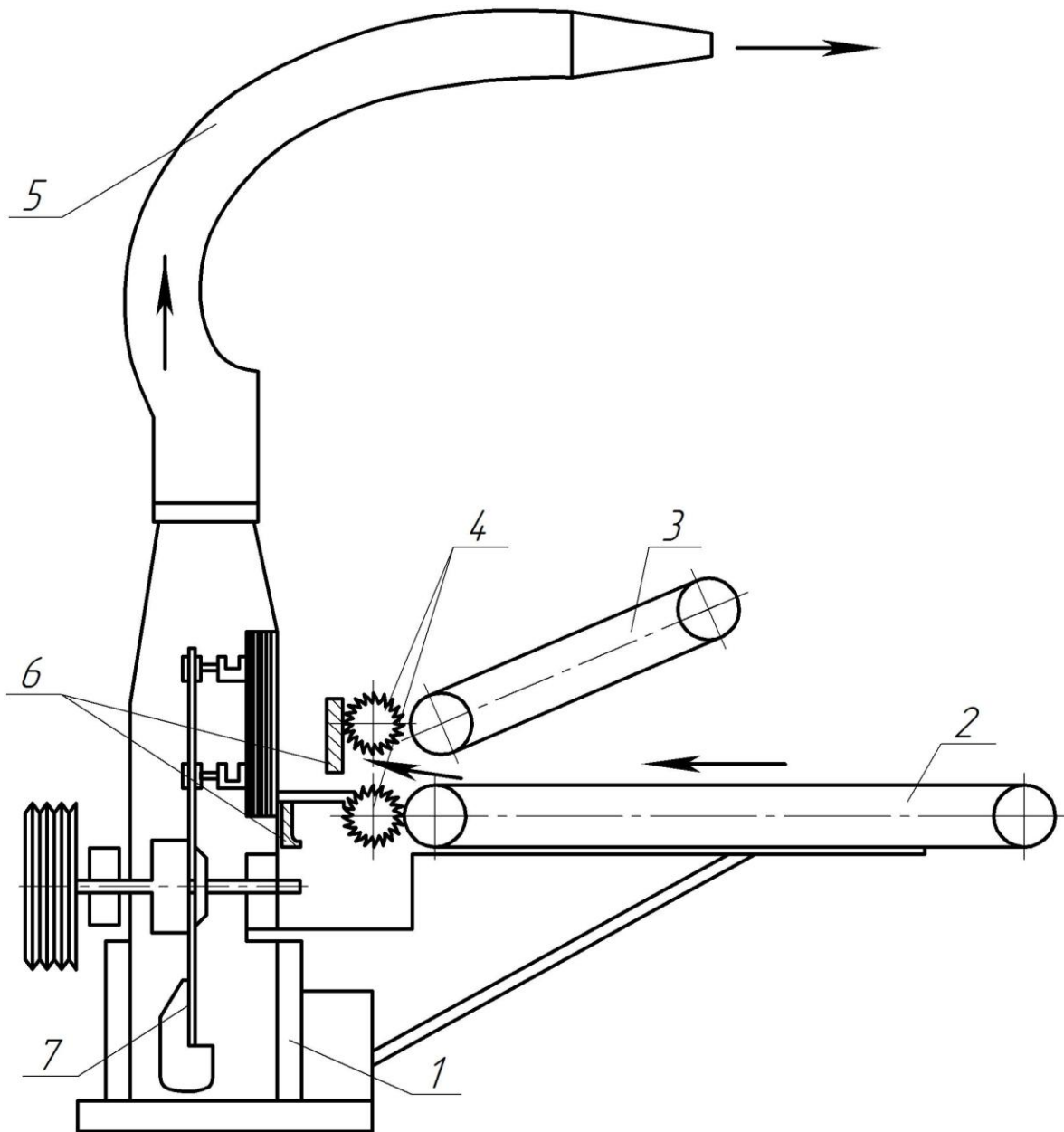


Рисунок 6.8. Схема соломосилосорізки РСС-6Б:

1 – рама; 2 – подавальний транспортер; 3 – притискний транспортер; 4 – вальці; 5 – дефлектор; 6 – протиризальна пластина; 7 – диск з ножами і лопатями.

**Подрібнювач кормів «Волгарь-5»** (рис. 6.9) використовують для подрібнення зелених кормів, силосу, коренебульбоплодів, баштанних культур, сіна, соломи, риби у поточних лініях кормоцехів і самостійно.

Барабанний різальний апарат здійснює попереднє подрібнювання кормів. Він складається з вала і дисків, на яких закріплені спіралеподібні ножі. Протиризальна пластина встановлена на корпусі нижче верхньої гілки полотна завантажувального транспортера. Зазор між лезами ножів барабана і протиризальної пластини (0,5–1мм) регулюють переміщенням барабана разом із опорами. Під барабаном є проміжний шнек, який транспортує корм до апарата другого ступеня подрібнювання.

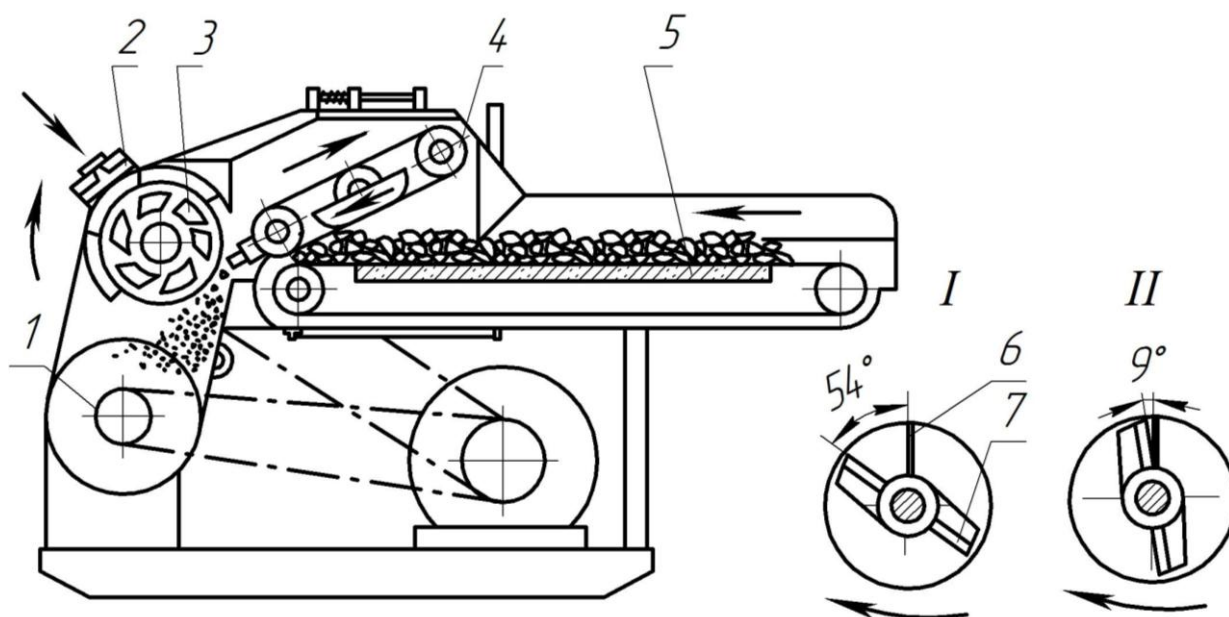


Рисунок 6.9. Схема подрібнювача «Волгарь-5»:

1 – подрібнювальний барабан; 2 – заточувальний пристрій; 3 – ножовий барабан;  
 4 – пресувальний транспортер; 5 – завантажувальний транспортер; 6 – кінцевий виток шнека; 7 – ніж; I і II – положення першого ножа при подрібненні кормів для свиней і птиці відповідно.

Подрібнювальний апарат другого ступеня має дев'ять дискових спіральних розміщених (через кожні  $54^\circ$  або через 6 шліців проти напрямку обертання) ножів, які проходять між нерухомими ножами, змонтованими в планках корпусу. Зазор між рухомими і нерухомими ножами, не більше 0,5–0,7мм, регулюють переміщенням блока нерухомих ножів у спеціальному пристрої. Для заточування ножів обох апаратів, а також протирізальних елементів використовують заточувальний пристрій, який встановлено на кришці барабана.

Привод робочих органів подрібнювача здійснюється від загального електродвигуна: через клинопасові передачі на різальний барабан, шнек і апарат другого ступеня подрібнювання, з вала барабана ланцюговою передачею – на редуктор, далі – ланцюговими передачами на горизонтальний і похилий транспортери. Блок керування встановлюють на стіні приміщення, а на машині – клемну коробку і кнопковий вмикач.

Робочий процес подрібнення: масу для подрібнювання подають на живильний транспортер, яким вона надходить на транспортер, що пресує, далі – до різального барабана першого ступеня різання. Після попереднього подрібнювання корму до розмірів 20...80мм він потрапляє на шнек, що подає масу до апарата другого ступеня різання, де вона подрібнюється до розмірів 2...10мм. Готовий корм викидається через нижнє вікно корпусу для подальшого використання.

## Лекція 7

### **РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ СТЕБЛОВИХ КОРМІВ**

- 7.1. Визначення основних параметрів дискових соломосилосорізок.**
- 7.2. Визначення основних параметрів барабанних соломосилосорізок.**
- 7.3. Визначення параметрів штифтового подрібнювача.**
- 7.4. Визначення параметрів живильника.**
- 7.5. Розрахунок потужності на привод подрібнювача.**
- 7.6. Визначення параметрів вивантажувального пристрою.**

## 7.1. Визначення основних параметрів дискових соломосилосорізок

Рациональна схема різального апарата для подрібнення стеблових кормів повинна відповідати таким **вимогам**: мінімальні витрати енергії на роботу різання; більш-менш рівномірне навантаження на вал машини; надійне защемлення матеріалу на всій робочій довжині леза.

На режими різання стеблових матеріалів у соломорізках (за дослідженнями В.П. Горячкіна) найбільше впливають такі основні **конструктивні розміри** (рис. 7.1):

- $a$  і  $b$  – висота і ширина горловини, м;
- $h$  – відстань від осі обертання до протирізальної пластини по вертикалі, м;
- $c$  – відстань від осі обертання до горловини по горизонталі, м;
- $r$  – виліт ножа в апаратах з прямолінійним лезом, м.

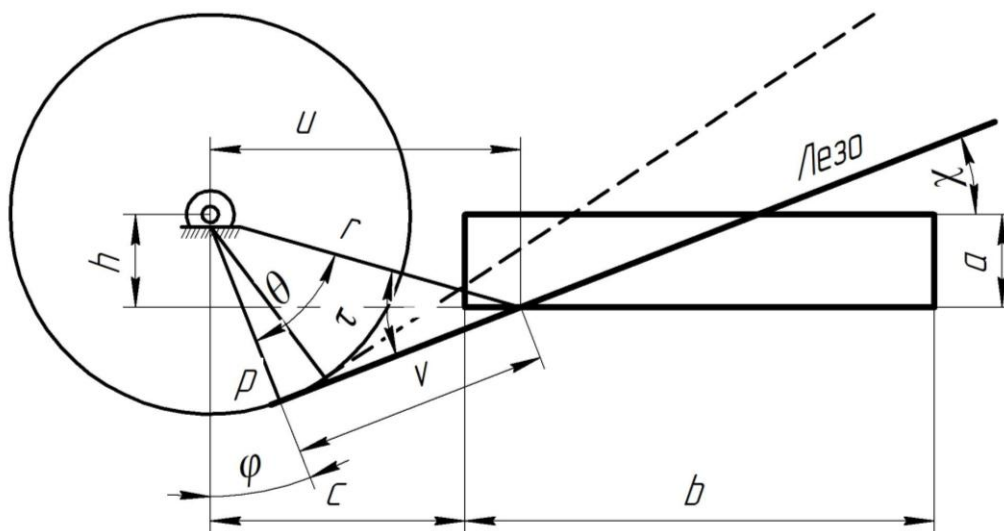


Рисунок 7.1. Схема і конструктивні параметри різального апарата з прямим лезом

**Продуктивність дискових соломосилосорізок**, кг/с, визначають за формулою

$$Q = a \cdot b \cdot l_{\min} \cdot \rho \cdot n \cdot z, \quad (7.1)$$

де  $l_{\min}$  – мінімальна довжина різання (січки), оскільки  $l = 0,01 \dots 0,12$  м,  
то  $l_{\min} = 0,01$  м;

$\rho$  – об'ємна маса стисненого продукту, для соломи  $\rho = 120 \dots 160$  кг/м<sup>3</sup>,  
для зеленої маси  $\rho = 350 \dots 500$  кг/м<sup>3</sup>;

$n$  – частота обертання різального апарата, рекомендована кутова швидкість різального апарата для соломосилосорізок  $\omega = 36 \dots 45$  с<sup>-1</sup>;

$z$  – кількість ножів на диску,  $z = 2 \dots 6$ .

Для дискових подрібнювачів співвідношення висоти і ширина горловини

$$k = \frac{a}{b} = 0,25 \dots 0,45 \quad , \quad (7.2)$$

звідки  $a = k \cdot b$ .

Із формули (7.1) з урахуванням формули (7.2) знаходимо

$$b = \sqrt{\frac{Q}{k \cdot l_{\min} \cdot \rho \cdot n \cdot z}} \quad . \quad (7.3)$$

Потім визначаємо  $a$  із залежності (7.2).

Відстань від осі обертання до горловини по горизонталі визначають за формулою

$$c = \frac{b \cdot \operatorname{tg}(\tau_{\min} - \chi_{\min})}{\operatorname{tg}(\tau_{\min} - \chi_{\min}) - \operatorname{tg}(\tau_{\max} - \chi_{\max})} \quad , \quad (7.4)$$

де  $\tau_{\max}$  – максимальний кут ковзання,  $\tau_{\max} = 55^\circ$ ;

$\tau_{\min}$  – мінімальний кут ковзання,  $\tau_{\min} = 40^\circ$ ;

$\chi_{\max}$  – максимальний кут защемлення,  $\chi_{\max} = 50^\circ$ ;

$\chi_{\min}$  – мінімальний кут защемлення,  $\chi_{\min} = 24^\circ$ .

Відстань від осі обертання до протирізальної пластини по вертикалі можна визначити за формулою

$$h = c \cdot \operatorname{tg}(\tau_{\max} - \chi_{\max}) \quad . \quad (7.5)$$

Для різального апарата з прямим лезом виліт ножа, м, визначається

$$p = \frac{h \cdot \sin \tau_{\max}}{\sin(\tau_{\max} - \chi_{\max})} \quad . \quad (7.6)$$

Відстань від осі обертання до кінця горловини, м, визначають як максимальний радіус дії леза ножа

$$r_{\max} = \frac{p}{\sin \tau_{\min}} \quad . \quad (7.7)$$

Мінімальний радіус дії леза ножа

$$r_{\min} = \frac{p}{\sin \tau_{\max}} . \quad (7.8)$$

Мінімальна робоча довжина леза ножа

$$l_{p \min} = \frac{p \cdot (tg \tau_{\max} - tg \tau_{\min})}{tg \tau_{\max} \cdot tg \tau_{\min}} . \quad (7.9)$$

Для різального апарата з криволінійним лезом визначають такі параметри:

- радіус дії леза ножа

$$R = \frac{b \cdot (b + c) + a \cdot (a + 2h)}{2 \left[ \sqrt{(c + b)^2 + h^2} \cdot \sin \tau_{\max} - \sqrt{h^2 + c^2} \cdot \sin \tau_{\min} \right]} ; \quad (7.10)$$

- максимальний радіус дії леза ножа

$$r_{\max} = \frac{c + b}{\cos (\tau_{\min} - \chi_{\min})} ; \quad (7.11)$$

- мінімальний радіус дії леза ножа

$$r_{\max} = \frac{c + b}{\cos (\tau_{\max} - \chi_{\max})} . \quad (7.12)$$

За визначеними величинами можна побудувати форму ножа.

**Потужність на привод подрібнювача**, Вт, визначають за формулою

$$N_{\text{Д}} = q \cdot l_p \cdot V_C \cdot k , \quad (7.13)$$

де  $q$  – питомий опір різанню, для соломи  $q = (3,5 \dots 8) \cdot 10^3 \text{ Н/м}$ ;

$V_C$  – середню швидкість різання, м/с, визначають за формулою

$$V_C = \pi \cdot n \cdot (r_{\max} - r_{\min}) ; \quad (7.14)$$

$l_p$  – робоча довжина леза ножа, м, визначають так:

$$l_p = a / \sin x_c . \quad (7.15)$$

Тут  $x_c = (x_{\max} + x_{\min}) / 2$  .



## 7.2. Визначення основних параметрів барабанних соломосилосорізок

Продуктивність соломосилосорізки визначають за формулою (7.1).  
Ширину горловини  $b$  – за формулою

$$b = \frac{Q}{a \cdot l_{\min} \cdot \rho \cdot n \cdot z}, \quad (7.16)$$

враховуючи, що висота горловини  $a = 0,04 \dots 0,06$ м; кутова швидкість для соломосилосорізок складає  $w = 40 \dots 60 \text{с}^{-1}$ , а для силосозбиральних комбайнів –  $w = 100 \dots 150 \text{с}^{-1}$ .

Діаметр барабана визначають за формулою

$$D_B = \frac{z}{\pi} \cdot (b \cdot \text{tg } \chi - a), \quad (7.17)$$

де  $\chi$  – кут встановлення ножів на барабані,  $\chi = 24 \dots 30^\circ$ ;

$z$  – максимальна кількість ножів на барабані,  $z = 3 \dots 6$ .

Довжину барабана визначають з умови

$$L_B > b. \quad (7.18)$$

Довжину ножа, що бере участь у різанні, визначають за формулою

$$l_p = a / \sin \chi. \quad (7.19)$$

Повна довжина ножа

$$L = b / \cos \chi. \quad (7.20)$$

Радіус кривизни ножів можна прийняти

$$R_H = (3 \dots 5) D_B. \quad (7.21)$$

**Потужність на привод барабанного подрібнювача, Вт,**  
визначають за формулою

$$N_B = \pi \cdot q \cdot b \cdot D_B \cdot n. \quad (7.22)$$

З урахування опору повітря і втрат на холостий хід

$$N_{PB} = (5/3) N_B. \quad (7.23)$$

### 7.3. Визначення параметрів штифтового подрібнювача

Штифтовий подрібнювач (рис. 7.2) складається з рухомого диска (ротора) 2 і нерухомого диска 1, на яких концентрично встановлено штифти. У поперечному розрізі штифти ротора й нерухомого диска входять у проміжки між собою. Повітряний потік, що створюється лопатями, а також відцентровачі подають матеріал у зазор між штифтами, де він подрібнюється на частки розміром до 10...30мм із розщепленням стебел уздовж волокон. Подрібнений матеріал повітряним потоком вивантажується із подрібнювача.

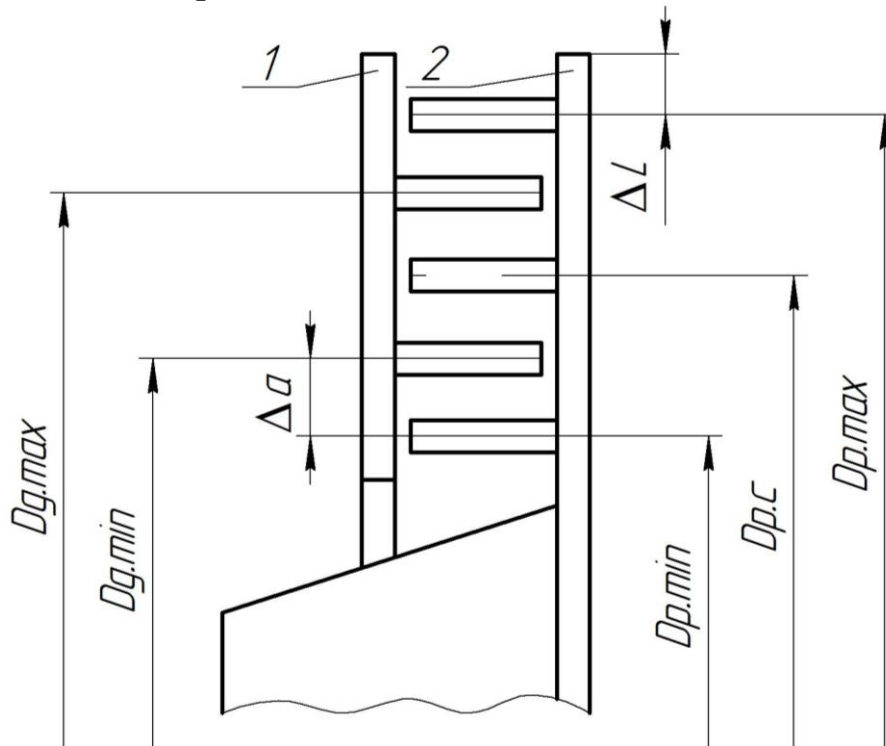


Рисунок 7.2. Розрахункова схема штифтового подрібнювача:  
1 – нерухомий диск, 2 – рухомий диск (ротор).

Розрахунки подрібнювача проводять, виходячи із заданої продуктивності  $Q_p$ , кг/с,

$$Q_p = z_p \cdot \mu, \quad (7.24)$$

де  $z_p$  – кількість штифтів на роторі, шт.;

$\mu$  – питома продуктивність на один штифт,  $\mu = 0,007 \dots 0,035$  кг/(с·шт).

Звідси кількість штифтів на роторі буде

$$z_p = Q_p / \mu. \quad (7.25)$$

Кількість штифтів на нерухомому диску визначають за формулою

$$z_d = z_p \cdot \varepsilon, \quad (7.26)$$

де  $\varepsilon$  – коефіцієнт пропорційності,  $\varepsilon = 0,7 \dots 0,8$ .

Розрахована кількість штифтів заокруглюється до цілого числа. Рекомендується вибирати три ряди штифтів на роторі і два на нерухомому диску. Це забезпечує найбільшу ефективність процесу подрібнення й вивантаження корму.

Кількість штифтів у рядах визначають за формулами

$$m_{uP} = z_P / c_P ; \quad m_{uD} = z_D / c_D , \quad (7.27)$$

де  $z_P$  ,  $z_D$  – відповідно кількість штифтів на роторі та диску, шт.;

$c_P$  ,  $c_D$  – відповідно кількість рядів штифтів на роторі та диску, шт.

Штифти розміщуються в шахматному порядку на двох або більше концентричних колах. Кут між суміжними штифтами в ряду визначають з умови

$$\Theta = 2\pi / m_{u} . \quad (7.28)$$

Кут між суміжними штифтами різних рядів буде

$$\Theta_P = \Theta / 2 . \quad (7.29)$$

Довжину (глибину) камери подрібнення визначають за формулою

$$L = L_i + 2\Delta L , \quad (7.30)$$

де  $\Delta L$  – відстань від крайнього ряду до краю ротора,  $\Delta L = 0,018 \dots 0,12$ м;

$L_i$  – відстань між крайніми рядами штифтів, визначають за формулою

$$L_i = (c_P + c_D - 1) \cdot a_P , \quad (7.31)$$

де  $a_P$  – відстань між сусідніми рядами штифтів,  $a_P = 0,025 \dots 0,028$ м.

Мінімальний діаметр кола для розміщення штифтів на роторі визначають за формулою

$$D_{P.min} = \frac{V_{min} \cdot t \cdot m_{uP}}{\pi} ; \quad (7.32)$$

де  $V_{min}$  – мінімальна швидкість руху штифтів на внутрішньому колі ротора,  $V_{min} = 38 \dots 47$ м/с;

$t$  – час, за який ротор повертається на кут  $\Theta / 2$  ,  $t = (4,5 \dots 7,5) \cdot 10^{-3}$ с.

Визначаємо діаметри концентричних кіл на роторі й диску для розміщення рядів штифтів:

$$D_{P.cp} = D_{P.min} + 4a_p ; \quad (7.33)$$

$$D_{P.max} = D_{P.min} + 8a_p ; \quad (7.34)$$

$$D_{Д.min} = D_{P.min} + 2a_p ; \quad (7.35)$$

$$D_{Д.max} = D_{P.min} + 6a_p . \quad (7.36)$$

Частоту обертання ротора визначають за формулою

$$n_P = \frac{V_{min}}{\pi \cdot D_{P.min}} ; \quad (7.37)$$

кутову швидкість

$$w_P = \frac{2V_{min}}{D_{P.min}} . \quad (7.38)$$

#### 7.4. Визначення параметрів живильника

Подачу матеріалу до різального апарата, включаючи попереднє ущільнення і затягування шару корму у горловину, забезпечують живильні апарати вальцьового або транспортерного типів.

Робочий процес живильника: два вальці, що обертаються у протилежних напрямках, або два транспортери, один горизонтальний, інший похилий, що рухаються ближніми вітками в одному напрямку, підтискаються один до одного з силою  $F$ , що виникає за рахунок дії пружин чи гравітаційних навантажувачів.

Нормальна робота живильних пристроїв відбувається за умови забезпечення затягування, тобто коли кут захвату є меншим від кута тертя корму по вальцях чи транспортерах.

Об'ємна маса насипних соломи, сіна або зеленого корму незначна, тому найбільш раціональна схема живильника зображена на рис. 7.3.

Така конструкція забезпечує стискування матеріалу, збільшуючи його об'ємну масу. Подавання корму на вальці йде тонким шаром, що дозволяє зменшувати діаметр вальців.

**Продуктивність живильника**, кг/с, визначають за формулою

$$Q_{Ж} = a \cdot b \cdot V_M \cdot \rho , \quad (7.39)$$

де  $V_M$  – швидкість подавання маси, м/с;  
 $a$  і  $b$  – висота і ширина горловини, м;  
 $\rho$  – об'ємна маса стисненого продукту, кг/м<sup>3</sup>,  
 або

$$Q_{Ж} = H \cdot b \cdot V_M \cdot \rho', \quad (7.40)$$

де  $\rho'$  – об'ємна маса насипного продукту, для соломи  $\rho' = 48 \dots 72$  кг/м<sup>3</sup>;  
 $H$  – товщина шару матеріалу до ущільнення, м; співвідноситься з товщиною шару матеріалу після ущільнення,  $h$ , м;  $H/h = 0,4 \dots 0,6$  ;  
 якщо вальці відсутні, то  $h = 0,7a$  .

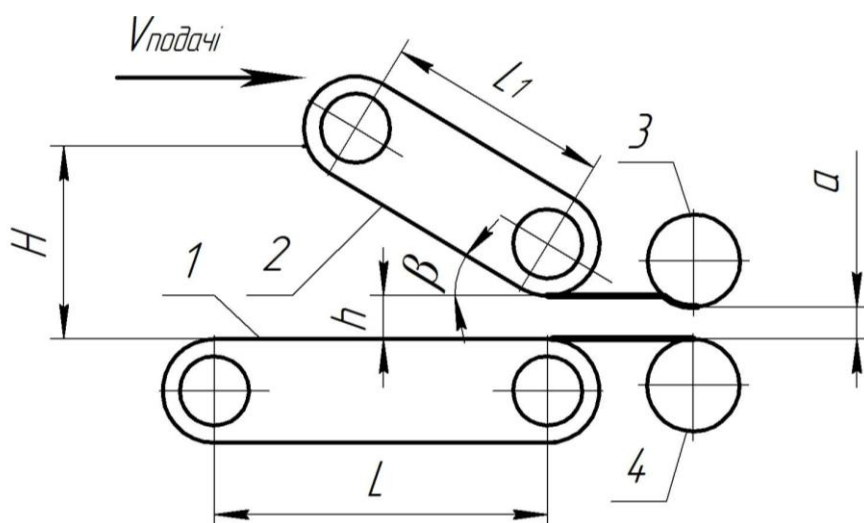


Рисунок 7.3.Схема живильника:

1 і 2 – транспортери; 3 і 4 – вальці.

Для зтягування шару соломи в зазор між транспортерами-живильниками необхідно виконання умови  $\beta < 2\varphi$  ; для соломи  $\varphi = 17 \dots 27^\circ$ ,  $\beta = 20^\circ$ ; для зеленої маси  $\varphi = 18 \dots 30^\circ$ .

В існуючих конструкціях подрібнювачів прийнято такі розміри довжин транспортерів:

нижнього  $L_{НТ} = 1,2 \dots 1,6$  м;

верхнього  $L_{ВТ} = 0,3 \dots 0,5$  м.

Ширина транспортера відповідає ширині горловини  $b$  .

### Визначення параметрів вальців живильника

Діаметр вальців живильника визначають за формулою

$$d_B = \frac{h - a'}{1 - \cos \alpha} ; \quad h = 2 \dots 4 a', \quad (7.41)$$

де  $\alpha$  – кут затягування соломи, для гладких вальців  $\alpha = 20^\circ$ .

Для того, щоб зменшити діаметр вальців, їхню поверхню роблять рифленою, збільшуючи кут  $\alpha$ .

За розміром висоти горловини визначають  $a', h, d_B, H$ .

Довжину вальців приймають з умови  $l_B = b$ , м.

Частоту обертання вальців,  $c^{-1}$ , визначають за формулою

$$n_B = \frac{l \cdot z_H \cdot n}{\pi \cdot d_B}, \quad (7.42)$$

де  $z_H$  – кількість ножів на подрібнювачі, шт.;

$l$  – відповідна довжина різання, м;

$n$  – частота обертання подрібнювача,  $c^{-1}$ .

Максимальну частоту обертання вальців визначають за формулою (7.39) з урахування того, що  $V_M = 2\pi \cdot n_B \cdot R_B = \pi \cdot n_B \cdot d_B$ . Тоді

$$n_B = \frac{Q_{Ж}}{\pi \cdot a \cdot b \cdot \rho \cdot d_B}. \quad (7.43)$$

Швидкість подавання корму при різній довжині різання і кількості ножів

$$V_M = l \cdot z \cdot n_B. \quad (7.44)$$

### 7.5. Розрахунок потужності на привод подрібнювача

Подрібнювач стеблових кормів обладнується живильником і вивантажувальним пристроєм, тому загальну потужність на привод подрібнювача, Вт, визначають за формулою

$$N = N_{Ж} + N_{П} + N_{ХХ} + N_{ВП}, \quad (7.45)$$

де  $N_{Ж}$  – потужність, що витрачається на привод живильника (розрахунки наведено далі), Вт;

$N_{П}$  – потужність, що витрачається на подрібнення матеріалу, Вт;

$N_{ХХ}$  – потужність, що витрачається на холостий хід подрібнювача, Вт;

$N_{ВП}$  – потужність, що витрачається на вивантажувальний пристрій (розрахунки наведено далі), Вт.

Потужність, що витрачається на подрібнення матеріалу, точно визначити неможливо тому, що вона залежить від багатьох складових

(геометричні й кінематичні параметри, фізико-механічні властивості стеблових кормів, які змінюються залежно від культури, терміну зберігання, вологості тощо). Тому приблизно, з достатньою вірогідністю, її можна визначити за формулою

$$N_{\Pi} = k \cdot Q \cdot V_{Cш} , \quad (7.46)$$

де  $k$  – коефіцієнт, що враховує геометричні й кінематичні параметри, а також фізико-механічні властивості матеріалів,  $k = 8 \dots 8,5$ ;

$Q$  – продуктивність подрібнювача, кг/с;

$V_{Cш}$  – середня швидкість штифтів подрібнювача,  $V_{Cш} = 40 \dots 55$  м/с.

Потужність, що витрачається на холостий хід подрібнювача, можна визначити за емпіричною формулою

$$N_{ХХ} = g (A \cdot w + B \cdot w^2) , \quad (7.47)$$

де  $A$  і  $B$  – коефіцієнти, одержані дослідним шляхом,  $A = 0,6$ ;  $B = 0,68 \cdot 10^{-5}$ .

#### **Визначення потужності, необхідної для привода живильника**

Потужність на привод живильника складається з потужностей на приводи горизонтального транспортера  $N_{ГТ}$ , притискного транспортера  $N_{ПТ}$  і вальців  $N_B$ . Тобто

$$N_{Ж} = N_{ГТ} + N_{ПТ} + N_B . \quad (7.48)$$

Розрахунки потужності на привод горизонтального і притискного транспортерів проводять з урахуванням типу транспортерів (стрічковий, ланцюгово-планчастий тощо), а також стискання продукту між транспортерами.

Потужність на привод вальців визначають за формулою

$$N_B = \pi \cdot l_B \cdot q_B \cdot d_B \cdot n_B \cdot f , \quad (7.49)$$

де  $q_B$  – питомий тиск вальців на соломі,  $q_B = 1,6 \cdot 10^4 \dots 1,9 \cdot 10^4$  Н/м;

$f$  – коефіцієнт тертя соломи по вальцях,  $f = 0,6 \dots 0,7$ .

Довжина транспортерів живильника незначна й основне навантаження на них – це опір матеріалу при його стискуванні між транспортерами, тому потужність на їхній привод попередньо можна приблизно визначити за формулою

$$N_{ГТ} + N_{ПТ} = 2 q_B \cdot b \cdot V_M \cdot f . \quad (7.50)$$

## 7.6. Визначення параметрів пневматичного вивантажувального пристрою

Витрату повітря,  $\text{м}^3/\text{с}$ , у пневматичному вивантажувальному пристрої визначають за формулою

$$Q_{\Pi} = \frac{Q}{\mu \cdot \rho_{\Pi}}, \quad (7.51)$$

де  $Q$  – продуктивність подрібнювача,  $\text{кг}/\text{с}$ ;

$\mu$  – коефіцієнт вагової концентрації суміші в трубопроводі для низького і середнього тиску,  $\mu = 0,5 \dots 5$ ;

$\rho_{\Pi}$  – густина повітря,  $\rho_{\Pi} = 1,29 \text{кг}/\text{м}^3$ .

Витрату повітря можна також визначити за формулою

$$Q_{\Pi} = \frac{\pi \cdot d_T^2 \cdot V_{\Pi}}{4}, \quad (7.52)$$

де  $d_T$  – діаметр трубопроводу,  $\text{м}$ ;

$V_{\Pi}$  – швидкість руху повітря в трубопроводі,  $\text{м}/\text{с}$ . Визначають її за формулою

$$V_{\Pi} = (1,25 \dots 2,5) V_{KP}, \quad (7.53)$$

де  $V_{KP}$  – критична швидкість руху повітря, визначається з довідкових даних залежно від виду матеріалу (солома, солома і т.п.).

У випадку, коли машину використовують для подрібнення як соломи, так і зеленої маси, розрахунки проводять за зеленою масою.

Порівнюючи праві частини рівнянь (7.51) і (7.52), визначають діаметр трубопроводу

$$d_T = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot V_{\Pi} \cdot \mu \cdot \rho_{\Pi}}}. \quad (7.54)$$

Для створення необхідної швидкості руху суміші повітря й матеріалу і для подолання опору в трубопроводі необхідно створити перепад тисків,  $\text{Н}/\text{м}^2$ , який визначають за формулою

$$H = H_{\text{дин}} + H_{\text{ст}}, \quad (7.55)$$

де  $H_{\text{дин}}$  – динамічний тиск, визначають за формулою



$$H_{\text{ДИН}} = \rho \cdot \frac{V_{\Pi}^2}{2g} \cdot \left( 1 + \mu \cdot \frac{V_M^2}{V_{\Pi}^2} \right), \quad (7.56)$$

де  $V_M / V_{\Pi}$  – відношення середньої швидкості,  $V_M / V_{\Pi} = 0,65 \dots 0,85$ ;

$g$  – прискорення сили тяжіння;

$H_{\text{СТ}}$  – статичний тиск, визначають за формулою

$$H_{\text{СТ}} = H_{\text{ПЦД}} + H_{\text{ТР}} + H_M, \quad (7.57)$$

де  $H_{\text{ПЦД}}$  – витрати тиску на піднімання суміші маси і повітря, визначають

$$H_{\text{ПЦД}} = (1 + \mu) \rho_{\Pi} \cdot h_T; \quad (7.58)$$

$H_{\text{ТР}}$  – витрати тиску на тертя при транспортуванні суміші в трубопроводі, визначають за формулою

$$H_{\text{ТР}} = \lambda_C \cdot \frac{l_1 \cdot V_{\Pi}^2}{d_T \cdot 2g} \cdot (1 + \mu) \rho_{\Pi}; \quad (7.59)$$

$H_M$  – витрати тиску в місцевих переходах (коліна, дифузор, дефлектор), визначають за формулою

$$H_M = \xi \cdot \frac{V_{\Pi}^2 \cdot \rho_{\Pi}}{2g}, \quad (7.60)$$

де  $h_T$  – висота транспортування суміші, м;

$l_1$  – довжина трубопроводу, м;

$\xi$  – коефіцієнт опору руху в переході,  $\xi = 0,16$ ;

$\lambda_C$  – коефіцієнт опору руху суміші,

$$\lambda_C = (1,2 \dots 1,5) \lambda_{\Pi}; \quad \lambda_{\Pi} = 0,0124 + \frac{0,0011}{d_T}. \quad (7.61)$$

Потужність, необхідну для транспортування подрібненої маси у пневматичному вивантажувальному пристрої, визначають за формулою

$$N_{\text{ВП}} = Q_{\Pi} \cdot H \cdot g. \quad (7.62)$$

## **Лекція 8**

### **МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОБРОБКИ КОРЕНЕБУЛЬБОПЛОДІВ**

- 8.1. Основи теорії різання коренебульбоплодів.**
- 8.2. Способи очищення коренебульбоплодів, класифікація машин для їх обробки та основні вимоги до цих машин.**
- 8.3. Схеми машин для сухого очищення, миття й подрібнення коренебульбоплодів.**

### 8.1. Основи теорії різання коренебульбоплодів

Різання коренебульбоплодів здійснюється **різцем**, який має форму клина. Він відрізняється від ножа, що використовується для різання грубих кормів, більшим кутом загострення.

Теорію різання різцем металів розробив російський учений І.Тіме. Теорію різання сільськогосподарських матеріалів, а саме, ґрунту, стеблових матеріалів, коренеплодів тощо обґрунтував академік В.П. Горячкін, який назвав її **теорією клина**.

Різання коренебульбоплодів порівняно з різанням стеблових кормів проходить інакше. Це пов'язано з фізико-механічними властивостями й геометричними параметрами цього виду кормів. Процес створення стружки при входженні клина у коренебульбоплод зображено на рис. 8.1.

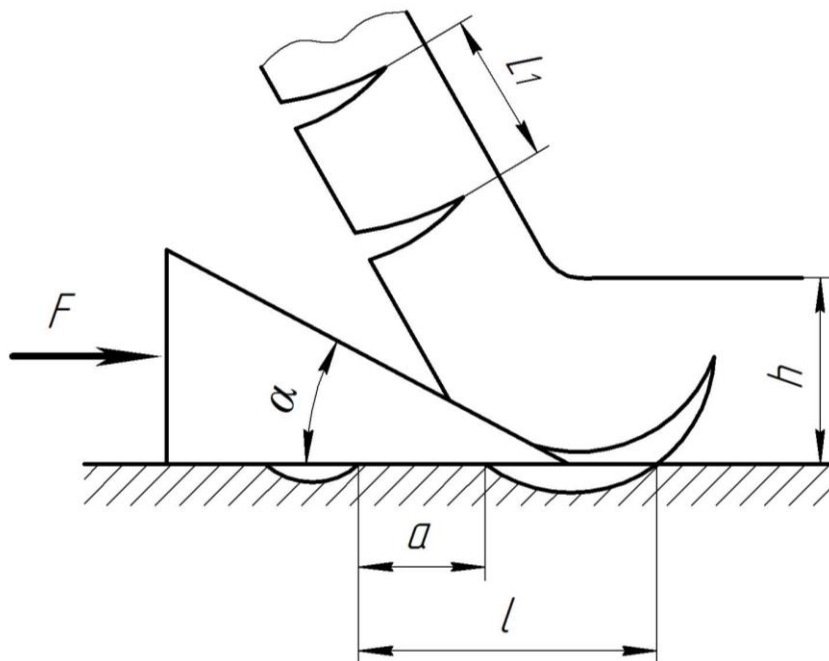


Рисунок 8.1. Схема входження клина і створення стружки

Клин з кутом  $\alpha$  входить у матеріал під дією сили  $F$  і стискає його на шляху  $a$ . У момент, коли напруження в матеріалі досягне граничного, проходить сколювання стружки на довжині  $l$ , яка буде значно перевищувати відрізок стиснення  $a$ . Сколювання дещо випереджає лезо клина. Спочатку проходить заглиблення в товщу матеріалу, а потім воно йде в напрямку поверхні під деяким кутом, але до кінця не доходить. У цей час опір на входження клина практично зникає. Клин проходить далі відрізком  $l$  і знову входить у матеріал. Процес повторюється. Таким чином утворюється стружка зі сколами. Академік В.П. Горячкін запропонував шлях  $a$  визначати за формулою

$$a = \frac{h \cdot \cos \varphi \cdot \sin^2 \left( \frac{90^\circ - \varphi}{2} \right) \cdot \cos \left[ \frac{(\varphi + \varphi_1 - \alpha)}{2} \right]}{\cos^3 \left[ \frac{(\varphi + \varphi_1 - \alpha)}{2} \right]}, \quad (8.1)$$

де  $h$  – товщина стружки, м;  $\alpha$  – кут різання, град;  
 $\varphi$  – кут тертя матеріалу на гранях клина, град;  
 $\varphi_1$  – кут тертя в площині, град.

Оскільки сколювання стружки проходить практично без ковзання по площині сколювання, то можна вважати, що  $\varphi_1 = 0$ . Формула (8.1) буде мати вигляд

$$a = \frac{0,5 h \cdot \cos \varphi \cdot \cos \left[ \frac{(\varphi - \alpha)}{2} \right]}{\cos^3 \left[ \frac{(\varphi - \alpha)}{2} \right]}. \quad (8.2)$$

При цьому відношення  $a$  до  $l$  визначають за формулою

$$\lambda_{CT} = \frac{a}{l} = \frac{0,5 \cos \varphi \cdot \cos \left[ \frac{(\varphi - \alpha)}{2} \right]}{(0,34 + 0,026 a + 0,5 h) \cos^3 \left[ \frac{(\varphi - \alpha)}{2} \right]}. \quad (8.3)$$

Отримані формули та дослідні дані показують, що довжини  $a$  і  $l$  залежать від товщини стружки  $h$  і кута різання  $\alpha$ , а також кута тертя  $\varphi$  і майже не залежать від швидкості різання й товщини ножа.

При різанні коренебульбоплодів використовується 1-й спосіб – **нормальне різання (рубання)**. Це пояснюється тим, що значну частину шляху в процесі різання ( $l - a$ ) лезо взагалі не навантажене. Окрім цього, встановлення леза під деяким кутом  $\tau$  призводить до ускладнення конструкції подрібнювача без особливих енергетичних переваг.

**Загальне зусилля різання коренебульбоплодів** можна визначити, використавши **раціональну формулу** акад. В.П. Горячкіна

$$F_{PI3} = F_0 + k \cdot b \cdot h + \varepsilon \cdot b \cdot h \cdot V_{PI3}^2, \quad (8.4)$$

де  $F_0$  – деякий постійний опір різанню лезом, Н;

$k$  і  $\varepsilon$  – коефіцієнти пропорційності, отримують експериментально, Н/м<sup>2</sup>;

$b$  і  $h$  – ширина і товщина стружки, м;  $V_{PI3}$  – швидкість різання, м/с.

Складові формули розділяють загальний опір на три частини: деякий постійний опір різанню лезом  $F_0$ , який не залежить від перетину стружки; опір деформації матеріалу  $F_g$ ; опір, який залежить від швидкості різання і відкидання стружки  $F_V$ . Формулу (8.4) можна записати у загальному вигляді

$$F_{PI3} = F_0 + F_g + F_V . \quad (8.5)$$

Опір різанню лезом  $F_0$ , за даними дослідника Г.І. Новикова, залежить в основному від механічної міцності матеріалу, параметрів ножа (товщини леза і кута різання  $\alpha$ ), товщини стружки  $h$  і визначається

$$F_0 = \beta \cdot \Delta L \cdot t^m \cdot \lambda , \quad (8.6)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт, який залежить від міцності подрібнюваного матеріалу (для буряків  $\beta = 10,4$ ; для моркви  $\beta = 7,5$ ; для картоплі  $\beta = 6,5$ );

$\Delta L$  – довжина навантаженої частини леза ножа, см;

$t$  – товщина леза ножа,  $t = 0,003 \dots 0,01$  см;

$m$  – показник степеня (для буряка  $m = 0,53$ ; для моркви  $m = 0,5$ ; для картоплі  $m = 0,55$ ).

Опір деформації матеріалу  $F_g$  визначають за формулою

$$F_g = \frac{k}{\xi} \cdot \Delta L \cdot h , \quad (8.7)$$

де

$$\xi = 0,34 + 0,026 a + 0,5 h ; \quad (8.8)$$

$$k = \frac{0,2 k_{ck} \cdot \sin (\alpha + 2\varphi) \cdot \cos \left( \frac{\varphi - \alpha}{2} \right)}{\cos^5 \left( \frac{\varphi + \alpha}{2} \right)} , \quad (8.9)$$

де  $k_{ck}$  – граничне напруження сколювання (для буряків

$k_{ck} = 9,3 \cdot 10^4$  Н/м<sup>2</sup>, для моркви  $k_{ck} = 5,1 \cdot 10^4$  Н/м<sup>2</sup>; для картоплі

$k_{ck} = 3,8 \cdot 10^4$  Н/м<sup>2</sup>).

Опір, який залежить від швидкості різання і відкидання стружки  $F_V$  визначають за формулою

$$F_V = 0,025 \Delta L \cdot h \cdot V_{PI3}^2 . \quad (8.10)$$

В інженерних розрахунках використовують простішу формулу для розрахунків зусилля різання:

$$F = \Delta L \cdot q , \quad (8.11)$$

де  $q$  – середнє питоме зусилля різання,  $q = 0,17-0,20$ Н/м.

Значення питомого зусилля різання для різних коренебульбоплодів різне, залежить від властивостей коренеплодів, кута установки і товщини леза, стану робочої поверхні тощо.

Для подрібнення коренебульбоплодів використовують ножі різної форми: плоскі з прямим і гребінчастим лезом, плоскі з криволінійним лезом і совкоподібні. Кут заточування ножів  $25^\circ$ , матеріал для виготовлення – інструментальна сталь У9 або марганцева сталь 65Г і 70Г.

## **8.2. Способи очищення коренебульбоплодів, класифікація машин для їх обробки та основні вимоги до цих машин**

Процес приготування коренебульбоплодів до згодовування тваринам при промисловому виробництві продукції тваринництва складається з операцій **очищення, подрібнення й термічної обробки**. Тому машини та обладнання для їх приготування, як правило, комбіновані й об'єднують очисні та подрібнювальні робочі органи.

Очищення коренебульбоплодів від ґрунту здійснюється **сухим і вологим** способами.

**Сухий спосіб** – це відділення ґрунту від коренебульбоплодів відбиванням і відтиранням його при співударянні їх між собою та з робочими органами машин. Відбувається це при інтенсивному перемішуванні з наступним відсіванням ґрунту на сепараційних решітках.

**Мокрий спосіб (миття)** ґрунтується на зміні механічних властивостей ґрунту при його розмоканні (збільшенні вологості) та покращенні його відділення за рахунок цього від коренів та бульб. Миття

також характеризується відділенням ґрунту водою за рахунок її поверхневої активності. **Процес миття коренеплодів відбувається у дві фази:** спочатку проходить розмокання ґрунту, а пізніше його відділення. Тривалість фази розмокання становить близько 40с, а фази відділення – 20с. Мокрий спосіб очищення також дозволяє здійснити відділення від корму каміння і металевих включень унаслідок різниці їх густин.

Краще очищення досягається вологим способом, але при цьому зростають затрати за рахунок необхідності використання води та здійснення процесу приготування коренебульбоплодів у зимовий період в утеплених приміщеннях. З екологічної точки зору цей спосіб є гіршим через необхідність очищення відпрацьованої води.

#### **Мийки коренебульбоплодів поділяють:**

1) за способом організації технологічного процесу:

- **перервної дії;**
- **неперервної дії;**

2) за типом робочих органів:

- **барабанні;**
- **кулачкові (бильні);**
- **гвинтові (шнекові);**
- **дискові (відцентрові);**
- **струменеві (гідроелеваторні).**

#### **Подрібнювачі коренебульбоплодів поділяють на:**

- **коренерізки;**
- **коренетерки;**
- **молоткові подрібнювачі;**
- **пастоприготовлювачі;**
- **м'ялки.**

**Робочі органи подрібнювачів:** різальні апарати, молоткові барабани, терчасті поверхні, решітчасто-ножові подрібнюючі апарати. Подрібнювачі коренеплодів за схемою встановлення можуть бути вертикально-дискові, горизонтально-дискові, барабанні й відцентрові.

**Основні вимоги до корму,** приготовленого із коренебульбоплодів. Для згодовування коренеплодів тваринам забрудненість продукту не повинна перевищувати 3% від маси. Розмір часток основної фракції після подрібнення для ВРХ повинен бути 10...15мм, для свиней – 7...8мм, для птиці – мезга. Забрудненість коренебульбоплодів після збирання й зберігання складає 5% і більше. Для того, щоб підготувати коренебульбоплоди до згодовування, їх необхідно очистити і подрібнити.

**Основні вимоги до машин** для приготування коренеплодів такі:

- універсальність, здатність переробити всі види коренеплодів;
- мати можливість регулювати розмір подрібнюваного продукту для всіх груп тварин;
- забезпечення якості очищення, подрібнення відповідно до зоотехнічних рекомендацій;
- наявність пристроїв для видалення сторонніх домішок (камені, ґрунт, металеві включення) без забруднення навколишнього середовища;
- зручний доступ до робочих органів для їхнього очищення, заміни і регулювання;
- можливість механізованого завантаження сировини і видалення готової продукції, а також автоматизації процесу;
- простота конструкції, надійність і зручність в експлуатації;
- низька метало- та енергоємність.

### 8.3. Схеми машин для сухого очищення, миття й подрібнення коренебульбоплодів

Для сухого очищення коренебульбоплодів застосовують щіткові, кулачкові і шнекові машини (рис. 8.2).

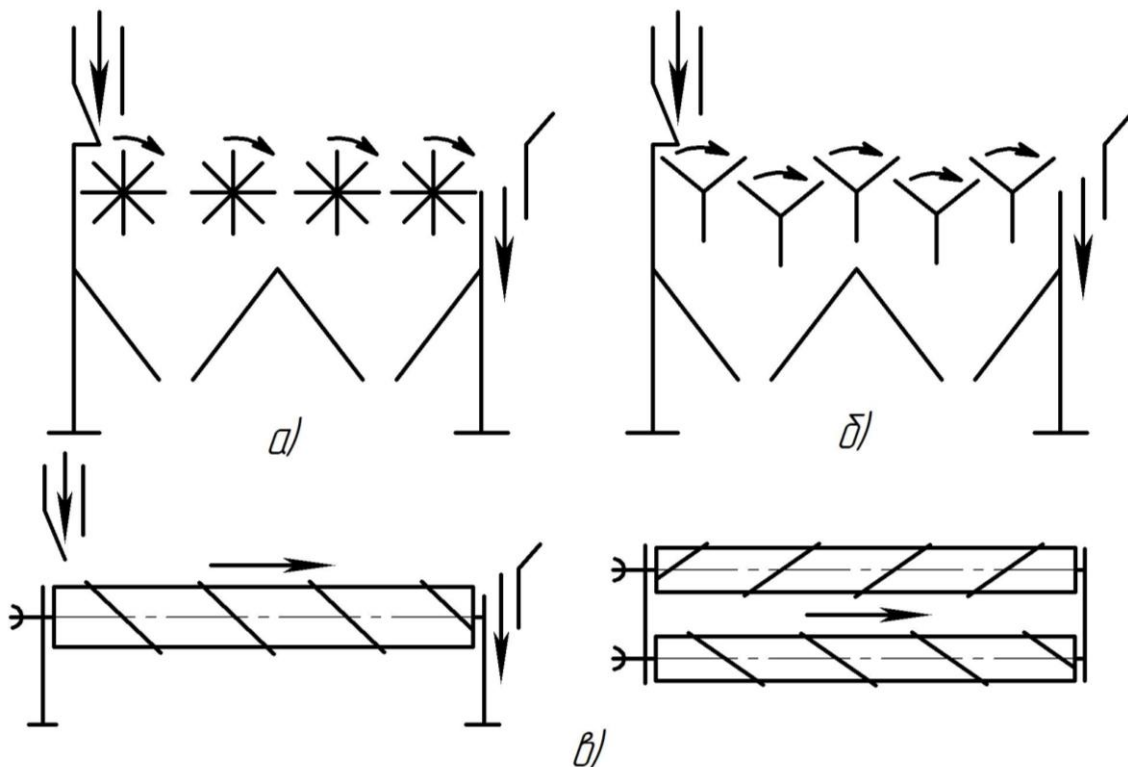


Рисунок 8.2. Схеми машин для сухого очищення коренебульбоплодів:  
а – щіткові; б – кулачкові; в – шнекові.



**Щітковий очисник** (рис. 8.2а) складається з циліндричних щіток, довжина яких залежить від заданої продуктивності машини. Очищення проходить за рахунок тертя щіток, які обертаються, по бульбах, одночасно останні переміщуються до виходу з машини. Частоту обертання і жорсткість щіток добирають такими, щоб забезпечити очищення і уникнути пошкоджень коренебульбоплодів. Недолік – для забезпечення необхідної чистоти бульбоплодів необхідно встановлювати багато щіток, враховуючи їх довжину. Це призводить до значних розмірів і великої маси машини. Тому щіткові очисники не набули поширення.

**Кулачковий очисник** (рис. 8.2б) складається з кількох валів із кулачками. Вали можуть розміщуватись в один або два яруси, форма кулачків також може бути різною. Під час обертання валів кулачки діють на коренебульбоплоди, очищаючи їх і передаючи на вихід.

**Шнековий очисник** (рис. 8.2в) складається з двох або кількох пар шнеків. Кутова швидкість шнеків різна (при рівних діаметрах), тому при їх обертанні коренеплоди переміщуються вздовж них і за рахунок тертя очищаються.

Кулачкові й шнекові очисники добре очищають коренеплоди від вільного ґрунту, а шнекові – й від рослинних залишків (на кулачкові вали рослинні залишки частково намотуються). Ці очисники не задовольняють вимог до очищення коренеплодів при приготуванні кормів, тому їх здебільшого використовують на збиральних комбайнах для попереднього очищення коренеплодів.

Кращу якість очищення забезпечують коренебульбомийки. Схеми таких машин зображено на рис. 8.3.

**Загальні вимоги** до роботи мийок такі:

- універсальність, – для миття всіх видів коренебульбоплодів;
- висока якість миття при малих затратах води (не більше 0,4л на 1кг коренебульбоплодів) при високій продуктивності;
- наявність пристроїв для видалення сторонніх домішок (камені, ґрунт тощо);
- регулювання часу перебування продукту в мийці залежно від забрудненості;
- зручний доступ до робочих органів для їх очищення, заміни й регулювання;
- можливість повторного використання води (рециркуляція).

**Кулачкова мийка** (рис. 8.3а) складається з кількох валів із кулачками, які розміщені у ванні з водою. При обертанні валів коренебульбоплоди переміщуються у ванні до виходу, одночасно очищаються кулачками й омиваються водою. Бруд осідає в нижній частині ванни і періодично видаляється.

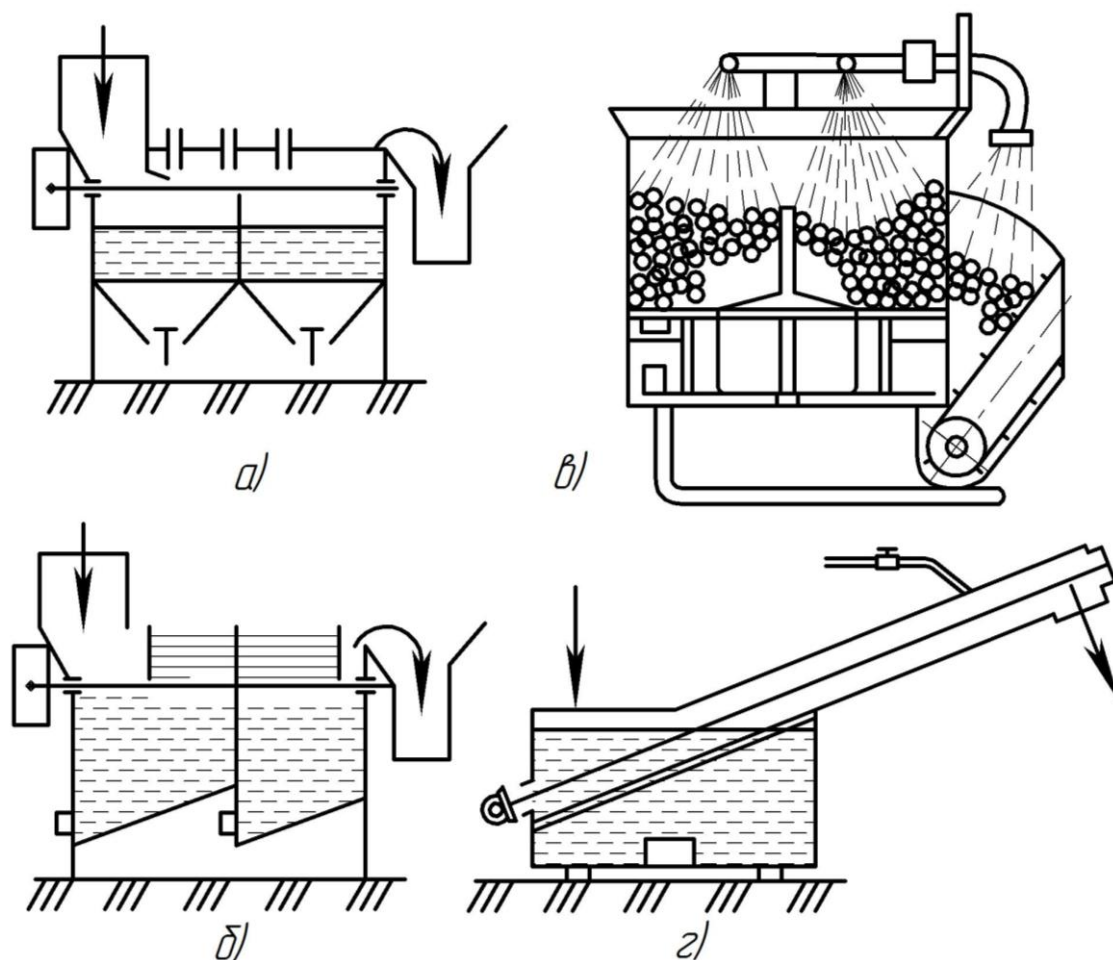


Рисунок 8.3. Схеми коренебульбомийок:  
*a* – кулачкові; *б* – барабанні; *в* – дискові; *г* – шнекові.

**Барабанна мийка** (рис. 8.3*б*) має ванну і горизонтально або під малим кутом розміщено барабан, частково занурений у воду. Циліндрична частина барабана виготовлена з прутків або шин, розміщених із зазором. На внутрішній поверхні циліндра закріплено гвинтову навивку. При обертанні барабана коренебульбоплоди, які потрапляють у барабан, періодично занурюються у воду, перекочуються і обтираються між собою і об стінки барабана, омиваються водою. Шнекова навивка переміщує коренебульбоплоди на вихід із мийки. Очищення ванни від бруду аналогічне кулачковій мийці.

**Дискова мийка** (рис. 8.3*в*) має вертикальну циліндричну камеру, в нижній частині якої розміщено диск із лопатями. Над камерою встановлено розбризкувач води. Мийка працює так. Коренебульбоплоди завантажуються в камеру на диск, який обертається, зверху коренебульбоплоди поливаються водою. Лопаті диска їх перемішують, вони обтираються й омиваються водою, а потім викидаються з камери. Мийка обладнується циркуляційною системою подавання й відстоювання води.

**Шнекові мийки** (рис. 8.3з) виготовляють з вертикальним і похилим шнеком. Нижня частина шнека розміщується у ванні з водою, у його верхній частині монтується колектор для подавання води. Коренебульбоплоди завантажуються у ванну, де відмокають, а потім захоплюються шнеком і транспортуються вгору й омиваються водою, яка подається через колектор. Для шнекових мийок важливим є час перебування коренебульбоплодів у ванні з водою. За цей час бруд, який є на них, повинен відмокнути, а потім у шнеку змитись водою.

Кулачкові й барабанні мийки використовують у технологічних лініях, де необхідно переробити значну кількість коренебульбоплодів (цукрові й спиртові заводи тощо). В умовах кормоцехів на фермах раціональніше використовувати дискові та шнекові мийки. Перевагу надають шнековим завдяки меншій питомій метало- та енергоємності.

**Коренебульборізки** за конструкцією робочих органів поділяють на **дискові** й **барабанні** (рис. 8.4). Подрібнення може виконуватися у молоткових і штифтових подрібнювачах, але якість подрібнення й питомі енерговитрати не задовольняють споживача.

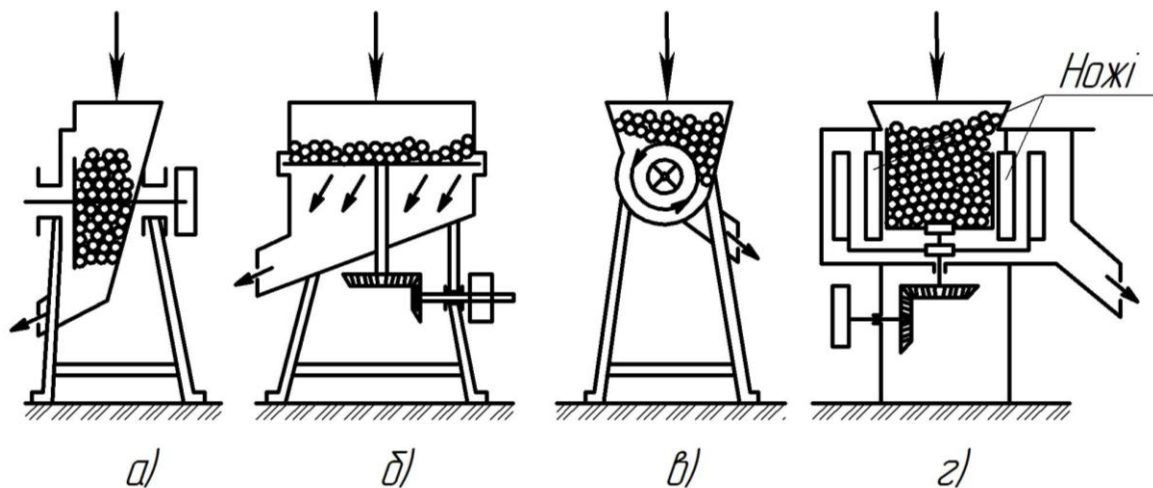


Рисунок 8.4. Схеми подрібнювачів коренебульбоплодів:

*а* – дисковий вертикальний; *б* – дисковий горизонтальний; *в* – барабанний; *з* – відцентровий.

**Дискові подрібнювачі** з горизонтальним (рис. 8.4а) і вертикальним (рис. 8.4б) валами прості за конструкцією. Робочий орган подрібнювача – диск із прорізами, над якими встановлено ножі, які при обертанні диска зрізують стружку з коренебульбоплодів, розміщених у камері подрібнення. **Недоліки.** Схема *а*: під час роботи подрібнювача проходить заклинювання коренебульбоплодів між диском і протилежною стінкою камери подрібнення, що призводить до збільшення енерговитрат на подолання тертя диска об коренебульбоплоди. Схема *б*: після зрізування стружка падає на дно подрібнювача. Для її видалення необхідно встановлювати викидач або закріплювати лопаті в нижній частині диска.

**Барабанний подрібнювач** (рис. 8.4в) може бути з горизонтальним валом, на якому закріплений барабан з ножами або з похилим валом, на якому встановлено циліндричний або конічний пустотілий барабан, по поверхні якого просічками в шаховому порядку сформовані різці.

**Недоліки барабанних подрібнювачів** порівняно з дисковими: складніша конструкція; після відрізування стружка потрапляє всередину барабана, звідки її видаляють за рахунок нахилу барабана або його конічності. Це обмежує продуктивність подрібнювача.

**Відцентровий подрібнювач** (рис. 8.4г) має циліндричну камеру подрібнення, у нижній частині якої обертається диск з лопатями. У циліндричній частині камери є вертикальні прорізи з ножами. Під час обертання диска коренебульбоплоди відкидаються до циліндричної стінки з ножами, і з них зрізується стружка. Для вивантаження стружки під диском встановлюється викидач. **Недолік** такої схеми – значні метало- та енергоємність процесу подрібнення.

Зважаючи на особливості конструкцій коренебульборізок, для механізації кормовиробництва на фермах доцільно використовувати **дискові коренерізки з вертикальним валом** (див. рис. 8.4б). В індивідуальних господарствах для подрібнення малої кількості коренебульбоплодів використовують подрібнювачі перших трьох типів із ручним і електроприводами. Відцентрові подрібнювачі, зважаючи на їх недоліки, майже не використовуються.

Наведемо приклад машини для обробки коренебульбоплодів.

**Мийка-подрібнювач ІКМ-Ф-10** (рис. 8.5) призначена для очищення від каменів, миття й подрібнення коренебульбоплодів для свиней і ВРХ. Використовується у потокових технологічних лініях кормоцехів із механізованим подаванням коренебульбоплодів, а також як самостійна машина.

Ванна мийки – це зварна конструкція, опорою якої є рама. Верхня частина ванни закрита листом, на якому закріплено корпус шнека і дві кришки. Одна з них має завантажувальну горловину, а інша легко знімається.

Шнекова мийка складається зі шнека і кожуха, на якому встановлено водяні колектори і кронштейни для закріплення електродвигунів подрібнювача і шнека. Шнек безвальний. Він складається з гвинтової спіралі, до якої закріплені у верхній частині цапфа, а в нижній – труба, до якої прикріплені корпус підшипника з віссю. Вісь встановлена нерухомо в опорі, закріпленій на дні ванни. Вона забезпечує можливість натягування шнека. До фланця корпусу підшипників нижньої опори кріпиться активатор, виготовлений у вигляді зрізаного конуса.

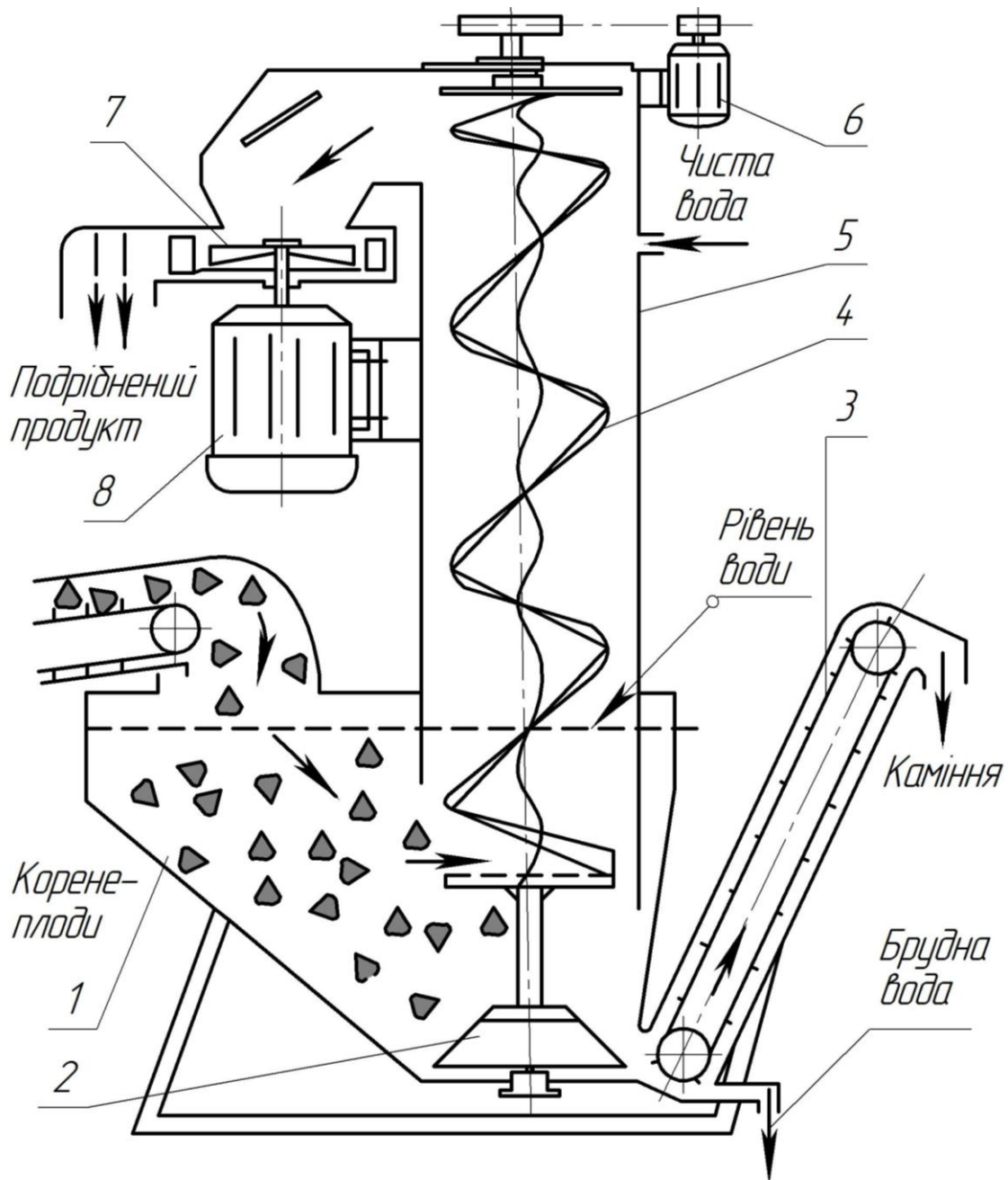


Рисунок 8.5. Технологічна схема мийки-подрібнювача ІКМ-Ф-10:  
 1 – ванна; 2 – активатор; 3 – вивантажувальний транспортер для каменів; 4 – шнек;  
 5 – корпус шнека; 6 – електродвигун; 7 – подрібнювач; 8 – електродвигун подрібнювача.

Подрібнювач (рис. 8.6) складається з корпусу і двох дисків (верхнього і нижнього). На верхньому диску встановлено два горизонтальні ножі, а на нижньому – дві вивантажувальні лопаті. Обидва диски закріплені на валу електродвигуна за допомогою болта. Перехідник, який з'єднує вивантажувальну горловину шнека з подрібнювачем, закріплений на кришці корпусу. Циліндрична частина деки має похилі прорізи, через які за допомогою лопатей, встановлених на нижньому диску, протискується стружка, яку отримали після подрібнення ножами верхнього диска. Відбувається додаткове подрібнення.

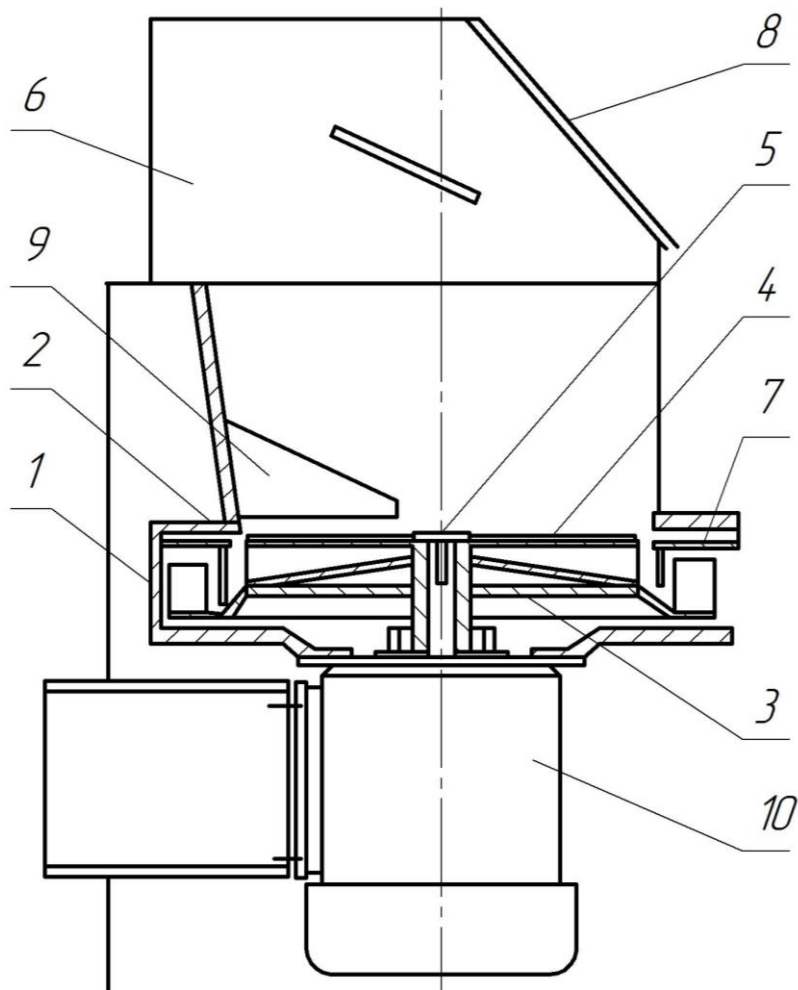


Рисунок 8.6. Дисковий подрібнювач машини ІКМ-Ф-10:

1 – корпус; 2 – верхній диск; 3 – нижній диск із лопатями; 4 – ножі; 5 – болт; 6 – перехідник; 7 – дека; 8 – кришка; 9 – протиризальна пластина; 10 – електродвигун.

Скребковий транспортер призначений для вивантаження з ванни каменів, піску і ґрунту. Він складається з транспортера, відкидного кожуха, люка для очищення і зливання води з ванни. Привод транспортера здійснюється від мотор-редуктора через ланцюгову передачу, на зірочці якої вмонтований зрізний штифт для попередження перевантаження транспортера.

Технологічний процес відбувається так. Завантажені у ванну коренебульбоплоди під дією збуреної активатором води перебувають у підвішеному стані, перемішуються, відмокають і, підхоплені шнеком, спрямовуються до подрібнювача. Під час підймання вони омиваються потоком води, яка подається насосом через колектори, розміщені на корпусі шнека. У подрібнювачі коренеплоди ріжуться двома ножами встановленими на верхньому диску. При подрібненні коренеплодів на корм для свиней, після ножів, вони проходить через деку. Водночас камені та інші важкі предмети опускаються на дно ванни і відкидаються активатором до вивантажувального транспортера.

## **Лекція 9**

### **РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ МАШИН ДЛЯ ОБРОБКИ КОРЕНЕБУЛЬБОПЛОДІВ**

- 9.1. Розрахунок параметрів шнекових мийок-коренерізок.**
- 9.2. Розрахунок параметрів дискового подрібнювача коренеплодів.**
- 9.3. Розрахунок параметрів решітчасто-ножового подрібнювального апарата.**



### 9.1. Розрахунок параметрів шнекових мийок-коренерізок

Миття і подачу коренеплодів найчастіше здійснюють шнеком (гвинтом). На рис. 9.1 зображені технологічно-конструктивні схеми шнекових (гвинтових) мийок-коренерізок.

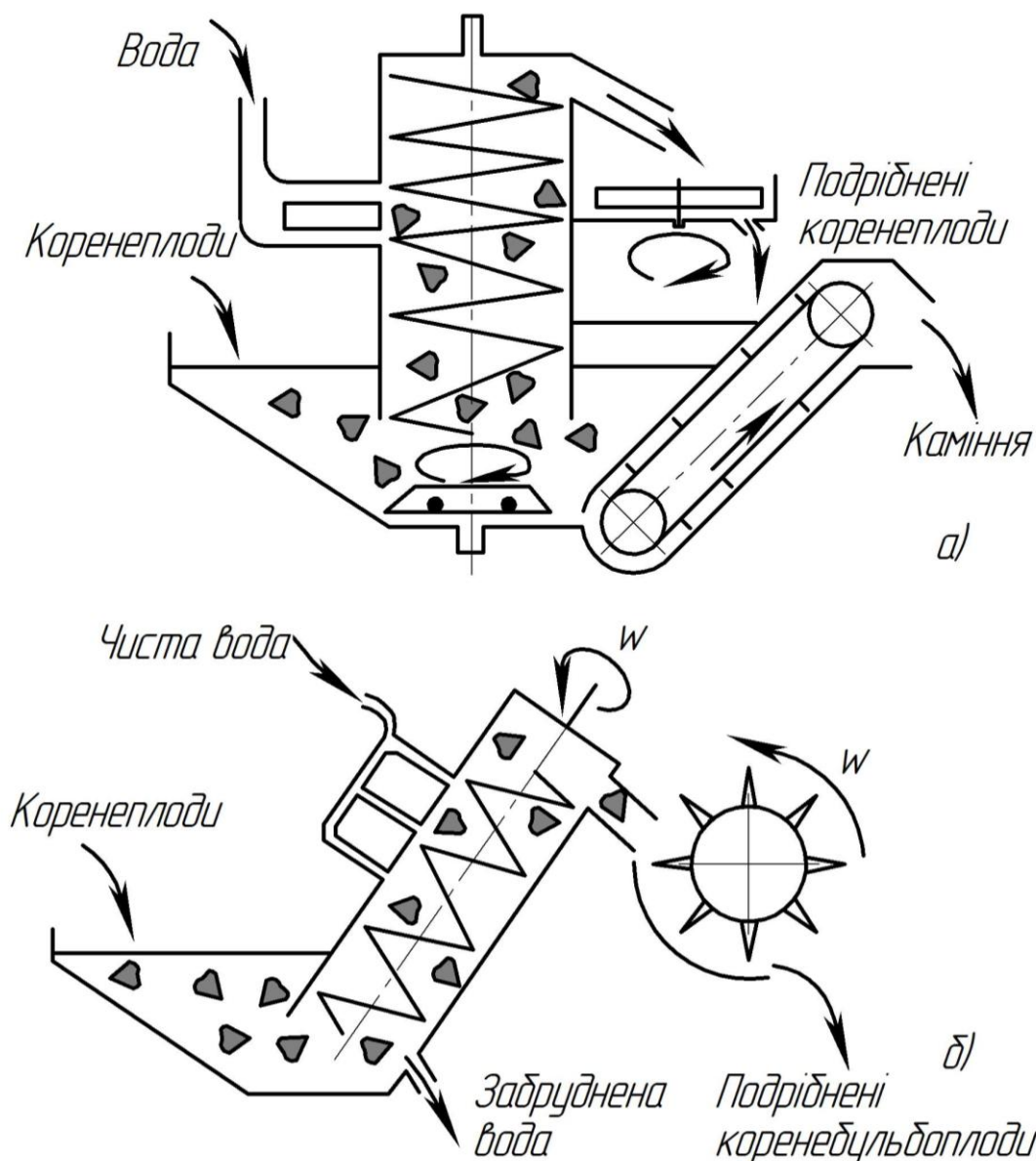


Рисунок 9.1. Технологічно-конструктивні схеми шнекових (гвинтових) мийок-коренерізок: а – з вертикальним шнеком; б – з похилим шнеком.

**Головні робочі органи** гвинтової мийки-коренерізки – це шнек і подрібнюючий апарат. Діаметр шнека визначається з умови вільного переміщення найбільшого за розміром коренеплоду між кожухом та валом шнека. **Умова транспортування коренебульбоплодів** вгору в шнековій мийці з вертикальним шнеком – це ковзання їх витком шнека у напрямку, протилежному його коловій швидкості.

Кутову швидкість вертикального шнека визначають, розглядаючи схему сил, які діють на коренеплід у мийці (рис. 9.2).



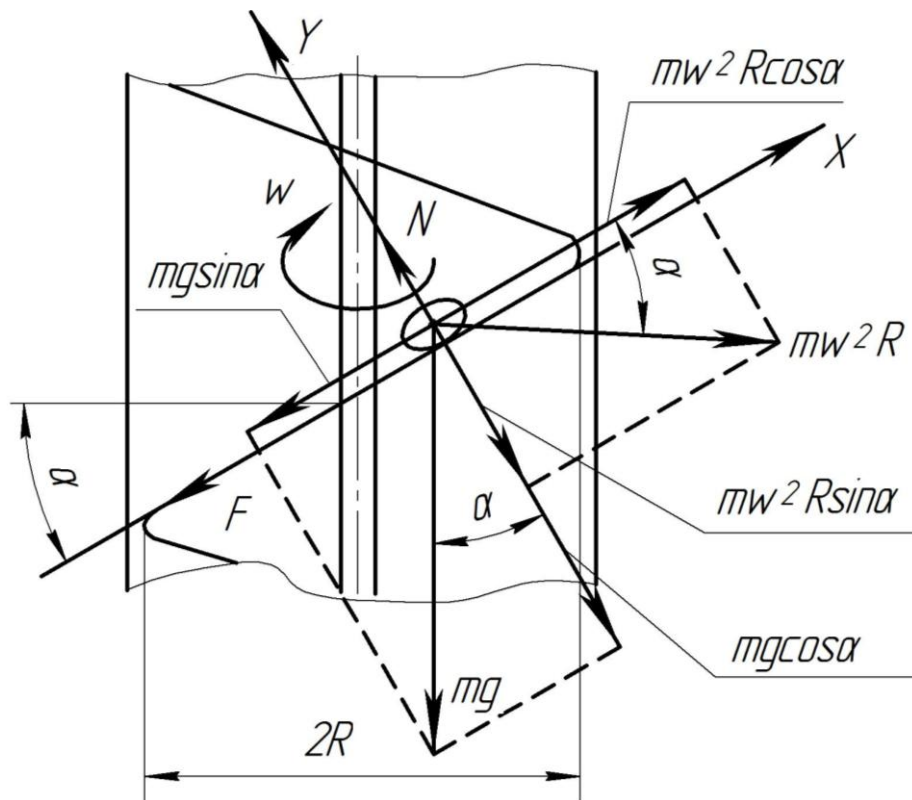


Рисунок 9.2. Схема сил, які діють на коренеплід у шнековій мийці з вертикальним шнеком

На коренеплід діють: сила тяжіння  $m g$ , відцентрова сила інерції  $m R w^2$ , сила тертя  $F$ , нормальна реакція  $N$  поверхні шнека.

Розглядаючи сили, які діють на коренебульбоплід по осях системи координат  $XOY$ , отримаємо таку систему рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^n F_X &= m \cdot w^2 \cdot R \cdot \cos \alpha - F - m \cdot g \cdot \sin \alpha \geq 0 ; \\ \sum_{i=1}^n F_Y &= N - m \cdot w^2 \cdot R \cdot \sin \alpha - m \cdot g \cdot \cos \alpha \geq 0 . \end{aligned} \right\} \quad (9.1)$$

З другого рівняння визначаємо нормальну реакцію  $N$ . Силу тертя визначаємо як  $F = N \cdot f$ , де  $f$  – коефіцієнт тертя ковзання. Розв'язавши системи рівнянь (9.1) відносно **мінімальної кутової швидкості  $w$  вертикального шнека**, отримаємо

$$w_{\text{вш}} \geq \sqrt{\frac{g \cdot \text{tg} (\alpha + \varphi)}{R}}, \quad (9.2)$$

де  $\alpha$  – кут підйому (нахилу) гвинтової лінії шнека,  $\alpha = 10 \dots 20^\circ$ ;

$\varphi$  – кут тертя ковзання коренеплоду до поверхні шнека, град;

$R$  – радіус шнека, м.

**Основні параметри шнекової мийки** визначаються з урахуванням її продуктивності (подачі), кг/с. Тобто

$$Q_{Ш} = \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4} \cdot S \cdot n \cdot \rho \cdot k_H \cdot k_3, \quad (9.3)$$

де  $D$  – діаметр шнека,  $D = 0,3 \dots 0,6$ м;

$n$  – частота обертання шнека,  $c^{-1}$ ;

$d$  – діаметр вала шнека,  $d = (0,15 \dots 0,25) D$ , м;

$\rho$  – об'ємна маса коренеплодів,  $\rho = 600 \dots 670$ кг/м<sup>3</sup>;

$k_3$  – коефіцієнт заповнення шнека,  $k_3 = 0,3 \dots 0,4$ ;

$k_H$  – коефіцієнт, який враховує кут нахилу шнека;

$S$  – крок гвинтової лінії шнека, м, визначається за формулою

$$S = \pi D \cdot \operatorname{tg} \alpha. \quad (9.4)$$

Залежно від продуктивності та геометричних параметрів коренеплодів вибирають діаметр шнека  $D$ , кут нахилу гвинтової лінії шнека  $\alpha$ , кут нахилу шнека  $\tau = 10^\circ; 15^\circ; 20^\circ; 25^\circ; 30^\circ; 35^\circ; 40^\circ; 45^\circ; 90^\circ$  і визначають крок  $S$  та коефіцієнт  $k_H = 0,8; 0,7; 0,65; 0,6; 0,58; 0,55; 0,52; 0,5; 0,3$ . Потім визначають частоту обертання шнека, об/хв,

$$n_{ВШ} = \frac{4Q_{Ш}}{\pi (D^2 - d^2) \cdot S \cdot n \cdot \rho \cdot k_H \cdot k_3}. \quad (9.5)$$

Для **похилих шнеків** визначають **максимально допустиму частоту обертання**, або кутову швидкість, за якої коренеплоди не будуть перекидатися витками шнека. Тобто має виконуватися умова сповзання коренеплодів витком шнека (рис. 9.3)

$$m \cdot g \cdot \cos \psi \geq f \cdot m \cdot g \cdot \sin \psi + f \cdot m \cdot w_{\max}^2 \cdot R \cdot \sin \alpha, \quad (9.6)$$

звідки

$$w_{ПШ \max} = \sqrt{\frac{g (\cos \psi - f \cdot \sin \psi)}{f \cdot R \cdot \sin \alpha}}; \quad (9.7)$$

$$n_{ПШ \max} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g (\cos \psi - f \cdot \sin \psi)}{f \cdot R \cdot \sin \alpha}}, \quad (9.8)$$

де  $\psi$  – кут між дотичною до витка шнека і вертикаллю,

$$\psi = \pi - (\tau + \alpha); \quad (9.9)$$

$f$  – коефіцієнт тертя коренебульбоплодів до матеріалу шнека,  $f = 1,5-2$ .

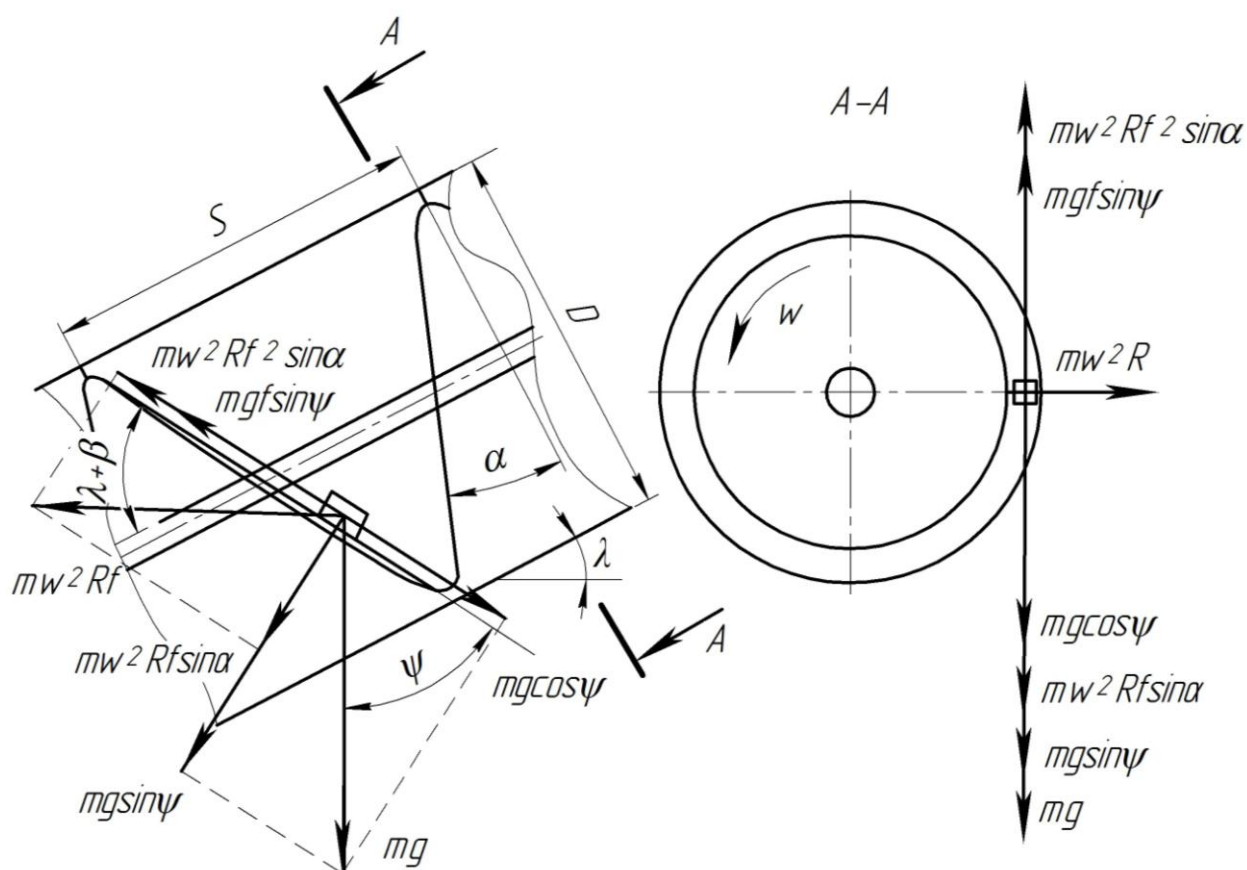


Рисунок 9.3. Схема сил, які діють на коренеплід у шнековій мийці з похилим шнеком

Після визначення  $n_{\max}$  порівнюють її з робочою. Робоча частота обертання має бути в межах

$$n_p = (0,5 \dots 0,7) n_{\max} . \quad (9.10)$$

Прийнявши  $n_p$ , перераховують крок шнека  $S$  і діаметр шнека  $D$ .

Для вертикальних шнеків необхідно визначити мінімальну частоту обертання шнека за формулою

$$n_{\text{ВШ min}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g (\text{tg } \alpha + f)}{R (1 - f \cdot \text{tg } \alpha)}} . \quad (9.11)$$

Ця величина має бути меншою за розраховану. Якщо ні, то необхідно переглянути геометричні параметри шнека.

Довжину шнека  $L_{III}$  визначають з необхідної тривалості процесу миття (мінімального часу перебування коренеплодів у мийці,  $t_{III} = 10 \dots 15$  с)

$$L_{III} = S \cdot n \cdot t_{III} \quad (9.12)$$

Визначають об'єм бункера-ванни

$$v_B = \frac{Q_{III} \cdot t_B}{\rho \cdot k_3} \quad (9.13)$$

де  $t_B$  – час перебування коренеплодів у ванні,  $t_B = 90 \dots 100$ с.

Продуктивність насоса для подавання води визначається за формулою

$$Q_H = k \cdot Q_{III} \quad (9.14)$$

де  $k$  – співвідношення води і коренебульбоплодів,  $k = 0,25 \dots 0,3$ л/кг.

**Енергетичні показники шнекової мийки.** Потужність на привод шнека, Вт, визначають за формулою

$$N_{III} = (N_1 + N_2) \cdot K + N_3 + N_4 \quad (9.15)$$

де  $N_1$  – потужність, яка витрачається на тертя матеріалу по жолобу і підймання його на висоту транспортування, Вт;

$N_2$  – потужність, яка витрачається на тертя матеріалу об шнек, Вт;

$N_3$  – потужність, яка витрачається на подолання тертя в підшипниках;

$K$  – коефіцієнт, який враховує перемішування й подрібнення матеріалу,  $K = 1,05 \dots 1,4$ ; для коренебульбоплодів  $K = 1,05$ .

Узагальнена формула для визначення потужності на привод шнека має вигляд

$$N_{III} = K \cdot c \cdot Q_{III} \cdot g (L_{\Gamma} + H) f \quad (9.16)$$

де  $L_{\Gamma}$  – горизонтальна проекція шнека,  $L_{\Gamma} = L_{III} \cdot \cos \tau$ , м;

$H$  – висота підймання матеріалу (вертикальна проекція шнека),

$H = L_{III} \cdot \sin \tau$ , м;

$c$  – коефіцієнт, який враховує кут нахилу шнека,  $\tau$ . Значення наведено у таблиці 9.1.

Таблиця 9.1

Кут нахилу шнека, $\tau$	До 20	20–25	25–30	30–35	35–40	40–45	45–90
Коефіцієнт, $c$	10	10,5	11,3	12	13,2	14	30–30

## 9.2. Розрахунок параметрів дискового подрібнювача коренеплідів

Технологічно-конструктивна схема відцентрової мийки-коренерізки зображена на рис. 9.4а.

Схема сил, що діють на коренеплід у процесі роботи дискової мийки, зображена на рис. 9.4б.

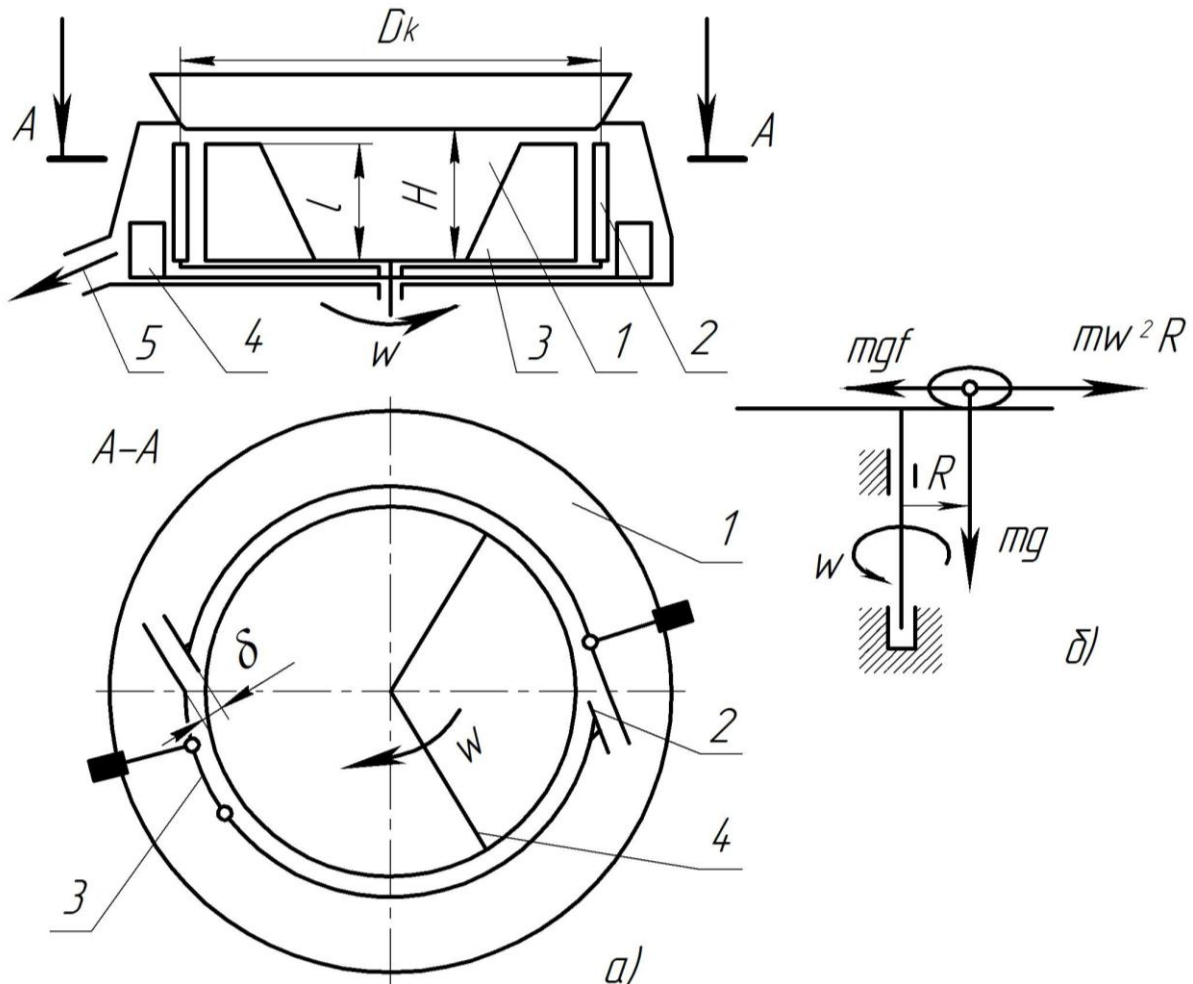


Рисунок 9.4. Схеми:

- а) технологічно-конструктивна схема відцентрової мийки-коренерізки; 1 – малий циліндр; 2 – ніж; 3 – крилач внутрішній; 4 – крилач зовнішній; 5 – відвідний канал; 6 – заслінка;  
 б) схема сил, що діють на коренеплід у процесі роботи дискової мийки.

**Відцентровий апарат для миття та різання коренів** – це диск із вертикальною віссю обертання. До цього диска прикріплені лопаті або крилачі. Крилачі потрібні для відкидання коренебульбоплодів до периферії, де проходить процес різання. Відкидання здійснюється під дією відцентрової сили інерції.

Для відцентрової коренерізки висоту робочої камери приймають близькою до максимальної крупності коренеплодів, тобто 0,2...0,3м.

Діаметр робочої камери визначають за формулою

$$D_p = \sqrt{\frac{4 Q_B \cdot t_p}{\pi \cdot \beta \cdot \rho}}, \quad (9.17)$$

де  $t_p$  – час перебування коренеплодів у робочій камері,  $t_p = 20 \dots 30$  хв;

де  $\beta$  – коефіцієнт заповнення робочої камери, для відцентрових коренерізок приймають  $\beta = 0,3 \dots 0,45$ .

**Пропускна здатність (подачу) відцентрового подрібнювача, кг/с, визначають за формулою**

$$Q_B = \pi \cdot D_p \cdot l_H \cdot b \cdot z \cdot w \cdot K_B, \quad (9.18)$$

де  $l_H$  – довжина ножа, м;

$b$  – товщина стружки, яка зрізується одним ножом, м;

$z$  – кількість ножів;

$K_B$  – коефіцієнт використання довжини ножів.

Частоту обертання диска, визначають з умови, за якої можливе різання коренебульбоплоду. Тобто відцентрова сила повинна бути більшою від сили тертя (див. рис. 9.4б)

$$m \cdot w^2 \cdot R \geq f \cdot m \cdot g + 2 f \cdot m \cdot w \cdot V_{II}, \quad (9.19)$$

де  $m$  – маса коренеплоду, кг;

$f$  – коефіцієнт тертя;

$R$  – радіус від центра обертання диска до центра маси коренеплоду, м;

$w$  – кутова швидкість диска,  $\text{с}^{-1}$ ;

$V_{II}$  – швидкість подавання сировини до ножів, м/с, визначають залежністю

$$V_{II} \geq \frac{b \cdot z \cdot w}{2 \pi}. \quad (9.20)$$

Розв'язуючи спільно (9.19) і (9.20), отримують залежність для визначення мінімально допустимої **кутової швидкості відцентрової коренерізки**

$$w_{\min BK} = \sqrt{\frac{g \cdot f}{R - \frac{f \cdot b \cdot z}{\pi}}}. \quad (9.21)$$

Для ефективної роботи **дискової мийки** необхідно, щоб відцентрова сила перевищувала силу опору перекочуванню у внутрішній зоні мийного диска (див. рис. 9.4б). Тобто

$$m \cdot g \cdot f \geq m \cdot w_{\text{Д}}^2 \cdot R, \quad (9.22)$$

звідки швидкість обертання мийного диска

$$w_{\text{Д}} \geq \sqrt{g \cdot f / R}. \quad (9.23)$$

Якщо мийний диск має радіальні ребра, то за рахунок переміщення коренеплодів уздовж ребра від центра диска на периферію буде виникати сила Коріоліса  $F_K$ , спрямована нормально до бокової поверхні ребра. Тобто

$$F_K = 2V_P \cdot w_{\text{Д}} \cdot m, \quad (9.24)$$

де  $V_P$  – радіальна швидкість, м/с.

За рахунок сили Коріоліса виникне сила тертя  $F_T$  коренеплода по ребру, спрямована до центра диска. Тобто

$$F_T = 2V_P \cdot w_{\text{Д}} \cdot m \cdot f. \quad (9.25)$$

Тоді критичну кутову швидкість диска можна визначити за формулою

$$w_{\text{Д КР}} > \frac{V_P \pm \sqrt{V_P^2 - 4g \cdot f}}{2R}. \quad (9.26)$$

Кількість коренебульбоплодів  $G_{\text{ЗAB}}$ , що містяться у завантажувальній ванні, визначають за формулою

$$G_{\text{ЗAB}} = Q_{\text{Д}} \cdot t_B, \quad (9.27)$$

де  $t_B$  – час завантаження ванни коренеплодами, с.

Необхідний об'єм ванни визначають за формулою

$$v_B = Q_{\text{Д}} \cdot t_B / \rho. \quad (9.28)$$

**Продуктивність дискового подрібнювача коренеплодів** (подача), кг/с, визначають за формулою

$$Q_{\text{Д}} = \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4} \cdot b \cdot z \cdot \rho \cdot n \cdot k_3 \cdot k_H, \quad (9.29)$$

де  $D$  і  $d$  – діаметр диска відповідно по зовнішніх і внутрішніх кінцях ножів, м;

$b$  – товщина стружки, яка зрізується одним ножом, м;

$z$  – кількість ножів;

$\rho$  – густина коренебульбоплодів, кг/м<sup>3</sup>;

$n$  – частота обертання диска, с<sup>-1</sup>;

$k_3$  – коефіцієнт наповнення камери,  $k_3 = 0,35 \dots 0,45$ ;

$k_H$  – коефіцієнт використання довжини леза ножа,

$k_H = 0,7 \dots 0,8 L_p / L$ . Тут  $L_p$  – загальна робоча довжина ножа.

Діаметр робочої частини диска  $D$  вибирають залежно від геометричних параметрів коренебульбоплодів і заданої продуктивності. Діаметр неробочої частини диска  $d$  визначається конструктивними особливостями кріплення диска і ножів,  $d = 0,08 \dots 0,12$  м.

Схема дискового подрібнювача зображена на рис. 9.5.

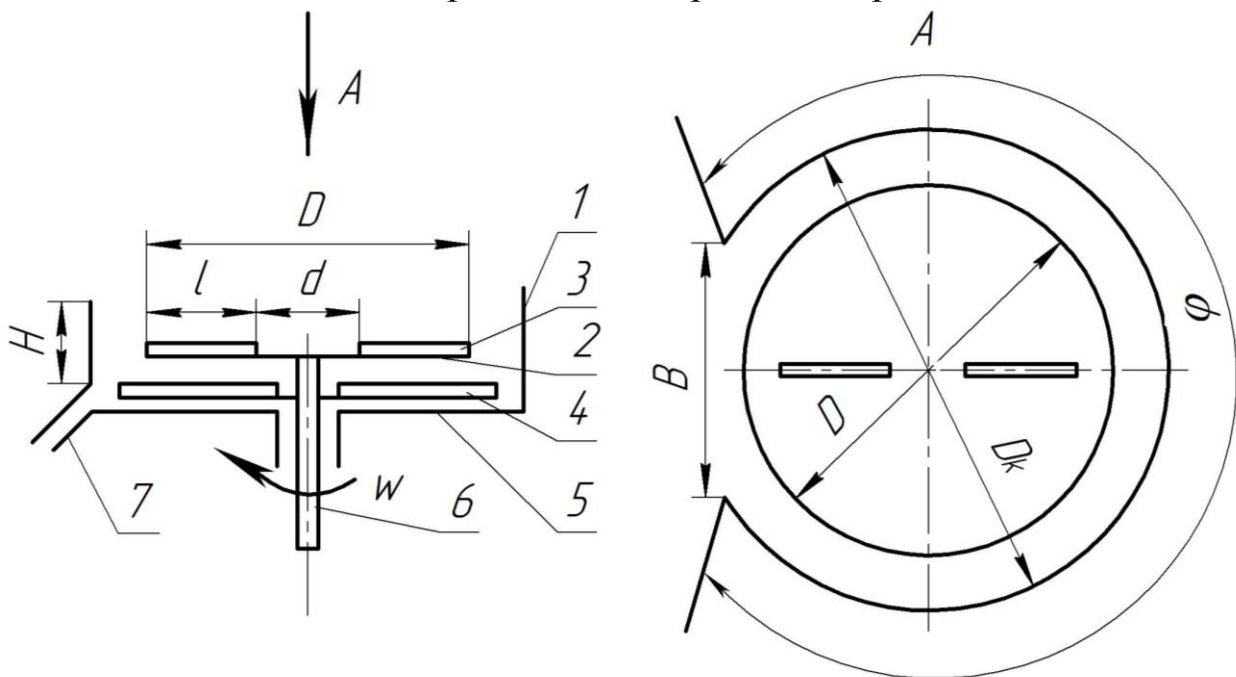


Рисунок 9.5. Схема дискового подрібнювача:

1 – камера подрібнювання; 2 – диск з ножами; 3 – ножі; 4 – диск-кидалка;  
5 – дно подрібнювача; 6 – вал; 7 – вікно.

**Частоту обертання диска різального апарата** визначають з умови забезпечення необхідного подавання матеріалу вільним падінням. Якщо частота обертання буде більшою від необхідної, то товщина стружки буде меншою від заданої зоотехнічними умовами, а також підвищуватиметься енергоємність процесу подрібнення. Якщо частота обертання буде меншою, то зростатимуть затрати енергії на тертя коренеплодів об диск, а також буде переповнюватися приймальна камера.

Частоту обертання диска подрібнювача визначають за формулою



$$n_D = \frac{4Q_D}{\pi (D^2 - d^2) \cdot b \cdot z \cdot \rho \cdot k_3 \cdot k_H} . \quad (9.30)$$

Оптимальну кутову швидкість диска,  $c^{-1}$ , визначають за формулою

$$w_{D \text{ оп}} = \frac{2\pi \sqrt{\frac{g}{2b}}}{z} . \quad (9.31)$$

Діаметр, м, приймальної камери

$$D_K = \sqrt{\frac{0,94 Q_D}{\rho \cdot K_H \cdot \sqrt{g \cdot b}}} . \quad (9.32)$$

Необхідний об'єм робочої камери визначають за формулою

$$v_K = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H_P}{4} , \quad (9.33)$$

де  $H_P$  – висота робочої камери, м.

Висоту камери подрібнення, м, визначають з урахуванням конструктивних особливостей і того, що запасу коренеплодів у робочій камері повинно вистачити на  $t_3 = 10 \dots 20$  хв. Тобто

$$H_P = \frac{4Q_D \cdot t_3}{\pi \cdot D^2 \cdot \beta \cdot \rho} . \quad (9.34)$$

**Енергетичні параметри дискового подрібнювача.** Потужність, Вт, на привод подрібнювача витрачається на різання  $N_1$ , тертя матеріалу об диск, крилач і стінки камери подрібнення  $N_2$  та надання подрібнювальному матеріалу кінетичної енергії  $N_3$ . Тобто

$$N = N_1 + N_2 + N_3 . \quad (9.35)$$

Потужність, що витрачається на різання, визначають за формулою

$$N_1 = F_P \cdot R_C \cdot L_{ЛН} \cdot z \cdot w \cdot k_3 \cdot k_H , \quad (9.36)$$

де  $F_P$  – середня питома сила різання,  $F_P = (1,5 \dots 2) \cdot 10^3$  Н/м;

$R_C$  – усереднений радіус різання,  $R_C = (d + 1)/2$  м;

$L_{ЛН}$  – довжина леза ножа,  $L_{ЛН} = (D - d)/2$ .

Потужність, що витрачається на тертя матеріалу об диск, крилач і бокові стінки камери подрібнення, визначають за формулою

$$N_2 = N_D + N_K + N_B . \quad (9.37)$$

Потужність, що витрачається на подолання тертя об верхній диск подрібнювача  $N_D$ , визначають за формулою

$$N_D = \frac{\pi \cdot D_K^2}{4} \cdot H_K \cdot \rho \cdot k_3 \cdot F_P \cdot f \cdot R_C \cdot w , \quad (9.38)$$

де  $D_K$  – діаметр камери подрібнення, м;

$H_K$  – висота камери подрібнення, м.

Потужність  $N_K$ , що витрачається на тертя матеріалу об крилач, незначна порівняно з іншими, тому її можна не враховувати.

Потужність, яка витрачається на подолання тертя об бокову поверхню камери подрібнення при вивантаженні стружки  $N_B$ , розраховують за формулою

$$N_B = \frac{m \cdot D_K^2}{4} \cdot w^3 \cdot f \quad (9.39)$$

або

$$N_B = \frac{1}{4} Q_D \cdot t_C \cdot D_K^2 \cdot w^3 \cdot f , \quad (9.40)$$

де  $t_C$  – час проходження стружки по стінці камери подрібнення, визначають залежністю

$$t_C = \varphi / w , \quad (9.41)$$

де  $\varphi$  – сектор, який проходить стружка до вивантаження у вікно,  $\varphi = \frac{5}{6} \pi$ ,

(див. рис. 9.5).

Потужність, яка витрачається на надання матеріалу кінетичної енергії  $N_3$ , визначають за формулою

$$N_3 = \frac{1}{4} Q_D \cdot D_K^2 \cdot w^2 . \quad (9.42)$$

Загальну потужність на привод подрібнювача визначають залежністю

$$N_{ДВ} = \frac{N \cdot K_{П}}{\eta}, \quad (9.43)$$

де  $\eta$  – коефіцієнт корисної дії механізму привода подрібнювача;

$K_{П}$  – коефіцієнт, який враховує перетирання продукту,  $K_{П} = 1, 2 \dots 1, 3$ .

### 9.3. Розрахунок параметрів решітчасто-ножового подрібнювального апарата

Для приготування пасти із коренебульбоплодів використовують решітчасто-ножові подрібнювальні апарати (рис. 9.6).

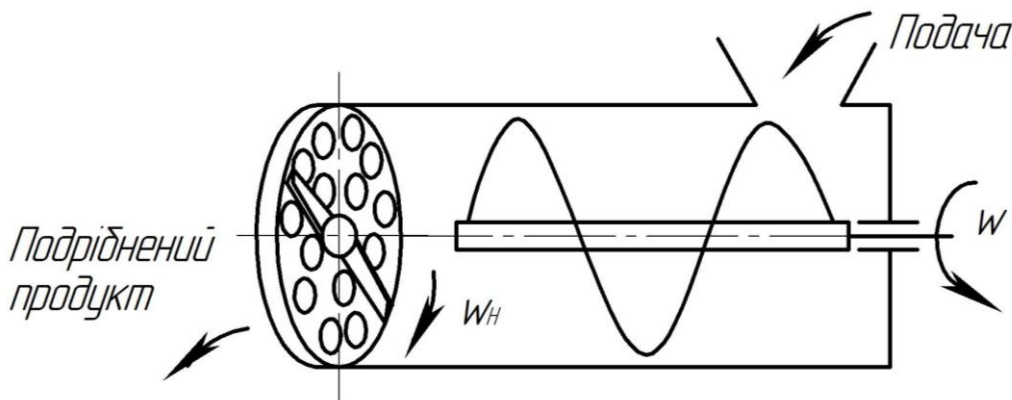


Рисунок 9.6. Решітчасто-ножовий подрібнювальний апарат

Схема сил і швидкостей у решітчасто-ножовому різальному апараті залежно від кута загострення ножа зображена на рис. 9.7.

Подачу решітчасто-ножового подрібнювального апарата, кг/с, визначають за формулою

$$Q_{PH} = \frac{K_{ВРЗ} \cdot S_H}{S_P}, \quad (9.44)$$

де  $K_{ВРЗ}$  – коефіцієнт використання різальної здатності ножа;

$S_H$  – різальна здатність ножа,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;

$S_P$  – площа поверхні розділу, яка утворюється при подрібненні кілограма корму,  $\text{м}^2$ .

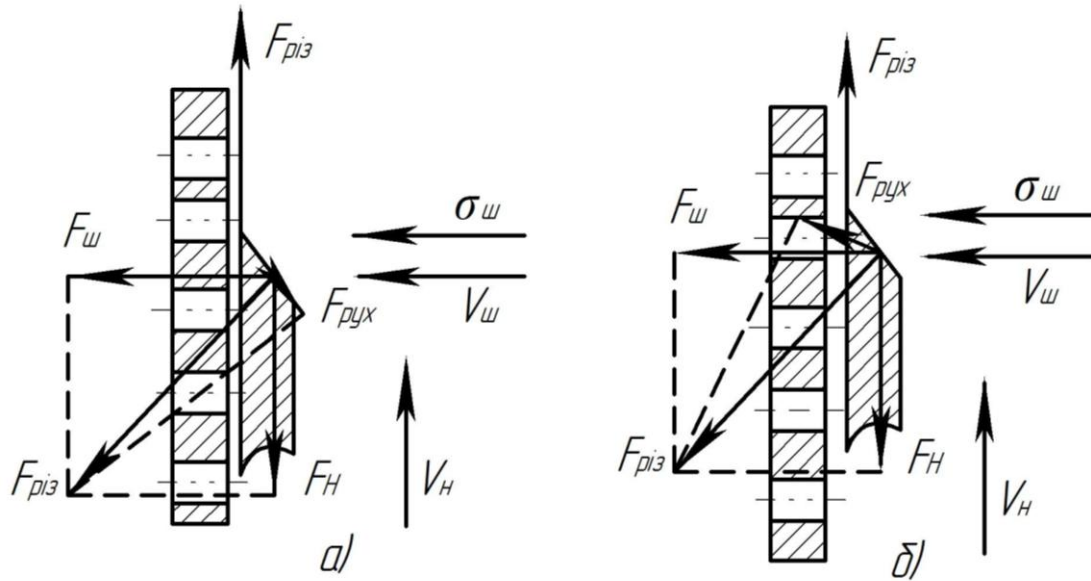


Рисунок 9.7. Схема сил і швидкостей в решітчасто-ножовому різальному апараті: а – при куті загострення  $\gamma < 90^\circ - \varphi$ ; б – при  $\gamma > 90^\circ - \varphi$ .

Для одного ножа різальну здатність можна визначити за формулою

$$S_H = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot w_H \cdot z_H \cdot f_P}{8}, \quad (9.46)$$

де  $D$  – діаметр решітки, м;

$z_H$  – кількість пер на ножі;

$w_H$  – кутова швидкість ножа,  $\text{с}^{-1}$ ;

$f_P$  – коефіцієнт використання живого перетину решітки, визначають за формулою

$$f_P = S_{\text{отв}} / S_{\text{реш}}, \quad (9.47)$$

де  $S_{\text{отв}}$  – площа отворів,  $\text{м}^2$ ;

$S_{\text{реш}}$  – площа решітки,  $\text{м}^2$ .

**Пропускнуну здатність ножа** також можна визначити за формулою

$$Q_{PH} = d_0^2 \cdot z_0 \cdot h \cdot \rho \cdot w_H / 8, \quad (9.48)$$

де  $d_0$  – діаметр отворів у решітці;

$z_0$  – кількість отворів у решітці;

$h$  – глибина занурення корму в отвір решітки, м.

## **Лекція 10**

### **МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ КОРМОВИХ СУМІШЕЙ**

- 10.1. Види кормових сумішей та вимоги до їх приготування.**
- 10.2. Обладнання для дозування кормів, вимоги, класифікація.**
- 10.3. Об'ємні дозатори безперервної дії.**
  - 10.3.1. Барабанні та секторні дозатори.**
  - 10.3.2. Стрічкові дозатори.**
  - 10.3.3. Шнекові дозатори.**
  - 10.3.4. Дискові й тарілкові дозатори.**
  - 10.3.5. Відцентрові дозатори.**
  - 10.3.6. Вібраційні лоткові дозатори.**

### 10.1. Види кормових сумішей та вимоги до їх приготування

Годівля тварин і птиці здійснюється кормовими сумішами, збалансованими за поживними речовинами, вітамінами і мікроелементами відповідно до запланованої продуктивності та раціону.

**Кормові суміші** залежно від типу годівлі і наявності кормів у господарстві можуть бути **сухі** (вологість до 20%), **зволожені** (вологість 20–40%), **вологі** (вологість 40–60%), **напіврідкі** (вологість 60–80%) і **рідкі** (вологість понад 80%).

Складові кормових сумішей отримують із таких видів кормів:

фуражне зерно (кукурудза, ячмінь, горох, соя, пшениця, овес тощо);  
стеблові корми (сіно, сінаж, солома, кукурудзяний та інший силос, зелена трава тощо);

коренебульбоплоди і баштанні (буряки, картопля, гарбузи тощо);  
побічні продукти цукрового, спиртового, пивоварного виробництв (жом, меляса, барда, дробина тощо);

різні балансуєчі кормові добавки (білкові, мінеральні, вітамінні).

**Сухі кормові суміші** – це комбикорми, приготовлені за спеціальними рецептами. Застосовують їх для годівлі всіх видів тварин і птиці. **Основні компоненти комбикормів:** зернові (кукурудза, ячмінь, овес, пшениця) і зернобобові (горох, вика, соя), а також відповідно до призначення білково-вітамінно-мінеральні добавки (БВД), які вводяться в дозі від 5 до 15% за масою. **Загальні вимоги до комбикормів:** вологість не більше 14%, фракції розміром 3мм не більше 10%, перетравного протеїну не менше 25%, сирової клітковини не більше 8%, піску не більше 0,5%, металевих включень не більше 25мг/кг, нерівномірність змішування не більше 10% (при масі проби 5г і частці контрольного компонента 1%). При включенні до складу БВД трав'яного борошна припускається збільшення клітковини до 0,25% на кожен відсоток введеного борошна, але в сумі не більше 11%. Відхилення від рецепту у відсотках до загальної ваги комбикорму для інгредієнтів, які входять до комбикорму в кількості понад 30%, не повинні перевищувати  $\pm 1,5\%$ , від 10 до 30% –  $\pm 1,0\%$ ; для інгредієнтів, що входять у кількості до 10% –  $\pm 0,5\%$ , для кожного з видів мінерального корму у кількості менше 3% –  $\pm 0,1\%$ .

**Зволожені кормові суміші** готують з консервованого зерна кукурудзи або плющеного зерна із введенням добавок. Застосовують їх для годівлі ВРХ та свиней. Це можуть бути також мішанки з концентрованих кормів і подрібнених коренеплодів або зелені для годівлі птиці.

**Вологі розсипні кормові суміші** застосовують при силосно-коренеплідному, сінажно-силосному і жомовому типах годівлі корів і відгодівлі молодняка, коли до суміші входить 3–5 і більше компонентів

(подрібнені грубі корми і коренеплоди, силос або жом, поживні розчини тощо). Наприклад, до раціону дійних корів при силосно-коренеплідній годівлі входить приблизно 30–35% кукурудзяного силосу і коренеплодів (за вагою), 8–12% грубих кормів та поживних розчинів, решта – комбікорми (всі або половину при доїнні).

**Напіврідкі суміші** застосовують для годівлі свиней. Це – 5–30% комбікормів, 8–11% трав'яного або вітамінно-сінного борошна, решта – коренеплоди.

**Вологі кормові суміші** для годівлі ВРХ і свиней, зволожені та вологі кормові суміші для тварин і птиці повинні бути свіжоприготовленими, не мати неприємного запаху. Суміші, що включають подрібнені коренебульбоплоди, після приготування повинні роздаватися не пізніше, ніж через 1,5–2 год. У зимовий період розчини в кормові суміші додають підігрітими.

**Рідкі кормові суміші** – це розчин комбікормів у воді в пропорції 1:3, різноманітні напої, зокрема, замінники молока.

Поживні розчини або воду вводять у складні суміші в кількості, необхідній для отримання заданої вологості суміші, регулюючи при цьому концентрацію введених у розчин поживних речовин і мікроелементів. Це може бути також клітковинний сік, відвійки тощо. У порційні змішувачі порцію розчину подають, виходячи з часу роботи насоса і його продуктивності. У змішувачі безперервної дії встановлюють продуктивність подавання розчину так, щоб забезпечити в суміші його частку, задану рецептом.

Особливість приготування вологих кормових сумішей для ВРХ – це переробка великих об'ємів грубих кормів, силосу і коренеплодів. Грубі корми і силос подрібнюють до частинок довжиною 16–50 мм із розщепленням стебел уздовж волокон. Для кожного виду тварин корми подрібнюють до оптимальних розмірів (табл. 10.1). Кількість частинок вказаного розміру у загальній масі корму – не менше 85%.

Таблиця 10.1

Вид корму	Розмір частинок подрібненого корму, мм, для:		
	корів	свиней	овець
Грубі (сіно, солома)	30–50	1–3	20–30
Силосовані й зелені	10–50	10–15	10–50
Коренеплоди	до 15	5–10	до 15
Зернові	1–1,6	0,2–0,9	1–1,6

**Основні операції у приготуванні кормових сумішей** – це дозування і змішування їх складових.

## **10.2. Обладнання для дозування кормів, вимоги, класифікація**

**Дозування** – процес автоматичного відмірювання і видавання заданої кількості компонентів (порції) з потрібною точністю, яка визначається зоотехнічними, технологічними та економічними вимогами.

Пристрої для автоматичного відмірювання чи зважування сипучих, рідких або газоподібних речовин – це **дозатори**. Їх застосовують для приготування кормових сумішей при отриманні та переробці продукції.

Відомі два способи дозування матеріалів – **об'ємний** і **масовий** (ваговий). Об'ємний спосіб – це дозування (відмірювання) заданої кількості матеріалу за об'ємом, незалежно від маси і ваги матеріалу. Масовий спосіб – це дозування (відмірювання) заданої кількості матеріалу за масою, вагою матеріалу (не враховуються об'ємні характеристики матеріалу, що дозується). В окремих випадках використовують **змішаний** спосіб, який передбачає попереднє відмірювання порції за об'ємом, а потім її вага доводиться до заданої кількості на ваговому (масовому) пристрої.

За **організацією процесу дозування** дозатори поділяють на **неперервної** (потоківі) і **періодичної** (порційні) дії.

**Залежно від прийнятого способу дозування** дозатори можуть бути об'ємні або вагові з порційною чи безперервною видачею матеріалу.

За типом робочого органа дозатори поділяють на **барабанні, стрічкові, дискові, гвинтові** (шнекові), **вібраційні** та інші.

Класифікація дозаторів кормів наведена на рис. 10.1, схеми дозаторів об'ємного типу для сипучих компонентів – на рис. 10.2.

Під час роботи дозатори повинні виконувати такі **функції**:

1) забезпечувати видачу заданої кількості компонента (доза) з необхідною точністю. Має три варіанти вирішення: а) без регламентації часу видачі; б) з видачею за мінімальний час; в) з видачею за чітко визначений час;

2) забезпечувати видачу безперервним потоком для дотримання заданої подачі компонента, що видається за відповідний проміжок часу;

3) забезпечувати задану видачу одного з вихідних компонентів суміші.

**Основні показники роботи дозаторів**, які характеризують їх придатність до виконання технологічних операцій, такі:

- пропускна здатність (продуктивність) з можливістю її регулювання в необхідних для технологічного процесу межах;

- нерівномірність подачі або точність дозування.

На процес дозування найбільше впливають фізичні й механічні властивості кормів, конструктивні й кінематичні параметри дозувальних пристроїв.



# ДОЗАТОРИ КОРМІВ

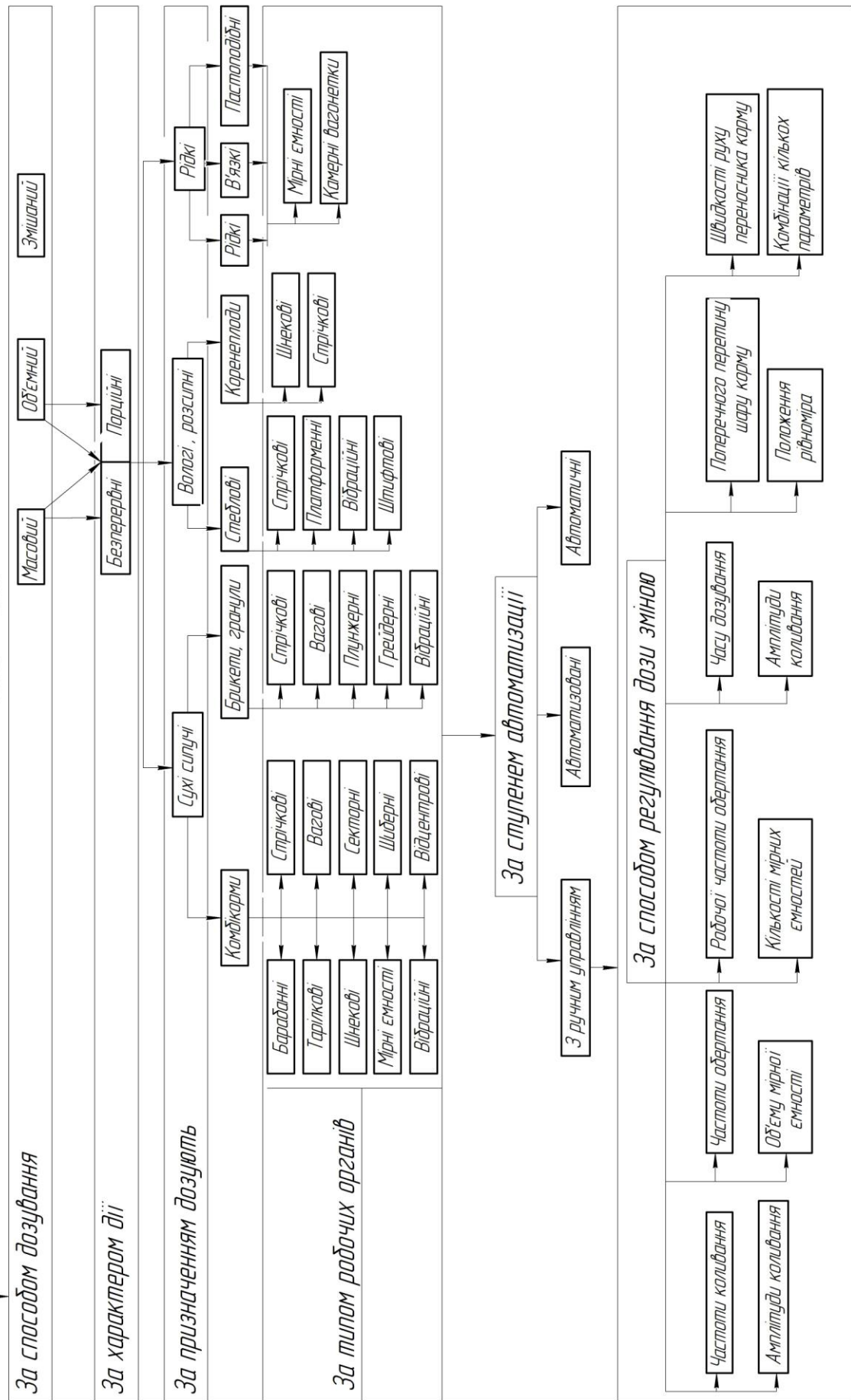


Рисунок 10.1. Класифікація дозаторів кормів

Подача дозаторів є змінною в часі і переважно розглядається як випадковий процес. Нерівномірність подачі визначається середньоквадратичним відхиленням потоку і коефіцієнтом варіації.

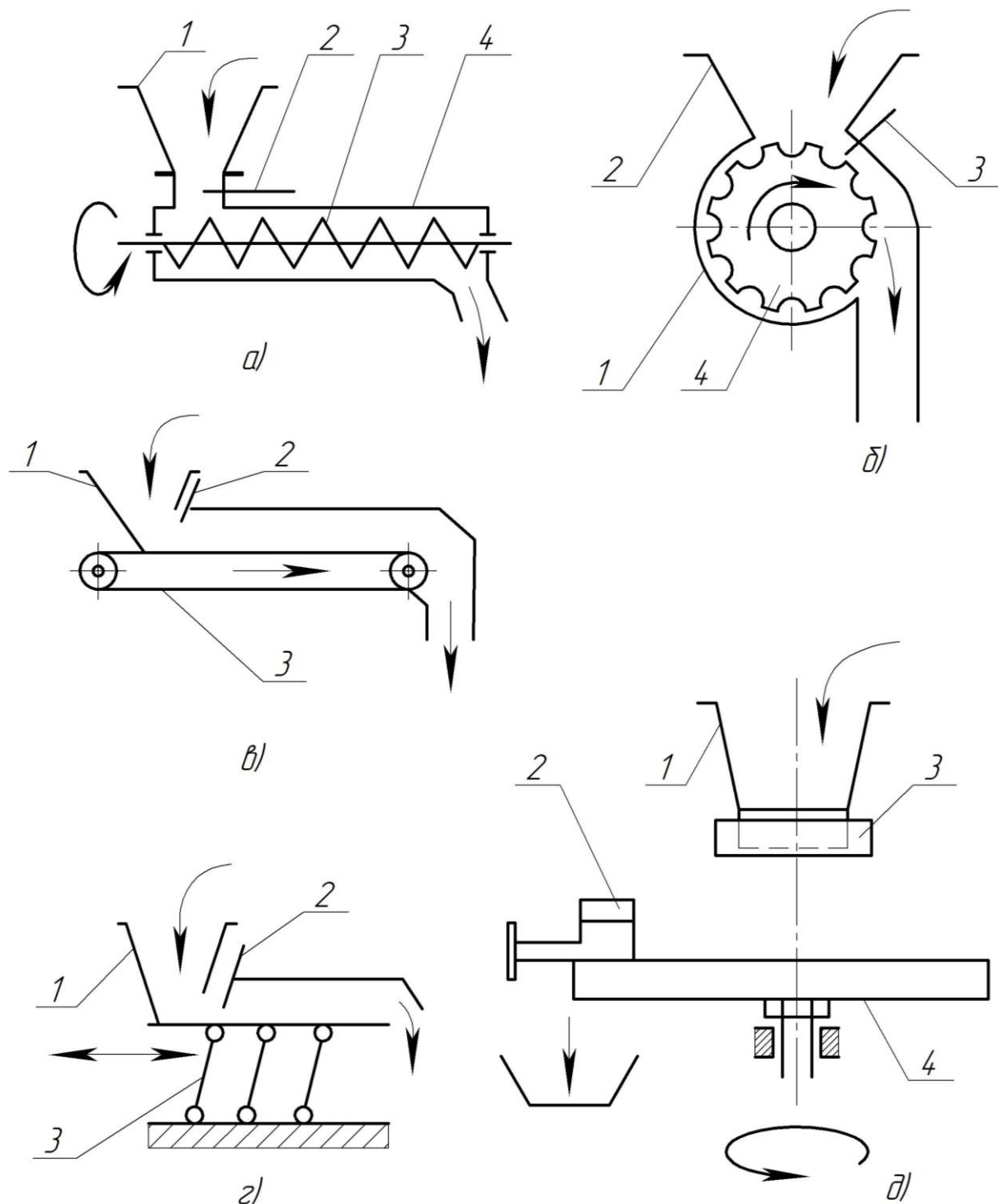


Рисунок 10.2. Схеми дозаторів об'ємного типу для сипучих компонентів:

- а* – шнековий: 1 – бункер; 2 – дозувальна заслінка; 3 – шнек, 4 – корпус;
- б* – барабанний: 1 – корпус; 2 – бункер; 3 – дозувальна заслінка; 4 – барабан;
- в* – стрічковий: 1 – бункер; 2 – дозувальна заслінка; 3 – стрічка;
- г* – тарілковий: 1 – бункер; 2 – скребок, 3 – регулювальна манжета; 4 – таріль;
- д* – вібраційний: 1 – бункер; 2 – регулювальна заслінка; 3 – гнучка опора.

Середньоквадратичне відхилення за фіксований час визначається за формулою

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (q_i - \bar{q})^2}{n - 1}}, \quad (10.1)$$

де  $q_i$  – маса порцій компонента, які відібрані за відповідний час;

$\bar{q}$  – маса середньоквадратичної порції;

$n$  – кількість відібраних порцій.

Коефіцієнт варіації середньоквадратичного відхилення

$$v = (\sigma / \bar{q}) \cdot 100 \% . \quad (10.2)$$

Класифікація дозованих матеріалів наведена у таблиці 10.2.

Таблиця 10.2

Група матеріалів	Номер групи	Розмір частинок, мм	Насипна щільність, кг/м <sup>3</sup>	Сипучість (текучість) матеріалу
Великошматкові	1	150	600–2500	Задовільна
Шматкові	2	50–150	500–2000	Задовільна
Дрібношматкові	3	10–50	400–1500	Задовільна, добра
Зернисті	4	0,5–10	300–1500	Добра
Порошкоподібні	5	0,05–0,5	200–1000	Достатня
Пилоподібні	6	0,05	100–500	Незадовільна
Пластичні	7	Волокна	50–300	Незадовільна
Рідкі	8	–	–	Добра
Рідкі-в'язкі	9	–	–	Задовільна
Пастоподібні	10	–	–	Незадовільна

При дозуванні складових комбікорму допускаються такі відхилення величини доз кожного компонента від заданої рецептом у відсотках від маси всіх компонентів:

компонентів, кількість яких становить менше 3% – до +0,1%;

компонентів, кількість яких становить 3...10% – до ±0,5%;

компонентів, кількість яких становить ± 1...30% – до ±1,0%;

компонентів, кількість яких не перевищує 30% – до ±1,5%;

При дозуванні подрібненої соломи та сіна відхилення не повинно перевищувати ±5%. При дозуванні мікродобавок та їх сумішей окремими мікродозаторами допускається відхилення ±3% від їх продуктивності.

Правильність роботи дозаторів перевіряють відбором продукту від кожного дозатора при роботі його протягом 15...30с.

### 10.3. Об'ємні дозатори безперервної дії

У тваринництві вони використовуються найбільше. *Переваги дозаторів безперервної дії:* прості за будовою, обслуговуванням, надійні в роботі і забезпечують достатню точність дозування.

Вибір типу **робочого органа дозатора** залежить від:

- фізико-механічних властивостей та геометричних параметрів матеріалів, які необхідно дозувати;
- точності дозування, яку необхідно досягти.

Найчастіше застосовують такі дозатори: барабанні й секторні; стрічкові; шнекові; дискові й тарілкові; відцентрові; вібраційні лоткові.

#### 10.3.1. Барабанні та секторні дозатори

Барабанні та секторні дозатори (рис. 10.3) використовують для сипучих матеріалів і встановлюють під випускними горловинами бункерів-накопичувачів. Секторні дозатори є різновидом барабанних.

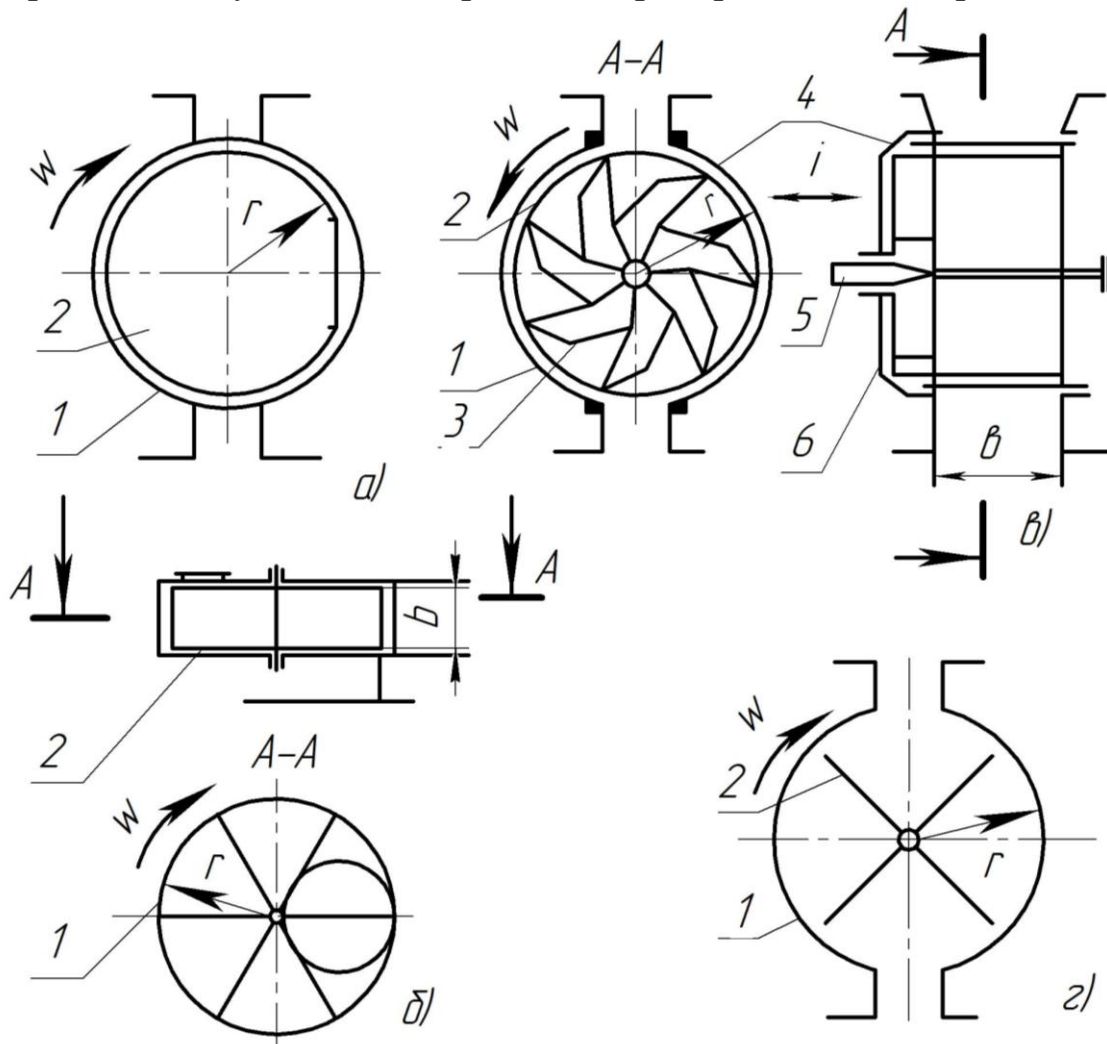


Рисунок 10.3. Схеми барабанних та секторних дозаторів:

*a* – барабанний; *б* – лопатевий; *в* – секторний, в якому змінюється геометрія; *г* – секторний; 1 – корпус; 2 – ротор; 3 – поворотна лопать ротора; 4 – вісь; 5 – регулюючий конус; 6 – поводок.

**Продуктивність барабанного дозатора**, кг/с, визначають за формулою

$$Q_{ДБ} = A_{Ж} \cdot l \cdot z \cdot n_{Б} \cdot \rho \cdot \varphi, \quad (10.3)$$

де  $A_{Ж}$  – площа поперечного перетину жолобка (сектора), м<sup>2</sup>;

$l$  – довжина робочої частини жолобка, м;

$z$  – кількість жолобків;

$n_{Б}$  – частота обертання барабана, с<sup>-1</sup>;

$\rho$  – густина матеріалу, що дозується, кг/м<sup>3</sup>;

$\varphi$  – коефіцієнт заповнення жолобків,  $\varphi = 0,8 \dots 0,9$ .

Регулювання продуктивності барабанного дозатора можна здійснювати, змінюючи площу поперечного перетину жолобка, його довжину й частоту обертання барабана.

**Потужність на привод барабанного дозатора**, Вт, визначається в основному тертям матеріалу, який захоплюється барабаном, об шари матеріалу, що лежать вище нього:

$$N_{Д} = f \cdot P \cdot A_{Б} \cdot V_{Б} \cdot k_1, \quad (10.4)$$

де  $f$  – коефіцієнт внутрішнього тертя в матеріалі;

$P$  – тиск матеріалу на поверхню барабана, Па;

$A_{Б}$  – площа поперечного перетину горловини бункера над барабаном, м<sup>2</sup>;

$V_{Б}$  – колова швидкість барабана, м/с;

$k_1$  – коефіцієнт, який враховує витрати енергії на можливе подрібнення матеріалу під час обертання барабана (для порошкових матеріалів  $k_1 = 1$ , для шматкових  $k_1 = 2$ ).

**Потужність двигуна**, Вт, розраховують за формулою

$$N_{ДВ} = \frac{N_{Д} \cdot k_2}{\eta_{П} \cdot \eta_{ДВ}}, \quad (10.5)$$

де  $k_2$  – коефіцієнт, який враховує втрати потужності на тертя в робочих органах,  $k_2 = 1,1 \dots 1,2$ ;

$\eta_{П}$  – коефіцієнт корисної дії передачі;

$\eta_{ДВ}$  – коефіцієнт корисної дії двигуна.

При проектуванні дозатора вибирають схему дозатора, його геометричні параметри, а потім визначають кінематичні.

### 10.3.2. Стрічкові дозатори

Стрічкові дозатори (рис. 10.4) використовують для дозування добре і погано сипучих матеріалів. З боків стрічки встановлюють загородження, яке разом зі стрічкою створює жолоб, яким рухається матеріал. Висота шару матеріалу в жолобі обмежується заслінкою. Швидкість руху стрічки повинна бути у межах 0,1...0,5м/с.

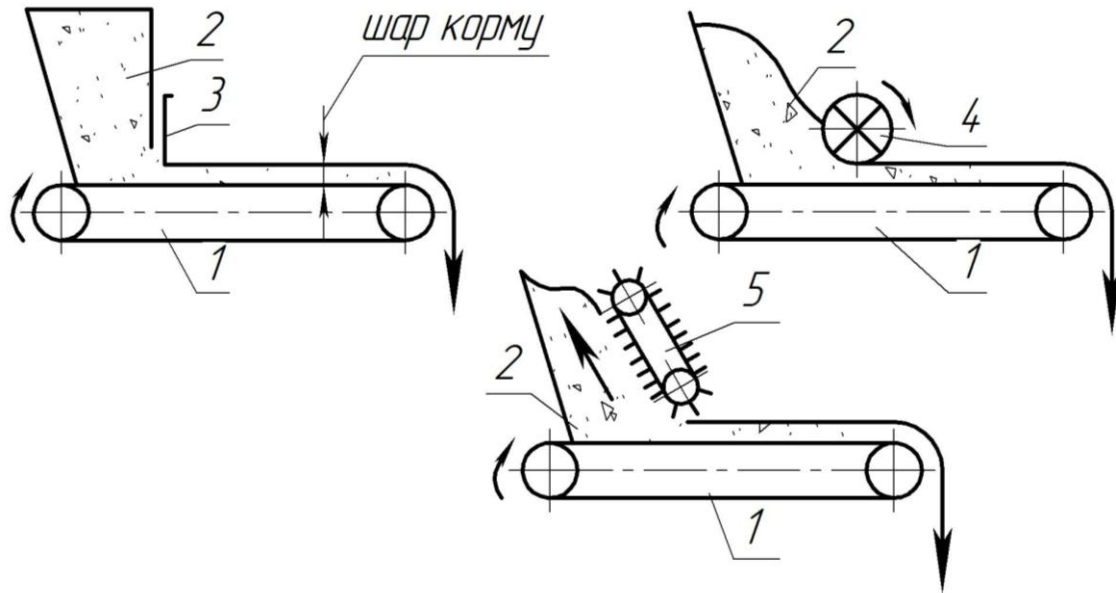


Рисунок 10.4. Схеми стрічкових дозаторів:

1 – транспортер, 2 – бункер, 3 – заслінка, 4 – бітер, 5 – зчісуючий транспортер.

При дозуванні поганосипучих кормів (подрібненої соломи, сіна, силосу тощо) товщину шару матеріалу регулюють бітерами або ортерами, які також встановлюють над стрічкою.

**Продуктивність стрічкових дозаторів**, кг/с, визначають за формулою

$$Q_{ДС} = b \cdot h \cdot V_C \cdot \rho \cdot k_3, \quad (10.6)$$

де  $b$  – ширина жолоба, м;

$h$  – товщина шару матеріалу на стрічці, м;

$V_C$  – швидкість руху стрічки, м/с;

$k_3$  – коефіцієнт заповнення жолоба,  $k_3 = 0,75 \dots 0,8$ .

Регулюють продуктивність дозатора, змінюючи товщину шару  $h$  за допомогою заслінки або іншого засобу, а також змінюючи швидкість руху стрічки.

**Потужність на привод стрічкового дозатора**, кг/с, визначають за формулою

$$N_{ДС} = \frac{N_1 + N_2}{\eta}, \quad (10.7)$$

де  $N_1$  – витрати потужності на переміщення корму, Вт;

$N_2$  – витрати потужності на подолання тертя корму об бокові стінки жолоба, Вт;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії механізму привода.

Витрати потужності на переміщення корму визначають за формулою

$$N_1 = Q_{ДС} \cdot g (0,2L + H) \cdot k_B, \quad (10.8)$$

де  $L$  – відстань між осями барабанів, м;

$H$  – висота підйому продукту (для похилих дозаторів), м;

$k_B$  – коефіцієнт, який враховує втрати потужності на опір барабанів, опір стрічки тощо,  $k_B = 1,2$ .

Витрати потужності на подолання тертя корму об бокові стінки жолоба визначають за формулою

$$N_2 = h^2 \cdot l \cdot \rho \cdot f \cdot V_C \cdot k_p, \quad (10.9)$$

де  $l$  – довжина стінок жолоба, м;

$f$  – коефіцієнт тертя корму об стінки;

$k_p$  – коефіцієнт рухомості корму, визначається залежністю

$$k_p = \frac{1 - \sin \varphi'}{1 + \sin \varphi'}, \quad (10.10)$$

де  $\varphi'$  – кут природного нахилу корму, рад.

### 10.3.3. Шнекові дозатори

Шнекові дозатори (рис. 10.5) використовують для дозування практично для всіх видів кормів, за винятком стеблових. Вони можуть працювати як у горизонтальному, так і похилому положеннях.

За конструктивним виконанням вони можуть бути з одним гвинтом і подвійними, з постійним і змінним кроком.

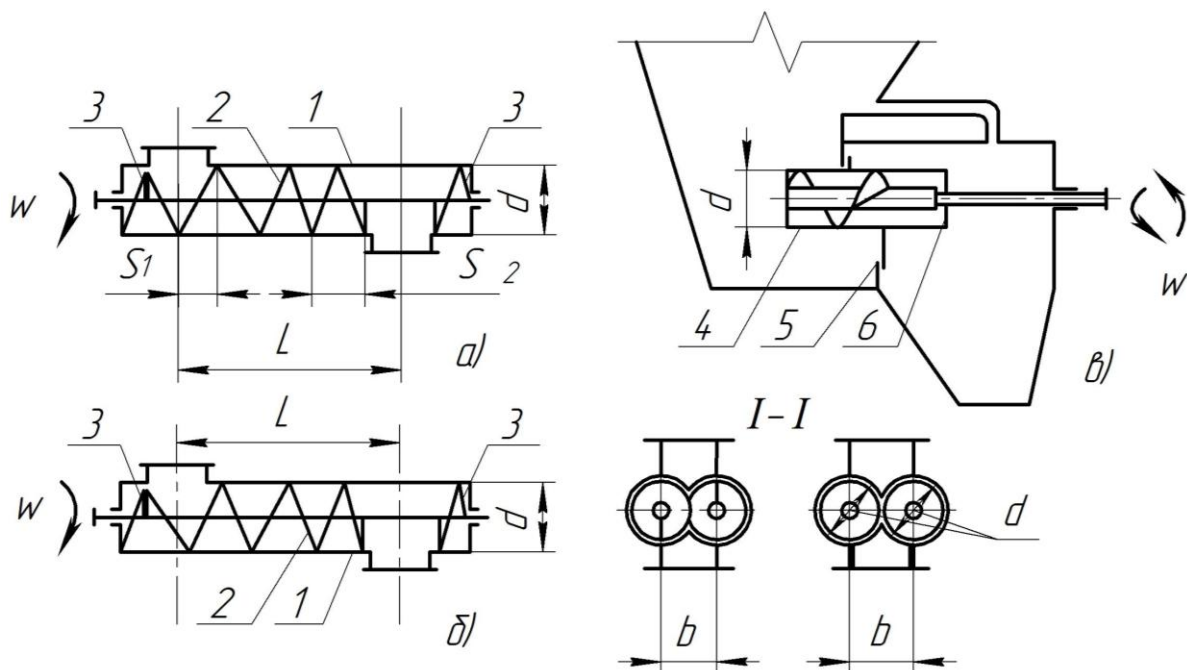


Рисунок 10.5. Схеми шнекових дозаторів:

*a* – одновальний; *б* – двовальний; *в* – гвинтовий канал; 1 – корпус; 2 – гвинт (шнек); 3 – обернені лопаті; 4 – гвинтовий канал 5 – ущільнення; 6 – діафрагма.

**Продуктивність шнекових дозаторів, кг/с, визначають за формулою**

$$Q_{дш} = \frac{D^2 - d^2}{8} \cdot S \cdot w \cdot \rho \cdot k_{ш} , \quad (10.11)$$

де  $D$  – внутрішній діаметр кожуха шнека, м;

$d$  – діаметр вала шнека, м;

$S$  – крок шнека, м;

$w$  – кутова швидкість обертання шнека,  $c^{-1}$ ;

$k_{ш}$  – коефіцієнт заповнення шнека,  $k_{ш} = 0,8 \dots 0,95$ .

Зміну продуктивності шнекового дозатора залежно від його конструкції проводять зміною кутової швидкості, кроку, а також заслінкою над вхідним отвором шнека.

**Потужність на привод шнекового дозатора, Вт, визначають за формулою**

$$N_{дс} = \frac{Q_{дш} \cdot g (L_{ш} \cdot k_{оп} + H) \cdot k_T}{\eta} , \quad (10.12)$$

де  $L_{ш}$  – горизонтальна проекція робочої довжини шнека, м;

$k_{оп}$  – коефіцієнт опору переміщення корму в корпусі шнека;

$H$  – висота підйому корму, м;



$k_T$  – коефіцієнт, який враховує втрати потужності на тертя робочих органів,  $k_T = 1,1 \dots 1,2$ ;  $\eta$  – ККД механізму привода.

### 10.3.4. Дисківі й тарілкові дозатори

Дисківі й тарілкові дозатори (рис. 10.6) призначені для видачі із бункерів малозернистих, малошматкових і порошкових матеріалів.

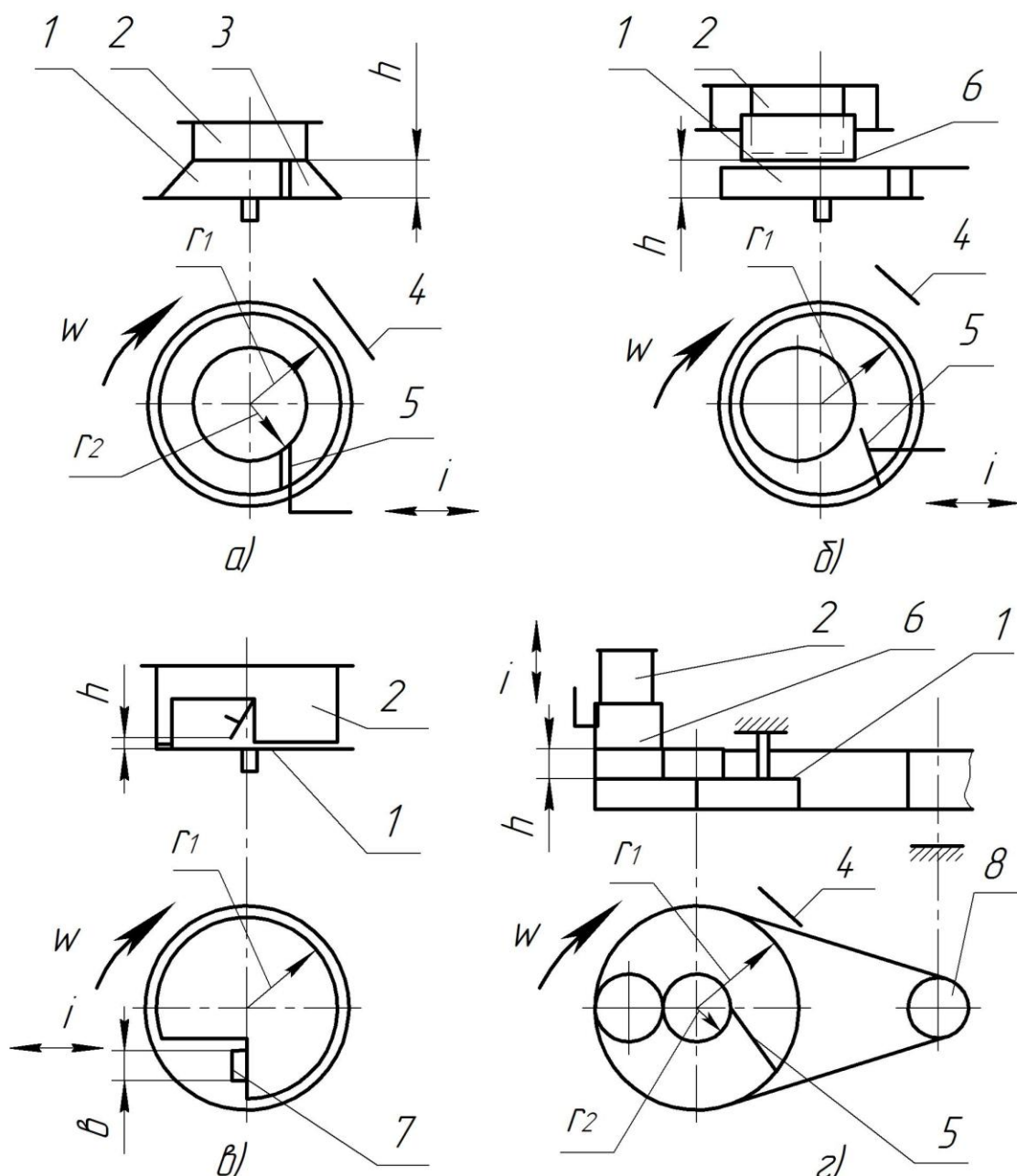


Рисунок 10.6. Схеми тарілкових і дисківих дозаторів:

*a* – з нерухомою конусною манжетою; *б* – з ексцентричною рухомою манжетою; *в* – з патрубком і обертовою заслінкою; *г* – з ексцентричною рухомою манжетою і гнучкою стрічкою; 1 – таріль; 2 – циліндричний патрубок; 3 – конусна манжета; 4 – лоток; 5 – ніж (скребок); 6 – рухома манжета; 7 – заслінка; 8 – шків.

Основа дозаторів – плоска таріль, встановлена під бункером, яка обертається приводом. Між бункером і таріллю монтується рухома і нерухома манжети та ніж (скребок). За периметром тарілі встановлені загородження з вікном у місці розміщення ножа. Корм із бункера просипається на таріль і утворює на ній насипний конус матеріалу, частина якого при обертанні тарілі скидається ножом у вікно.

Розрахунок основних параметрів дискових дозаторів виконують згідно з розрахунковою схемою (рис. 10.7)

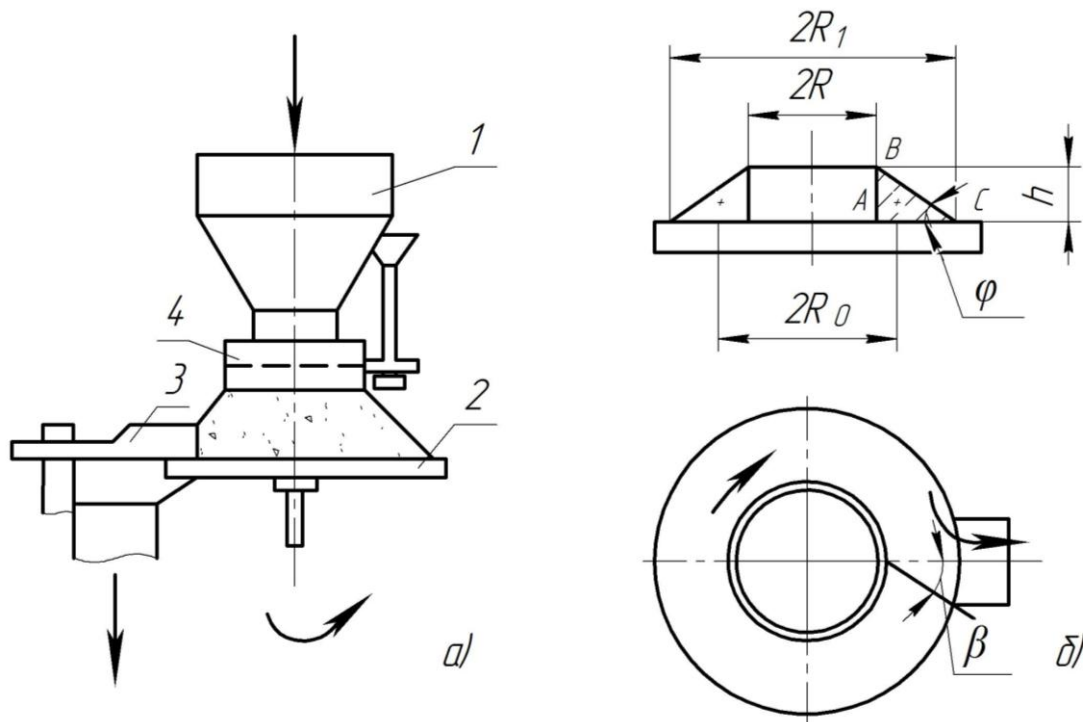


Рисунок 10.7. Розрахункова схема дозатора:

*a* – схема дозатора; *б* – розрахункова схема; 1 – бункер; 2 – таріль; 3 – ніж; 4 – рухома манжета.

**Продуктивність дискового дозатора визначають за формулою**

$$Q_{\text{дд}} = \frac{v_K \cdot \rho \cdot w}{2\pi}, \quad (10.13)$$

де  $w$  – кутова швидкість обертання диска (тарілі),  $\text{с}^{-1}$ ;

$v_K$  – об'єм матеріалу, що скидається з диска (тарілі) за один оберт, це об'єм кільця,  $\text{м}^3$ ;

$$v_K = 2\pi \cdot R_0 \cdot A_K, \quad (10.14)$$

де  $R_0$  – відстань від осі обертання до центра тяжіння перетину кільця, м;

$$R_0 = R + \frac{h}{3 \operatorname{tg} \varphi}; \quad (10.15)$$

$A_K$  – площа поперечного перетину кільця,  $\text{м}^2$ ,

$$A_K = \frac{h^2}{2 \operatorname{tg} \varphi}, \quad (10.16)$$

де  $h$  – висота шару корму на диску,  $\text{м}$ ;

$R$  – радіус диска,  $\text{м}$ ;

$\varphi$  – кут природного нахилу матеріалу,  $\text{рад}$ .

Кінцева формула продуктивності дискового дозатора

$$Q_{\text{ДД}} = \frac{h^2 \cdot \rho \cdot w}{2 \operatorname{tg} \varphi} \cdot \left( R + \frac{h}{3 \operatorname{tg} \varphi} \right). \quad (10.17)$$

**Граничну швидкість обертання диска** (тарілі),  $\text{с}^{-1}$ , визначають з умови, що відцентрова сила інерції менша за силу тертя. Тобто

$$m \cdot R_1 \cdot w_{\text{КР}}^2 \leq m \cdot g \cdot f, \quad (10.18)$$

звідки

$$w_{\text{КР}} \leq \sqrt{\frac{f \cdot g}{R_1}}, \quad (10.19)$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя матеріалу по тарілі;

$m$  – маса корму,  $\text{кг}$ ;

$R_1$  – максимальний радіус обертання часток корму,  $\text{м}$ .

Витрати енергії на привод дозатора визначаються опором на переміщення корму по тарілі і терті його по скребку.

Силу тертя, що виникає при русі корму по тарілі, визначають

$$F_{\text{ТР}} = m \cdot g \cdot f = A_K \cdot L_K \cdot \rho \cdot g \cdot f, \quad (10.20)$$

де  $L_K$  – довжина кільця корму, яке переміщує скребок (ніж),  $\text{м}$ .

Потужність на подолання опору тертя корму по диску (тарілі) визначають за формулою

$$N_1 = F_{\text{ТР}} \cdot V_M, \quad (10.21)$$

де  $V_M$  – швидкість руху матеріалу (корму), м/с;

$$V_M = w \cdot R_0 . \quad (10.22)$$

Потужність, необхідна для подолання опору тертя корму об скребок, залежить від кута установки скребка  $\beta$ , її визначають за формулою

$$N_2 = N_1 \cdot \cos \beta . \quad (10.23)$$

Загальна потужність на привод дискового дозатора, Вт, буде

$$N_{\text{дд}} = N_1 + N_2 + N_{\text{хх}} = N_1 (1 + \cos \beta) + N_{\text{хх}} , \quad (10.24)$$

де  $N_{\text{хх}}$  – втрати потужності на холостий хід, Вт.

### 10.3.5. Відцентрові дозатори

Рушійною силою для переміщення матеріалу із зони живлення в зону видачі дозатора є відцентрова сила, яка виникає при обертанні робочого органа. Величина цієї сили зростає під час руху потоку матеріалу за рахунок збільшення радіуса обертання. Відповідно зростають швидкість руху матеріалу і його щільність. Це призводить до збільшення нерівномірності дозування. Цей недолік усунуто у відцентровому дозаторі конструкції ХДТУСГ (рис. 10.8) за рахунок спеціальної геометрії робочих каналів. Перетин робочих каналів на всій їх довжині залишається незмінним (в інших конструкціях вона збільшується), а кривизна їхньої поверхні забезпечує постійну швидкість руху потоку матеріалу.

**Продуктивність відцентрового дозатора**, кг/с, регулюють зміною поперечного перетину робочої частини каналів за допомогою рухомого дна і визначають за формулою

$$Q_{\text{дв}} = b \cdot h \cdot z_K \cdot V_M \cdot \rho \cdot k_K , \quad (10.25)$$

де  $b$  і  $h$  – ширина і висота робочого каналу, м;

$z_K$  – кількість робочих каналів;

$V_M$  – відносна швидкість руху матеріалу,  $V_M = 0,1 \dots 1,0$  м/с;

$\rho$  – густина матеріалу, кг/м<sup>3</sup>;

$k_K$  – коефіцієнт заповнення об'єму каналу,  $k_K = 0,85 \dots 0,95$ .

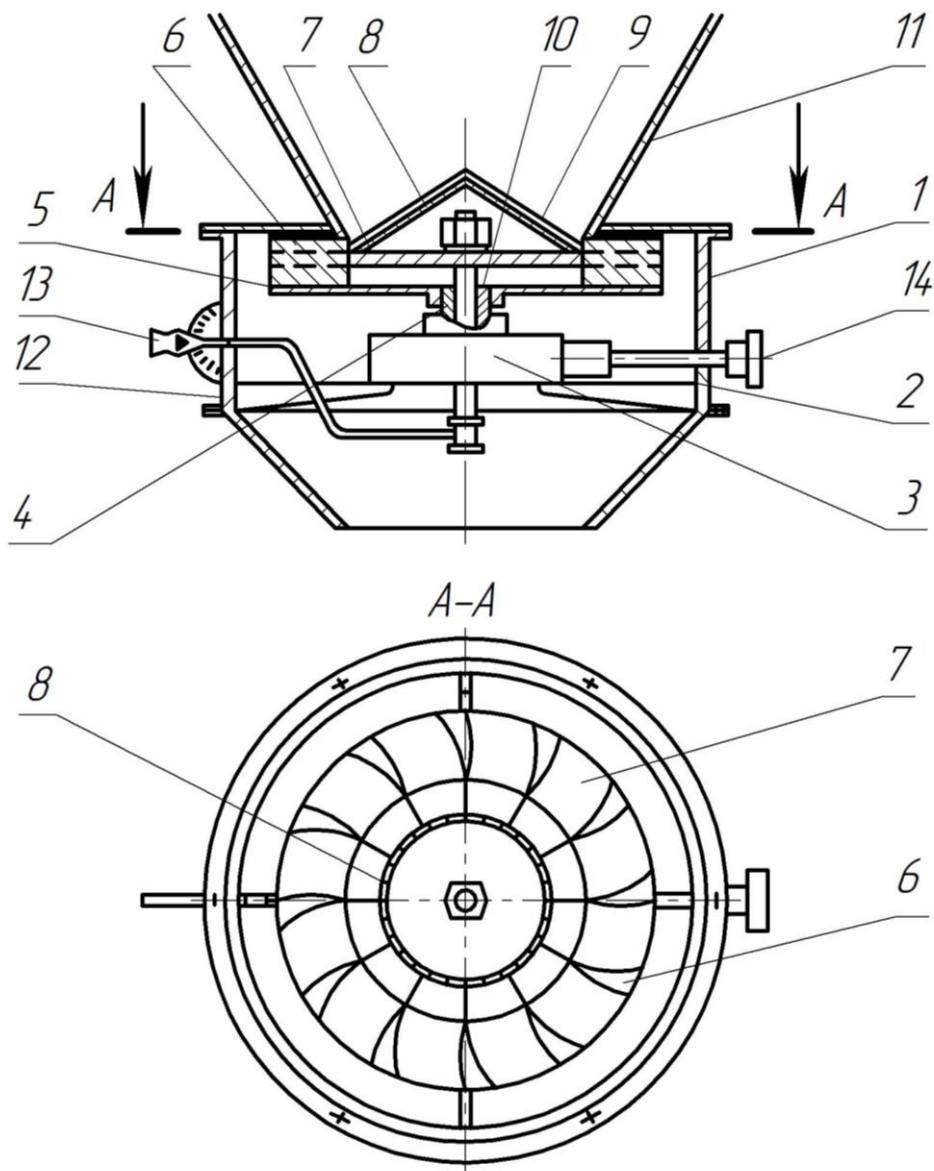


Рисунок 10.8. Конструктивна схема ротаційного дозатора:

1 – корпус; 2 – кронштейни; 3 – редуктор; 4 – трубчатий вал; 5 – дозуючий диск;  
 6 – направляючі елементи; 7 – рухоме дно; 8 – подавальний конус; 9 – лопаті; 10 – рухомий вал; 11 – наддозаторний бункер; 12 – збиральний конус; 13 – регулююча рукоятка;  
 14 – приводний вал редуктора.

**Потужність привода відцентрового дозатора, Вт, визначають за формулою**

$$N_{ДВ} = \frac{Q_{ДВ} \cdot w (V_2 \cdot r_2 \cdot \cos \psi_2 - V_1 \cdot r_1 \cdot \cos \psi_1) + f_{ВН} \cdot \rho \cdot H \cdot S_0 \cdot V_{Ш}}{\eta_K \cdot \eta_{ДВ}}, \quad (10.26)$$

де  $V_1$  і  $V_2$  – абсолютні швидкості руху потоку матеріалу на вході й виході з каналу, м/с;

$r_1$  і  $r_2$  – відстань (радіуси) від осі обертання до початку і кінця робочих каналів, м;

$\psi_1$  і  $\psi_2$  – кути між напрямком абсолютних швидкостей  $V_1$  і  $V_2$  і дотичних до кіл з радіусами  $r_1$  і  $r_2$  відповідно, рад;

$f_{BH}$  – коефіцієнт внутрішнього тертя матеріалу, що дозується;

$\rho$  – питома вага матеріалу, Н/м<sup>2</sup>;

$S_0$  – площа основи конуса дозатора, м<sup>2</sup>;

$H$  – висота конуса, м;

$V_{III}$  – відносна швидкість між шарами матеріалу, що дозується, м/с.

Початковий радіус розміщення робочих каналів визначають за формулою

$$r_0 = b \cdot h / (2\pi). \quad (10.27)$$

Мінімальну і максимальну кутові швидкості обертання, с<sup>-1</sup>, робочого диска, при яких можливий стійкий процес дозування, визначають з нерівностей

$$w_{\min} \geq \left( f \cdot V_M + \sqrt{f^2 \cdot V_M^2 + r_0 \cdot f \cdot g} \right) / r_0; \quad (10.28)$$

$$w_{\max} \leq \frac{2 \left[ f \cdot V_M + \sqrt{f^2 \cdot V_M^2 + g(x_0 + x) \cdot \sin 2\beta \cdot \cos \beta} \right]}{(x_0 + x) \cdot \sin 2\beta}, \quad (10.29)$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя матеріалу до поверхні робочого каналу;

$x_0 + x$  – довжина утворюючого конуса,  $x_0 + x = r_0 / \cos \beta$ , м;

$\beta$  – кут утворюючого конуса,  $\beta = \arctg \varphi$ ;  $\tg \varphi = f$ .

Радіус кривизни робочого каналу, м, визначають за формулою

$$r = \sqrt{\left( \frac{2V_M^2}{w^2} + \frac{g \cdot V_M}{w^3} + r_0^2 \right) \cdot e^{2fwt} - \frac{2V_M^2}{w^2} - \frac{g \cdot V_M}{w^3}}, \quad (10.30)$$

де  $t$  – час руху матеріалу каналом, с.

### 10.3.6. Вібраційні лоткові дозатори

Вібраційні лоткові дозатори (рис. 10.9) використовують для дозування різних матеріалів. Рух матеріалу похилим лотком забезпечується за рахунок створення коливань, які мають напрям під кутом до дна лотка. Коливання можуть бути створені електромагнітними, дебалансними, ексцентриковими, пневматичними, кулачковими та іншими вібраторами.

Вібраційний дозатор встановлюється під бункером і складається з рухомого лотка із заслінкою і вібратора. Кут установки дна лотка повинен бути меншим за кут внутрішнього тертя корму, тому за відсутності вібрації витікання корму лотком неможливе. При вмиканні вібратора лоток починає коливатися, і вібраційна сила переміщує матеріал лотком.

**Переваги таких дозаторів:** прості за будовою і регулюванням; витрати енергії на їх роботу значно менші порівняно з іншими типами дозаторів; досить висока точність дозування (до  $\pm 1,5\%$ ).

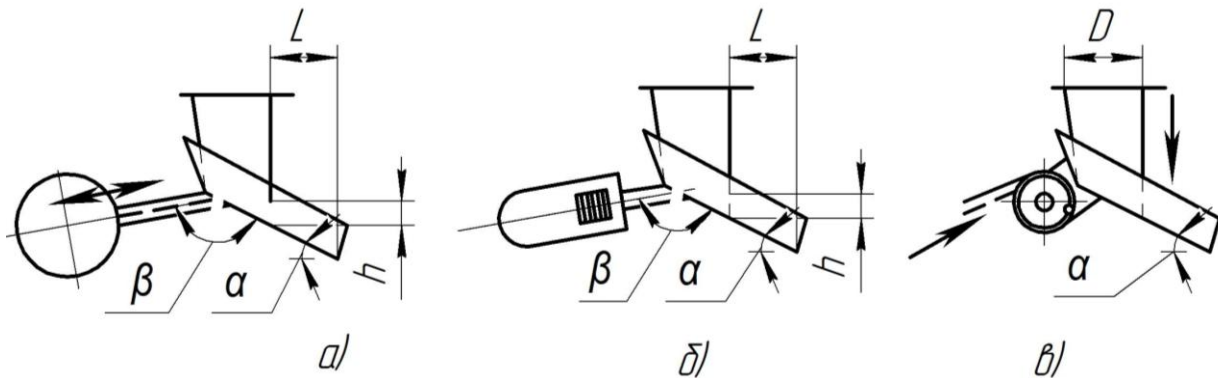


Рисунок 10.9. Схеми вібраційних лоткових дозаторів:  
 а – ексцентрикові; б – електромагнітні; в – пневматичні.

**Продуктивність вібраційного лоткового дозатора, кг/с,**  
 визначають за формулою

$$Q_{дл} = k \cdot b_{л} \cdot h_{л} \cdot A_{л} \cdot \omega_{л} , \quad (10.31)$$

де  $k$  – коефіцієнт, який залежить від конструктивних особливостей дозатора і фізико-механічних властивостей корму,  $k = f(\rho, \beta, \varphi)$ ;

$b_{л}$  – ширина лотка, м;

$h_{л}$  – висота установки лотка, м;

$A_{л}$  – амплітуда коливання лотка, м;

$\omega_{л}$  – кутова швидкість лотка,  $c^{-1}$ ;

$\varphi$  – кут внутрішнього тертя корму, град.

Продуктивність дозатора можна регулювати кутом нахилу лотка, висотою його установки, амплітудою і частотою коливань.

## Лекція 11

### ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗМІШУВАННЯ КОРМІВ

- 11.1. Вимоги до змішування кормів.**
- 11.2. Основи теорії змішування кормів.**
- 11.3. Класифікація змішувачів кормів.**
- 11.4. Шнекові змішувачі безперервної дії.**
- 11.5. Двовальні лопатеві змішувачі періодичної дії.**
- 11.6. Одновальні лопатеві змішувачі періодичної дії.**
- 11.7. Вертикальні шнекові змішувачі періодичної дії.**



### 11.1. Вимоги до змішування кормів

Важлива умова високоефективного використання кормів при виробництві продукції тваринництва – це годування тварин і птиці повноцінними кормовими сумішами, збалансованими за поживними речовинами, вітамінами і мікроелементами відповідно до запланованої продуктивності. Обов'язкова операція у кормоприготуванні – якісне змішування кормової суміші, що безпосередньо впливає на продуктивність тварин і птиці.

Змішування – це з'єднання об'ємів різних речовин для отримання однорідної суміші. **Змішування** – це механічний процес, у результаті якого компоненти, які початково знаходяться роздільно, після рівномірного розподілення кожного з них у змішуваному об'ємі матеріалу утворюють однорідну суміш. В ідеальному варіанті це така суміш, коли в кожній її точці до кожної частинки одного із компонентів прилягають частинки інших компонентів у кількості, зумовленій заданим співвідношенням компонентів.

#### **Закономірності процесу змішування кормів:**

-у процесі змішування досягається однорідність суміші тим скоріше, чим ближче до одиниці співвідношення об'ємів і густин компонентів;

- чим менші розміри частин компонентів і чим більш вирівняним є їх гранулометричний склад, тим легше отримати однорідну суміш.

Під терміном співвідношення компонентів розуміємо відношення кількості більшого компонента до меншого.

Однорідність суміші, яка складається з різних сипучих матеріалів, оцінюється статистичними методами за результатами аналізу проб, взятих із суміші. **Якість змішування визначають** за однією випадковою величиною, так званим **контрольним компонентом**, який у заданій пропорції додають до суміші. Відбираючи проби в необхідному об'ємі й кількості, за одним із відомих критеріїв визначають якість змішування.

Для оцінювання якості змішування запропоновано понад 20 критеріїв, які базуються на аналізі проб, узятих із суміші, й відрізняються способами опрацювання результатів аналізу.

Інтенсивність процесу змішування зумовлена інтенсивністю одночасного протікання прямого і зворотного (сегрегація) процесів.

Кінетика процесу змішування реальних кормосумішей залежить від фізичних і механічних властивостей окремих компонентів суміші та режимів змішування і може протікати по-різному.

Аналіз критеріїв якості змішування показав, що найпоширенішим методом контролю є статистичний метод.

Розмір проб, їх кількість, відносний вміст контрольного компонента у суміші можуть чинити істотний вплив на оцінку якості змішування.

**Процес змішування вважають завершеним** у випадку, коли в суміші дійсна кількість комбікорму і концентратів складає 97% ( $v=3\%$ ), соковитих – 93% ( $v=7\%$ ), рідких і води – 95% ( $v=5\%$ ) і мінеральних добавок – 98% ( $v=2\%$ ) від заданої в рецепті. У виробничих умовах кормоцехів, без особливого негативного впливу на продуктивність тварин, достатньо отримати потрібну ступінь однорідності кормових сумішей (табл. 11.1).

Таблиця 11.1

Призначення суміші	Ступінь однорідності
Для поросят до 4 місяців	93
Для свиней усіх груп і поросят старших 4 місяці	85–90
Для птахів	90
Для великої рогатої худоби	84–88
Комбікорми власного виробництва для всіх видів тварин	90–95

## 11.2. Основи теорії змішування кормів

З аналізу кінетики змішування (розвиток процесу в часі) випливає, що **процес змішування проходить у три етапи:**

1 – конвективне змішування, при якому швидкість процесу майже не залежить від фізико-механічних властивостей змішуваних матеріалів;

2 – дифузійне змішування, при якому швидкість процесу дещо уповільнюється в результаті поступового перерозподілу частинок через новоутворені межі їх розподілу;

3 – стан завершення змішування, залежить від розмірів змішуваних частинок, параметрів робочих органів змішувачів тощо.

Процес змішування протікає швидше і стійкіше у випадку змішування однорідних матеріалів. І навпаки, при змішуванні матеріалів з частинками різних розмірів і неоднакових за густиною процес протікає повільніше і нестабільно. Зі зменшенням середнього розміру змішуваних частинок якість змішування покращується, тобто для отримання однорідної суміші необхідне відповідне подрібнення компонентів.

На якість змішування впливають також інші фактори. Чим ближчі у змішуваних компонентів фізико-механічні властивості, тим ефективніше протікає процес їхнього змішування. Значна різниця у розмірах і густині сприяє розділенню частинок. При змішуванні сухих компонентів із вологими зростання відносної вологості до 14–15% сприяє підвищенню рівномірності суміші. Подальше збільшення вологості вимагає збільшення часу змішування.

Об'єм фактичного перемішування  $v_{\phi}$  у змішувачах безперервної дії – величина змінна, чисельно завжди менша від об'єму змішувача і місткості, яку займає корм у змішувачі. Приклад: у змішувач безперервної дії завантажують «білий» компонент 1, а потім, не перериваючи потоку, подають «чорний» 2. При безперервній подачі компонента 2 створюються умови витіснення, а під дією робочих органів змішувача відбувається перерозподіл частинок одного компонента в іншому. Суміш переміщатиметься до вивантажувального вікна. У момент вивантаження перемішування компонентів повинно бути завершено. Цим визначається необхідна довжина змішувача і тип робочого органа. Зона змішування змінюється залежно від конструкції робочих органів, режимів змішування і фізико-механічних властивостей змішуваних матеріалів.

Об'єм перемішування корму можна визначити, з деяким наближенням, за формулою

$$v_{\phi} = \frac{Q_{3M} \cdot \Delta l}{\rho_c}, \quad (11.1)$$

де  $Q_{3M}$  – продуктивність змішувача, кг/с;

$\Delta l$  – тривалість змішування (проміжок часу від появи контрольного компонента до максимального його значення), с;

$\rho_c$  – насипна щільність суміші, кг/м<sup>3</sup>.

### 11.3. Класифікація змішувачів кормів

Конструкції змішувачів кормів можна класифікувати за такими ознаками: *за принципом дії* – безперервної та періодичної; *за розміщенням робочих органів* – із горизонтальним, похилим, вертикальним розміщенням робочих органів; *за конструкцією робочих органів* – шнекові, лопатеві, барабанні, пропелерні, комбіновані; *за видом суміші, яку готують*, – для сухих, вологих, тістоподібних, рідких кормів.

Детальна класифікація змішувачів наведена на рис. 11.1; схеми змішувачів кормів – на рис. 11.2.

**На процес змішування найсуттєвіше впливають такі фактори:** фізико-механічні (вологість, в'язкість, гранулометричний склад, співвідношення густин) і технологічні (ступінь наповнення змішувача, співвідношення компонентів) властивості змішуваних компонентів; конструктивні фактори змішувачів (форма, розмір і розташування робочих органів, частота обертання).

Конструкції робочих органів змішувачів виготовляють у вигляді шнеків, лопатей, гвинтових стрічок, пропелерів або гвинтових турбін. Типові конструкції їх зображені на рис. 11.3.

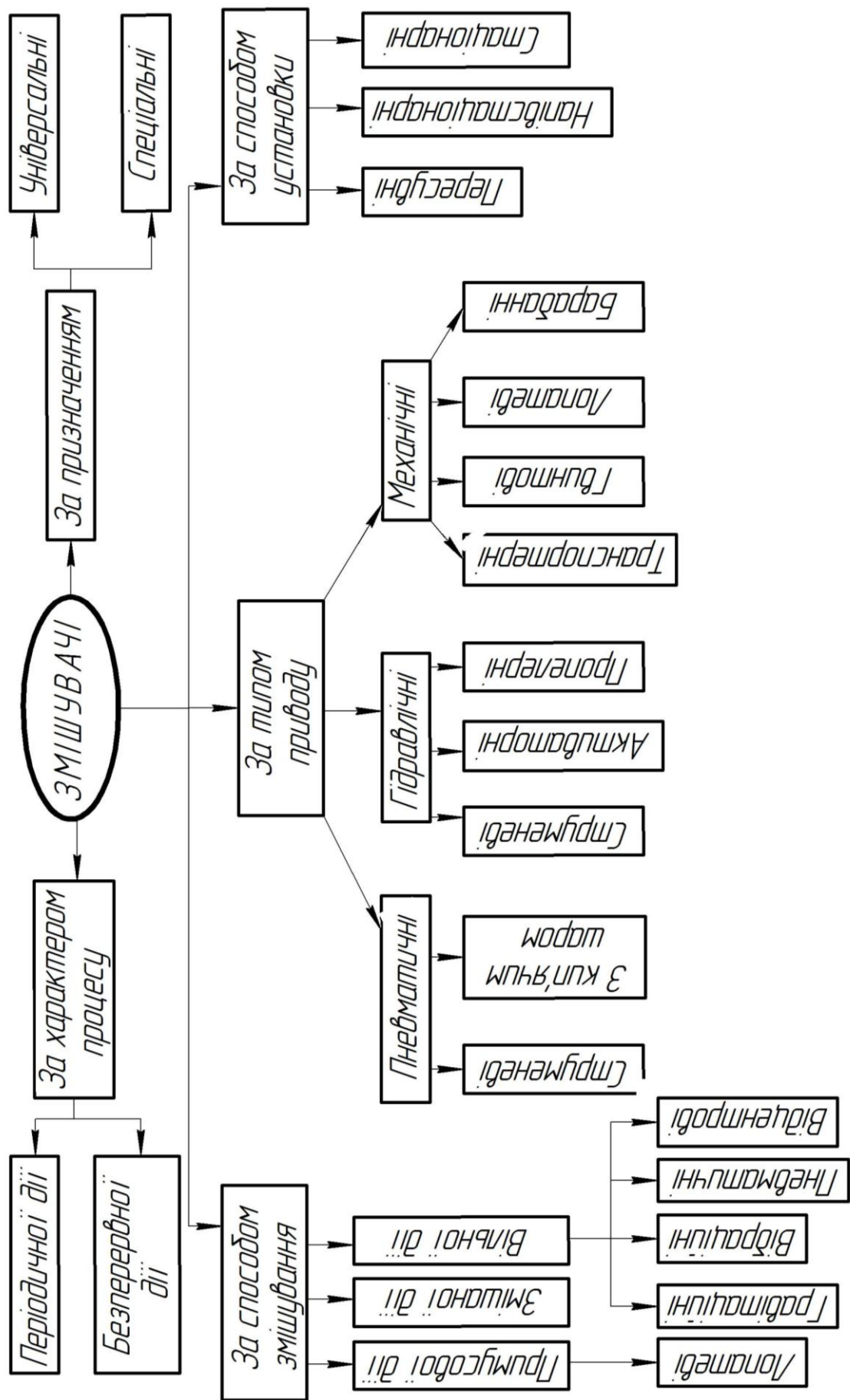


Рисунок 11.1. Класифікація змішувачів кормів

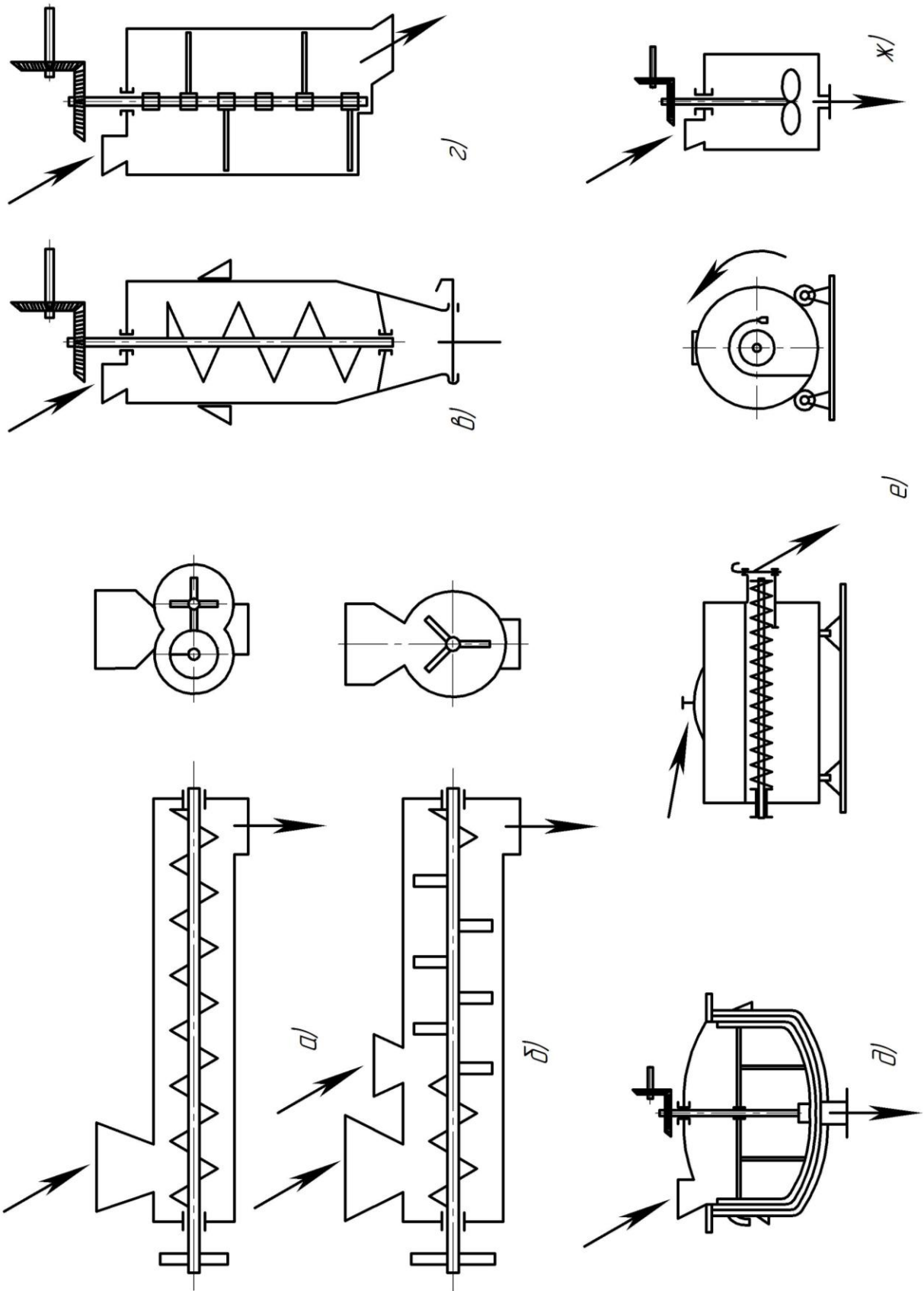


Рисунок 11.2. Схеми змішувачів кормів:

*а* – шнековий горизонтальний неперервної дії; *б* – шнеково-лопатевий горизонтальний неперервної дії; *в* – шнековий вертикальний періодичної дії; *г*, *д* – лопатеві періодичної дії; *е* – барабанний періодичної дії; *ж* – пропелерний періодичної дії.

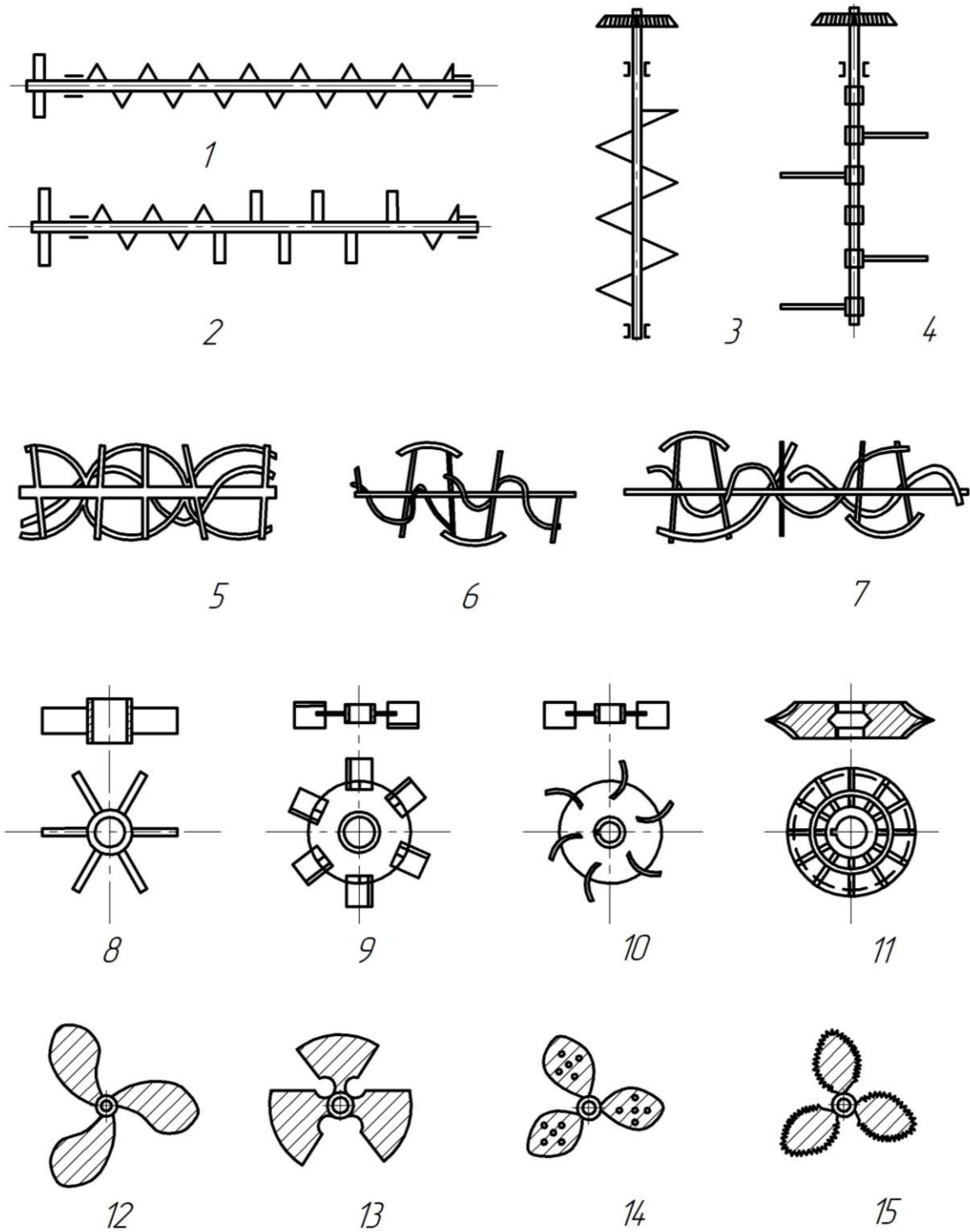


Рисунок 11.3. Типи робочих органів змішувачів:

1, 2, 3 – шнекові; 4 – лопатеві; 5, 6, 7 – стрічкові гвинтові; 8, 9, 10, 11 – турбінні; 12, 13, 14, 15 – пропелерні.

У **змішувачах періодичної дії** технологічні операції завантаження кормів, змішування й вивантаження готової кормової суміші відбуваються роздільно в часі. Перевага такого технологічного процесу – можливість застосування вагового дозування, яке дозволяє готувати кормові суміші з мінімальним відхиленням компонентів від заданих. Недоліки: не придатні для змішування сипучих кормів із рідинами за умови, коли частка рідини складає менше 1%. Змішувачі періодичної дії поступаються безперервним за продуктивністю, енерго- і металоємністю.

У **змішувачах безперервної дії** всі три операції (завантаження, змішування і вивантаження готового продукту) здійснюються одночасно, що забезпечує вищу продуктивність (перевага), однак висуває жорсткіші вимоги до величини і рівномірності дозування вихідних компонентів (недолік).

**За швидкістю обертання робочих органів** (кінематичним режимом) змішувачі поділяють на тихохідні й швидкохідні.

Тихохідні – змішувачі, в яких показник кінематичного режиму

$$K = \frac{w^2 \cdot R}{g} < 30 , \quad (11.2)$$

де  $w$  – кутова швидкість обертання робочого органа,  $\text{с}^{-1}$ ;

$R$  – максимальний радіус робочого органа, м;

$g$  – прискорення вільного падіння,  $\text{м/с}^2$ .

Швидкохідні – змішувачі, в яких показник кінематичного режиму  $K > 30$ .

При виробництві **сухих кормових сумішей** використовують переважно **змішувачі з вертикальним розміщенням робочих органів**. Для **вологих кормів** рекомендують використовувати **горизонтальні**.

За необхідності у змішувачах, в основному періодичної дії, проводиться запарювання кормів, тому що на процес запарювання потрібно витратити час, достатній для підігрівання корму до потрібної температури.

Завантаження змішувачів виконують дозаторами. Змішувачі безперервної дії завантажуються компонентами суміші дозаторами безперервної дії, тому їхня продуктивність повинна мати таке ж співвідношення, як і задане співвідношення компонентів у готовій суміші.

Змішувачі періодичної дії завантажуються необхідними компонентами за заданий проміжок часу (зазвичай, це 10–15 хвилин). Продуктивність дозаторів повинна забезпечити завантаження необхідної кількості компонентів за цей час.

#### 11.4. Шнекові змішувачі безперервної дії

Шнекові змішувачі безперервної дії використовують для змішування всіх видів кормів, за винятком рідких. Вони найпридатніші для приготування комбікормів. **Принцип дії таких змішувачів:** компоненти безперервним потоком у відповідному співвідношенні подають у приймальний бункер, а потім – у робочу камеру, де під впливом робочого органа інтенсивно переміщуються і змішуються, проходячи одночасно до вихідного отвору. Довжина змішувача вибирається така, щоб за час руху в ньому компоненти змішалися із потрібним ступенем однорідності.

**Продуктивність шнекових змішувачів безперервної дії**, кг/с, визначають за формулою

$$Q_{зш} = \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4} \cdot V_{оп} \cdot \rho \cdot \varphi, \quad (11.3)$$

де  $D$  – зовнішній діаметр шнека, м;

$d$  – діаметр вала шнека, м;

$V_{оп}$  – осьова швидкість переміщення продукту, м/с;

$\varphi$  – коефіцієнт заповнення шнека,  $\varphi = 0,3 \dots 0,4$ ;

$\rho$  – густина змішуваних матеріалів, кг/м<sup>3</sup>.

Осьова швидкість переміщення продукту для робочого органа у вигляді суцільного шнека

$$V_{ш} = \frac{S \cdot n}{60} = \frac{S \cdot w}{2\pi}, \quad (11.4)$$

де  $S$  – крок шнека, м;

$n$  – частота обертання шнека, об/хв;

$w$  – кутова швидкість обертання шнека, рад/с.

Для змішувачів із комбінованими робочими органами (шнек-лопата) осьова швидкість переміщення продукту

$$V_K = \frac{S \cdot n \cdot \varepsilon}{60} = \frac{S \cdot w \cdot \varepsilon}{2\pi}, \quad (11.5)$$

де  $\varepsilon$  – коефіцієнт втрати швидкості,  $\varepsilon = 0,6 \dots 0,8$ .

**Потужність на привод шнекових змішувачів**, кВт, визначають за формулою

$$N_{зш} = \frac{Q_{зш} \cdot L \cdot W}{367 \cdot \eta}, \quad (11.6)$$



де  $L$  – довжина змішувача, м;

$W$  – коефіцієнт опору переміщенню в жолобі, для сухих комбікормів  
 $W = 15 \dots 20$ ;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії механізму привода.

### **Багатовальні шнекові змішувачі безперервної дії**

**Продуктивність багатовальних шнекових змішувачів безперервної дії, кг/с, визначають з урахуванням одночасної роботи всіх шнеків**

$$Q_{ЗБШ} = z \cdot \varphi_1 \cdot Q_p, \quad (11.7)$$

де  $z$  – кількість шнеків;

$\varphi_1$  – коефіцієнт, який враховує перекриття робочими деталями вільного перетину шнека, визначається за конструкцією змішувача;

$Q_p$  – розрахункова продуктивність одного шнека, кг/с.

### **11.5. Двовальні лопатеві змішувачі періодичної дії**

**Продуктивність змішувача періодичної дії, кг/с, визначають за формулою**

$$Q_{ЗЛ} = \frac{v_{ЗМ} \cdot \rho \cdot \varphi}{t_{Ц}}, \quad (11.8)$$

де  $v_{ЗМ}$  – об'єм змішувача, м<sup>3</sup>;

$\rho$  – густина змішуваних матеріалів, кг/м<sup>3</sup>;

$\varphi$  – коефіцієнт заповнення змішувача, для вологих сумішей  $\varphi = 0,8$ ;  
для напіввологих сумішей  $\varphi = 0,7$ ;

$t_{Ц}$  – час повного приготування суміші, год, визначають за формулою

$$t_{Ц} = t_3 + t_{ЗМ} + t_B, \quad (11.9)$$

де  $t_3$  – час, відведений на завантаження кормів,  $t_3 = 0,15 \dots 0,25$  год;

$t_{ЗМ}$  – час, відведений на змішування компонентів суміші,

$t_{ЗМ} = 0,25 \dots 0,5$  год;

$t_B$  – час, відведений на вивантаження кормової суміші,  $t_B = 0,25$  год.

Необхідний об'єм, м<sup>3</sup>, змішувача визначають за формулою

$$v_{зм} = \frac{Q_{зл} \cdot t_{ц}}{\rho \cdot \varphi} . \quad (11.10)$$

Виходячи з форми змішувача, його об'єм можна визначити із залежності

$$v_{зм} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L + D \cdot B \cdot L , \quad (11.11)$$

де  $L$  – довжина змішувача, м;

$D$  – діаметр змішувача, м;

$B$  – відстань між осями валів змішувача, м.

Якщо не враховувати об'єм, який займає шнек для вивантаження корму, то можна знехтувати тим, що лопаті за діаметром перекриваються, і прийняти  $B = D$  . Тоді

$$v_{зм} = D^2 \cdot L \left( \frac{\pi}{4} + 1 \right) \quad \text{або} \quad v_{зм} = 1,78 D^2 \cdot L . \quad (11.12)$$

Для забезпечення достатньої якості змішування довжина двовального змішувача повинна знаходитись у такому співвідношенні з діаметром:

$$L = k \cdot D , \quad (11.13)$$

де  $k$  – коефіцієнт, знайдений експериментально,  $k = 1 \dots 2$ .

Діаметр змішувача визначають за формулою

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 v_{зм}}{k (\pi + 4)}} \quad \text{або} \quad D = \sqrt[3]{\frac{v_{зм}}{1,78 k}} . \quad (11.14)$$

Для забезпечення нормального змішування компонентів (з практики експлуатації) у двовальних змішувачах необхідно, щоб лопаті перекривалися на величину діаметра вивантажувального шнека  $d$  . Тому відстань між валами визначають із залежності

$$B = D - d - 2a , \quad (11.15)$$

де  $a$  – радіальний зазор між лопатями і корпусом змішувача,

$a = 0,02 \dots 0,05$  м;

$d$  – діаметр шнека,  $d = 0,2 \dots 0,3$  м.

Крок установки лопатей рекомендують брати  $s_{Л} = 0,5 \dots 0,7 d_{ЛВ}$ .

Кількість витків гвинтової лінії на валу визначають за формулою

$$m_{Л} = (L - 2b) / S, \quad (11.16)$$

де  $b$  – зазор між крайніми лопатями і торцевими стінками змішувача,  
 $b = 0,1 \dots 0,2$  м.

Отримане значення  $m_{Л}$  заокруглюють і уточнюють крок гвинта  $S$  за формулою

$$S = (L - 2b) / m_{Л}. \quad (11.17)$$

Кількість лопатей на одному валу визначають за формулою

$$z = (3,5 \dots 4) R / S. \quad (11.18)$$

Лопаті рекомендують встановлювати через  $60^\circ$ .

Швидкість обертання лопатей визначають з умови, що відцентрова сила, яка діє на частку, не повинна перевищувати силу тяжіння цієї частки. Інакше вона зійде з лопаті і вийде з активного процесу змішування.

За умови, коли відцентрова сила дорівнює силі тяжіння, кутова швидкість,  $c^{-1}$ , буде критичною і дорівнюватиме

$$w_{кр} = \sqrt{g / R_{Л}}, \quad (11.19)$$

де  $R_{Л}$  – найбільший радіус обертання лопаті, м.

Робоча кутова швидкість лопатевого змішувача рекомендується

$$w_p = 0,5 w_{кр}. \quad (11.20)$$

**Потужність на привод двовального змішувача, кВт,** визначити досить складно. Тому розрахунки проводять на основі теорії подібності за формулами, які рекомендує проф. Ф.Г. Стукалін:

$$N_{зЛ} = N_M \cdot w_3 \cdot \frac{D_3^{2,82}}{(w_M \cdot D_M^{2,82})}, \quad (11.21)$$

де  $D_3$  і  $D_M$  – діаметри, м, які відповідають змішувачу й моделі,  
визначають залежність

$$D_3 = D_M \sqrt[1,4]{Q_3 / Q_M} ; \quad (11.22)$$

$w_3$  і  $w_M$  – кутові швидкості обертання змішувача і моделі, визначають залежністю

$$w_3 = w_M \sqrt{D_M / D_3} . \quad (11.23)$$

### 11.6. Одновальні лопатеві змішувачі періодичної дії

Об'єм змішувача,  $m^3$ , визначають аналогічно, як для двовального змішувача

$$v_{зм\ o} = \pi \cdot D^2 \cdot L / 4 . \quad (11.24)$$

Довжина змішувача і діаметр пов'язані співвідношенням  $L = k \cdot D$ . Довжина повинна бути не менше 1,5...2м. Діаметр змішувача визначають за формулою

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 v_{зм\ o}}{\pi \cdot k}} . \quad (11.25)$$

Діаметр лопатевого вала визначають залежно від діаметра змішувача

$$d_{ЛВ} = D - 2a , \quad (11.26)$$

де  $a$  – зазор між лопатями і корпусом, м.

Крок лопатей рекомендують вибирати (експериментальні дані) з умови

$$S_L = (0,5 \dots 0,6) d_{ЛВ} . \quad (11.27)$$

Кількість витків гвинтової лінії визначають за формулою (11.16).

Загальну кількість лопатей визначають за формулою

$$z = 1 + m_L (z_1 - 1) , \quad (11.28)$$

де  $z_1$  – кількість лопатей на кожному витку.

Для одновальних лопатевих змішувачів лопаті рекомендують розміщувати під кутом  $120^\circ$ , тоді  $z_1=3$ . Відповідно

$$z = 1 + 2m_L . \quad (11.29)$$

Робочу кутову швидкість одновального змішувача визначають за формулами (11.19) і (11.20).

**Потужність, необхідну для привода одновального лопатевого змішувача, кВт, визначають за формулою**

$$N_{з\ м\ о} = (F_P \cdot V_P + F_0 \cdot V_0) / \eta , \quad (11.30)$$

де  $F_P$  – радіальна сила, яка діє на занурені у суміш лопаті, Н;

$F_0$  – осьова сила, яка діє на лопаті, Н;

$V_P$  і  $V_0$  – радіальна й осьова швидкості пересування корму, м/с.

### 11.7. Вертикальні шнекові змішувачі періодичної дії

Вертикальні шнекові змішувачі періодичної дії призначені для приготування сумішей кормів із сухих компонентів.

Процес змішування відбувається так. Окремі компоненти завантажують у змішувач у кількості, що дорівнює його робочому об'єму. Потім вмикають шнек, кутова швидкість якого повинна бути в межах  $10 \dots 15 \text{с}^{-1}$ . Нижні шари корму захоплюються шнеком, підіймаються вгору і опускаються вниз уздовж стінок корпусу. Така циркуляція протягом 5...8 хвилин забезпечує змішування компонентів в однорідну кормову суміш.

При виготовленні таких змішувачів дотримують співвідношення геометричних розмірів

$$\frac{H}{D} = 2 \dots 2,5 \quad \text{і} \quad \frac{d}{D} = 0,25 \dots 0,35 , \quad (11.31)$$

де  $H$  і  $D$  – висота і діаметр робочої камери, м;

$d$  – діаметр шнека, м.

**Продуктивність вертикальних шнекових змішувачів, кг/год, визначають за формулою**

$$Q_{зшв} = \frac{M}{t_{ц}} , \quad (11.32)$$

де  $M$  – маса корму, що завантажуються у змішувач, кг;

$t_{ц}$  – тривалість циклу роботи змішувача, визначають з виразу (11.9).

## Лекція 12

### МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТЕПЛОВОЇ Й ХІМІЧНОЇ ОБРОБКИ КОРМІВ

- 12.1. Основні способи теплової обробки кормів. Вимоги до їх сушіння.**
- 12.2. Класифікація обладнання для сушіння кормів.**
- 12.3. Основи процесу сушіння кормів. Розрахунок параметрів сушарки.**
- 12.4. Вологотеплова обробка зерна.**
- 12.5. Запарювання коренебульбоплодів.**
- 12.6. Термохімічна обробка грубих кормів.**

## **12.1. Основні способи теплової обробки кормів. Вимоги до їх сушіння**

Теплова та хімічна обробка кормів використовується для: покращення смакових якостей і перетравлення; знезаражування недоброякісних і знешкодження шкідливих речовин; приготування дієтичних кормів. Хімічна обробка грубих кормів змінює їх внутрішню структуру і підвищує поживну та енергетичну цінність.

**Найпоширеніші способи теплової і хімічної обробки кормів:**

- **зневоднення;**
- **запарювання;**
- **обробка хімічними реагентами** (лугами та кислотами);
- **комбіновані** (термохімічна, гідробаротермічна).

Зневоднюють таку сировину: зелені корми; частково коренеплоди, харчові відходи і буряковий жом. Зневоднюють корми для збереження в них поживних речовин протягом тривалого періоду. Запарюють зерно і картоплю, харчові відходи, пошкоджені коренеплоди.

Хімічній обробці піддають грубі корми для підвищення перетравлення клітковини і подрібнені стебла зелених рослин при їх консервуванні (закладання силосу і сінажу для зменшення втрат поживних речовин).

**Вимоги до процесів та машин для сушіння кормів:**

- маса, що надходить на сушіння, має бути достатньо сипкою та відповідно подрібненою. Частинки трав розміром до 30мм – не менше 80% всієї маси, максимально допустимий розмір решти частинок – не більше 110мм, початкова вологість – 60–85%. Картопля перед сушінням – поріzana на шматочки товщиною 2–4мм, морква та цукрові буряки – на частинки розміром (3–6)×6мм, шматочків коренеплодів має бути не менше 80% усієї маси, мезги не має бути зовсім;

- максимальна температура продукту у процесі сушіння не повинна перевищувати 70°C;

- втрати продукту за сухою речовиною у процесі сушіння – не більше 2%, каротину – 10%;

- вологовипарувальна здатність робочої камери при вологості висушеної сировини не нижче 78% – не менше 100кг на 1м<sup>3</sup> об'єму;

- універсальність сушарок, тобто можливість висушувати всі види кормів до заданої вологості 10–14%;

- наявність механізованого пристрою, що забезпечує автоматичне й дублююче ручне регулювання кількості вихідної маси залежно від температурного режиму, а похибка дозування не перевищує допустиму;

- низька енерго- та металоємність, наявність обладнання для рециркуляції, тобто використання тепла відпрацьованих газів;

- простота конструкції, надійність і зручність в експлуатації.

## 12.2. Класифікація обладнання для сушіння кормів

**Обладнання для сушіння кормів поділяють за:** характером роботи, напрямом руху сушильного агента та його температурою, виконанням технологічного процесу (рис. 12.1).

**За характером роботи** є сушарки періодичної дії (періодичне завантаження й розвантаження всього висушуваного матеріалу) та безперервної дії (завантаження й розвантаження здійснюється безперервно). Сушарки безперервної дії набули широкого застосування. Їх переваги: раціональне використання об'єму робочої камери, рівномірність сушіння, можливість автоматизації процесу завантаження.

**За напрямом руху сушильного агента і матеріалу:** прямоточні (напрямок потоків збігається), протиточні (напрями потоків протилежні), з перпендикулярно-перехресними потоками.

**За температурою сушильного агента** сушарки поділяють на низько- та високотемпературні (температура агента сушіння в межах 600–750°C, мають вищий ККД).

**За конструктивно-технологічними особливостями** сушарки поділяють на лоткові, конвеєрні (стрічкові) та пневмобарабанні.

**Лоткові сушарки** конструктивно виконані у вигляді однієї або кількох камер (лотків) з перфорованим дном, в які завантажують сировину. Сушильний агент від теплогенератора рівномірно розподіляється ситом на всій площі лотка, проходить через шар сировини, забирає вологу і відводить в атмосферу.

**Переваги лоткових сушарок:** конструктивно найпростіші, найдешевші, універсальні, бо крім кормів у них можна сушити інші матеріали (тресту, деревину, бавовну).

### **Недоліки лоткових сушарок.**

По-перше, весь матеріал у лоткових сушарках піддається дії однієї й тієї ж температури. Тобто у таких конструкціях відсутні селективні властивості, тому вони малоприсадибні для сушіння неоднорідних матеріалів, наприклад, трави, що складається зі швидко висушуваних листочків і стебел, бо швидкість висихання останніх у 4–5 разів менша. При досягненні стеблами кондиційної вологості (12–14%) листочки пересушуються до вологості 2–3% і перегріваються.

По-друге, надто складно подати вихідний матеріал рівномірно і з однаковою щільністю на всю площу лотка. Це призводить до прориву газів і збільшення витрат палива.

По-третє, не зважаючи на відносно невелику початкову температуру сушильного агента (до 95°C), відсутність постійного ворухіння та перевертання сировини призводить до перегрівання і пересихання нижніх шарів (температура 80°C і вологість 2–5%), процес важко автоматизувати.



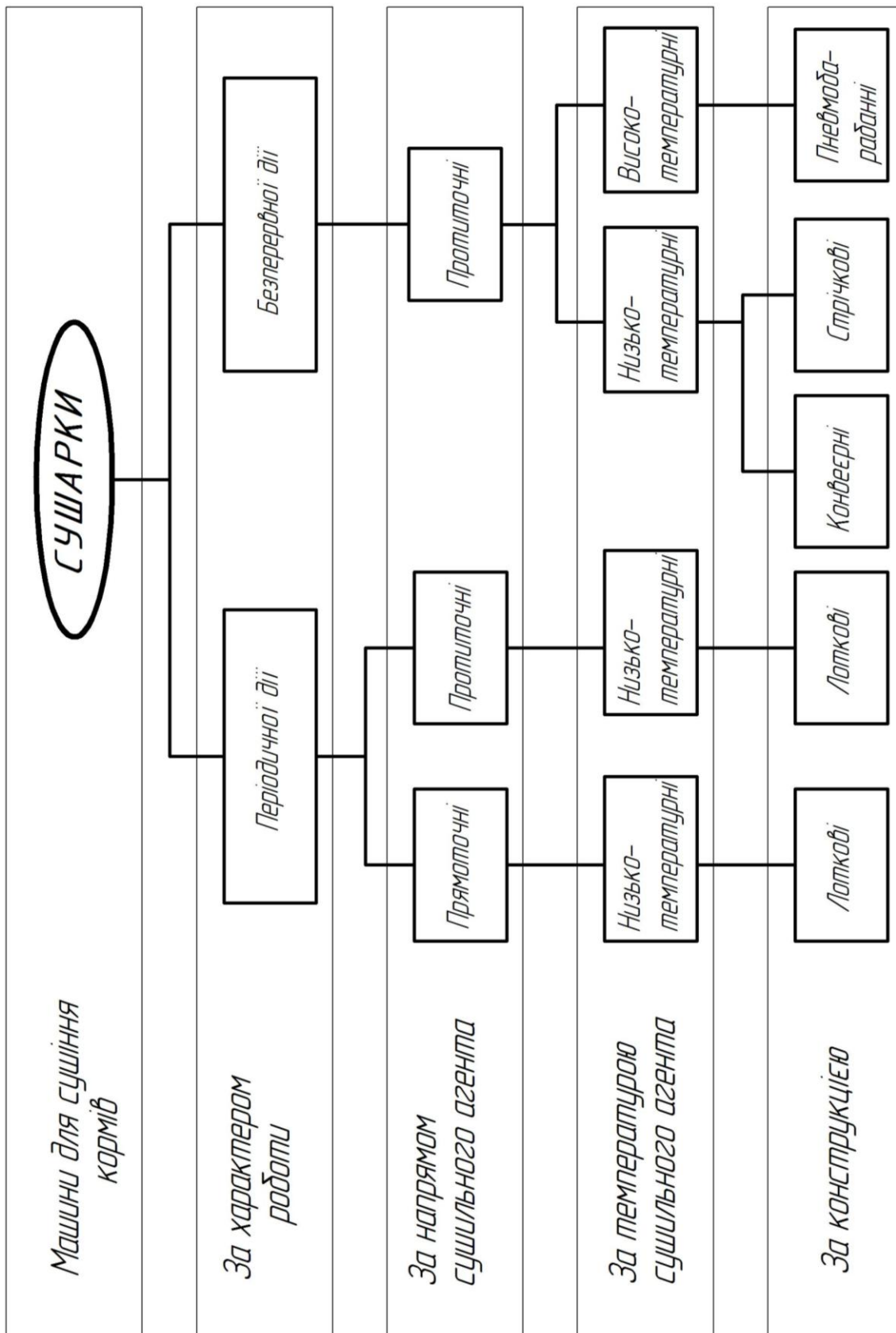


Рисунок 12.1. Класифікація обладнання для сушіння кормів

Лоткові сушарки застосовують при досушуванні трав на сіно, що дозволяє провести їх збирання з мінімальними втратами. На практиці застосовують досушування в скиртах і у стаціонарних сховищах (баштах та ін.). У скиртах досушують неподрібнену траву вологістю 40–45%, яку укладають на каркас повітророзподільвача пошарово до висоти 6–7 м. У сховищах досушується подрібнена трава вологістю 45–50%.

При досушуванні бобових трав для отримання вітамінного сіна при активному вентиляванні дотримують двох основних правил:

- при відносній вологості повітря понад 75% і температурі нижче 15°C необхідно повітря підігрівати на 5–10°C, що дозволяє отримати приблизно на 20% більше протеїну, ніж при вентиляванні холодним повітрям, і скоротити тривалість сушіння у 2 рази;

- загальна тривалість досушування трав не повинна перевищувати 20 діб, щоб уникнути втрат поживних речовин.

**Конвеєрні (стрічкові) сушарки** бувають одноярусні, у вигляді одного довгого транспортера, встановленого у вузькому тунелі, і багатоярусні у вигляді кількох коротких, розміщених один над одним транспортерів (рис. 12.2). В одному довгому транспортері сушильний агент рухається в тому ж напрямі, що й сировина. При багатоярусному розміщенні транспортерів сушильний агент рухається вгору, назустріч сировині, а сировина надходить із верхнього транспортера на нижні. Це дозволяє використовувати вищу початкову температуру сушильного агента (до 150°C).

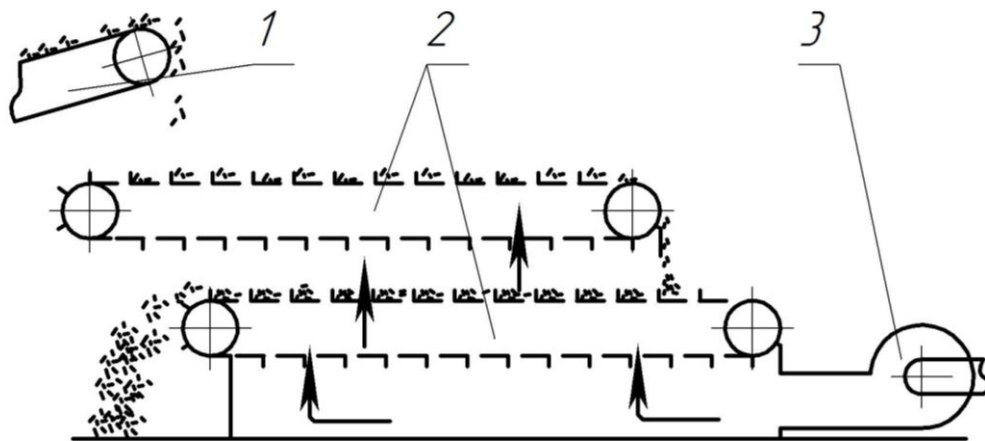


Рисунок 12.2. Схема конвеєрної багатоступінчастої сушарки:

1 – завантажувальний транспортер; 2 – сітчастий конвеєр; 3 – вентилятор з калорифером.

**Переваги конвеєрних сушарок** порівняно з лотковими: безперервність технологічного процесу, що дозволяє провести його механізацію та частково автоматизацію і зменшити витрати ручної праці, вищий ККД, кращі умови праці обслуговуючого персоналу.

**Недоліки конвеєрних сушарок:** нерівномірність вологості висушеного продукту, часткове перегрівання його і значні втрати каротину, збільшені витрати тепла, громіздкість обладнання тощо.

**Пневмобарабанні сушарки** (рис. 12.3) типу АВМ-1,5 і АВМ-0,65 характеризуються селективним принципом сушіння, що забезпечує рівномірну вологість висушеного продукту та можливість отримати його за один прохід через робочу камеру. Це забезпечило поширення пневмобарабанних сушарок і витіснення ними всіх інших типів. Завдяки вчасному виносу частинок з гарячого середовища допускаються високі температури сушильного агента при менших втратах поживних речовин.

**Переваги барабанних сушарок:** високі продуктивність і ККД; мінімальні затрати праці обслуговуючого персоналу; придатні до автоматизації технологічного процесу; універсальні, тобто є можливість висушувати в них не тільки основні кормові матеріали (трави, коренебульбоплоди, зернові), а й інші сипкі матеріали (подрібнені гілки дерев, жом, фруктові, овочеві та виноградні вичавки). **Недоліки:** складна конструкція, висока енергоємність (до 300кг рідкого палива на 1т готової продукції).

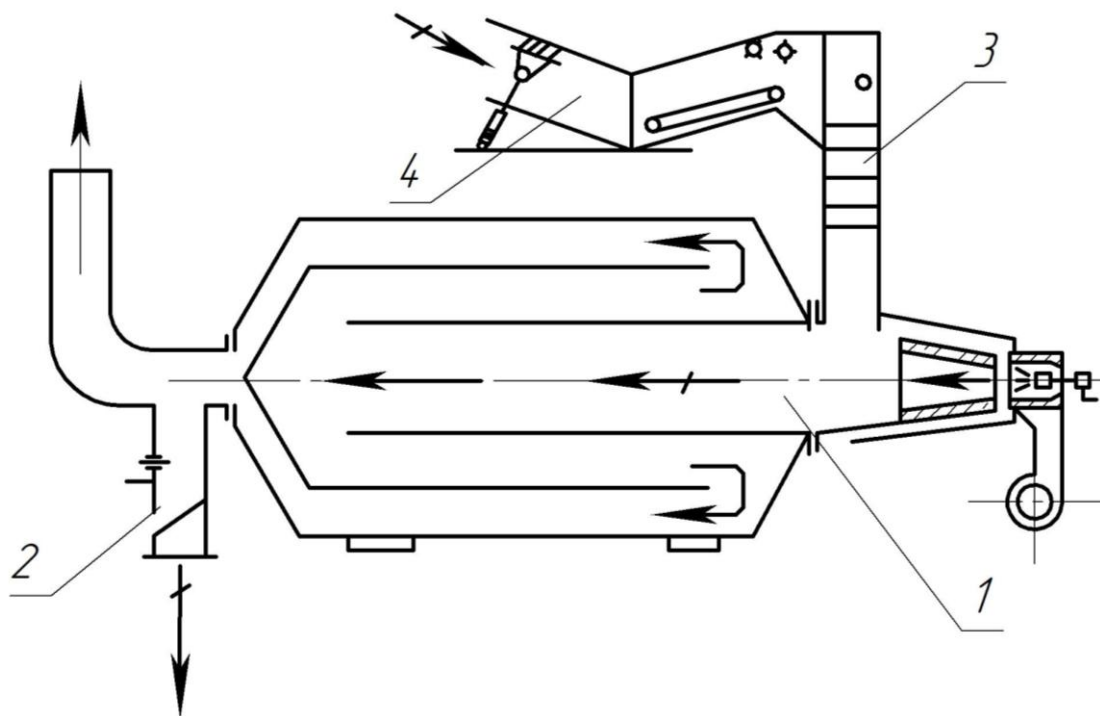


Рисунок 12.3. Схема пневмобарабанної сушарки:

1 – барабан; 2 – вловлювач; 3 – транспортер подачі маси; 4 – живильник.

Агрегати для приготування трав'яного борошна працюють за технологічною схемою зображеною на рис. 12.4.

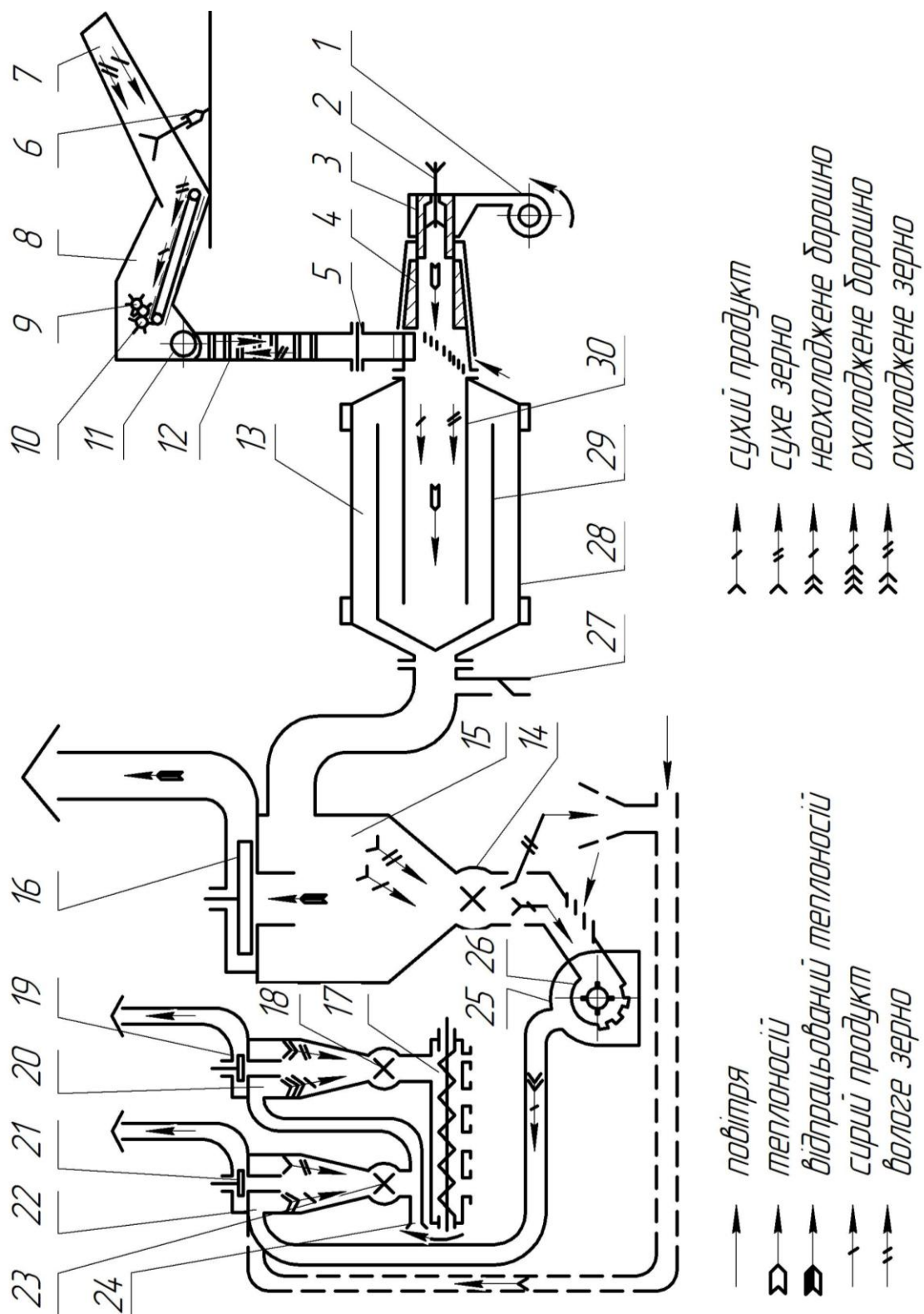


Рисунок 12.4. Технологічна схема агрегатів серії АВМ

для приготування вітамінного трав'яного борошна:

1 – вентилятор; 2 – форсунка; 3 – камера згоряння; 4 – топка; 5, 10 – бітери; 6 – гідроциліндр; 7 – лоток; 8 – конвеєр; 9 – відбійний бітер; 11 – гвинтовий транспортер; 12 – транспортер; 13 – барабан; 14, 18, 23 – дозатори; 15 – циклон системи відведення борошна; 16, 19 – вентилятори; 17 – шнек; 20, 22 – циклони системи відведення сухої маси; 21 – вентилятор системи відведення охолодженого борошна; 24 – повітропровід; 25 – решето; 26 – дробарка; 27 – відбірник; 28 – зовнішній барабан; 29 – проміжний барабан; 30 – внутрішній барабан.

### 12.3. Основи процесу сушіння кормів. Розрахунок параметрів сушарки

Видалення вологи з будь-якого матеріалу здійснюється переходом її парів в оточуюче середовище (сушильний агент) з меншою вологістю. Цей процес конвекції вологи триває доти, доки вологість матеріалу і сушильного агента стануть однаковими. Таку вологість називають рівноважною.

Схема процесу сушіння зображена на рис. 12.5. У початковий період сушіння (відрізок  $\tau_0$ ) корм нагрівається (відрізок  $EF$ ), вологість його суттєво не знижується (відрізок  $AB$ ). При подальшому контакті корму із сушильним агентом відбувається зневоднення з постійною швидкістю (відрізок  $BC$ ). Температура за об'ємом корму у цьому періоді постійна і дорівнює температурі мокрого термометра (відрізок  $FG$ ). При досягненні критичного вологовмісту корму (т.  $C$ ) починає зростати його температура (крива  $GK$ ), а темп зневоднення знижується (крива  $CD$ ). Відрізок  $\tau_2$  – період падаючої швидкості сушіння. У т.  $D$  сушіння припиняється, корм досяг рівноважної вологості ( $w_p$ ).

У кожному конкретному випадку величина  $w_p$  може мати своє значення, задане технологією, а її досягнення регулюється зміною вологості сушильного агента й експозицією процесу так, щоб температура нагрівання корму не перевищувала допустимої ( $65\text{--}70^\circ\text{C}$ ), вище якої руйнується білок.

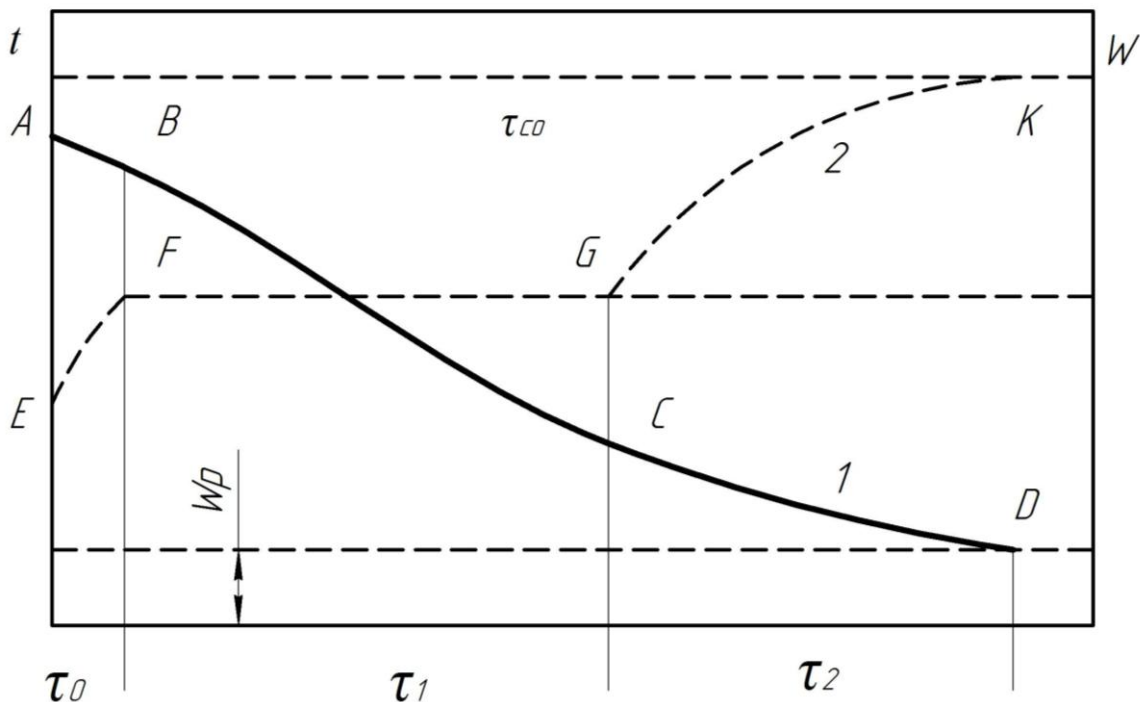


Рисунок 12.5. Загальна схема конвективного процесу сушіння кормів: 1 – графік зневоднення; 2 – температурний графік сушильного агента.

**Об'єм барабана пневмобарабанної сушарки, м<sup>3</sup>, визначають за формулою**

$$v_{BC} = \frac{Q}{d_v \cdot t}, \quad (12.1)$$

де  $Q$  – теплопродуктивність сушарки, Вт;

$d_v$  – об'ємний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м<sup>3</sup>·К), визначається експериментально як сума складових, що враховують різні види теплопередачі;

$t$  – середня логарифмічна різниця температур між сушильним агентом і кормом, К.

При проектуванні сушарок з прямоточним барабаном за загальним об'ємом барабана визначають його габарити – діаметр і довжину. Для багатоциліндрової конструкції барабана загальна розрахункова довжина складається із довжин окремих циліндрів. Співвідношення довжини і діаметра барабана рекомендують брати, орієнтуючись на існуючі машини.

Частота обертання барабана, об/хв, не повинна перевищувати 60% критичної частоти  $n_K$ , яку визначають з умови

$$m \cdot w^2 \cdot R_B = m \cdot g,$$

звідки

$$n_K = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{R_B}}, \quad (12.2)$$

де  $R_B$  – радіус барабана, м;

$w$  – кутова швидкість обертання барабана, рад/с;

$g$  – прискорення сили тяжіння, м/с<sup>2</sup>.

**Потужність привода барабана сушарки, кВт, визначають з виразу**

$$N_C = 1,3 \cdot 10^{-3} D_B \cdot L_B \cdot \rho \cdot n_B \cdot K_N, \quad (12.3)$$

де  $D_B$  – діаметр барабана, м;

$L_B$  – довжина барабана, м;

$\rho$  – щільність шару частинок корму, кг/м<sup>3</sup>;

$n_B$  – частота обертання барабана, хв.<sup>-1</sup>;

$K_N$  – коефіцієнт потужності; для барабанів з підйимально-лопатевою системою при коефіцієнтах заповнення 0,1; 0,15; 0,20 коефіцієнт потужності відповідно становить 0,038; 0,053; 0,063.

#### 12.4. Вологотеплова обробка зерна

При підготовці зерна до згодовування на нього діють теплом, тиском, електричним струмом. У результаті, при визначених режимах обробки, відбуваються складні структурно-механічні та біохімічні перетворення, які підвищують ефективність використання поживних речовин зерна тваринами.

Застосовують два **способи обробки зерна: вологотепловий із плющенням і екструзія.**

**Основний показник якості обробки зерна – це ступінь желатинізації крохмалю** (розрив зерен крохмалю).

Запарювання фуражного зерна у поєднанні з плющенням гладкими вальцями дозволяє довести ступінь желатинізації крохмалю до 40–60% (більша цифра відноситься до тиску пари 0,3–0,5МПа), що знижує витрати зерна на виробництво молока і яловичини на 8–10% і більше.

Для плющення зерна гладенькими вальцями його вологість має бути 24–26%. При підвищеній вологості для забезпечення захоплення зерна валками необхідно видалити поверхневу вологу. При безперервному технологічному процесі, перед плющенням, зерно зволожують паром. Для цього застосовують металеві шахти зі зворотним конусом, обладнані пристроєм для подавання зерна і пари (рис. 12.6).

**Ступінь желатинізації крохмалю** визначають два фактори:

- **режим попередньої обробки зерна** (пропарювання, замочування);
- **товщина пластівців.**

Чим вищі температура і тиск, тим менша експозиція обробки. При високих параметрах пари зерно прогрівається швидше (прогрівання та зволоження мають бути рівномірними і на всю глибину зернівки). Для пари, що застосовується на тваринницьких фермах (0,04–0,06МПа), експозиція має бути в межах 15–20хв.

Об'єм шахти для пропарювання зерна узгоджують із продуктивністю плющилки і визначають за формулою

$$v_{\text{шз}} = \frac{Q \cdot \tau_n}{\beta \cdot \rho}, \quad (12.4)$$

де  $Q$  – продуктивність установки, кг/с;

$\tau_n$  – експозиція обробки зерна паром в шахті плющилки, с;

$\rho$  – густина продукту, кг/м<sup>3</sup>;

$\beta$  – коефіцієнт заповнення, приймають 0,6–0,8.



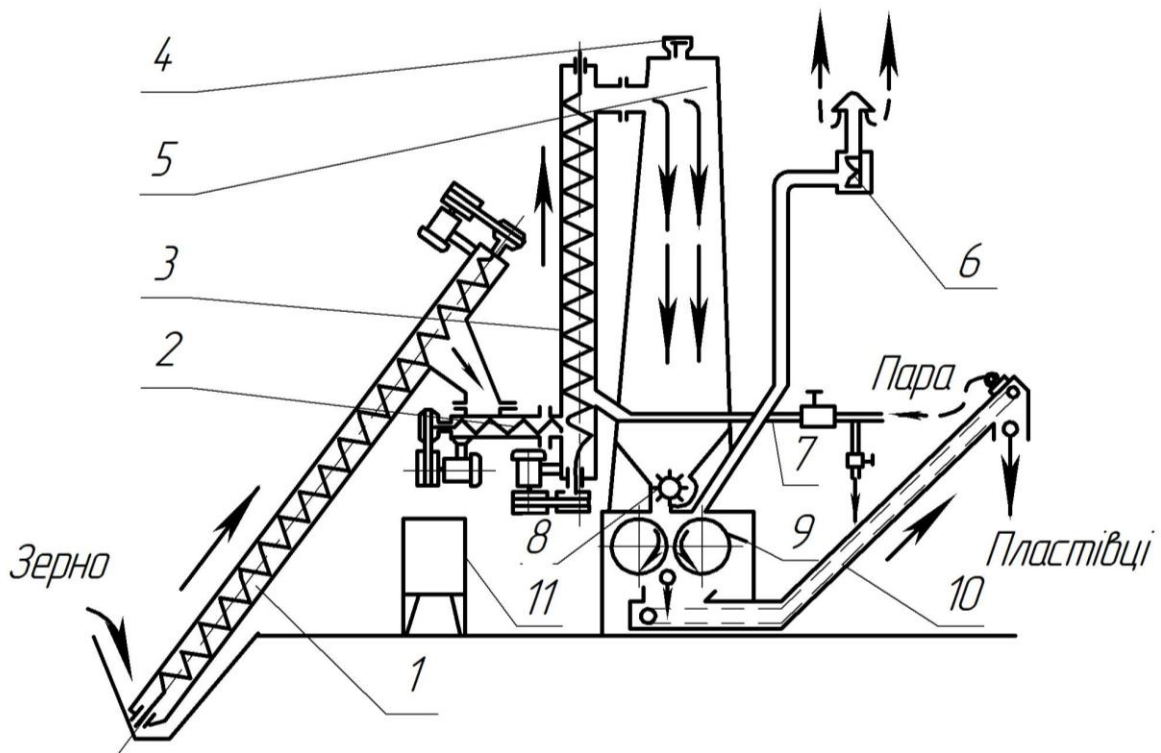


Рисунок 12.6. Функціональна схема вологотеплової обробки зерна:

1, 3 – подаючий і завантажувальний шнеки; 2 – гвинтовий дозатор; 4 – запобіжний клапан; 5 – шахта; 6 – витяжний вентилятор; 7 – паропровід; 8 – барабанний дозатор; 9 – плющильні вальці; 10 – вивантажувальний скребковий транспортер; 11 – пульт керування.

**Максимальний ступінь желатинізації крохмалю зерна** досягають при варінні зерна в гарячому повітрі ( $108^{\circ}\text{C}$ ) протягом 2хв і подальшому тонкому плющенні або екструдунням дерті зерноsumішки, яка застосовується для приготування амідоконцентратних добавок (АКД).

Суміш зернової сировини, карбаміду і бентоніту (у пропорції відповідно 70–75%, 20–25 і 5%) завантажують у бункер, із якого конвеєром дозатора оброблюваний матеріал спрямовується у робочий циліндр екструдера, де під фрикційною дією його гвинта нагрівається до  $150\text{--}160^{\circ}\text{C}$  і під тиском  $1,8\text{--}2,0\text{МПа}$  витискається через отвори матриці. Такі режими створюють умови «вибуху», які супроводжуються втратою вихідної вологості до 7–8%. Продукт розпушується, зберігаючи у перетині форму отвору матриці, твердіє приблизно протягом години.

На всіх операціях здійснюється автоматизований контроль за підготовкою суміші й екструзією, щоб уникнути порушення режимів, яке призводить до отримання продукту, що не відповідає вимогам.

**Якість екструдату визначають коефіцієнтом зруйнованості** – відношенням мас однакових об'ємів розмелених зерна і екструдату. Він має бути у межах 1,5–2,5.

Застосування екструдерів доцільне в окремих великих господарствах або на міжгосподарських підприємствах.



## **12.5. Запарювання коренебульбоплодів**

### **Вимоги до процесу запарювання коренебульбоплодів і машин:**

- обов'язкове дотримання температурного і часового режимів запарювання (наприклад, для картоплі температура 95–105°C протягом 40–45хв);

- запарені корми перед згодовуванням охолоджувати до 40°C, а кількість корму не повинна перевищувати разової потреби, оскільки термін зберігання їх обмежений;

- рівномірність прогрівання всього об'єму завантаженого корму;

- мінімальна витрата пари на запарювання (до 0,12–0,16кг пари на 1кг продукту);

- простота конструкції, надійність і зручність в експлуатації.

**Машини** для запарювання коренебульбоплодів за організацією робочого процесу поділяють на *періодичної і безперервної дії*.

Робочий процес у запарниках періодичної дії (рис. 12.7): попередньо вимиті коренебульбоплоди подаються через завантажувальний люк і при закритій кришці порція продукту прогривається парою, яка надходить через отвори паророзподільника. Конденсат, що утворюється при цьому, стікає крізь патрубок у нижній зоні запарника. Момент закінчення запарювання визначається виходом пари через патрубок конденсату. Після припинення подачі пари і невеликої витримки вмикається розвантажувальний транспортер з м'ялкою чи лопатевий змішувач. У подальшому цикл повторюється.

У запарниках безперервної дії перша порція корму запарюється аналогічно запарнику періодичної дії. Після закінчення запарювання першої порції корму вмикають завантажувальний транспортер і вивантажувальний шнек, регулюють подачу пари і переводять запарник на безперервну дію. Переміщення продукту у запарниках із вертикальним циліндром відбувається за рахунок власної ваги, а з горизонтальним циліндром – за рахунок розміщених по гвинтовій лінії лопатей.

## **12.6. Термохімічна обробка грубих кормів**

Обробка подрібненої соломи вапном, кальцинованою або каустичною содою, аміачною водою підвищує перетравлювання клітковини. Під час вапнування, наприклад, на 100кг соломи витрачається 3кг негашеного вапна або 9кг гашеного, 0,5–1кг солі і 150кг води. При тепловій обробці парою достатня витримка 3–4год, без запарювання – 12–24год.

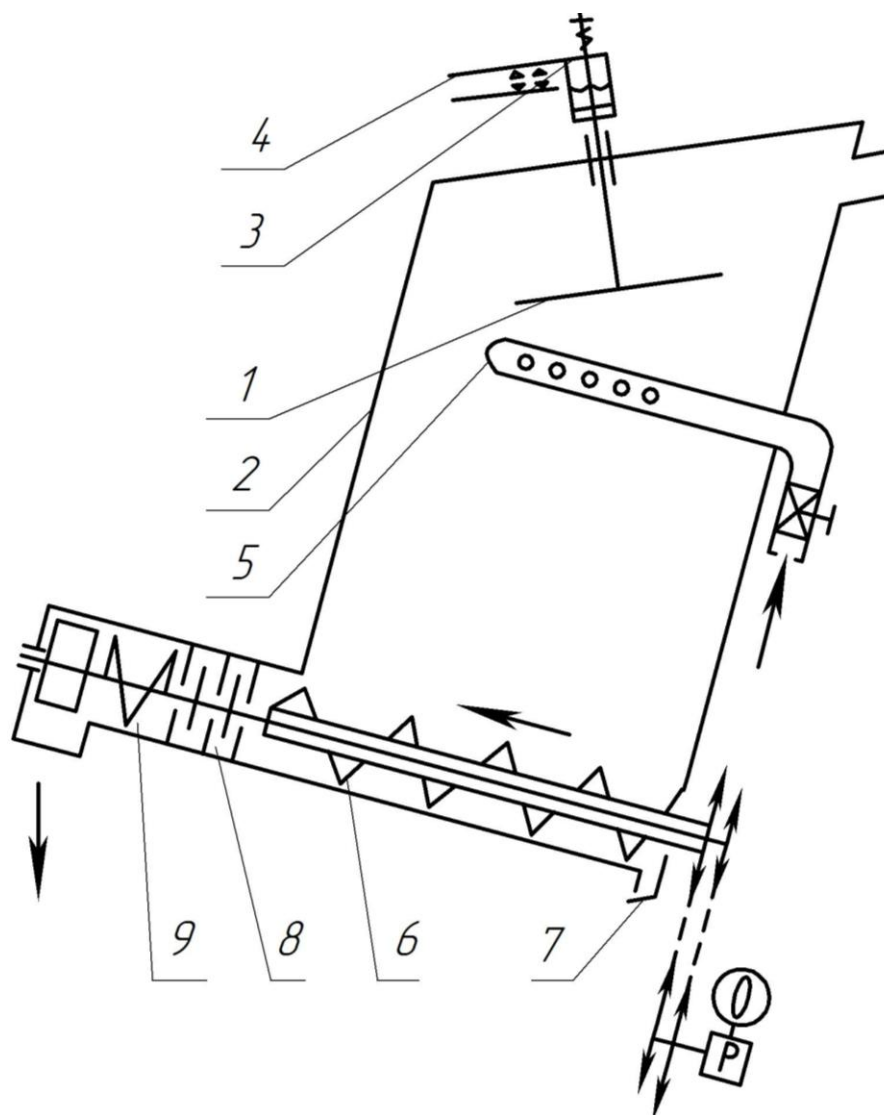


Рисунок 12.7. Функціональна схема запарника кормів:

1 – диск-розподільник; 2 – запарювальна камера; 3 – кулачкова муфта; 4 – кінцевий вимикач; 5 – колектор паропроводу; 6,9 – вивантажувальні шнеки; 7 – отвір для конденсату; 8 – м'ялка.

Найпоширеніші два **способи хімічної обробки соломи**: **сухий** – гранулювання соломи, обробленої аміачною водою або лугом (28–30% розчином із розрахунку 4% кристалічного лугу до сухої соломи); **вологий** – пропарювання соломи, обробленої тими ж реактивами.

Для термохімічної обробки грубих кормів застосовують переважно вертикальні камери з паропроводом і нижнім розвантаженням. Процес триває безперервно з розрахунку обробки парою суміші грубих кормів протягом 3–3,5 год. Такі камери у верхній частині мають обладнання для приймання і змішування подрібнених кормів із розчином хімреактиву та у нижній частині – фрезу для розвантаження отриманої маси. Для невеликих обсягів можна застосовувати запарні камери порційної дії з обладнанням для подавання пари.

Технологічна ефективність запарника забезпечується лише при обробленні доброякісної соломи і дотриманні концентрації хімреактивів.

## 12.7. Технологічний розрахунок запарників

**Розрахунок запарників** – це визначення теплового балансу запарника. Тепло, яке підводиться в запарник, кДж, витрачається на запарювання корму  $Q_1$ , нагрівання стінок запарника  $Q_2$  і на втрати у навколишнє середовище  $Q_3$ , тобто

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 . \quad (12.5)$$

Для визначення перших двох складових користуються законом теплотехніки, згідно з яким для нагрівання будь-якої речовини в межах від початкової до кінцевої температур кількість тепла пропорційна масі цієї речовини і її теплоємності:

$$Q_1 = m_k \cdot C_k (t_k - t_n) ; \quad (12.6)$$

$$Q_2 = m_c \cdot C_c (t_k - t'_n) , \quad (12.7)$$

де  $m_k, m_c$  – відповідно маси корму та стінок запарника, кг;

$C_k, C_c$  – теплоємність продукту (корму) і частин запарника, що нагріваються, кДж/кг·град;

$t_k, t_n, t'_n$  – кінцева і початкова температури продукту і стінок запарника.

Під час запарювання першої порції корму початкові температури продукту і стінок приймаються однаковими –  $t_n = t'_n$ , а для наступних порцій  $t'_n > t_n$  і залежатиме це від часу розвантаження і завантаження запарника.

Втрати тепла у навколишнє середовище, кДж, визначають так:

$$Q_3 = F \cdot \varepsilon (t_{cm} - t_{нов}) \cdot \tau_3 , \quad (12.8)$$

де  $F$  – загальна площа поверхні запарника, м<sup>2</sup>;

$\varepsilon$  – сумарний коефіцієнт тепловіддачі (конвекція і випромінення), Вт/м<sup>2</sup>·град;

$t_{cm}$  – середня температура стінок запарника, °С;

$t_{нов}$  – температура навколишнього повітря, °С;

$\tau_3$  – тривалість процесу запарювання, с.

Сумарний коефіцієнт тепловіддачі показує, яка кількість тепла за одиницю часу віддається з 1м<sup>2</sup> зовнішньої поверхні запарника в навколишнє середовище при різниці температур в 1°С, і приблизно становить

$$\varepsilon = 7,8 + 0,047 (t_{cm} - t_{ноє} ) . \quad (12.9)$$

**Загальну кількість пари**, кг, визначають за формулою

$$P = \frac{Q}{l_n - l_k} , \quad (12.10)$$

де  $l_n$  – ентальпія пари, Дж/кг;  $l_k$  – ентальпія конденсату, Дж/кг.

У більшості випадків у запарниках застосовують вологу насичену пару, ентальпія якої

$$l_n = l' \cdot X , \quad (12.11)$$

де  $l'$  – ентальпія сухої насиченої пари, Дж/кг;

$X$  – ступінь сухості пари, для котлів невеликої продуктивності без сухопарників  $X = 0,96$ .

Ентальпія конденсату

$$l_k = C_k \cdot t_k , \quad (12.12)$$

де  $C_k$  – теплоємність конденсату, при конденсації водяної пари

$C_k = 4,19$  кДж/кг·град;  $t_k$  – температура конденсату.

**Коефіцієнт корисної дії запарника** – це відношення кількості тепла, що витрачається на нагрівання продукту, до загальної кількості підведеного до запарника тепла. Тобто

$$\eta = \frac{Q_1}{Q_1 + Q_2 + Q_3} . \quad (12.13)$$

При запарюванні грубих кормів (соломи) через низьку їх теплоємність процес затягується, бо спершу відбувається насичення соломи конденсатом, що призводить до підвищеної витрати пари.

Для підвищення ефективності технологічного процесу запарювання таких кормів їх зволожують у відношенні 1:1...1,2. Для повного насичення 1кг соломи потрібно 1,5–1,8кг води, і ця різниця покривається конденсатом при запарюванні. Через те, що теплоємність води у 5 разів більша за теплоємність соломи, то в основному витрата тепла йде на нагрівання води. Це потрібно враховувати в загальному рівнянні теплового балансу (12.5), де з'являється ще одна складова  $Q_4$ , яка враховує витрати тепла на нагрівання цієї води.

**Основні параметри запарників:** пропускна здатність; витрата пари; геометричні розміри; кінематичні режими роботи.

## **Лекція 13**

### **МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ГРАНУЛЮВАННЯ Й БРИКЕТУВАННЯ КОРМІВ**

- 13.1. Пресування кормів.**
- 13.2. Гранулювання і брикетування кормів.**
- 13.3. Преси для гранулювання кормів.**
- 13.4. Преси для брикетування кормів.**
- 13.5. Комплекти обладнання для пресування кормів.**
- 13.6. Обладнання для приготування амідоконцентратних добавок.**
- 13.7. Розрахунок основних параметрів гранулятора.**

### 13.1. Пресування кормів

**Пресування** – спосіб обробки матеріалів тиском для їх ущільнення. У сільському господарстві пресуванню піддають трав'яне борошно, подрібнені соломі і траву, комбікорми, повнораціонні кормові суміші тощо.

**Переваги пресованих кормів:** зменшення втрат поживних речовин при зберіганні; зниження витрат на транспортування і зберігання; однорідність кормової суміші при зберіганні, транспортуванні й роздаванні тощо.

**Основні способи пресування кормів – гранулювання й брикетування.** Сучасне обладнання для гранулювання й брикетування кормів дозволяє отримати з борошнистих кормових сумішей гранули діаметром до 20мм, довжиною 1,5...2,0 діаметра і густиною 900...1300кг/м<sup>3</sup>; брикети із трав'яної і солом'яної різки, повнораціонних кормових сумішей – розміром часток 20...70мм, діаметром до 65мм або нециліндричної форми з найбільшими розмірами 80мм і густиною 500...900кг/м<sup>3</sup>.

Комбікорми і кормові суміші для пресування – полідисперсна система, що застосовується у тваринництві. Дисперсійним середовищем є вода, а дисперсною – суміш органічних і мінеральних компонентів. Між частинками комбікорму є повітря, тобто він є одночасно і багатофазною системою, що складається із твердої, рідкої і газоподібної фаз. **Основна механічна характеристика такої системи – відсутність опору зусиллям розтягу.** Частки комбікорму стикаються одна з одною, однак ніякого зв'язку між ними немає.

Розглянемо, як протікає процес пресування у прес-формі, заповненій навіскою комбікорму (рис. 13.1).

Об'єм навіски  $v$  схематично можна представити як такий (рис. 13.1а), що складається з об'єму газоподібної фази  $v_G$ , об'єму твердої фази – сухої речовини  $v_C$  і об'єму рідкої фази  $v_P$

$$v = v_G + v_C + v_P . \quad (13.1)$$

Кількісне співвідношення об'ємів цих фаз як до, так і після пресування є визначальною умовою отримання міцного брикету або гранули. Під впливом зовнішнього тиску відбувається перетворення розсипного комбікорму у твердий виріб, об'єм газоподібної фази різко зменшується. У процесі пресування комбікорм як трифазна система до кінця пресування досягає практично двофазного стану. В отриманому тілі міститься в основному суха речовина і вода.

Відношення початкового об'єму розсипного комбікорму  $v_{PK}$  до об'єму отриманого брикету  $v_{BP}$  визначає коефіцієнт ущільнення

$$\beta = \frac{v_{PK}}{v_{BP}} = \frac{h}{h_{BP}} = \frac{\rho_{BP}}{\rho_{PK}}, \quad (13.2)$$

де  $\rho_{PK}$  – об'ємна маса розсипного комбікорму;

$\rho_{BP}$  – густина отриманого брикету.

Відношення суми об'ємів рідкої і газоподібної фаз до об'єму сухої речовини – це коефіцієнт порозності

$$k = \frac{v_P + v_G}{v_C}. \quad (13.3)$$

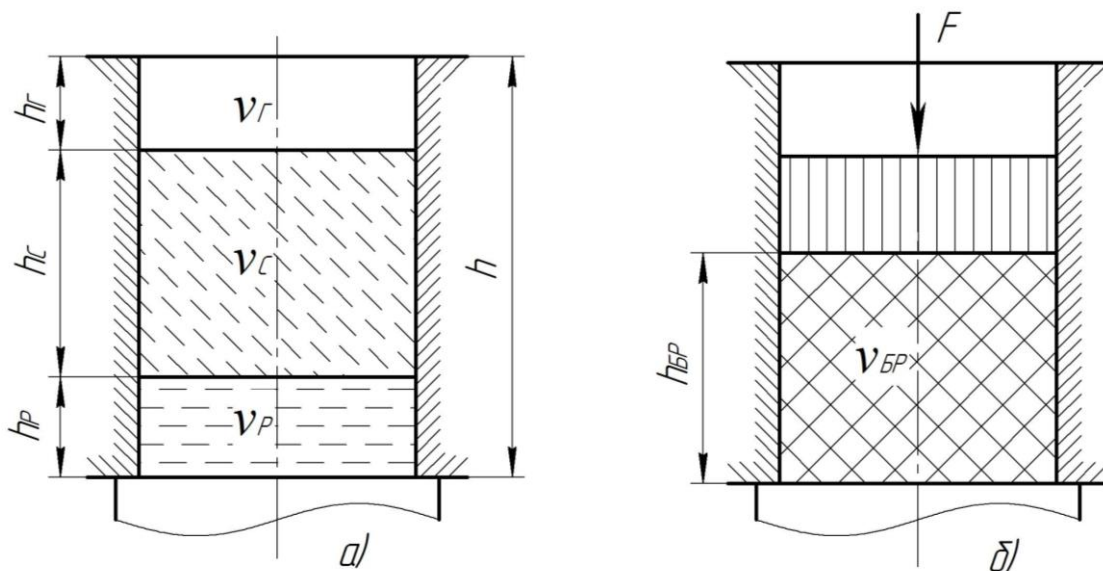


Рисунок 13.1. Схема процесу брикетування корму в закритій прес-формі:

*a* – умовне зображення об'єму навіски комбікорму до пресування;

*б* – перетворення навіски комбікорму в брикет під дією сили  $F$ .

Визначальним для пресування є тиск, необхідний для перетворення комбікорму з трифазної на двофазну систему. **Фізична суть процесу пресування:** тільки за умови повної евакуації газової фази можливе зближення частинок комбікорму до такого ступеня, коли починають виявлятися сили молекулярного зчеплення між ними. З наближенням зовнішнього тиску до оптимального, відстань між частками зменшується, а загальна величина поверхні контактів збільшується. Це означає, що сили зчеплення між частинками за рахунок прилипання зростають.

Необхідно також враховувати фізичні властивості та хімічний склад інгредієнтів. Комбікорм складається з продуктів рослинного і тваринного походження, що містять в'язучі речовини (крохмаль тощо). Внаслідок підвищення температури при пресуванні виникає клейстеризація, що сприяє пресуванню брикетів і гранул.

При пресуванні комбікорму виявляються його пружні та пластичні властивості. У даному випадку **пружність – це опір зусиллю пресування і здатність брикетів та гранул розширюватися після зняття тиску і віддалення стискаючих поверхонь**. Тому для отримання міцних гранул і брикетів із комбікорму недостатньо тільки спресувати їх, тобто перебороти сили пружності. Необхідно також не допустити розширення їх після зняття тиску. Механізм грануло- і брикетотворення повніше описується молекулярною теорією у поєднанні з механічною.

Молекулярну теорію притягання розробив В.М. Наумович на основі термодинамічної теорії прилипання Б.В. Дерягіна. Відповідно до молекулярної теорії явище прилипання частинок одна до одної розглядається як причина з'єднання їх у міцний моноліт.

Механічну теорію пресування сільськогосподарських матеріалів розробив В.І. Особов. Ця теорія описує закономірності формування брикетів при пресуванні сіно-солом'яних матеріалів.

**Основні фактори утворення міцних брикетів або гранул** можна поділити на дві групи.

**Перша група – це фізико-механічні властивості продукту.** Основні з них: модуль пресування (характеризує здатність продукту до ущільнення); вологість, температура і гранулометричний склад продукту.

**Друга група – це умови пресування:** питомий тиск пресування, тертя продукту в прес-інструменті, форма пресованого брикету і співвідношення його розмірів, режим пресування (циклічний чи безперервний), спосіб кондиціювання матеріалу перед пресуванням тощо.

Отже, **гранули або брикети можуть утворюватися під дією різних сил:** молекулярного зчеплення і прилипання, що виникають у результаті зближення частинок унаслідок впливу зовнішнього навантаження; в'язучих речовин, що вводяться в матеріал перед пресуванням або утворюваних у матеріалі в результаті його кондиціювання; механічних сил зчеплення, що виникають за рахунок переплетення частинок матеріалу при пресуванні.



## **13.2. Гранулювання і брикетування кормів**

**Гранулювання** (від латинського *granulum* – зернятко) – процес перетворення розсипних кормів пресуванням у гранули (щільні невеликі кульки, циліндрики, кубики).

Гранульовані комбікорми виготовляють **вологим і сухим способами**.

Промислове виробництво гранульованих комбікормів для сільськогосподарських тварин ґрунтується на сухому способі пресування. Для отримання міцних гранул корм, що піддається пресуванню, обробляють гострою парою і додають до нього мелясу або інші в'язучі добавки.

**Технологічний процес вологого гранулювання:** приймання, зважування і зберігання сировини; очищення сировини від домішок; лущення плівчастої сировини; розмелювання зернових продуктів та інших складників; дозування інгредієнтів за заданим рецептом; змішування інгредієнтів; контрольне просіювання кормової суміші; зволоження кормової суміші; пресування; сушіння гранул; охолодження та сортування гранул; вибій, зважування і зберігання готової продукції. Вологе пресування кормів забезпечує отримання гранул високої густини.

### **Брикетування кормів**

Ідея пресування сипучих матеріалів у брикети належить російському винахідникові Н.П. Вишнякову. Ще в 30-ті роки 19 століття він розробив метод брикетування вугілля. Це поклало початок впровадженню пресування сипучих мас у різних галузях промисловості. Виробництво кормових брикетів у нашій країні здійснюється на комбікормових та інших зернопереробних підприємствах.

Брикетовані корми широко застосовуються для годівлі сільськогосподарських тварин. Їх готують із суміші грубих кормів (соломи, стрижнів кукурудзяних качанів, вівсяної, ячмінної і горохової лузги – 83...85%) з концентрованими (жмих, макуха, крейда, карбамід). Як в'язучий компонент застосовують мелясу (до 5%). Кормові брикети із грубих кормів із концентратами добре поїдають тварини.

Повнораціонні брикети для жуйних тварин – корм майбутнього. До складу повнораціонних брикетів, крім висушеної зеленої маси, можуть входити ячмінь, жом, шрот, премікси та інші компоненти. Кількість концентратів у них має бути 30...50%. Для молочної і м'ясної худоби випускають брикети різного складу і форми. Корови краще поїдають брикети діаметром 30...40мм при порівняно невеликій густині 400...550кг/м<sup>3</sup>. Перевага приготування брикетів для жуйних тварин у тому, що це дозволяє поєднати в них у визначеному співвідношенні всі необхідні компоненти раціону.

### 13.3. Преси для гранулювання кормів

Преси для гранулювання кормів поділяють (рис. 13.2):

- за принципом пресування в робочих органах. Це – формуючі машини (пресують матеріал у закритій камері) і машини, що витискують матеріал (процес протікає за рахунок опору витискуванню від тертя матеріалу по стінках камери пресування);
- за типом робочих органів, що створюють зусилля пресування, – на плунжерні (штемпельні, шнекові, клинові, шестерінчасті) і вальцьові;
- за кінематичними і конструктивними особливостями робочих органів. Прес-гранулятори можна поділити на п'ять типів (рис. 13.3).

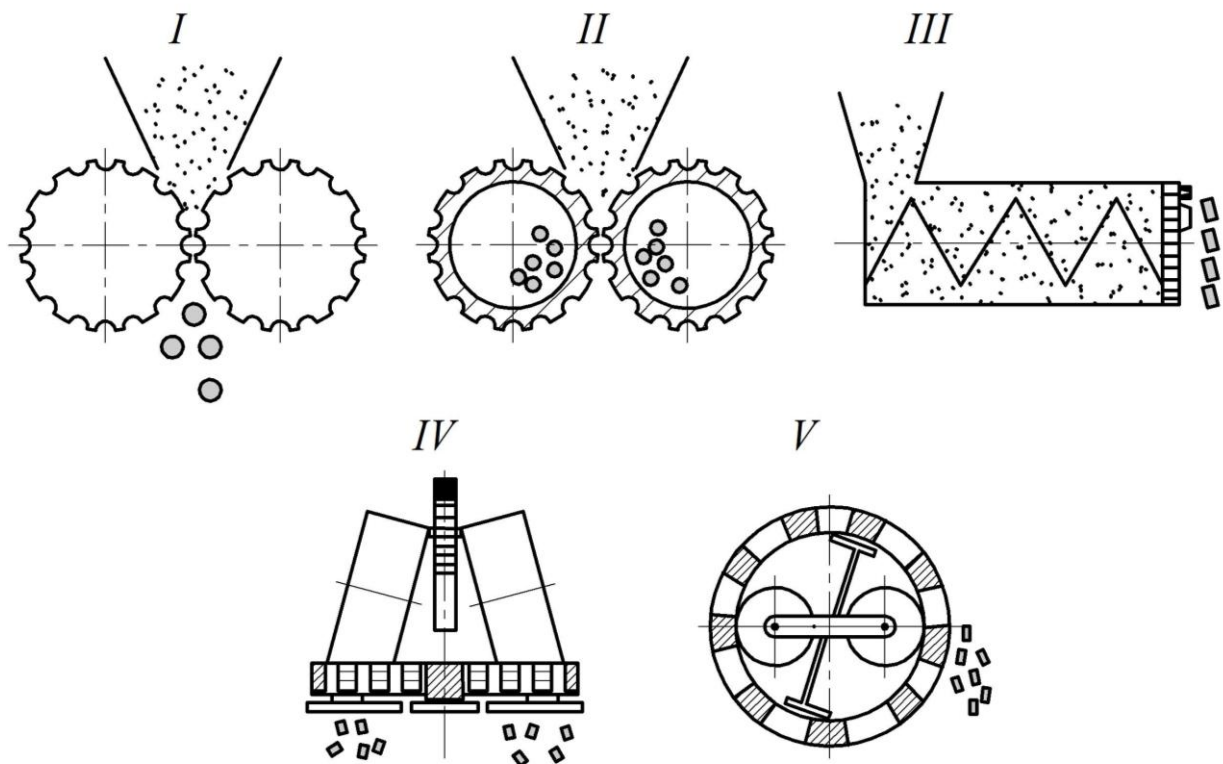


Рисунок 13.3. Принципові схеми робочих органів прес-грануляторів

**Перший тип:** формуючі преси. Утворення гранул відбувається при проходженні продукту між двома комірковими вальцями, що обертаються назустріч один одному.

Недоліки: низька продуктивність; великі питомі витрати електроенергії; через короткочасний вплив зусилля пресування отримати міцні гранули неможливо.

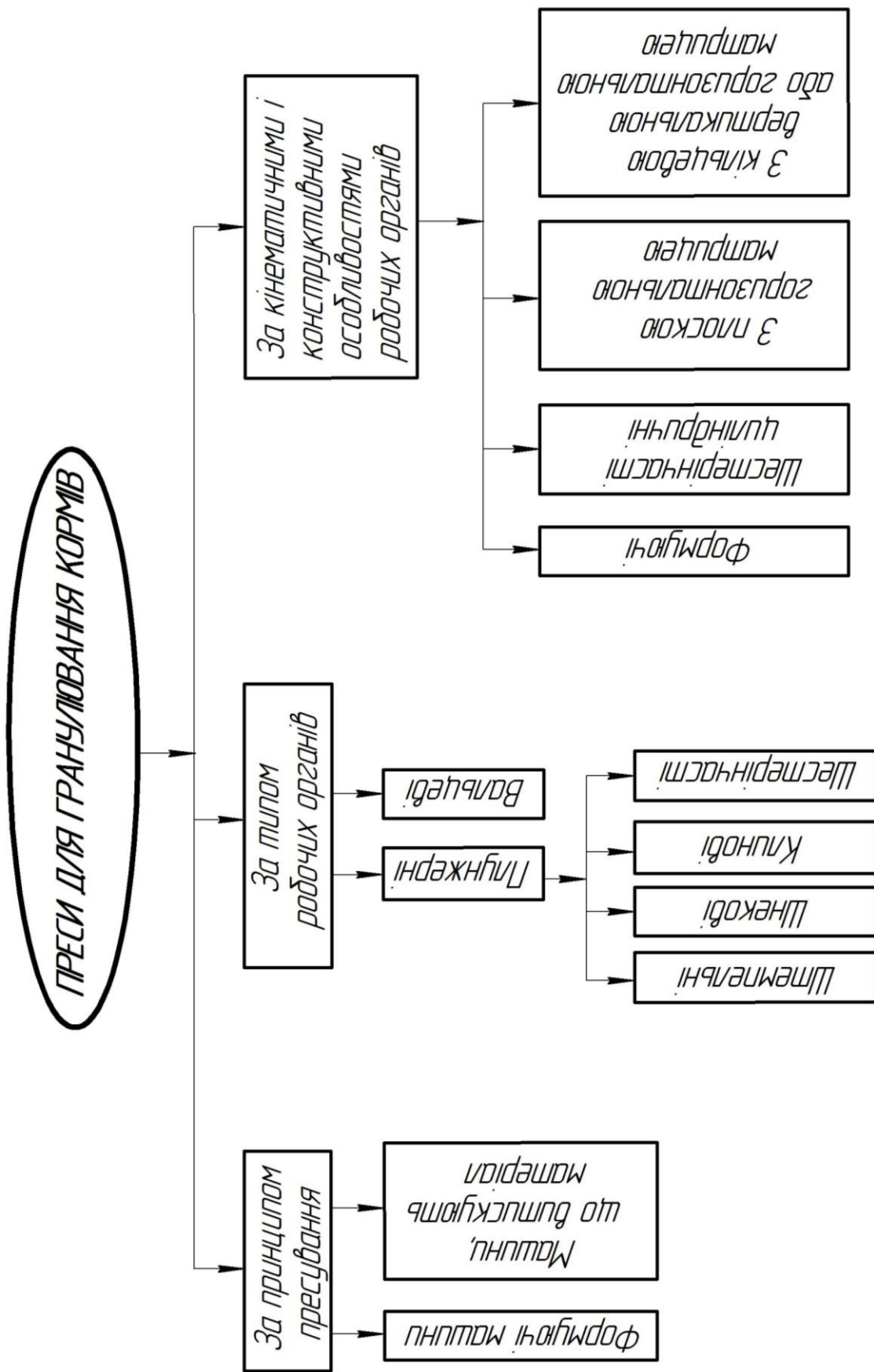


Рисунок 13.2. Класифікація пресів для гранулювання кормів

**Другий тип:** шестерінчасті та циліндричні преси. Робочі органи шестерінчастих пресів – пари зубчастих коліс, що знаходяться у зачепленні й обертаються назустріч одне одному. Вихідна сировина нагнітається зубцями в отвори, утворені установкою шестерень. Гранули, що виходять з отворів, зрізуються нерухомими ножами.

Циліндричні витискуючі преси – два циліндри з отворами на всій поверхні. При обертанні їх назустріч один одному маса захоплюється циліндрами і протискується через отвори всередину циліндра, де гранули зрізуються ножами.

Шестерінчасті та циліндричні преси застосовують при виробництві гранул діаметром 10...13,5мм.

**Третій тип:** шнекові гранулятори, які можуть бути циліндричними і конічними, одно- і двох шнековими, з горизонтальним і вертикальним розташуванням шнеків. У кожному з них сировина захоплюється шнеком, переміщується, додатково подрібнюється, перетирається, нагнітається до матриці й протискується через отвори відповідного діаметра. Гранули, що виходять з матриці, зрізуються обертовими або нерухомими ножами. У таких пресах застосовують плоскі й сферичні (сегментні) нерухомі матриці, розташовані вертикально або горизонтально. Шнекові преси використовують для отримання гранул вологим способом.

**Четвертий тип:** преси з плоскою горизонтальною обертовою матрицею, через отвори якої матеріал протискується пресуючими вальцями і формується в гранули. Вальці можуть бути конічними (зрізаний конус) або циліндричними. Вони обертаються від дотику з матрицею (пасивні вальці) або мають індивідуальний привод (активні вальці). Недоліки: через різницю в колових швидкостях нерівномірно зношуються матриці й вальці; викидається матеріал під дією відцентрових сил до периметра матриці і, як наслідок, нерівномірно навантажується робоча поверхня.

**П'ятий тип:** преси з кільцевою горизонтальною або вертикальною обертовою матрицею. Через формуючі отвори матриці матеріал протискується пресуючими вальцями (активними або пасивними). Головна особливість робочих органів та, що лінійні швидкості кільцевої матриці і пресуючого вальця у точці їхнього дотику рівні, тобто відсутнє тертя ковзання і весь тиск використовується для пресування матеріалу.

**Найбільше використовуються преси з вертикальною кільцевою обертовою матрицею. Їх переваги:** можливість швидкої та легкої заміни матриць і вальців при переході з одного діаметра гранул на інший, зручне регулювання зрізувальних ножів, надійний захист підшипників від потрапляння в них пресуючого матеріалу (комбікорму).

Досить поширений прес ДГ, призначений для гранулювання комбикормів способом сухого пресування.

З преса гранули надходять в охолоджувальну установку. Після охолодження температура гранул перевищує температуру навколишнього середовища на 5...6°C.

Прес ДГ у комплекті має 7 матриць з отворами діаметром 3; 5; 8; 10; 12; 17 і 19мм і пристосування для виробництва крупки з гранул. Продуктивність його 8...10т/год, розрахункова потужність – 78кВт, витрата пари – 500...600кг/год.

При використанні в'язучих речовин (солоного гідролу або суміші меляси і кукурудзяного екстракту у співвідношенні 1:1) відпадає необхідність у застосуванні пари, продуктивність установки підвищується на 30%, витрати на виробництво 1т кормів знижуються на 15%.

Обладнання ОГМ-0,8А та ОГМ-1,5 (рис. 13.4) призначене для гранулювання трав'яного борошна і працює в комплекті з агрегатами для його приготування.

Прес-гранулятор у комплекті має 5 змінних матриць із формуючими отворами діаметром 6; 8; 10; 12 і 16мм.

Продуктивність ОГМ-1,5 і ОГМ-0,8А відповідно складає 1,6...1,8 і 0,9...1,1т/год. Сумарна потужність електродвигунів – 98 і 59,8кВт відповідно. Обслуговує установки один оператор.

**Продуктивність пресів з обертовою матрицею, кг/с, визначають за формулою**

$$Q = \frac{\pi \cdot d_0^2}{4} \cdot \Delta l \cdot z_0 \cdot z_n \cdot \rho \cdot n_m, \quad (13.4)$$

де  $d_0$  – діаметр формуючого отвору матриці, м;

$\Delta l$  – товщина шару матеріалу, що запресовується в отвір матриці,

$$\Delta l = (4 \dots 6) \cdot 10^{-4} \text{ м};$$

$z_0$  – число формуючих отворів у матриці;

$z_n$  – число пресуючих вальців;

$\rho$  – густина матеріалу у момент пресування, кг/м<sup>3</sup>;

$n_m$  – частота обертання матриці, с<sup>-1</sup>.

Виражаючи частоту обертання матриці через кутову швидкість  $w_m$ , отримують інший вираз для визначення продуктивності, кг/с. Тобто

$$Q = 0,125 \cdot d_0^2 \cdot \Delta l \cdot z_0 \cdot z_n \cdot \rho \cdot w_m. \quad (13.5)$$

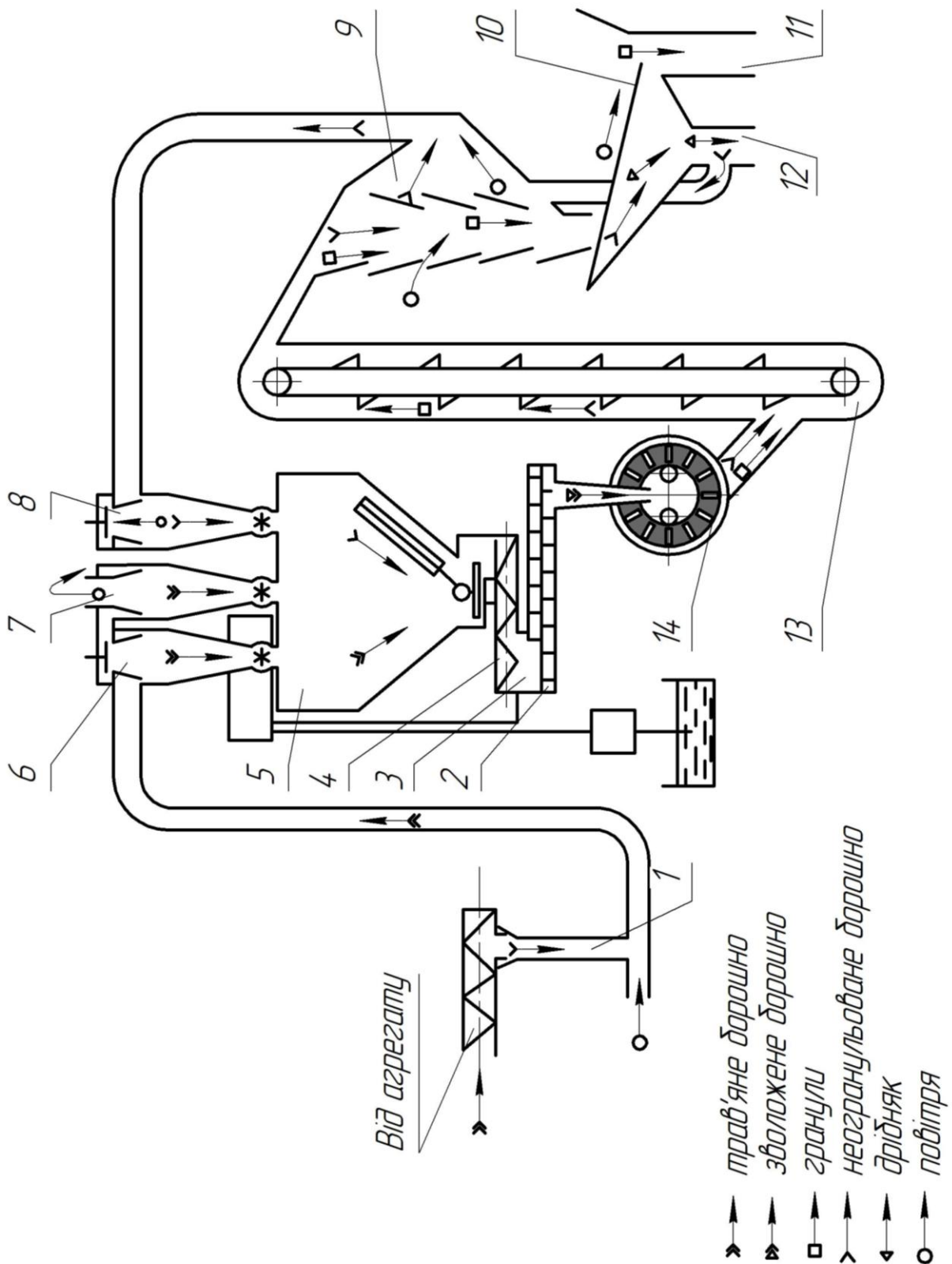


Рисунок 13.4. Технологічна схема обладнання ОГМ-1,5 для гранулювання трав'яного борошна:

1 – забірник; 2 – змішувач; 3 – зволожувач; 4 – шнек-дозатор; 5 – бункер; 6, 7, 8 – циклони; 9 – охолоджувальна колонка; 10 – сортувальна установка; 11 – відбірник гранул; 12 – відбірник дрібняку (крихти); 13 – норія; 14 – прес-гранулятор.

### 13.4. Преси для брикетування кормів

Для брикетування кормів застосовуються такі типи пресів: штемпельні (з відкритою і закритою матрицею), вальцьові, кільцеві, шнекові й мундштукові. У комбікормовій промисловості використовують здебільшого преси штемпельного типу. Вони бувають одно-, дво- і чотириштемпельними. Найбільшого поширення набули одно- і двоштемпельні.

Перетворення сипучої маси на брикет у штемпельних пресах здійснюється в матричному каналі під дією штемпеля, що робить зворотно-поступальні рухи. Поперечний перетин матричного каналу визначає форму брикету.

Пресовані розсипні комбікорми або повнораціонні суміші мають пружні властивості. Тому для отримання з них міцних брикетів необхідно забезпечити відносно високий питомий тиск пресування і витримку брикетів протягом деякого часу під тиском.

У пресах штемпельного типу з відкритою матрицею час витримки брикету під тиском визначається швидкістю проходження його через матричний канал. Процес утворення брикету в штемпельному пресі показано на рис. 13.5.

У вихідному положенні *I* штемпеля 1 комбікорм подається згори в матричний канал 2. При переміщенні штемпеля в положення *II*, корм, що піддається пресуванню, буде проштовхуватися ним у матричний канал, при цьому завантажувальний отвір 3 каналу перекривається штемпелем.

У положенні *III* штемпеля відбувається початкове ущільнення комбікорму із видаленням газової фази і утворенням брикету. У міру росту деформацій процес пресування протікає з поступовим збільшенням питомого тиску пресування. Тиск, який діє на комбікорм, що брикетується, в міру його ущільнення передається наступному спресованому брикету і далі всій брикетній стрічці.

У положенні *IV* штемпель проштовхує всю стрічку брикетів, яка знаходиться перед ним, на відстань, що дорівнює товщині знову утвореного брикету. При зворотному ході штемпель відкриває завантажувальний отвір 3 і переміщається у вихідне положення. Потім весь цикл повторюється у тій же послідовності.

Час витримки брикету під тиском у пресах штемпельного типу залежить від середньої товщини брикету, довжини матричного каналу і числа ходів штемпеля за хвилину.

Визначають час витримки брикету,  $s$ , за формулою

$$T = 60 \frac{l}{b \cdot n}, \quad (13.6)$$

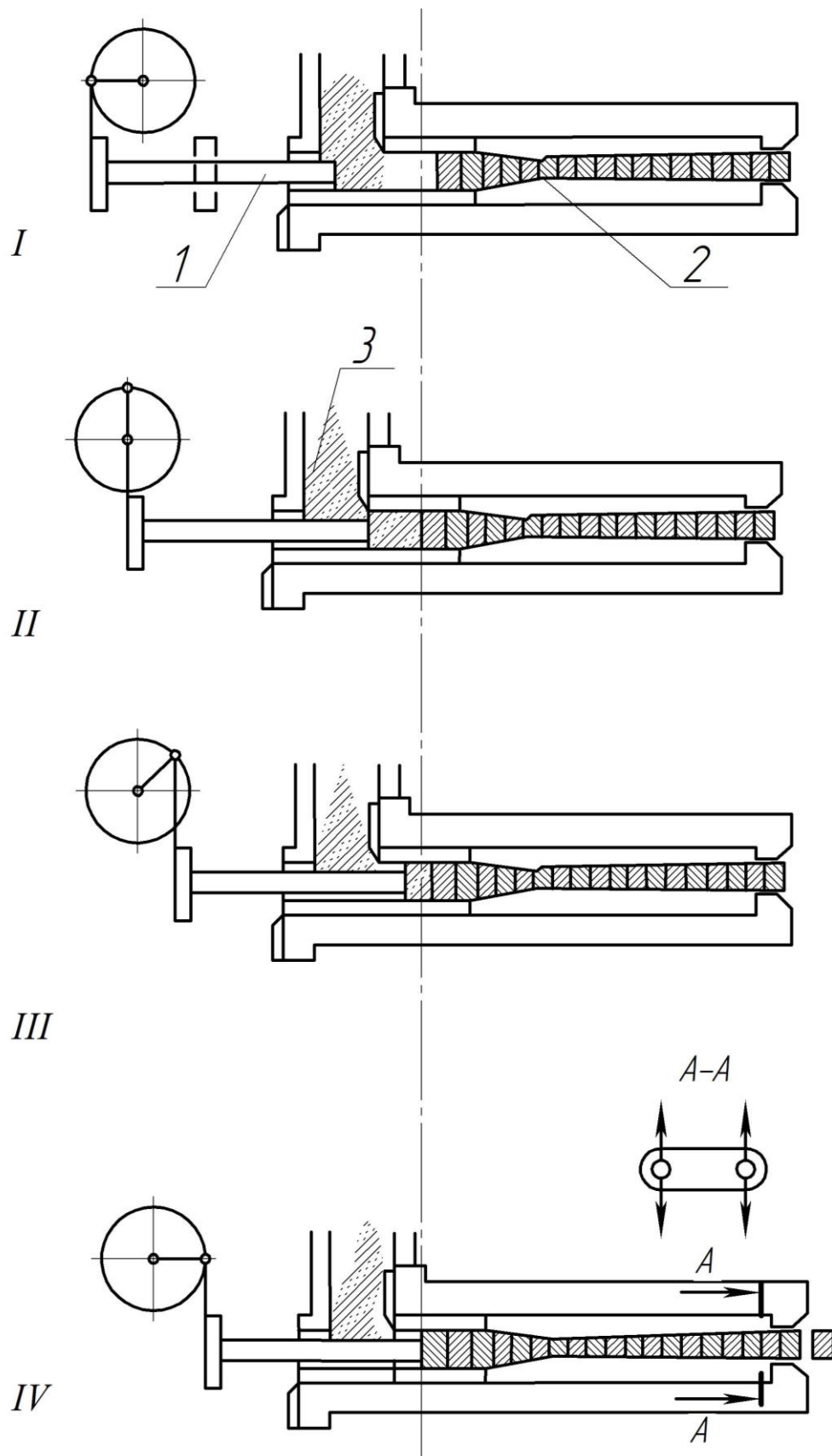


Рисунок 13.5. Схема утворення брикету в пресах штемпельного типу з відкритою матрицею:

1 – штемпель; 2 – матричний канал; 3 – живильний пристрій.



де  $l$  – довжина матричного каналу (пресуючої частини), мм;

$b$  – середня товщина брикету, мм;

$n$  – число ходів штемпеля за хвилину.

Штемпельні преси, що застосовуються для виробництва кормових брикетів, розвивають питомий тиск пресування до 120...150МПа, а довжина їхніх матричних каналів буває до 1м, що забезпечує витримку брикету під тиском протягом 17...25с.

Для брикетування грубих кормів застосовують преси ПБС-3, ПБС-6.

При визначенні продуктивності штемпельних брикетних пресів розрізняють штучну і масову продуктивність.

**Штучну теоретичну продуктивність штемпельного преса, шт/год, визначають за формулою**

$$Q_{шт} = 60 i \cdot n , \quad (13.7)$$

де  $i$  – число штемпельів у пресі;

$n$  – число ходів штемпеля за хвилину або обертання колінчастого вала преса за хвилину.

**Масову теоретичну продуктивність штемпельного преса, кг/год, визначають за формулою**

$$Q_{м} = 60 i \cdot n \cdot q , \quad (13.8)$$

де  $q$  – маса одного брикета, кг.

### **13.5. Комплекти обладнання для пресування кормів**

Застосування багатокомпонентних гранульованих і брикетованих кормових сумішей, збалансованих за поживністю залежно від вікових груп тварин, набуває значного поширення. Як вихідний матеріал для приготування таких кормів використовують відходи рослинництва – соломку, яку попередньо обробляють розчином їдкої натрію, що забезпечує підвищення її поживної цінності в 1,2...2 рази. Це сприяє кращому поїданню тваринами, тобто раціональніше використовуються кормові ресурси.

Для виробництва багатокомпонентних пресованих кормових сумішей промисловість випускає спеціальні комплекти обладнання.

Комплекти ОПК-3 (рис. 13.6) і ОПК-2 мають змінні матриці, що дозволяє виготовляти з різних кормових сумішей як брикети, так і гранули.

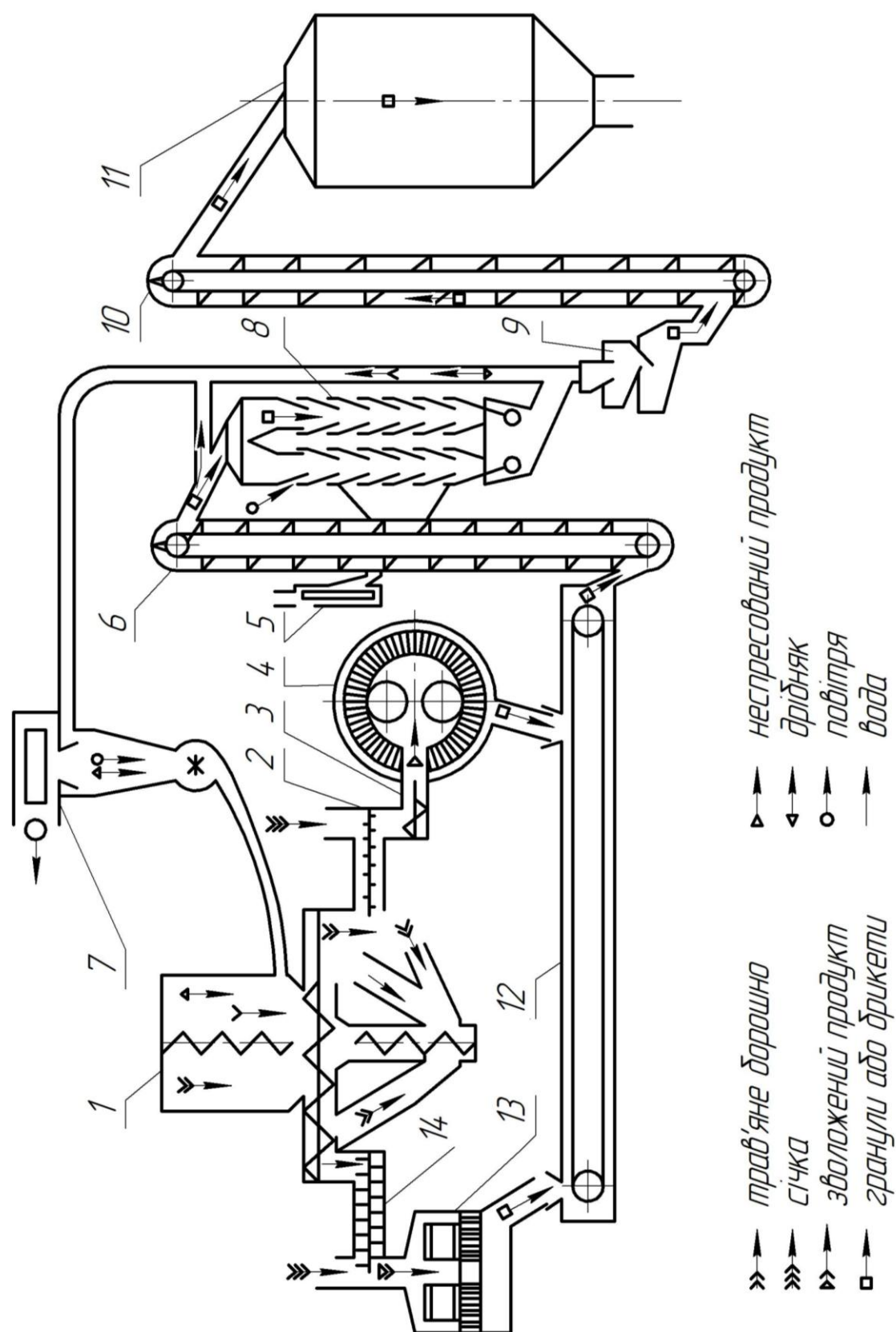


Рисунок 13.6. Технологічна схема обладнання ОПК-3 для пресування кормів:

1 – дозатор; 2 – змішувач; 3 – живильник; 4 – прес; 5, 7 – вентилятори; 6, 10 – норії; 8 – охолоджувальна колонка; 9 – автоматичні ваги; 11 – накопичувальний бункер; 12 – стрічковий транспортер; 13 – прес-брикетувальник; 14 – змішувач.

При брикетуванні кормів встановлюють вертикальну кільцеву матрицю з розмірами отворів 34мм×34мм, а при гранулюванні використовують матриці з діаметрами отворів 5, 10 і 14мм.

При брикетуванні трав'яна або солом'яна різка подається до забірника і вентилятором засмоктується в циклон. Звідти потрапляє на транспортер-живильник, де потік маси вирівнюється бітерним пристроєм і спрямовується в змішувач-живильник. Одночасно у нього можна подавати суху пару або воду, в'язучий розчин для кондиціонування матеріалу перед пресуванням. Зволожена у змішувачі різка рівномірно надходить у камеру пресування. Отримані брикети транспортером і норією подаються в охолоджувальну колонку на охолодження і подальше сортування. Цілі брикети через камеру надходять на зберігання, а неспресована маса (крихта, пил) відсмоктується через циклон і транспортером подається у змішувач преса. Брикети охолоджуються повітрям від вентилятора.

При брикетуванні повнораціонних кормових сумішей у змішувач-живильник одночасно з трав'яною або солом'яною різкою подають дозатором концентровані корми і трав'яне борошно, які попередньо завантажують у накопичувальний бункер-змішувач за допомогою завантажувального транспортера.

При використанні обладнання ОПК-2 для гранулювання кормів трав'яне борошно і концентрати подають у змішувач з накопичувального бункера-змішувача, а обладнання для подавання різки відмикають.

Усі інші операції виконуються аналогічно описаним вище.

Обладнання ОПК-2 доцільно використовувати у комплекті з агрегатом для приготування вітамінного трав'яного борошна АВМ-1,5 або з іншим аналогічним агрегатом.

Продуктивність ОПК-2 при гранулюванні трав'яного борошна з діаметром гранул 10мм складає 1700, комбікорму – до 6000кг/год, при брикетуванні трав'яної різки – 1700, повнораціонних кормових сумішей на основі грубих кормів – 1500...2500кг/год.

### **13.6. Обладнання для приготування амідоконцентратних добавок**

Застосування амідоконцентратних добавок (надалі АКД) дозволяє ефективніше використовувати азотисті з'єднання і повністю механізувати процес їх введення до раціону жуйних тварин.

Для приготування АКД є два способи: суха і волога екструзія з гідротермічною обробкою вихідної суміші в спеціальних пресах-екструдерах.

**При сухій екструзії** ретельно перемішана суміш подрібненого зерна (70...80%), карбаміду (15...20%) і бентоніту натрію (5%) завантажується в екструдер і в міру просування у кількох місцях піддається стискуванню. У цих місцях продукт дроселюється за допомогою кілець, що звужуються, і парових затворів. Причому частина продукту протискується шнеком через зазор  $У$ , а частина, повертаючись горизонтальними пазами назад, стискується і знову подається шнеком вперед. Розміри зазорів  $В$  та  $С$  визначають величину тиску (2...4МПа). Під дією тиску крохмаль подрібненого зерна жалатинізується, утворюючи легко перетравлювані вуглеводи. Кінцевий етап екструзії – протискування матеріалу через регульований зазор  $А$ , де здійснюється формування гранул.

За методом сухої екструзії працює прес-екструдер КМЗ-2. Робочий орган – це нагнітальний шнек, виконаний як набір окремих секцій, між якими встановлено компресійні кільця. Продуктивність преса 500кг/год.

**При вологій екструзії** у вихідну суміш не включають бентоніт натрію. Обробку суміші здійснюють парою і водою під високим тиском безпосередньо у самому екструдері або в спеціальних камерах. Така гідротермічна обробка прискорює процес готування концентрату, зменшує зношення робочих органів і на 50% знижує енергоємність процесу.

Готування АКД методом екструзії має ряд переваг порівняно з іншими. Наявність крохмальної оболонки сприяє повільному розпаду карбаміду у рубці жуйних тварин під дією ферменту уреазі і, отже, повнішому використанню азоту за рахунок мікробіологічного білка.

### 13.7. Розрахунок основних параметрів гранулятора

Вихідні дані для розрахунку параметрів гранулятора: зоотехнічні вимоги до технології пресування (гранулювання або брикетування), розміри, густина та показники якості отримуваних монолітів (гранул або брикетів).

Розрахунок преса проводять на задану продуктивність і виконують у такій послідовності.

Розробляють конструктивно-технологічну схему преса, вибирають його тип, число вальців, форму і розміри поперечного перетину каналів пресування, спосіб регулювання густини монолітів.

Визначають довжину,  $m$ , каналу пресування за формулою

$$L = \frac{P_{\max} \cdot S_{\kappa}}{f_{ст} \cdot \varphi \cdot P_{ун} \cdot \Pi_{\kappa}}, \quad (13.9)$$

де  $P_{\max}$  – максимальний осьовий тиск пресування, МПа;

$S_k$  – площа поперечного перетину каналу, м<sup>2</sup>;

$f_{cm}$  – коефіцієнт тертя спокою,  $f_{cm} = 0,1$ ;

$\varphi$  – коефіцієнт бокового тиску (розширення),  $\varphi = 0,4 \dots 0,5$ ;

$P_{yn}$  – нормальний тиск на упорі, МПа;

$\Pi_k$  – периметр поперечного перетину каналу, м.

Максимальний осьовий тиск пресування визначають за формулою

$$P_{\max} = C \left[ e^{a(\rho_1 - \rho_0)} - 1 \right], \quad (13.10)$$

де  $C$  і  $a$  – постійні для даного матеріалу коефіцієнти, які визначають опір матеріалу стиску і залежать від його структурно-механічних властивостей – міцності, величини частинок і вологості, наведені у таблиці 13.1;

$e$  – основа натуральних логарифмів;

$\rho_1$  – густина пересування, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_0$  – початкова густина матеріалу, кг/м<sup>3</sup>.

Таблиця 13.1

Значення параметрів  $C$  і  $a$  для сіно-соломистих матеріалів

Матеріал	Вологість, %	$a$ , (м <sup>3</sup> /кг)·10 <sup>3</sup>	$C$ , МПа
Люцерна	16,0	4,61	0,33
Конюшина	16,0	4,95	0,34
Ковильно-типчакове сіно	16,0	5,35	0,44
Тимофіївка	9,4	5,10	0,50
Трав'яне борошно	14,7	5,20	0,36
Солома	10,3	5,10	0,59

Площу поперечного перетину, м<sup>2</sup>, круглого каналу визначають

$$S_k = \pi \cdot d_k^2 / 4, \quad (13.11)$$

де  $d_k$  – діаметр каналу, м.

Нормальний тиск на упорі визначають за формулою

$$P_{yn} = (0,1 \dots 0,45) P_{\max}. \quad (13.12)$$

Периметр поперечного перетину круглого каналу

$$\Pi_k = \pi \cdot d_k \cdot \quad (13.13)$$

Площу робочої поверхні матриці,  $m^2$ , зумовлену заданою продуктивністю  $q$ , кг/с, визначають за формулою

$$S_M = \frac{q \cdot t_{обр}}{K_L \cdot L \cdot c_M \cdot \rho}, \quad (13.14)$$

де  $t_{обр}$  – час перебування моноліту в каналі пересування: при гранулюванні трав'яного борошна  $t_{обр} = 16 - 18$  с, при брикетуванні кормових сумішей  $t_{обр} = 23 - 25$  с;

$K_L$  – коефіцієнт перфорації матриці: для грануляторів

$$K_L = 0,4 - 0,5, \text{ для брикетувальників } K_L = 0,7 - 0,75 ;$$

$c_M$  – коефіцієнт, що враховує розширення монолітів після виходу з каналів,  $c_M = 1,1$ .

Визначають число каналів пресування

$$Z_k = S_M / S_k \cdot \quad (13.15)$$

Визначають висоту шару  $H$  у зоні захвату вальцем пресуючого матеріалу. Для того, щоб валець міг захопити шар сипучого матеріалу і потім його стиснути, необхідно, щоб він був розміщений відносно матриці з урахуванням кута пресування  $\alpha$  (рис. 13.7) і має виконуватися умова

$$\gamma = \phi, \quad (13.16)$$

де  $\gamma$  – кут між радіусами вальця  $OA_2$  і матриці  $OA_1$ , проведений через точку захоплення  $A$  ;

$\phi$  – кут тертя матеріалу по поверхні вальця;  $\phi = 25^\circ - 35^\circ$  (коефіцієнт тертя  $f_\phi = 0,5 - 0,7$ ).

Кут пресування матеріалу визначають із виразу

$$\alpha \leq \frac{\phi}{1 - \frac{r}{R}}. \quad (13.17)$$

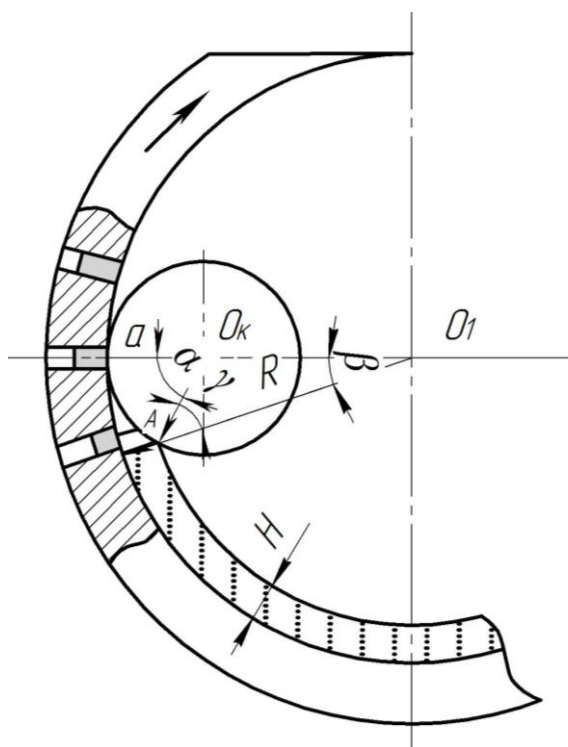


Рисунок 13.7. Конструктивно-технологічна схема преса

Необхідність компактного розміщення вальців призводить до того, що співвідношення між радіусами вальця і матриці ( $r/R$ ) змінюється у вузьких межах. У конструкціях пресів при двох вальцях  $r/R = 0,42 - 0,45$  ; при трьох –  $r/R = 0,4 - 0,42$  .

При вибраному співвідношенні й з урахуванням кута пресування  $\alpha$  висоту шару матеріалу, що пресується, визначають за формулою

$$\frac{H}{r} = \left( \frac{R}{r} \right) \cdot \left[ 1 - \sqrt{1 - 2 \frac{r}{R} \cdot \left( 1 - \frac{r}{R} \right) \cdot (1 - \cos \alpha)} \right]. \quad (13.18)$$

Визначають продуктивність преса  $q$  , кг/с, за формулою

$$q = (S_k \cdot Z_k \cdot L \cdot \rho \cdot \beta) / t_{обр} , \quad (13.19)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт заповнених каналів матеріалом, що враховує використання живого перетину матриці,  $\beta = 0,05$  .

Визначають силу тертя  $F_{ТР}$  , Н, яка виникає при русі моноліту каналом пресування

$$F_{ТР} = f_{ст} \cdot \varphi \cdot P_{ун} \cdot \Pi_k \cdot L . \quad (13.20)$$

Визначають середню швидкість переміщення моноліту, м/с, каналом пресування

$$V_{cp} = L / t_{обр} . \quad (13.21)$$

Визначають частоту обертання матриці

$$n_{\min} = 2\pi \sqrt{g (R_H \cdot \sin \phi)} ; \quad (13.22)$$

$$n_{\max} = 2\pi \sqrt{G_p (b \cdot R_H \cdot d \cdot \rho)} , \quad (13.23)$$

де  $g$  – прискорення вільного падіння,  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ ;

$G_p$  – руйнівне напруження відриву в моноліті, Па;

$R_H$  – зовнішній радіус матриці-кільця, м;

$b$  – відношення довжини моноліту до його поперечного перетину;

$d$  – поперечний перетин моноліту (діаметр, сторона квадрата), м;

$\rho$  – густина моноліту,  $\text{кг/м}^3$ .

Визначають потужність, кВт, для пресування за формулою

$$N_{PP} = 10^{-3} F_{TP} \cdot V_{cp} \cdot Z , \quad (13.24)$$

де  $Z$  – число каналів, в яких одночасно проводиться пресування,

$$Z = (Z_k \cdot Z_B \cdot \alpha) / 360 , \quad (13.25)$$

де  $Z_B$  – число пресуючих вальців.

Визначають потужність, кВт, на привод преса у роботу без урахування привода обслуговуючих механізмів (вентиляторів)

$$N_{II} = \frac{N_{PP} + N_{XX}}{\eta_{mp} \cdot \eta_{дв}} , \quad (13.26)$$

де  $N_{XX}$  – потужність холостого ходу преса, кВт;

$\eta_{mp}$ ,  $\eta_{дв}$  – коефіцієнт корисної дії трансмісії й електродвигуна при нормальному навантаженні.



## **Лекція 14**

### **МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РОЗДАВАННЯ КОРМІВ**

**14.1. Вимоги до роздавачів кормів.**

**14.2. Класифікація кормороздавальних пристроїв.**

#### **14.1. Вимоги до роздавачів кормів**

Процес роздавання кормів на тваринницьких та птахівничих фермах є найбільш трудомістким і займає 30-40% від загальних затрат праці на обслуговування тварин та птахів. Виконується він кормороздавачами. Своєчасне роздавання кормів та рівномірне їх дозування впливає на ефективність усіх зоотехнічних заходів з годівлі тварин і птахів.

**Кормороздавачі виконують дві операції** – транспортування й дозоване розподілення корму вздовж фронту годівлі.

Для механізації процесу доставки і роздавання сухих, рідких і напіврідких кормів використовують кормороздавальні машини та пристрої мобільного (пересувного) і стаціонарного типів.

**Вибір засобів роздавання кормів** та ефективно їх використання **визначається такими факторами**: структурою кормів, способом згодовування, типом тваринницьких будівель, способом утримання тварин і птахів та розміром ферм.

**Вимоги до кормороздавальних пристроїв** можна поділити на **зоотехнічні й технічні**.

Зоотехнічні вимоги поділяють на загальні, які стосуються більшості тваринницьких ферм, і спеціальні, які стосуються технологічного процесу, що здійснюється кормороздавальними пристроями.

##### **Зоотехнічні вимоги до роздавачів кормів:**

- повинні бути універсальними щодо роздавання кормів і кормових сумішей з різними фізико-механічними властивостями;

- мають бути прості за будовою, надійні та зручні в експлуатації;

- мають забезпечувати високу рівномірність і точність роздавання кормів;

- мають забезпечувати роздавання кормів з допустимими відхиленнями від норми; відхилення дози видавання для стеблових кормів не повинно перевищувати  $\pm 15\%$ , концкормів –  $\pm 5\%$ ; мінімальні втрати корму не повинні перевищувати 1% від кількості, що роздається;

- не повинні розшаровувати кормосуміш за фракціями і не допускати погіршення якості корму та його втрат, не допускати забруднення корму;

- робочі органи не повинні піддаватися корозії, легко очищуватися від залишків корму та забезпечувати безпечні умови для обслуговуючого персоналу і тварин;

- забезпечувати час роздавання кормів в одному приміщенні до 30хвилин для мобільних і 20 хвилин для стаціонарних роздавачів.

**Основні технічні вимоги до установок і механізмів, призначених для роздавання кормів** тваринам і птиці:

1. Кожна машина повинна забезпечувати високоякісне виконання операцій із роздавання кормів в умовах тривалої експлуатації і мати високу техніко-економічну ефективність. Використання нової машини має покращувати умови та підвищувати продуктивність праці, знижувати витрати на роздавання 1кг корму.

2. Керування роботою машини має здійснюватися з одного місця і бути максимально автоматизованим. При дистанційному керуванні слід передбачати можливість переходу на місцеве керування для налагоджувальних і ремонтних робіт.

3. Привод машин повинен мати запобіжні пристрої для захисту від пошкодження і поломок робочих органів при перевантаженнях або при їх заклинюванні. Необхідно мати захист електродвигунів від перевантажень, а також їх автоматичне вимкнення при аваріях.

4. Електродвигуни й електрообладнання мають бути водо- і пилозахищеними, вибухо- і пожежобезпечними.

5. Усі деталі машин, які обертаються, рухаються та створюють небезпеку для обслуговуючого персоналу, повинні бути захищені кожухами. У машинах необхідно обладнувати звукову або світлову систему сигналізації.

6. Робота машин має бути плавною і безшумною (шум не повинен перевищувати 80–85дб). Для запобігання руйнівній дії вібрації всі деталі машин, які обертаються і швидко рухаються, необхідно відбалансовувати і врівноважувати.

7. Фарбування кормороздавальних механізмів і машин має надійно захищати їх поверхні від корозії. Колір покриття вибирають з урахуванням фізіолого-гігієнічних вимог (мінімальне зорове і загальне стомлювання, підвищення працездатності обслуговуючого персоналу) та санітарних вимог (зручність виявлення забрудненості та очищення машини). Рекомендується фарбувати машини в помаранчевий, помаранчево-жовтий, жовто-зелений та блакитно-зелений кольори. Ободи пасів, шпиці коліс, загорожі передач та інші небезпечні місця фарбують у червоний, червоно-помаранчевий кольори, а змащувальні пристрої рідкого та густого мастила – у помаранчевий колір.

До пересувних кормороздавачів є **спеціальні вимоги**. Вони повинні:

- бути стійкі в робочому і транспортному положеннях, з кормами і без них;

- передавати корми на стаціонарні кормороздавальні пристрої без будь-яких переналагоджень;

- заїжджати у тваринницькі приміщення без розбірно-складальних робіт (габаритні розміри мають це дозволяти);

- мати висоту вивантаження таку, щоб забезпечувалося передавання корму із кормороздавача в годівниці без втрат і турбування тварин;
- мати високу маневреність, тобто можливість поворотів і розворотів на обмеженій площадці;
- мати малу вагу при надійному зчепленні з ґрунтом (підлогою) і невеликий питомий тиск на ґрунт, що забезпечує легкість переміщення машин і збереження твердих покриттів під'їзних шляхів;
- мати гідравлічні системи для керування механізмами з місця оператора;
- мати системи під'єднання до мережі, які б забезпечували роботу і переміщення машини без частих перемикачів.

## 14.2. Загальна класифікація кормороздавальних пристроїв

Роздавання кормів підпорядковують **способу годівлі**: нормованій індивідуальній, нормованій груповій або ненормованій. **Нормована індивідуальна годівля** може бути реалізована при прив'язному (зафіксованому) способі утримання тварин або у випадку застосування автоматизованої системи управління технологічними процесами; **нормована групова** – при безприв'язному (безприв'язно-боксовому) утриманні. **Ненормована годівля** застосовується за умови достатньої кількості грубих кормів і безприв'язного утримання, коли годівля тварин здійснюється безпосередньо зі скірт і бургів із застосуванням пересувних решіток або годівниць, встановлених на кормових майданчиках.

Загальна класифікація кормороздавачів наведена на рис. 14.1.

**Роздавання кормів** можна здійснювати **механічним, гідравлічним і пневматичним способами**.

Засоби для роздавання кормів за **конструктивним виконанням** поділяють на два типи: стаціонарні й мобільні.

**За призначенням** кормороздавачі поділяють на універсальні, для стеблових кормів, для сухих сипучих сумішей, для вологих розсипних сумішей, для рідких кормів і кормових сумішей.

**Мобільні (пересувні) кормороздавачі** за типом агрегування поділяють на самохідні, вмонтовані, начіпні й причіпні. За видом використовуваної енергії – електрифіковані, тракторні й автомобільні. Електрифіковані поділяють на акумуляторні, з кабельним живленням, і тролейні. Електрифіковані за типом ходових систем поділяють на підвісні, наземні рейкові й наземні безрейкові.

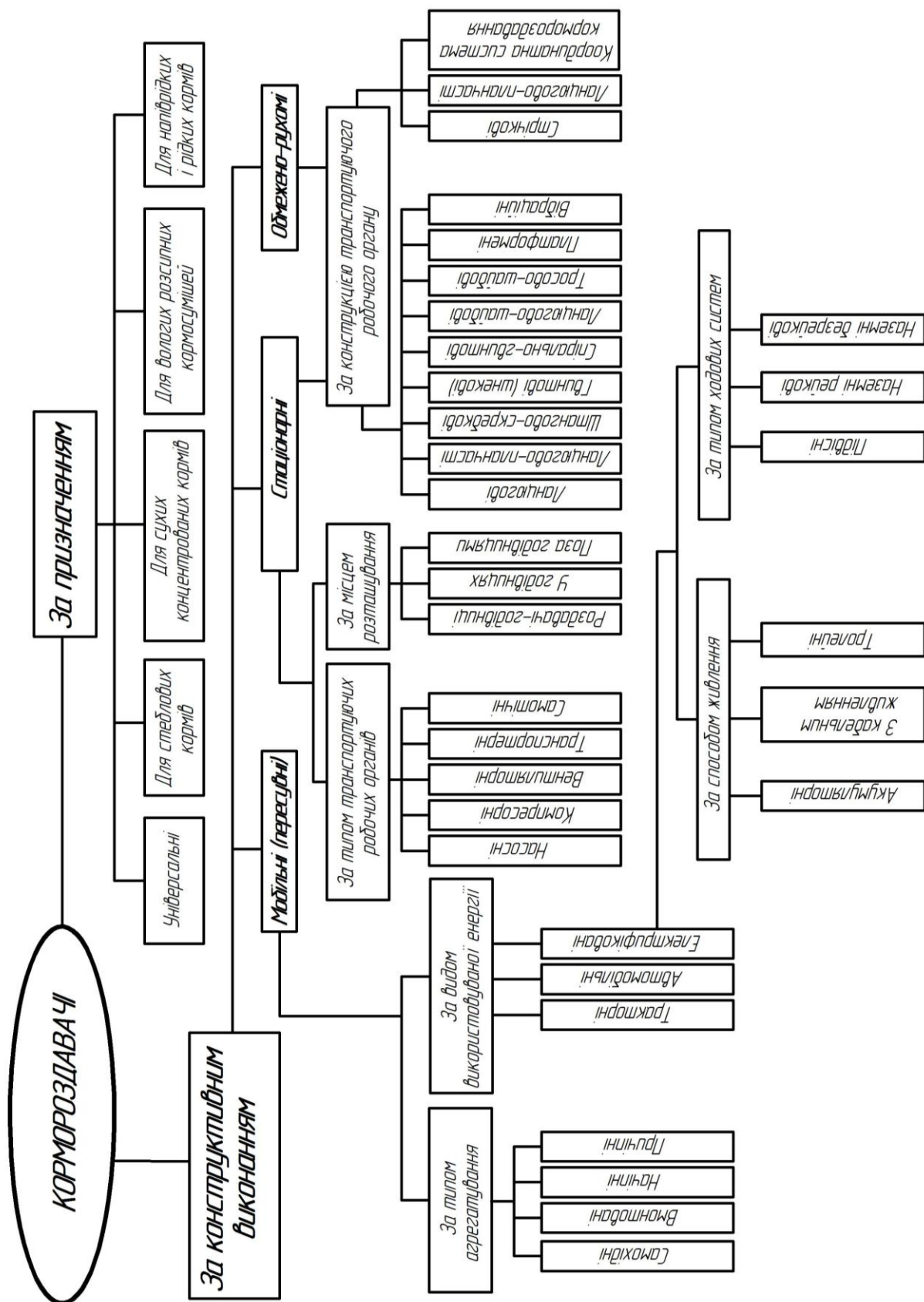


Рисунок 14.1. Загальна класифікація кормороздавачів

Класифікаційні ознаки мобільних кормороздавальних пристроїв наведені у табл. 14.1.

Найважливіші класифікаційні ознаки – це типи основних робочих органів і способи агрегування машин з енергетичними засобами.

**Пересувні кормороздавачі** складаються з бункера, який встановлюється на ходову частину; робочого органу, який забирає корм із бункера, і робочого органу, який приймає цей корм та вивантажує його безпосередньо в годівниці. Механізми, які забирають корм із бункера, як правило, одночасно є дозуючими пристроями, які забезпечують видавання необхідної кількості кормів для кожної тварини.

Тракторні й автомобільні кормороздавачі мають кузов великої місткості (5–15м<sup>3</sup>) і використовуються на фермах ВРХ, відгодівельних свинофермах, птахівничих фермах для перевантаження кормів у стаціонарні кормороздавачі.

Самохідні кормороздавачі з приводом від електродвигуна в основному використовують на свинарських та птахівничих фермах.

**Стаціонарні кормороздавачі** за місцем розташуванням поділяють (див. рис. 14.1) на роздавачі-годівниці, розташовані в годівницях і поза годівницями. За типом транспортуючих робочих органів – насосні, компресорні, вентиляторні, транспортерні й самотічні. Транспортуючі робочі органи можуть бути ланцюгові, ланцюгово-планчасті, штангово-скребкові, гвинтові (шнекові), спіральні-гвинтові, ланцюгово-шайбові, тросово-шайбові, платформені та вібраційні.

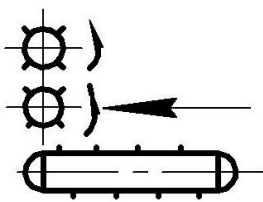
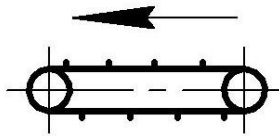
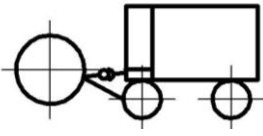
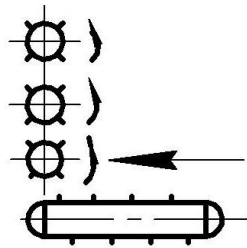

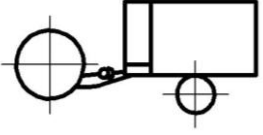
**Стаціонарні кормороздавачі** – це транспортери різного типу в поєднанні з бункером і дозуючим пристроєм. Використовуються вони як на тваринницьких, так і на птахівничих фермах. Привод таких кормороздавачів здійснюється від електродвигунів.

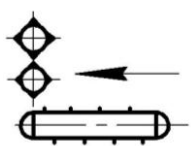
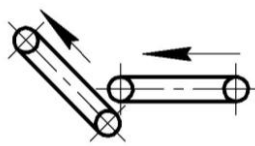
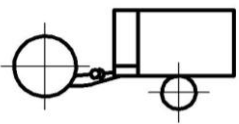
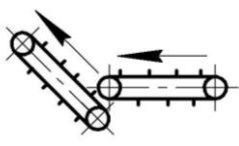
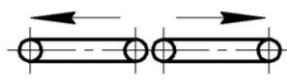
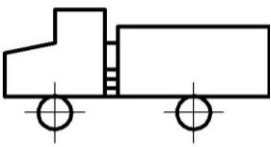

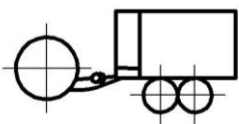
Класифікаційні ознаки стаціонарних кормороздавальних пристроїв наведені у табл. 14.2.

Велика кількість різновидностей сучасних кормороздавальних пристроїв утворено різним комбінуванням робочих органів і вузлів та різними способами їх агрегування з енергетичними засобами. Рациональність вибору того чи іншого поєднання робочих органів або способу агрегування залежить від фізико-механічних властивостей кормів і способу утримання тварин та птиці.

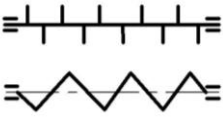

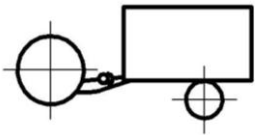
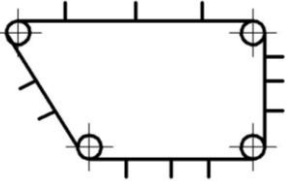

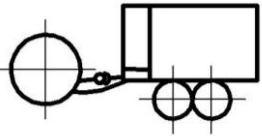
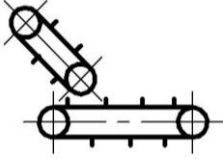

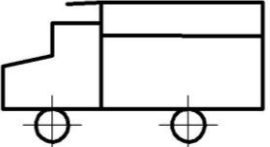
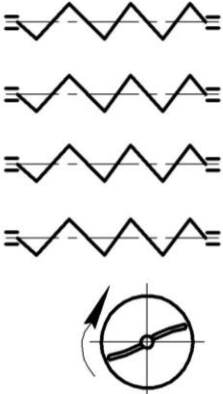

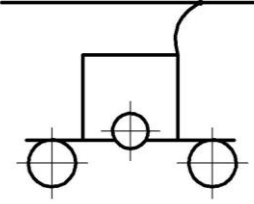
*Для роздавання кормів на фермах ВРХ застосовують стаціонарні ланцюгово-планчасті й стрічкові кормороздавачі, розташовані в годівницях типу ТВК-80, платформені типу РКУ-200, стрічкові РК-50, розташовані над годівницею, стрічкові кормороздавачі-годівниці КЛІА-75 та інші.*

## Класифікаційні ознаки мобільних кормороздавальних пристроїв

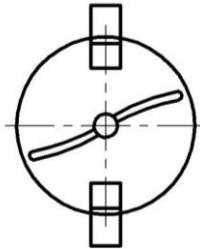
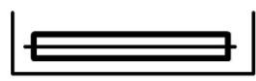
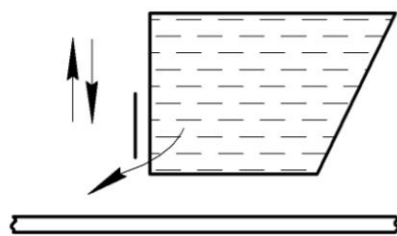
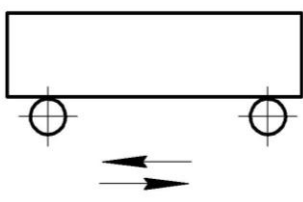
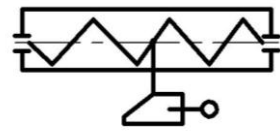

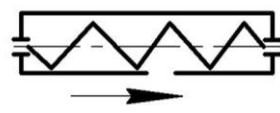

Призначення	Тип			Спосіб приводу робочих органів і регулювання норм видавання корму
	Подаючого та дозуючого пристроїв	Вивантажувального пристрою	Роздавача	
1	2	3	4	5
Роздавання грубих і соковитих кормів на фермах ВРХ	<p>Ланцюгово-планчастий транспортер із двома бітерами</p> 	<p>Скребковий транспортер</p> 	<p>Причіпний</p> 	Від вала відбору потужності трактора або автомобіля
	<p>Ланцюгово-планчастий транспортер із трьома бітерами</p> 	<p>Стрічковий транспортер</p> 	<p>Напівначіпний</p> 	

1	2	3	4	5
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Роздавання грубих і соковитих кормів на фермах ВРХ</p>	<p>Ланцюгово-планчастий транспортер із шнековими бітерами</p> 	<p>Горизонтальний і похилий транспортери (стрічковий або скребковий)</p> 	<p>Напівначіпний з ведучою віссю</p> 	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Зміною числа обертів приводного вала при безперервній передачі</p>
	<p>Горизонтальний і похилий ланцюгово-планчастий транспортер</p> 	<p>Транспортер із двостороннім роздаванням (стрічковий або ланцюгово-планчастий)</p> 	<p>Самохідний</p> 	
	<p>—</p>	<p>Шнек</p> 	<p>Напівначіпний</p> 	



1	2	3	4	5
Роздавання вологих мішанок, напіврідких і сухих кормів	<p>Шнек із мішалкою</p> 	<p>Горизонтальний шнек</p> 	<p>Напівначіпний</p> 	<p>Від вала відбору потужності трактора або автомобіля</p>
	<p>Замкнений скребковий транспортер (за контуром бункера)</p> 	<p>Похилий шнек</p> 	<p>Напівначіпний</p> 	<p>Зміною поступальної швидкості агрегату; шиберною заслінкою</p>
	<p>Горизонтальний і похилий скребковий транспортери</p> 	<p>Вертикальні й похилі шнеки</p> 	<p>Самохідний</p> 	<p>Зміною поступальної швидкості агрегату; шиберною заслінкою</p>
	<p>Система шнеків</p> 	<p>Двосторонній шнек</p> 	<p>Самохідний</p> 	<p>Від електродвигуна</p>

## Класифікаційні ознаки стаціонарних кормороздавальних пристроїв

Призначення	Тип роздавального пристрою	Спосіб регулювання норми видавання корму	Привод кормороздавального пристрою
Роздавання сухих кормів і вологих мішанок	Стрічковий або стрічково-тросовий	Зміною перетину вивантажувального Вікна 	Від електродвигуна через редуктор і ланцюгову передачу
			
Роздавання сухих і гранульованих кормів	Коливальний	Зміною перетину вивантажувальної щілини 	Від електродвигуна через кривошипно-шатунний механізм
			
	Ланцюговий	Об'ємне дозування 	
			
	Шнековий	Зміною перетину вивантажувального вікна 	Від електродвигуна через редуктор і пасову передачу
			

З мобільних кормороздавачів *на фермах ВРХ* найчастіше застосовують: причіпний кормороздавач тракторний КТУ-10, причіпний тракторний малогабаритний кормороздавач РММ-5, рейковий наземний обмежено-рухомий ЗКТУ-10, змонтований на базі автомобільного шасі РКА-8, акумуляторний КСА-3, роздавач-змішувач причіпний РСР-10 та на автомобільному шасі АРС-10.

Для роздавання напіврідких і рідких кормів *на свинофермах* зі **стаціонарних** кормороздавачів найчастіше застосовують гідравлічні установки. Подавання корму в них здійснюється за допомогою насосів або продувних котлів. Для роздавання вологих сумішей використовують платформені кормороздавачі типу РКС 3000, а для сухих комбікормів – ланцюгово-шайбові і тросово-шайбові роздавачі, наприклад РКА-1000.

З мобільних для роздавання кормів *на свинофермах* найчастіше застосовують причіпні тракторні роздавачі КУТ-3А, КТУ-10А, КРС-1 і РМК-1,7 та електрифіковані роздавачі-змішувачі РС-5А, КС-0,4 і КС-1,5. Кормороздавачі КУТ-3Б і КУТ-3БМ змонтовані на шасі вантажних автомобілів.

Для роздавання кормів *у пташниках* використовують, в основному, **стаціонарні** ланцюгово-шайбові і тросово-шайбові кормороздавачі з груповими підлоговими годівницями, стрічкові й ланцюгово-пластинчасті транспортери, вмонтовані в кліткову батарею, наприклад КБУ-3. З **мобільних** найчастіше застосовують кормороздавачі, які рухаються несучими елементами кліткових батарей, наприклад КБН-4.

Для накопичення і тимчасового зберігання комбікормів застосовуються силоси і бункери, наприклад типу БСК-10, які завантажуються заправниками сипучих кормів типу ЗСК-10, змонтованими на автомобільних шасі.

Якщо застосовують для роздавання кормів обмежено-рухомі кормороздавачі (див. рис. 14.1), то транспортування кормосуміші від кормоприготувального цеху здійснюють стрічковими або ланцюгово-планчастими галерейними транспортерами, обладнаними різноманітними скидачами корму (плужковими, шнековими та щітковими), або використовують координатну систему кормороздавання, яка включає галерейну зважувальну платформу, що може рухатися вздовж галереї залізничними коліями, на якій встановлений рейковий кормороздавач, що забезпечує транспортування і роздавання корму у перпендикулярному напрямку вздовж фронту годівлі.

Схеми кормороздавачів, які найчастіше застосовуються, зображено на рис. 14.2–14.4.

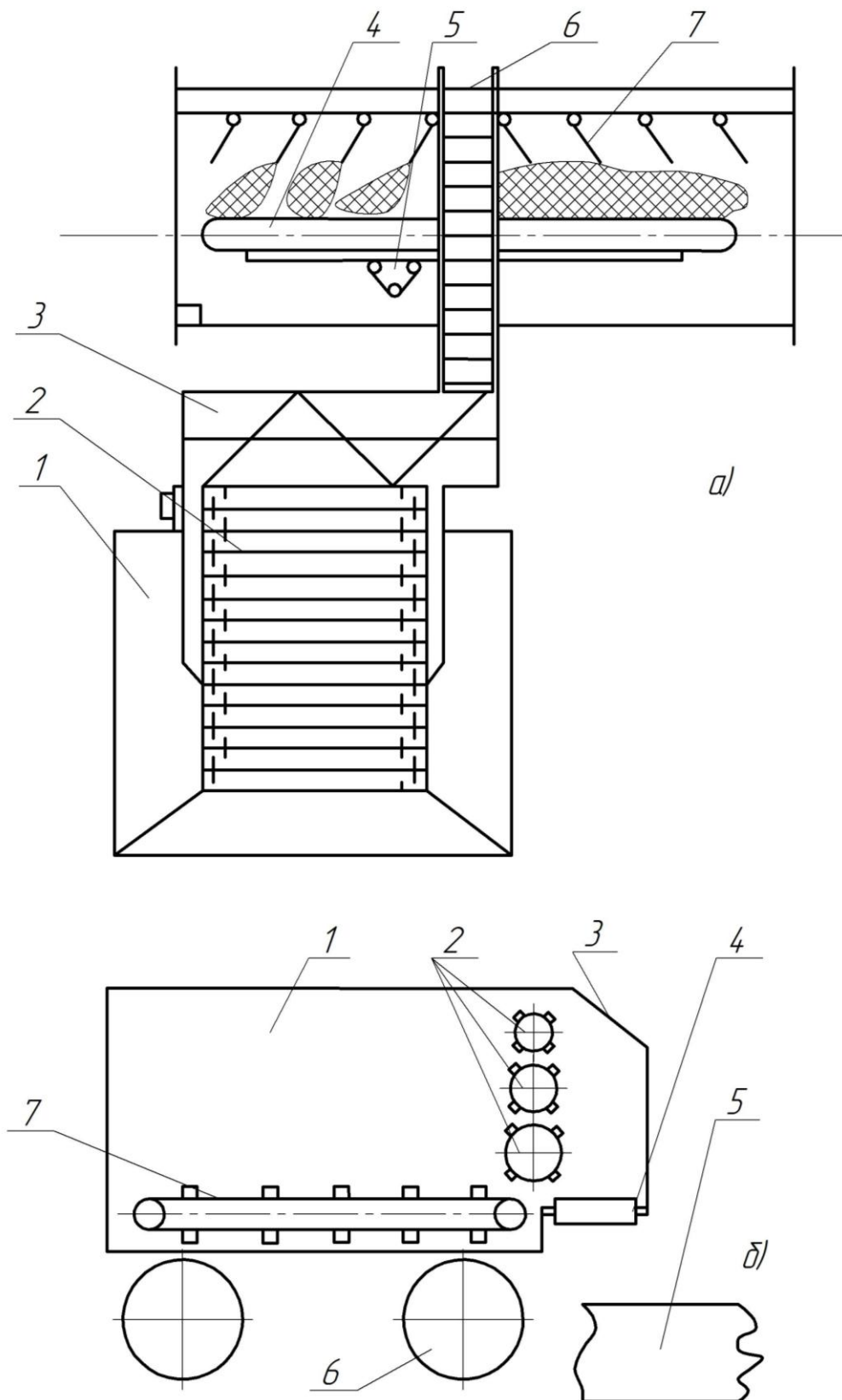


Рисунок 14.2. Схеми кормороздавачів для ВРХ:

*a* – РКУ-200: 1 – бункер-живильник; 2, 6 – транспортери; 3 – шнек; 4 – платформа; 5 – електропривод; 7 – скребки; *б* – КТУ-10А: 1 – кузов; 2 – бітери; 3 – стінка задня; 4 – транспортер поперечний; 5 – годівниця; 6 – ходові колеса; 7 – транспортер поздовжній.

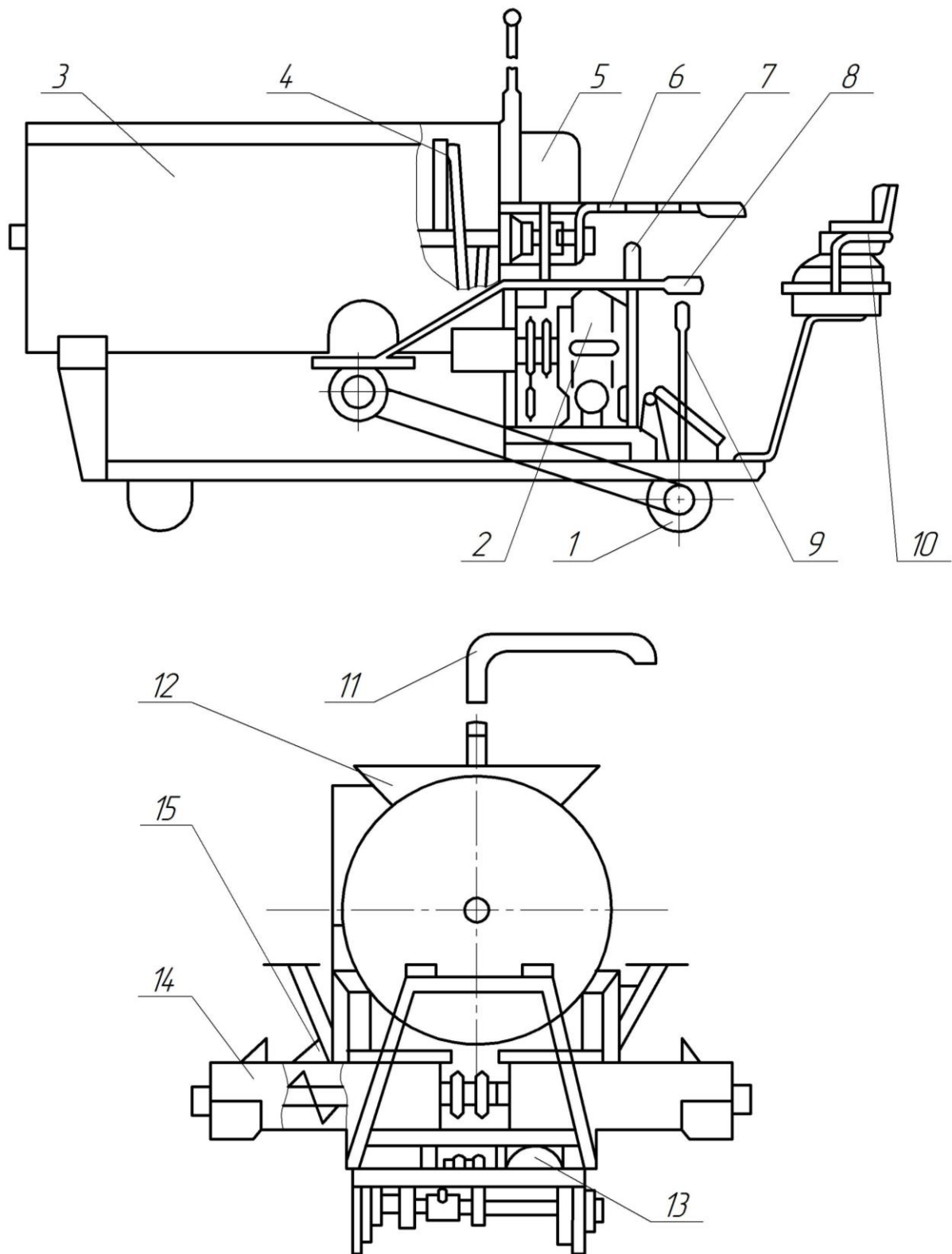
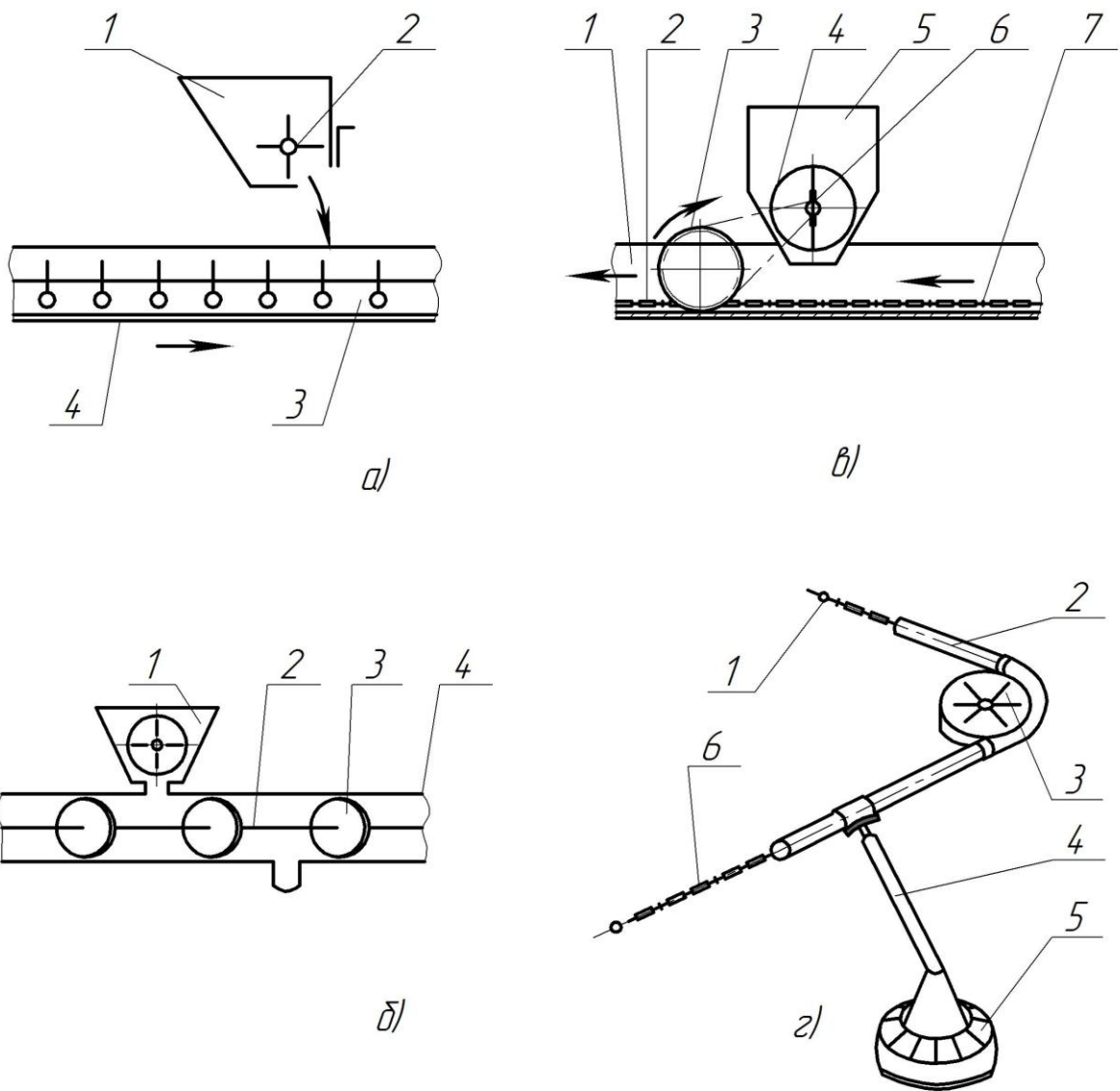


Рисунок 14.3. Схема кормороздавача-змішувача РС-5А:

1 – колісна пара ведуча; 2 – редуктор черв'яковий; 3 – бункер; 4 – мішалка; 5 – блок керування; 6 – важіль вмикання змішувача; 7 – важіль вмикання шнеків; 8 – важіль шибера; 9 – важіль вмикання ведучих коліс; 10 – сидіння; 11 – кронштейни; 12 – решітка; 13 – редуктор конічний; 14 – шнек роздавальний; 15 – електродвигун.



**Рисунок 14.4. Схеми кормороздавачів для птиці:**

*a* – скребковий: 1 – бункер-дозатор; 2 – ворошилка; 3 – ланцюгово-скребковий транспортер;  
*б* – роздавач із звичайним ланцюгом: 1 – жолоб кормовий; 2 – ланцюг; 3 – зірочка;  
 4 – передача ланцюгова; 5 – бункер; 6 – ворошилка; 7 – скребки транспортера;  
*в* – тросово-шайбовий: 1 – бункер; 2 – трос; 3 – шайба; 4 – трубопровід;  
*г* – ланцюгово-шайбовий: 1 – шайба; 2 – трубопровід; 3 – зірочка поворотна;  
 4 – трубопровід похилий; 5 – годівниця; 6 – ланцюг.

## **Лекція 15**

### **ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК КОРМОРОЗДАВАЛЬНИХ ПРИБОРІВ**

- 15.1. Розрахунок потрібної кількості мобільних кормороздавачів.**
- 15.2. Технологічний розрахунок пересувних кормороздавачів.**
- 15.3. Технологічний розрахунок стаціонарних кормороздавачів.**

### 15.1. Розрахунок потрібної кількості мобільних кормороздавачів

При роздаванні кормів мобільними кормороздавачами необхідно визначити їх вантажопідйомність, тривалість одного рейсу (циклу) та загальну кількість кормороздавачів для ферми.

При застосуванні мобільних кормороздавачів можливі дві технологічні схеми (рис. 15.1). Найпростіша схема – застосування мобільних причіпних або автомобільних кормороздавачів зображена на рис. 15.1а. Їх використовують на фермах ВРХ та вівцефермах. Ці кормороздавачі суміщають транспортування з нормованим роздаванням кормів.

На свино- та птахофермах для роздавання кормів застосовують електромобільні кормороздавачі. Технологічна схема зображена на рис. 15.1б.

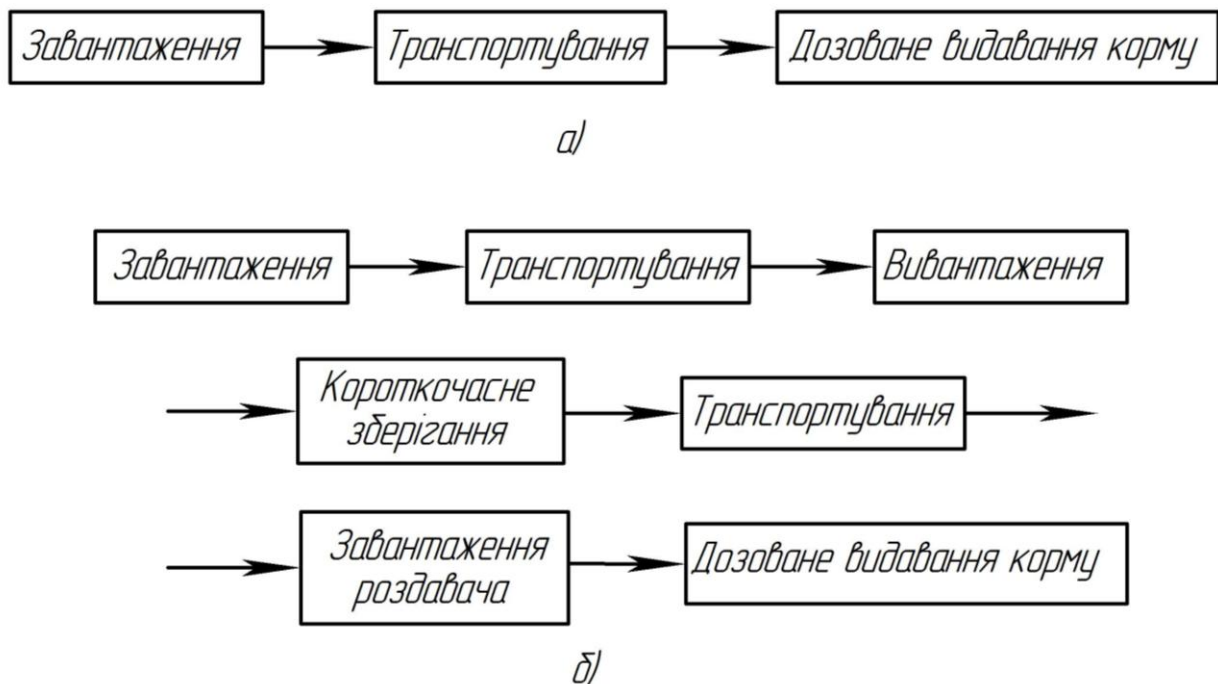


Рисунок 15.1. Технологічні схеми роздавання кормів:

а – мобільними кормороздавачами; б – електромобільними кормороздавачами.

**Вантажопідйомність мобільного кормороздавача**, кг, тобто кількість корму, яку можна доставити і роздати за один рейс, визначають за формулою

$$G_{MK} = \frac{v_B \cdot \beta_3}{\rho_K}, \quad (15.1)$$

де  $v_B$  – місткість бункера-кормороздавача, м<sup>3</sup>;



$\beta_3$  – коефіцієнт заповнення бункера,  $\beta_3 = 0,8-1$ ;

$\rho_K$  – густина корму,  $\text{кг/м}^3$ .

Кількість циклів, що може виконати один кормороздавач за час роздавання, визначають

$$i_{\text{Ц}} = T_P / t_{\text{Ц}} , \quad (15.2)$$

де  $T_P$  – допустимий час роздавання кормів, зумовлюється розпорядком дня, год;

$t_{\text{Ц}}$  – час, необхідний для виконання одного рейсу або циклу роздавання, год.

Відповідно до зоотехнічних вимог, час, що відводиться на роздавання кормів, не повинен перевищувати 1,5–2 год. На великих фермах та комплексах часто застосовують суміщений графік годівлі тварин, тоді допустимий час можна збільшити до 4–6 год.

**Тривалість одного циклу роздавання кормів** визначають як суму затрат часу на окремі операції цього циклу

$$t_{\text{Ц}} = (t_X + t_3 + t_T + t_P) \cdot k_0 , \quad (15.3)$$

де  $k_0$  – коефіцієнт, що враховує затрати часу на вимушені зупинки, розвороти тощо,  $k_0 = 1,1 - 1,2$  .

Час транспортування порожнього кормороздавача, год, до місця його завантаження кормами визначають

$$t_X = S / V_X , \quad (15.4)$$

де  $S$  – середня відстань від тваринницького приміщення до місця завантаження кормів, км;

$V_X$  – швидкість транспортування порожнього роздавача, км/год.

Час завантаження кормороздавача, год, розраховують за формулою

$$t_3 = G_{MK} / Q_3 , \quad (15.5)$$

де  $Q_3$  – продуктивність завантажувача, кг/год.

Час транспортування завантаженого кормороздавача, год, до місця роздавання кормів визначають

$$t_T = S / V_3 , \quad (15.6)$$

де  $V_3$  – швидкість транспортування завантаженого кормороздавача, км/год.

Тривалість роздавання кормів, год, визначають за формулою

$$t_P = G_{MK} / Q_P \quad \text{або} \quad t_P = S_T / V_P, \quad (15.7)$$

де  $Q_P$  – продуктивність кормороздавача при роздаванні корму в годівниці, кг/год;

$S_T$  – довжина тваринницького приміщення, км;

$V_P$  – швидкість переміщення кормороздавача при роздаванні корму в годівниці, км/год.

**Продуктивність кормороздавача при роздаванні корму в годівниці**

$$Q_P = q_{II} \cdot V_P, \quad (15.8)$$

де  $q_{II}$  – погонна норма видачі корму, кг/м, розраховують її за формулою

$$q_{II} = \frac{q_P \cdot K_{Г1}}{b_{Г1}}, \quad (15.9)$$

де  $q_P$  – разова норма видачі корму на одну голову (встановлюють залежно від добового кормового раціону і кратності годівлі), кг;

$K_{Г1}$  – змінність годівлі одного головомісця ( $K_{Г1}=1$  при прив'язному способі утримання тварин, при інших – не більше  $K_{Г1}=2-3$ );

$b_{Г1}$  – ширина фронту годівлі однієї тварини ( $b_{Г1} = 0,8 - 1,1$  м – для дорослого поголів'я ВРХ, але не менше 0,4м;

$b_{Г1} = 0,4 - 0,5$  м – для свиноматок;  $b_{Г1}=0,2$ м – для молодняка ВРХ до двох місяців;  $b_{Г1} = 0,3 - 0,35$  м – для свиней на відгодівлі).

**Загальна кількість циклів (рейсів) для годівлі всіх тварин** залежить від обсягу корму, що необхідно роздати, визначають за формулою

$$i_{заг} = G_P / G_{MK}, \quad (15.10)$$

де  $G_P$  – кількість корму, кг, для однієї годівлі, визначають за формулою

$$G_P = m_T \cdot q_P, \quad (15.11)$$

де  $m_T$  – загальне поголів'я тварин на фермі.

**Потрібну кількість мобільних кормороздавачів на фермі, шт,** визначають

$$n_{MK} = i_{заг} / i_{Ц}. \quad (15.12)$$

Отриманий результат розрахунку заокруглюють до цілого числа в бік збільшення і приймають як кількість роздавачів для ферми.

## 15.2. Технологічний розрахунок пересувних кормороздавачів

При розрахунку технологічного процесу, який протікає в кормороздавальних пристроях, необхідно визначити продуктивність основних робочих органів і машини в цілому, встановити основні розміри робочих органів та режими їх роботи, пов'язані з роздаванням необхідної кількості кормів для кожної тварини або кожної птиці.

Пересувний (мобільний) кормороздавач, який проходить вздовж годівниці, повинен мати **продуктивність**, т/год, яка забезпечує видавання необхідної кількості корму на кожну голову відповідно до прийнятих норм. Тобто

$$Q_{ПК} = 3600 \frac{G_{РП}}{L_{Г}} \cdot V_{К} , \quad (15.13)$$

де  $G_{РП}$  – вага корму, необхідна для розрахункового поголів'я худоби, т;

$L_{Г}$  – довжина фронту годівлі, так звана загальна довжина годівниці, яка завантажуюється кормом за один прохід кормороздавача, м;

$V_{К}$  – робоча швидкість кормороздавача, м/сек.

**Кількість корму**, т, необхідну для розрахункового поголів'я худоби або птиці, визначають за формулою

$$G_{РП} = \frac{q_1 \cdot m_{Р}}{1000} , \quad (15.14)$$

де  $q_1$  – кількість корму, необхідного тварині або птиці на одне годування згідно з раціоном, кг;

$m_{Р}$  – розрахункове поголів'я худоби або птиці, шт.

**Довжину фронту годівлі**, м, визначають за формулою

$$L_{Г} = \frac{l_k \cdot m_{К}}{m_k} , \quad (15.15)$$

де  $l_k$  – довжина одного кормомісця, м;

$m_{К}$  – кількість голів худоби або птиці, що обслуговується на одному кормомісці.

Підставляючи вирази (15.14) і (15.15) у (15.13), отримують

$$Q_{ПК} = 3,6 \frac{q_1 \cdot m_{К}}{l_k} \cdot V_{К} . \quad (15.16)$$

Цей вираз характеризує продуктивність кормороздавача за годину безпосереднього роздавання кормів.

Для визначення кількості кормороздавачів, що обслуговують поголів'я худоби на фермі, необхідно знати продуктивність кормороздавача за годину змінного часу  $Q_{зПК}$ , яку визначають з урахуванням коефіцієнта використання робочого часу  $K_T$ , т/год, що дорівнює

$$K_T = \frac{T}{T + T_0}, \quad (15.17)$$

де  $T$  – час, що витрачається на безпосереднє роздавання кормів, год;

$T_0$  – час, що витрачається на непродуктивність (допоміжні операції), год, визначають за формулою

$$T_0 = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7, \quad (15.18)$$

де  $T_1$  – час транспортування порожнього кормороздавача від місця роздавання кормів до місця завантаження;

$T_2$  – час завантаження кормороздавача;

$T_3$  – час транспортування корму до місця роздавання;

$T_4$  – час простоїв з технологічних причин;

$T_5$  – час на технічне обслуговування кормороздавачів;

$T_6$  – час на ремонт машин;

$T_7$  – час переїзду від однієї лінії роздавання кормів до іншої, якщо місткість бункера кормороздавача забезпечує роздавання корму в кількох лініях.

Знаючи коефіцієнт  $K_T$ , можна визначити продуктивність кормороздавача за годину змінного часу, т/год, за формулою

$$Q_{зПК} = Q_{ПК} \cdot K_T. \quad (15.19)$$

**Кількість кормороздавачів для даної ферми, шт, визначають із виразу**

$$n_{КФ} = \frac{n_{ГФ} \cdot q_1}{1000 Q_{зПК}}, \quad (15.20)$$

де  $n_{ГФ}$  – кількість голів худоби на фермі.

Кількість тварин або птиці, гол, що обслуговується одним кормороздавачем за зміну, можна визначити за виразом

$$m_{3M} = \frac{T_{3M} \cdot m_{zp}}{T_0 \cdot n_p}, \quad (15.21)$$

де  $T_{3M}$  – тривалість зміни, год;

$m_{zp}$  – кількість тварин у групі, яким корм доставляється за один рейс;

$n_p$  – число рейсів доставки і роздавання кормів за день одній групі тварин.

Для визначення кількості корму, що доставляється за один рейс, необхідно знайти місткість бункера кормороздавача,  $m^3$ , яку визначають за формулою

$$v_B = G_{PI} \cdot \psi / \rho_K, \quad (15.22)$$

де  $\rho_K$  – об'ємна вага корму,  $t/m^3$ ;

$\psi$  – коефіцієнт заповнення бункера,  $\psi = 0,75-0,8$ .

### 15.3. Технологічний розрахунок стаціонарних кормороздавачів

Продуктивність стаціонарних кормороздавальних пристроїв, розташованих безпосередньо в годівницях, визначають із умов швидкості транспортування корму годівницями та кількості корму на одне кормомісце. Швидкість визначають дослідним шляхом і вибирають такою, щоб тварини або птахи не могли прийняти корм у період його руху годівницями. Такі умови забезпечують рівну кількість корму усім тваринам або птиці, що знаходяться в ряду. Оптимальна швидкість транспортування корму годівницями для ВРХ за допомогою стрічкового транспортера становить 0,4–0,45м/с, оптимальна швидкість стрічки кормороздавача для птиці – 0,5м/с.

Швидкість транспортування кормів кормороздавальними пристроями, які знаходяться поза годівницями, підбирають з умови, щоб час заповнення усіх годівниць або самогодівниць був мінімально можливим. Швидкість транспортування корму кормороздавачем РКС-3000 приймають 0,5м/с.

Стаціонарні кормороздавачі у поєднанні із мобільними засобами доставки кормів використовують на більшості свиноферм та на фермах ВРХ при силосно-сінажно-концентратному і сінажно-концентратному типах годівлі. Технологічна схема кормів зображена на рис. 15.2а.

Широкого застосування набувають стаціонарні автоматичні кормороздавачі. Технологічна схема зображена на рис. 15.2б.

Застосування кормових автоматів дозволяє значно спростити технологічні процеси приготування і роздавання кормів, та зробити їх менш затратними.

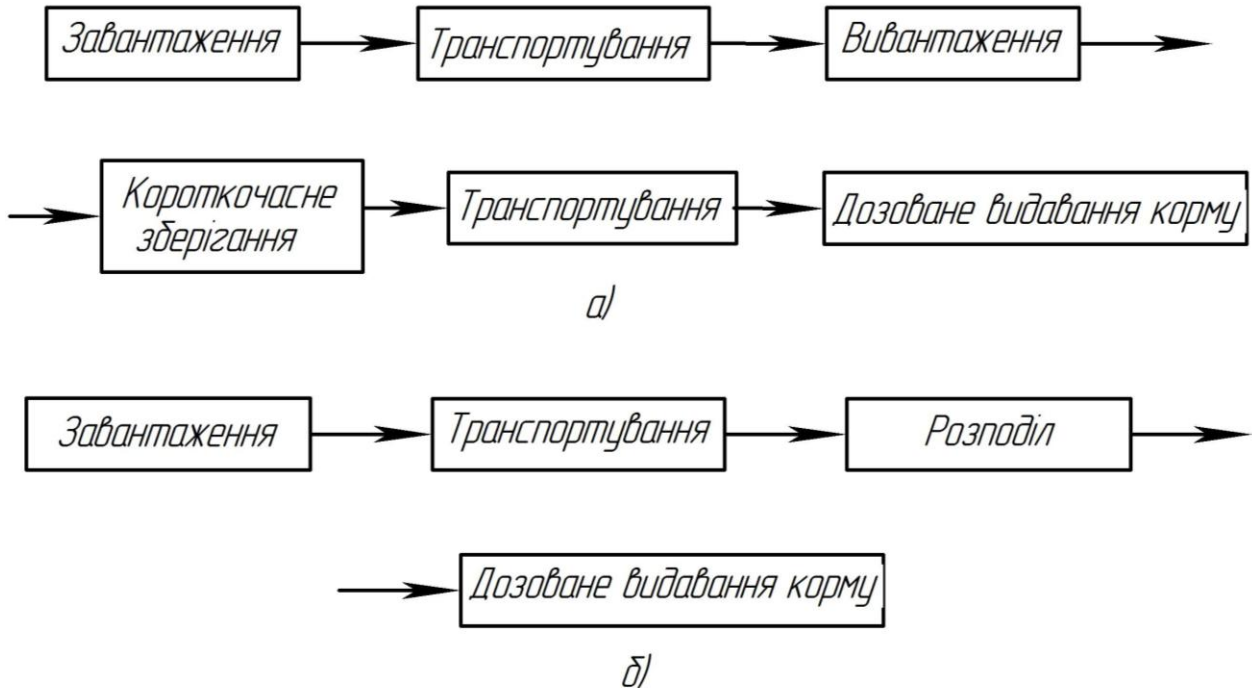


Рисунок 15.2. Технологічні схеми роздавання кормів:

*а* – стаціонарними кормороздавачами; *б* – стаціонарними автоматичними кормороздавачами.

**Продуктивність стаціонарних кормороздавальних пристроїв, т/год, визначають за формулою**

$$Q_{СК} = 3,6 \cdot k_1 \cdot V_T \cdot q_M, \quad (15.23)$$

де  $V_T$  – швидкість транспортуючого робочого органу, м/сек;

$k_1$  – коефіцієнт зниження швидкості корму через пробуксовування його по годівниці;

$q_M$  – кількість корму, кг/м, необхідна на 1 м довжини годівниці, визначають за формулою

$$q_M = m_\Gamma \cdot q_K / l_{км}, \quad (15.24)$$

де  $m_\Gamma$  – кількість голів на одне кормомісце;

$q_K$  – норма видавання корму згідно з раціоном, кг;

$l_{км}$  – довжина кормомісця, м.

При проектуванні стаціонарних кормороздавальних пристроїв необхідно знати кількість кормороздавальних ліній у тваринницькому

приміщенні, які можуть забезпечити норму видавання корму худобі та птиці.

Корисну площу,  $m^2$ , тваринницького або птахівничого приміщення визначають за формулою

$$F_{кор} = L_{П} \cdot B_{П} + F_1, \quad (15.25)$$

де  $L_{П}$  – довжина приміщення, м;  $B_{П}$  – ширина приміщення, м;

$F_1$  – площа проходів і тамбурів,  $m^2$ .

Щільність розташування тварин або птиці на одиницю площі приміщення визначають за формулою

$$\delta_T = \frac{m_{П}}{L_{П} \cdot B_{П} + F_1}, \quad (15.26)$$

де  $m_{П}$  – кількість голів тварин або птиці у приміщенні.

Якщо число ліній роздавання корму в приміщенні  $n_{Л}$ , то на кожному метрі довжини двосторонньої годівниці довжина фронту годівниці дорівнює  $2n_{Л}$ .

Довжину питомого фронту годування, м/голову, визначають

$$L_{ФГ} = \frac{2n_{Л}}{\delta_T \cdot B_{П}}. \quad (15.27)$$

Підставляючи у вираз (15.27) значення  $\delta_T$  із виразу (15.26), отримують формулу для визначення числа ліній роздавання корму в приміщенні

$$n_{Л} = 0,5 L_{ФГ} \cdot B_{П} \cdot \frac{m_{П}}{L_{П} \cdot B_{П} + F_1}. \quad (15.28)$$

При виборі типу кормороздавального пристрою враховують коефіцієнт використання корисної площі приміщення

$$K_F = F_{кор} / F_{заг}, \quad (15.29)$$

де  $F_{кор}$  – корисна площа приміщення,  $m^2$ ;

$F_{заг}$  – загальна площа приміщення,  $m^2$ .

**Умова повноцінного роздавання кормів на фермах.** Кількість кормороздавальних ліній у тваринницькому приміщенні відповідає необхідній кількості кормороздавальних пристроїв.

## **Лекція 16**

### **РОЗРАХУНОК РОБОЧИХ ОРГАНІВ КОРМОРОЗДАВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ**

- 16.1. Розрахунок стрічкових робочих органів.**
- 16.2. Розрахунок ланцюгово-планчастих робочих органів.**
- 16.3. Розрахунок ланцюгових робочих органів.**
- 16.4. Розрахунок скребкових робочих органів.**
- 16.5. Розрахунок шнекових робочих органів.**
- 16.6. Розрахунок спірально-гвинтових робочих органів.**



### 16.1. Розрахунок стрічкових робочих органів

У пристроях для роздавання кормів тваринам і птиці широко використовують стрічкові транспортери. Залежно від технологічних операцій, які вони виконують, **стрічкові транспортери поділяють на кормовивантажувальні та кормороздавальні**. Перші призначені для вивантаження кормів із пересувних кормороздавачів у годівниці або стаціонарні роздавачі, другі – для безпосереднього роздавання кормів всередині годівниць, тобто є стаціонарними роздавачами.

**Переваги стрічкових транспортерів:** простота конструкції, висока продуктивність, безшумна робота та мінімальні втрати корму.

Стрічкові транспортери, які використовують як кормороздавальні пристрої, мають ту особливість, що продукт не скидається зі стрічки, а залишається на ній до закінчення поїдання його худобою або птахами. Після того, як корм на стрічці згодований, стрічка повертається у вихідне положення до наступного роздавання кормів. На транспортері часто запишаються рештки, які при зворотному русі стрічки виносяться із тваринницького приміщення.

Враховуючи таку особливість, для економії стрічки як кормороздавальні пристрої у більшості випадків використовують стрічково-тросові транспортери, у яких несучою частиною є стрічка, а холостою – трос. Привод таких транспортерів може здійснюватися через стрічку або трос.

Для зменшення втрат корму стрічки кормороздавальних пристроїв розміщені в дерев'яних або металевих жолобах. Граничний кут нахилу стрічки має бути на 10–15° менше кута тертя корму, щоб не було його зворотного зсуву.

**Продуктивність, т/год, стрічкових кормороздавальних пристроїв** для переміщення насипних продуктів, тобто кормів, визначають за відомою формулою для стрічкових конвеєрів

$$Q_{СК} = 3600 \cdot F_K \cdot V_c \cdot \rho_K , \quad (16.1)$$

де  $F_K$  – поперечний перетин корму на стрічці під час його руху, м<sup>2</sup>;

$V_c$  – швидкість стрічки транспортера, м/с;

$\rho_K$  – густина корму, т/м<sup>3</sup> або кг/м<sup>3</sup>.

Форма і розмір поперечного перетину корму на стрічці залежать від таких факторів: швидкості і плавності руху стрічки, форми жолоба і фізико-механічних властивостей корму, який переміщується.

Валок корму, розташований на стрічці, набуває постійної форми (близької до параболічної) на відстані 15–20м від дозатора. Якщо стрічка

плоска, то поперечний перетин насипного корму на ній обмежений параболою (рис. 16.1) типу  $y = a + bx^2$ .

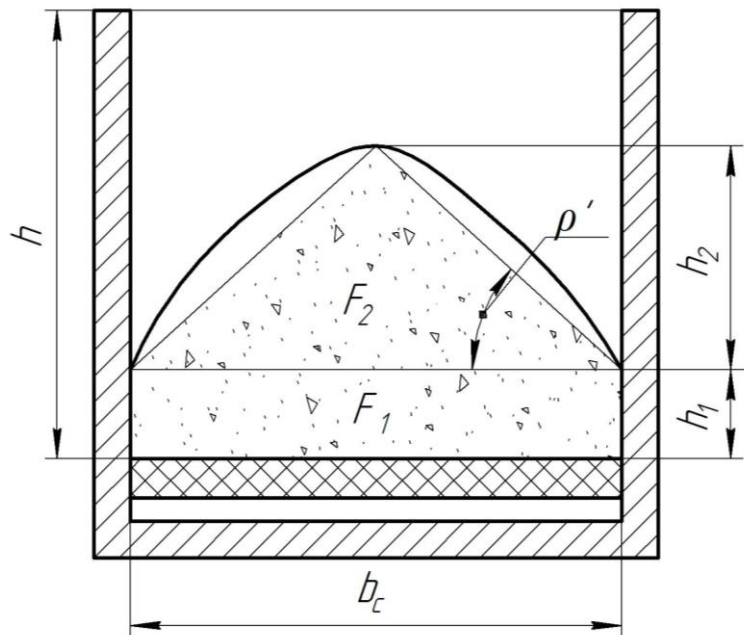


Рисунок 16.1. Поперечний перетин корму на стрічковому транспортері з жолобом

Загальна площа,  $m^2$ , поперечного перетину корму визначається

$$F_{заг} = F_1 + F_2 = h_1 \cdot b_c + \frac{h_2 \cdot b_c}{2}. \quad (16.2)$$

Якщо прийняти, що гострий кут трикутника площею  $F_2$  дорівнює куту природного відкосу корму в русі, то

$$h_2 = \frac{b_c}{2} \cdot \operatorname{tg} \theta', \quad (16.3)$$

де  $\theta'$  – кут природного відкосу корму. Для того, щоб отримати стабільну величину продуктивності, кут  $\theta'$  повинен дорівнювати  $0,35\theta_1$ ,

де  $\theta_1$  – кут природного відкосу насипного корму в спокої.

Тоді площу поперечного перетину корму визначають

$$F_{заг} = 0,25 b_c^2 \cdot \gamma \cdot \operatorname{tg} \theta' + b_c \cdot h_1, \quad (16.4)$$

де  $\gamma$  – коефіцієнт, який враховує зменшення висоти шару корму при нахилі стрічки, при горизонтальному транспортуванні  $\gamma = 1$ , при куті нахилу  $11-15^\circ$  –  $\gamma = 0,95$ .

Підставляючи значення (16.4) у формулу (16.1), отримують залежність для визначення продуктивності, т/год, у вигляді

$$Q_{CK} = 900 b_c \cdot V_c \cdot \rho_K (b_c \cdot \gamma \cdot \operatorname{tg} \theta' + 4 h_1). \quad (16.5)$$

**Ширину жолоба стаціонарного транспортера**, м, вибирають із умов кількості корму, необхідного для одного годування. Наприклад, для стрічкового транспортера необхідну ширину стрічки, м, можна визначити з рівняння

$$b_c = 2,5 \sqrt{\frac{q_1}{\rho_K \cdot \operatorname{tg} \theta' \cdot l_k}}, \quad (16.6)$$

де  $q_1$  – норма видавання корму одній тварині, кг;

$l_k$  – довжина кормомісця, м.

**Потужність двигуна**, кВт, необхідну для привода транспортера, визначають за формулою

$$N_{CK} = \frac{W_0 \cdot R_N}{102 \eta}; \quad (16.7)$$

де  $R_N$  – коефіцієнт запасу потужності, який враховує додаткові опори, що вводяться в основні розрахункові формули;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії привода транспортера,  $\eta = 0,7 \dots 0,75$ ;

$W_0$  – опір переміщенню стрічки, Н, визначають за формулою

$$W_0 = W_{TO} + W_B + W_{III}, \quad (16.8)$$

де  $W_{TO}$  – опір тягового органа при русі твердим жолобом;

$W_B$  – опір тягового органа при огинанні барабанів;

$W_{III}$  – опір тягового органа при огинанні твердих направляючих (шин).

**Довжину кормороздавального пристрою**, м, визначають за формулою

$$L_{KII} = l_1 + l_2 + l_3, \quad (16.9)$$

де  $l_1, l_2, l_3$  – довжина відповідно робочої, завантажувальної й очищувальної частин кормороздавача.

**Довжину робочої частини кормороздавача, м, визначають**

$$l_1 = \frac{l_k \cdot m_p}{m_k}, \quad (16.10)$$

де  $m_p$  – кількість голів худоби або птиці в ряду;

$m_k$  – кількість голів худоби або птиці на одне кормомісце.

## **16.2. Розрахунок ланцюгово-планчастих робочих органів**

Ланцюгово-планчасті транспортери мають ланцюговий тяговий орган із прикріпленими до нього планками, які при русі тягового органу проштовхують вантаж жолобом від місця завантаження до місця розвантаження.

Ланцюгово-планчасті транспортери, які використовуються в кормовивантажувальних механізмах, як правило, дволанцюгові горизонтальні й похилі з верхнім розташуванням жолоба. Роботу кормовивантажувальних транспортерів можна порівняти з роботою **транспортерів суцільного волочіння**, тяговий орган яких повністю занурений в масу, яка транспортується. Тяговий ланцюг транспортера огинає приводні та натяжні зірочки. Зірочки завантажувальної частини транспортера мають бути приводними, розвантажувальної – натяжними.

**Перевага ланцюгово-планчастих транспортерів:** простота конструкції; **недоліки:** значний опір, який виникає при русі вантажу валком, великі витрати енергії порівняно зі стрічковими транспортерами; значне зношування жолоба, планок і ланцюгів; защемлення часток корму та підскакування планок, що спричиняє додаткове подрібнення корму.

**Розрахунок** ланцюгово-планчастих кормовивантажувальних транспортерів проводять **за заданою продуктивністю** – ваговою  $Q_{лп}$  в т/год або об'ємною  $v_{лп}$  в м<sup>3</sup>/год – відповідно із прийнятими параметрами (схемою і розмірами) машин, які проектуються. Відповідність розрахункової продуктивності попередньо вибраним розмірам поперечного перетину жолоба на швидкості руху тягового ланцюга перевіряють за рівнянням

$$Q_{\text{ЛП}} \leq \frac{b_{\text{жс}} \cdot h_{\text{жс}}}{280} \cdot V_{\text{Л}} \cdot \rho_{\text{К}} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_y, \quad (16.11)$$

де  $b_{\text{жс}}$  – ширина внутрішньої частини жолоба, мм;

$h_{\text{жс}}$  – корисна висота жолоба, мм;

$V_{\text{Л}}$  – швидкість руху тягового ланцюга, м/с;

$\rho_{\text{К}}$  – густина корму, кг/м<sup>3</sup>;

$k_1$  – швидкісний коефіцієнт продуктивності,  $k_1 = 0,8 \dots 0,9$ ;

$k_2$  – геометричний коефіцієнт продуктивності, який враховує втрати корисного об'єму жолоба при розміщенні в ньому скребкового тягового ланцюга,  $k_2 \approx 0,95$  ;

$k_y$  – коефіцієнт ущільнення вантажу в жолобі.

**Потужність двигуна, кВт, необхідна для привода транспортера**

$$N_{\text{ЛП}} = \frac{K_3 \cdot W_0 \cdot V_{\text{Л}}}{102 \eta}, \quad (16.12)$$

де  $K_3$  – коефіцієнт запасу, який враховує додаткові опори рухові скребкового ланцюга,  $K_3 = 1,1 \dots 1,3$  ;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії привода транспортера  $\eta = 0,7 \dots 0,75$  ;

$W_0$  – сумарний опір рухові скребкового ланцюга, Н, визначають за формулою

$$W_0 = W_X + W_P + W_3, \quad (16.13)$$

де  $W_X$  – опір рухові холостої гілки ланцюга, Н;

$W_P$  – опір руху ланцюга робочої гілки та вантажу, який переміщається, Н;

$W_3$  – опір рухові ланцюга при огинанні приводної зірочки, Н.

Після визначення необхідної продуктивності вивантажувального транспортера потрібно визначити оптимальну швидкість його ланцюга. Швидкість ланцюга транспортера повинна, по-перше, забезпечити вивантаження кормів у годівниці без втрат, по-друге, – необхідну продуктивність. Оскільки характер руху корму, який переміщається ланцюгово-планчастим транспортером, ідентичний характеру руху корму, що транспортується стрічковим, то для визначення оптимальної швидкості як стрічки, так і ланцюга можна використати теорію скидання матеріалу із вивантажувального барабана стрічкового транспортера.

### **16.3. Розрахунок ланцюгових робочих органів**

Ланцюгові роздавальні транспортери, як і стрічкові, транспортують корм уздовж загального фронту годівлі. Один замкнений ланцюг може обслуговувати одночасно дві кормороздавальні лінії. Ланцюги можуть мати низькі або контурні скребки чи бути взагалі без скребків, а транспортувати корм своїми ланками. За принципом дії ці машини, як і ланцюгово-планчасті, відносять до **конвеєрів суцільного волочіння**.

Ланцюговий тяговий орган занурений у насипний корм, який заповнює робочий перетин короба. Короби ланцюгових транспортерів можуть бути закритими, у вигляді труб, через отвори яких корм просипається в жолобчасті годівниці або відкриті жолоби-годівниці.

Привод ланцюгового кормороздавального пристрою повинен забезпечувати його пуск при завантаженому кормом коробові. Для цього використовують електродвигун із підвищеним пусковим моментом.

Привод ведучого вала від електродвигуна здійснюється через редуктор та ланцюгову або клинопасову передачу.

Натяжні пристрої транспортерів – гвинтового типу.

Ланцюгові транспортери застосовують в основному для роздавання сухих кормів на птахофермах. Довжина їх може бути до 500м, швидкість ланцюга – 0,2...0,6м/с.

Застосування ланцюгових транспортерів для роздавання вологих мішанок недоцільно, так як ланцюги важко піддаються чищенню, відбувається закисання корму та порушення зоотехнічних вимог.

**Переваги ланцюгових роздавальних пристроїв:** низька енергоємність, висока експлуатаційна надійність, простота конструкції, можливість забезпечувати великий фронт годівлі, працювати за заданою програмою.

Для надійної роботи ланцюгових транспортерів при тривалій експлуатації необхідно виконувати такі умови:

а) деталі ланцюга піддавати термічній та термохімічній обробкам для їх зміцнення; валики і втулки повинні бути посадженими в пластини із гарантованим натягом;

б) внутрішня поверхня коробу має бути гладкою без виступів та вм'ятин;

в) привод транспортера обладнують запобіжним пристроєм для захисту редуктора та ланцюга від поломок при перевантаженнях;

г) при монтажі необхідно забезпечити прямолінійність поздовжніх осей коробів.

Основні параметри кормороздавальних пристроїв з деякими наближеннями можна визначити за методикою розрахунку конвеєрів із зануреними скребками.

### Продуктивність ланцюгового транспортера, т/год, визначають

$$Q_{ЛК} = 3,6 B_K \cdot h_K \cdot V_{Л} \cdot \rho_K \cdot K_q, \quad (16.14)$$

де  $B_K$  – ширина короба, м;

$h_K$  – висота шару корму, м;

$V_{Л}$  – швидкість скребкового ланцюга, м/с;

$\rho_K$  – густина корму, кг/м<sup>3</sup>;

$K_q$  – коефіцієнт продуктивності, визначають за формулою

$$K_q = \psi \cdot k_y \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3, \quad (16.15)$$

де  $\psi$  – коефіцієнт заповнення короба, при закритому коробі  $\psi = 0,9$ , при відкритому коробі (годівниця)  $\psi \leq 0,5$  ;

$k_y$  – коефіцієнт, який враховує ущільнення корму в коробі, для зерна

$k_y = 1,08$  , для борошнистих кормів  $k_y = 1,13$  ;

$k_1$  – швидкісний коефіцієнт, який враховує відставання верхніх і бокових шарів вантажу від ланцюга,  $k_1 = 0,9 \dots 0,95$  ;

$k_2$  – коефіцієнт, який враховує об'єм, що займає скребковий ланцюг, попередньо приймають  $k_2 = 0,97$  ;

$k_3$  – коефіцієнт, який враховує кут підйому транспортера  $\alpha$  , визначають залежністю  $k_3 = 1 - (0,01 \dots 0,02) \alpha$  .

Максимальний кут підйому транспортера із зануреними низькими скребками не повинен перевищувати  $15^\circ$  .

Швидкість скребкового ланцюга рекомендують приймати  $0,25 \dots 0,40$  м/с.

У кормороздавальних пристроях ланцюгового типу вся довжина ланцюга є несучою (робочою), так як вона замикається через обвідні ролики у горизонтальній площині.

**Необхідну потужність двигуна, кВт, для привода ланцюгового кормороздавача визначають за формулою**

$$N_{ЛК} = \frac{K_1 \cdot W_0 \cdot V_{Л}}{102 \eta}, \quad (16.16)$$

де  $K_1$  – коефіцієнт, який враховує втрати на приводній зірочці  $K_1 = 1,1$  ;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії привода транспортера;

$W_0$  – опір на приводній зірочці транспортера, Н, визначають з виразу

$$W_0 = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 , \quad (16.17)$$

де  $W_1$  – опір тертю корму по днищу короба, Н;

$W_2$  – опір тертю корму по бокових стінках короба, Н;

$W_3$  – опір підйому корму, Н;

$W_4$  – опір переміщенню ланцюга, Н;

$W_5$  – опір натяжної зірочки, Н.

#### **16.4. Розрахунок скребкових робочих органів**

Скребкові транспортери з відкритими жолобами широко використовують на тваринницьких фермах як в нашій країні, так і за кордоном для роздавання сухих кормів, вологих мішанок, жому, грубих кормів та силосу.

Корм переміщується жолобом завдяки підштовхуванню скребками, прикріпленими через певний проміжок до нескінченного тягового ланцюга. Ланцюг на кінцях транспортера огинає натяжну та приводну зірочки, які знаходяться у вертикальному або горизонтальному положенні. Корм засипається у приймальний ківш за допомогою живильників або передається з мобільних кормороздавачів і розноситься на всю довжину фронту годівлі.

Скребковий тяговий орган може бути встановлено безпосередньо в годівниці або в жолобі над годівницею. Тому корм, що транспортується, провалюється через отвори в жолобі й почергово завантажує годівниці на всій довжині.

**Скребкові транспортери**, залежно від взаємного розташування жолоба, ланцюга і скребків, поділяють на такі:

а) з нижньою робочою гілкою;

б) з верхньою робочою гілкою;

в) з обома робочими гілками, які переміщують корм дерев'яним або металевим жолобом у різні боки або почергово працюють при реверсивному вмиканні.

Довжина шляху переміщення кормів цих транспортерів – до 100м.



**Переваги скребкових транспортерів:** простота вивантаження сипучого корму в проміжних точках через отвори в днищі жолоба, можливість використання обох гілок для переміщення корму.

**Недоліки** цих транспортерів: великий опір від тертя ковзання корму стінками жолоба; додаткове подрібнення часток при транспортуванні.

Привод скребкових транспортерів здійснюється від електродвигуна через редуктор і ланцюгову або клинопасову передачі.

**Продуктивність скребкових транспортерів для переміщення кормів, т/год, визначають за формулою**

$$Q_{CT} = 3,6 v_{K1} \cdot V_L \cdot \rho_K \cdot (1/e), \quad (16.18)$$

де  $v_{K1}$  – об'єм корму, який переміщується одним скребком, м<sup>3</sup>;

$V_L$  – швидкість руху ланцюга, приймають 0,25...0,5м/с;

$e$  – крок або відстань між скребками, м, приймають  $e = (6...8)h_c$  висоти скребка.

При роботі скребкового транспортера кожний скребок штовхає перед собою певний об'єм  $v_{K1}$  корму, поздовжній перетин якого зображено на рис. 16.2. Визначають цей об'єм, м<sup>3</sup>, за формулою

$$v_{K1} = \left( \frac{l_1 + l_2}{2} \right) \cdot h_c \cdot b_c, \quad (16.19)$$

де  $h_c$  – висота скребка, м;

$b_c$  – ширина скребка, м, вибирають у межах  $(2...5)h_c$ .

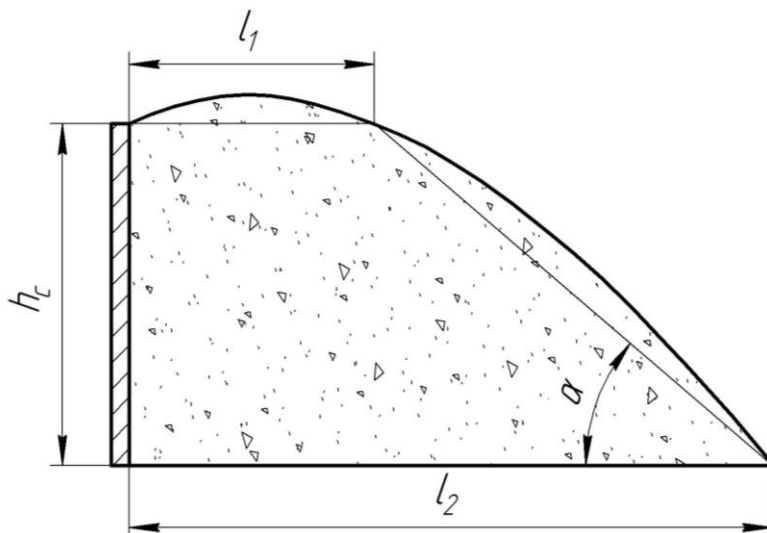


Рисунок 16.2. Перетин корму, який штовхається скребками

При визначенні об'єму корму враховують також кут  $\alpha$ , який дорівнює 0,7...0,8 від кута природного скосу корму.

**Необхідна потужність електродвигуна, кВт, для привода скребкового транспортера**

$$N_{CT} = \frac{1,1}{102 \eta} (q_1 \cdot L_T \cdot V_L \cdot f_1 \pm q_1 \cdot H_K \cdot V_L + 2q_L \cdot L_T \cdot \phi_1 \cdot V_L), \quad (16.20)$$

де  $q_1$  – навантаження на 1м довжини транспортера, Н, визначають із залежності  $q_1 = Q_{CK} / (3,6 V_L)$ );

$L_T$  – довжина транспортера, м;

$f_1$  – коефіцієнт тертя корму по металевому жолобу;

$H_K$  – висота підйому корму, м;

$q_L$  – вага 1м довжини ланцюга зі скребками, кг;

$\phi_1$  – коефіцієнт опору частин транспортера, які рухаються (для безроликкових ланцюгів  $\phi_1 = 0,15 \dots 0,2$ ; для роликкових  $\phi_1 = 0,1 \dots 0,12$ );

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії привода транспортера.

Перший доданок формули (16.12) – це потужність, потрібна для переміщення корму довжиною транспортера, другий – потужність на переміщення корму вертикально; третій – потужність на холостий хід транспортера.

При визначенні продуктивності скребкових транспортерів, які живляться від пересувних кормороздавачів, необхідно враховувати, що ця продуктивність має дорівнювати або бути більшою за продуктивність живильника. Необхідно також враховувати, що на довжині кожного кормомісця має знаходитися кількість корму, яка відповідає разовій нормі видавання його тварині.

У деяких випадках на кожне кормомісце можуть бути подані скребком грубі корми, силос, зелена маса. При цьому висота корму, що транспортується, значно перевищує висоту скребків, тяговий орган працює як транспортер із зануреними скребками і його слід розраховувати за раніше наведеними формулами. На взаємодію занурених скребків із насипним кормом значно впливають їх висота і розташування скребків на ланцюгу транспортера.

Відчутний вплив на величину коефіцієнта опору частин транспортера має заклинювання продукту між краями скребка та стінками жолоба, а також тертя його до боковини жолоба.

**Зазор між стінкою жолоба та скребком** приймають 10...15мм, бо менші зазори спричиняють заклинювання скребоків у жолобі, а більші супроводжуються пересипанням корму і сприяють зростанню сил, які повертають скребок у поперечно-вертикальній площині.

Переміщення корму жолобом супроводжується тиском його на бокову стінку, величина якого коливається в межах 1,5–4,5МПа.

**Швидкість руху тягового органу** бажано приймати 0,25...0,3м/с, так як подальше підвищення швидкості призводить до зниження транспортуючої здатності скребоків, зростання витрат енергії та створення надмірного шуму в приміщенні.

**Крок скребоків** приймають рівним  $(6... 8) h_c$  ; кут установки скребка до дна жолоба з відхиленням від перпендикуляру до поздовжньої осі транспортера не більше 60°.

**Висота бокової стінки жолоба** транспортера повинна перевищувати висоту скребка не менше ніж в 2 рази.

## 16.5. Розрахунок шнекових робочих органів

Для переміщення кормів у горизонтальному та похилому напрямках, з подальшим передаванням у годівниці, використовують шнеки. **Шнек**, як робочий орган, що переміщує корм вздовж фронту годівлі, може знаходитися в циліндричному жолобі з вихідними отворами або встановленим між твердими стінками і переміщувати корм безпосередньо годівницею. Норма видачі корму при розміщенні шнека в циліндричному жолобі регулюється зміною положення вихідних отворів, їх перекриттям або об'ємними дозаторами; при розміщенні шнека між твердими стінками – зміною відстані над годівницею. Такі пристрої використовують для роздавання будь-яких кормів у подрібненому вигляді на фермах ВРХ та сухих борошнистих і гранульованих кормів на свинофермах.

Шнеки, які застосовують для вивантаження корму в пересувний кормороздавач, мають діаметр 100–400мм і довжину до 4м. Для здійснення одночасного видавання корму на обидва боки, у паралельно встановлені годівниці, використовують шнеки із центральним завантаженням. Гвинт таких шнеків має праву та ліву навивки.

**Переваги шнекових робочих органів:** простота конструкції; наявність герметичного кожуха, який виключає втрати корму. **Недолік** – великі питомі витрати енергії на одиницю продукту, який транспортується (на 50–100% більші, ніж у транспортерів інших типів), внаслідок підвищеного тертя продукту до стінок жолоба та поверхні гвинта, а також опору матеріалу, який переміщується.

Шнек може бути правого і лівого обертання. При правому напрямі витка та обертанні вала за годинниковою стрілкою корм переміщується справа наліво, при обертанні проти годинникової стрілки корм переміщується зліва направо. При лівому напрямі витка та обертанні вала проти годинникової стрілки корм переміщується зліва направо; при обертанні за годинниковою стрілкою – справа наліво.

Конструктивне оформлення шнекових кормовивантажувальних пристроїв може бути різним, розташування шнеків – горизонтальне, похиле та вертикальне.

Вивантажувальний механізм деяких кормороздавачів має поворотні шнеки, а також кілька взаємно пов'язаних шнеків, наприклад вертикальний і поворотний зі змінним кутом нахилу. Вивантажувальні пристрої останнього типу застосовуються у кормозавантажувачах, які піднімають корм на висоту до 6м.

**Продуктивність гвинтового тихохідного транспортера, т/год, визначають за формулою**

$$Q_{шт} = 3,6 F_0 \cdot V_B \cdot \rho_K, \quad (16.21)$$

де  $F_0$  – площа поперечного перетину кулі транспортованого матеріалу в шнеку,  $m^2$ , визначають

$$F_0 = \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4} \cdot \psi \cdot c; \quad (16.22)$$

тут  $D$  – діаметр шнека, м;

$d$  – діаметр вала шнека, м;

$\psi$  – коефіцієнт заповнення жолоба;

$c$  – коефіцієнт, що враховує зменшення площі поперечного перетину шару корму, що транспортується, внаслідок нахилу транспортера, наведений у табл. 16.1;

$V_B$  – швидкість переміщення корму, м/с, визначають

$$V_B = S_{ш} \cdot n, \quad (16.23)$$

де  $S_{ш}$  – крок шнека, м;

$n$  – частота обертання шнека,  $s^{-1}$ ;

$\rho_K$  – густина корму,  $kg/m^3$ .

Після підстановки виразів (16.22) і (16.23) у (16.21), отримують залежність для визначення продуктивності шнека, кг/с, у вигляді

$$Q_{шт} = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot \psi \cdot S_{ш} \cdot n \cdot \rho_K \cdot c. \quad (16.24)$$

Значення коефіцієнта  $\psi$  приймають залежно від виду вантажу, що транспортується; для зерна  $\psi = 0,25 - 0,48$ ; для картоплі і буряків  $\psi = 0,3 - 0,4$ ; для пшениці з половиною (у комбайнах)  $\psi = 0,2 - 0,3$ . Великі значення – для транспортерів без проміжних опор вала шнека, менші – для транспортерів із проміжними опорами.

Частоту обертів шнека при заданій продуктивності транспортера визначають з рівняння (16.24).

Таблиця 16.1

Значення коефіцієнта  $c$  для тихохідних гвинтових транспортерів

Кут нахилу транспортера до горизонту, $\beta$ , град	0	5	10	15	20
Значення коефіцієнта $c$	1	0,9	0,8	0,7	0,65

**Потужність двигуна привода шнекового транспортера кормороздавача** витрачається на:

- підйом вантажу (у випадку похилого транспортера);
- подолання тертя вантажу об внутрішню поверхню жолоба;
- подолання тертя вантажу об гвинтову поверхню шнека;
- перемішування і дроблення вантажу;
- подолання тертя у підшипниках вала шнека;
- подолання тертя у передавальному механізмі.

Потужність, кВт, на підйом вантажу і подолання тертя об дотичні з ними поверхні визначають, виходячи з теорії руху тіла по похилій площині,

$$N_1 = V_0 \cdot G (\sin \beta + \mu_2 \cdot \cos \beta) \cdot \operatorname{tg} (\alpha_0 + \varphi_1), \quad (16.25)$$

де  $V_0$  – швидкість шнека по колу, що проходить через центр тиску вантажу, м/с;

$G$  – вага вантажу, що знаходиться в жолобі, Н;

$\beta$  – кут нахилу шнекового транспортера;

$\mu_2$  – коефіцієнт тертя вантажу об внутрішню поверхню жолоба;

$\alpha_0$  – кут підйому гвинтової поверхні шнека по колу, що проходить через центр тиску вантажу на шнек;

$\varphi_1$  – кут тертя вантажу об гвинтову поверхню шнека.

Потужність двигуна для привода гвинтового тихохідного транспортера визначають з допомогою розрахункової схеми (рис. 16.3).

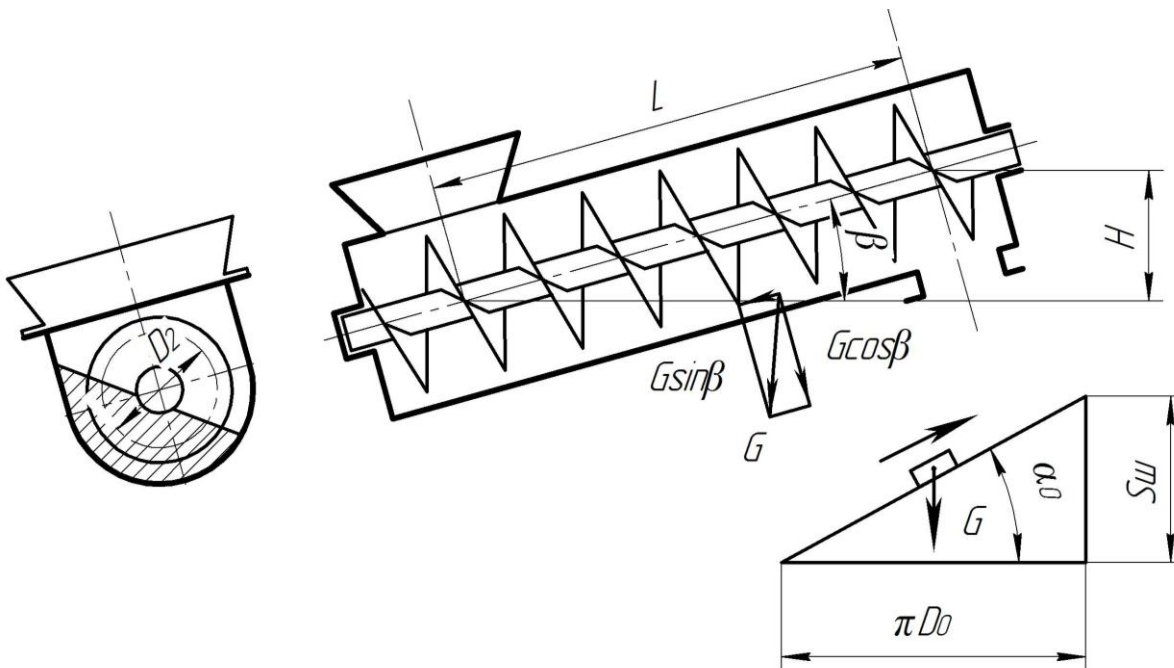


Рисунок 16.3. Розрахункова схема транспортера

Складові, що входять до рівняння (16.25), визначають

$$V_0 = \pi \cdot D_0 \cdot n , \quad (16.26)$$

де  $D_0$  – діаметр кола, що проходить через центр тиску вантажу на гвинтову поверхню шнека, м, визначають за формулою

$$D_0 = (0,7 - 0,8) D ; \quad (16.27)$$

$$G = q_B \cdot L_T = \frac{Q_{шт} \cdot L_T \cdot g}{V_B} , \quad (16.28)$$

де  $Q_{шт}$  – продуктивність транспортера, кг/с;

$q_B$  – погонна вага корму, Н/м;

$V_B$  – швидкість поздовжнього переміщення корму, м/с;

$L_T$  – довжина транспортування корму, м;

$g$  – прискорення сили тяжіння, м/с<sup>2</sup>;

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{S_w}{\pi \cdot D_0} , \quad (16.29)$$

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \mu_1 ; \quad (16.30)$$

де  $\mu_1$  – коефіцієнт тертя корму об гвинтову поверхню шнека.

Потужність, кВт, на валу шнека визначають за формулою

$$N_{шт} = \frac{N_1 \cdot k_0}{\eta_n} , \quad (16.31)$$

де  $k_0$  – коефіцієнт, що враховує переміщення і дроблення вантажу (для дрібнозернистих вантажів  $k_0 = 1,15 - 1,20$  ; для пилоподібних і борошнистих  $k_0 = 1,2 - 1,3$  );

$\eta_n$  – коефіцієнт корисної дії підшипників вала шнека, для однієї пари підшипників 0,97–0,99 (більші значення для підшипників кочення, менші – для підшипників ковзання).

### 16.6. Розрахунок спірально-гвинтових транспортерів

Для транспортування сухих кормів іноді використовують спірально-гвинтові транспортери (гнучкі шнеки). **Конструктивно – це гвинтова пружина**, яка обертається і розміщена у циліндричному кожусі. Для виходу корму у годівниці кожух має випускні отвори. Такий спосіб роздавання кормів поширений на птахо- та свинофермах зарубіжжя.

Спірально-гвинтові транспортери можуть бути дво- і однопружинні.

**Двопружинні спірально-гвинтові транспортери** застосовують для транспортування зерна, мелених кормів, а також рідких кормів.

У циліндричному кожусі знаходяться дві пружини, вставлені одна в другу, які обертаються в різних напрямках. Внутрішня пружина запобігає забиванню зовнішньої матеріалом, який транспортується. Для збільшення продуктивності транспортера і зменшення тертя між зовнішньою та внутрішньою пружинами вони мають протилежні навивки. Сипучий або рідкий матеріал рухається рівномірним шаром по всьому внутрішньому перетині кожуха. Переміщенню матеріалу кожухом сприяє також потік повітря, який виникає при обертанні внутрішньої пружини з частотою 2800об/хв.

Так як у спірально-гвинтовому транспортері переміщенню матеріалу сприяють механічні та пневматичні сили, то зазори між пружинами і кожухом можуть бути дуже великими. Зі збільшенням зазорів підвищується пропускна здатність транспортера.

**Однопружинний спірально-гвинтовий транспортер** застосовують для транспортування сухих зернових та порошкових матеріалів. Корм, який потрапляє між витки спіральної пружини, під дією сили реакції з боку внутрішньої поверхні кожуха переміщується в осьовому напрямку.

**Переваги спірально-гвинтових транспортерів:**

а) швидкість обертання пружини значно вища швидкості обертання робочого органу шнека, що дозволяє, не знижуючи продуктивності, зменшити діаметр рукава транспортера та зробити його компактнішим;

б) простота конструкції, так як відсутні будь-які передаточні механізми від двигуна до робочого органу;

в) продукт може транспортуватися просторовою кривою при різному згині рукава транспортера;

г) еластичність гвинтової пружини значно знижує ударні навантаження корму, який транспортується, та знижує його подрібнення.

**Недоліки спірально-гвинтових транспортерів:** низька експлуатаційна надійність, технологічна складність виконання пружини великої довжини з однаковими механічними властивостями.

**Продуктивність, м<sup>3</sup>/год, спірально-гвинтового транспортера** визначають за формулою

$$Q_{CT} = 3600 \frac{v_B \cdot V_0}{S_{II}}, \quad (16.32)$$

де  $v_B$  – об'єм вантажу, який транспортується, м<sup>3</sup>;

$V_0$  – осьова швидкість руху часток, м/с;

$S_{II}$  – крок пружини, м.

Об'єм вантажу, який транспортується, визначають за формулою

$$v_B = 2\pi \cdot R_e^2 \cdot S_{II} \left(1 - \sqrt{1 - \psi}\right) \cdot \operatorname{ctg} \frac{(\alpha + \varphi)}{2}, \quad (16.33)$$

де  $R_e$  – радіус витка пружини, м;

$\psi$  – коефіцієнт заповнення;

$\alpha$  – кут підйому направляючої гвинтової лінії;

$\varphi$  – кут тертя корму по гвинтовій поверхні пружини.

Продуктивність спірально-гвинтового транспортера зі збільшенням швидкості обертання пружини зростає пропорційно швидкості. Найбільш економічні швидкості пружини діаметром 50–100мм – це 750...1200об/хв.



При проектуванні спіральних-гвинтових транспортерів для переміщення сипучих матеріалів використовують такі рекомендації:

- крок гвинтової лінії пружини, м,  $S = (0,75 \dots 1,40) D_p$  ;
- зовнішній діаметр пружини, м,  $d = (0,75 \dots 0,90) D_p$  ;
- діаметр дроту пружини, м,  $\delta = (0,15 \dots 0,20) D_p$  ;
- кут підйому гвинтової осі дроту пружини

$$\alpha = \arctg \frac{S}{\pi \cdot d_{сер}} = 15 \dots 30^\circ ,$$

де  $d_{сер}$  – середній діаметр пружини, м,  $d_{сер} = d - \delta$  ;

$D_p$  – робочий діаметр кожуха, м.

**Потужність, кВт, що споживається спіральним-гвинтовим транспортером, визначають за формулою**

$$N_{max} = \frac{Q_{CG} \cdot H + \pi \cdot L_T \cdot \phi_0}{367} , \quad (16.34)$$

де  $Q_{CG}$  – продуктивність шнека, т/год;

$H$  – висота підйому матеріалу, який транспортується, м;

$L_T$  – довжина транспортера, м;

$\phi_0$  – коефіцієнт опору переміщенню матеріалу в спіральном-гвинтовому транспортері,  $\phi_0 = 10 \dots 20$  .

Необхідна потужність двигуна, кВт, для привода транспортера

$$N_{CG} = K_n \cdot \frac{N_{max}}{\eta_{пр}} , \quad (16.35)$$

де  $\eta_{пр}$  – коефіцієнт корисної дії привода транспортера;

$K_n$  – коефіцієнт можливих перевантажень,  $K_n = 1,3 \dots 1,5$  .

Мінімально допустимий радіус згину транспортера з точки зору його зношення, міцності матеріалу пружини та необхідної потужності визначають залежністю  $R_{min} = (20 \dots 25) D_p$  .

Довжина забірної частини транспортера – чотири-шість витків.

При транспортуванні корму горизонтальним, вертикальним і похилим напрямками продуктивність такого транспортера змінюється незначно, в межах 10...12%.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алешкин В.Р., Роцин П.М. Механизация животноводства: Агропромиздат, 1985. 336 с.
2. Белянчиков Н.Н., Смирнов А.И. Механизация животноводства. М.: Колос, 1983. 360 с.
3. Белехов І.П., Лесников В.О. Механізація і автоматизація тваринницьких ферм і комплексів. К.: Освіта, 1993. 240 с.
4. Бойко І.Г. Курсове та дипломне проектування по механізації тваринницьких ферм /І.Г. Бойко, В.І. Грідасов, А.І. Дзюба та ін.; За ред. О.В. Нанки. Х.: НМЦ ХНТУСГ, 2003. 356 с.
5. Бойко І.Г. Практикум по машинах і обладнанню для тваринництва /І.Г. Бойко, В.І. Грідасов, А.І. Дзюба та ін.; За ред. О.П. Скорик, О.І. Фісяченко. Х.: НМЦ ХНТУСГ, 2004. 275 с.
6. Бойко І.Г. Теорія та розрахунок машин для тваринництва /І.Г. Бойко, В.Г. Грідасов, А.І. Дзюба та ін.; За ред. І.Г. Бойко. Х.: НМЦ ХНТУСГ, 2002. 216 с.
7. Брагинец Н.В. Курсовое и дипломное проектирование по механизации животноводства. М.: Колос, 1978. 192 с.
8. Горячкин В.П. Собрание сочинений в 3 томах, том 3. М.: Колос, 1965. 384 с.
9. Дегтерев Г.П. Справочник по машинам и оборудованию для животноводства. М.: Агропромиздат, 1988. 224 с.
10. Завражнов А.И., Николаев Д.И. Механизация приготовления и хранения кормов. М.: Агропромиздат, 1990. 336 с.
11. Земсков В.И., Ковальчук В.Д. Механизация приготовления кормов на фермах. Барнаул: Алтайское книжное издательство, 1976.
12. Карташев Л.П. Механизация и электрификация животноводства. М.: Агропромиздат, 1987. 320 с.
13. Кормановский Л.П. Механизация животноводства и кормопроизводства на малой ферме. М.: Агропромиздат, 1989. 207 с.
14. Короткевич В.А. Механизация свиноводческих ферм и комплексов. Мн.: Урожай, 1979. 127 с.
15. Кукта Г.М. Машины и оборудование для приготовления кормов. М.: Агропромиздат, 1987. 303 с.
16. Кулаковский И.В., Кирпичников Ф.С., Резник Е.И. Машины и оборудование для приготовления кормов. Справочник: В 2 т. М.: Росагропромиздат, 1987 - 1988. Т 1. 287 с.; 1988. Т 2. 286 с.
17. Куров Ю.А., Серий Г.П. Механізація приготування кормів для птиці. К.: Урожай, 1970. 177 с.
18. Лобановский Г.А. Кормоцехи на фермах. М.: Колос, 1971.
19. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. Л.: Колос. Ленинградское отделение, 1978. 560 с.
20. Мельников С.В. Технологическое оборудование животноводческих ферм и комплексов. Л.: Агропромиздат, 1985. 640 с.
21. Мельников С.В., Калюга В.В., Хазанов Е.Е. и др. Справочник по механизации животноводства. Л.: Колос, 1983. 336 с.
22. Механізація виробництва продукції тваринництва. Ревенко І.І., Кукта Г.М., Манько В.М., Роговий В.Д., Шабельник Б.І., Сиротюк В.М., Дацишин О.В. /За ред. Ревенка І.І. К.: Урожай, 1994. 264 с.
23. Механізація та автоматизація у тваринництві і птахівництві. /За ред. О.С. Марченка. К.: Урожай, 1995.
24. Мжельский Н.И., Смирнов А.И. Справочник по механизации животноводческих ферм и комплексов. М.: Колос, 1984. 336 с.

25. Науменко О.А. Машини та обладнання для тваринництва. Підручник /О.А., Науменко, І.Г. Бойко, О.В. Нанка, В.М. Полупанов та ін.; за ред. І.Г. Бойко. Том 1. Харків: Видавництво ЧП Черв'як, 2006. 225 с.
26. Науменко О.А. Машини та обладнання для тваринництва. Підручник /О.А., Науменко, І.Г. Бойко В.І. Грідасов, А.І. Дзюба та ін.; за ред. І.Г. Бойко. Том 2. Харків: Видавництво ЧП Черв'як, 2006. 279 с.
27. Науменко О.А. Проектування технологій і технічних засобів для тваринництва /О.А. Науменко, І.Г. Бойко, В.І. Грідасов, В.І. Дзюба та ін.; за ред. О.П. Скорика, В.М. Полупанова. Харків: ХНТУСГ, 2009. 429 с.
28. Новиков Г.И. Комплексная механизация в промышленном свиноводстве. М.: Колос, 1973.
29. Носов М.С. Механізація робіт на тваринницьких фермах: Навч. посібник /Пер. з рос. І.І. Гоголя. К.: Вища шк., 1994. 367 с.
30. Омельченко А.А., Куцын Л.М. Кормораздающие устройства. М.: Машиностроение, 1971. 207 с.
31. Омельченко О.О., Ткач В.Д. Довідник з механізації тваринницьких і птахівничих ферм та комплексів. К.: Урожай, 1982. 270 с.
32. Посібник-практикум з механізації виробництва продукції тваринництва /За ред. І.І. Ревенка. К.: Урожай, 1994. 228 с.
33. Потапов Г.П. Транспортёры в животноводстве. М.: Агропромиздат, 1987. 95 с.
34. Сиротюк В.М. Машини та обладнання для тваринництва. Навчальний посібник. Львів: «Магнолія плюс», видавець В.М. Піча. 2004. 200 с.
35. Смирнов И.И. Механизация животноводческих ферм. М.: Гос. н.-т. изд-во маш. лит., 1959. 359 с.
36. Троянов М.М. Механізація технологічних процесів у тваринництві. Харків: Прапор, 1993. 140 с.
37. Хомик Н.І., Довбуш А.Д. Машини та обладнання для тваринництва. Курс лекцій. Ч. 1 Тернопіль: Видавництво ТНТУ ім. І.Пулюя, 2013. 224 с.
38. Хомик Н.І., Довбуш А.Д. Машини та обладнання для тваринництва. Курс лекцій. Ч. 2 Тернопіль: Видавництво ТНТУ ім. І.Пулюя, 2013. 224 с.
39. Хомик Н.І., Довбуш Т.А., Цьонь Г.Б. Машини та обладнання для тваринництва: навчально-методичний посібник до курсового проекту. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2017. 84 с.
40. Хомик Н.І., Довбуш А.Д., Цьонь Г.Б. Машини та обладнання для тваринництва: навчально-методичний посібник до практичних робіт. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2017. 124 с.
41. Хомик Н.І., Довбуш Т.А., Цьонь Г.Б. Машини та обладнання для тваринництва: навчально-методичний посібник до лабораторних робіт. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2018. 100 с.
42. Хомик Н.І. Основи агрономії. Курс лекцій /Н.І. Хомик, А.Д. Довбуш., В.П. Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2015.300 с.
43. Хомик Н.І. Основи агрономії: навчальний посібник до практичних занять та самостійної роботи /Н.І. Хомик , Г.Б. Цьонь, Т.А. Довбуш , Н.А. Антончак. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 320 с.
44. Хомик Н.І. Технологія виробництва і переробки сільськогосподарської продукції: курс лекцій / Н.І. Хомик, Н.Б. Гаврон, Н.А. Рубінець. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. 248 с.
45. Шабельник Б.П., Троянов М.М., Бойко І.Г. та ін. Теорія та розрахунок машин для тваринництва /За ред. Бойка І.Г. Харків, 2002. 216 с.

## ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК ЧАСТИНА 1

### А

**Аеродинаміка<sub>1</sub>** – розділ аеромеханіки про рух газоподібних середовищ (головним чином повітря) та взаємодію між ними і твердими тілами при їхньому відносному русі.

**Аеродинаміка<sub>2</sub>** – розділ механіки суцільних середовищ, який вивчає сили, що виникають у повітрі або газі під час руху. Наприклад, потоку повітря навколо об'єктів (наземного транспорту, куль, ракет, літаків), що рухаються з великою швидкістю в атмосфері.

**Азотоутримуючі речовини (вуглеамонійні солі)** – кристалічні речовини білого кольору, які мають такий склад: двовуглекислий амоній (у перерахунку на суху речовину) – не менше 99%, вуглекислого амонію (у перерахунку на суху речовину) – не більше 1%, води – не більше 3%.

**Аміачна вода (водний аміак)** – розчин аміаку в воді, безбарвна або жовтувата рідина. Вітчизняна промисловість випускає два види аміачної води: з кількістю азоту не менше 20,5 %, густиною (за температури +20 °С) 907 кг/м<sup>3</sup> та температурою замерзання -56 °С; а також з кількістю азоту не менше 18 % та температурою замерзання -33 °С. Аміачну воду можна використовувати тільки в літній період. Аміачну воду загортають у ґрунт на глибину 10...12 см на суглинистих ґрунтах та 12...15 см на супіщаних. Поверхнєве внесення аміачної води неприпустиме. Аміачна вода після нітрифікації аміачної форми азоту підкислює ґрунт. Аміачна вода забезпечує приблизно таку ж прибавку врожаю всіх культур на одиницю добрива, як і рідкий аміак, але поступається йому в економічній ефективності.

**Амінокислота** – органічна сполука, молекули якої одночасно містять аміно- (-NH<sub>2</sub>) та карбоксильну (-COOH) групи. Амінокислоти є мономерними одиницями білків, у складі яких залишки амінокислот з'єднані пептидними зв'язками. Більшість білків побудовані із комбінації дев'ятнадцяти «первинних» амінокислот, тобто таких, що містять первинну аміногрупу, і однієї «вторинної» амінокислоти або імінокислоти (містить вторинну аміногрупу) проліну, що кодуються генетичним кодом. Їх називають стандартними або протеїногенними амінокислотами. Крім стандартних, в живих організмах зустрічаються інші амінокислоти, які можуть входити до складу білків або виконувати інші функції.

**Амонізація кормів** – обробка кормів аміаком з метою підвищення вмісту в них азоту, що забезпечує кращу перетравність.

**Амонізація побічної кормової сировини.** Здійснюють її для підвищення поживної цінності і продуктивної дії грубих кормів. Стебла і стержні кукурудзи, кошики соняшнику, соломі обробляють 25 % водним розчином аміаку з розрахунку 1,5...5 безводного аміаку до маси корму і витримують у буртах до 20 днів, після чого 2 дні вивітрюють. В результаті такої обробки (амонізації) кількість розчинних фракцій лігніну зростає в 3,3 рази, а це покращує перетравність клітковини, протеїну.

**Антибіотики** (грец. *Αντι* – проти, грец. *Βιοτικός* – життєвий) – органічні речовини, що синтезуються мікроорганізмами в природі для захисту від інтервенції інших видів мікроорганізмів, та володіють здатністю пригнічувати розвиток, або вбивати цих мікробів. Як правило, антибіотики виділяють з живих бактерій або грибів. Існує також велика кількість синтетичних антибіотиків, які відрізняються модифікаціями функціональних груп природніх антибіотиків. Такі модифіковані сполуки часто ефективніші, або стійкіші до нейтралізації, що виникає внаслідок набутої мікроорганізмами резистентності.

### Б

**Балансування ротора** – це захід щодо виявлення та усунення залишкового дисбалансу шляхом встановлення або зняття вантажів у площинах корекції (установки вантажів), коли змішається вісь центра мас ротора.

**Барда** – залишок після відгонки спирту із бражки; відходи виробництва етилового

спирту. Рідина (суспензія) світло-коричневого кольору із запахом зерна або іншої сировини. Вміст сухих речовин у барді становить 3...8 %. Барда швидко псується. Зерно-картопляна барда містить усі складові компоненти вихідної сировини, за винятком крохмалю і дріжджів. Нативну зерно-картопляну барду – використовують як корм для тварин. Післяспиртову барду суху використовують у виробництві комбікормів і в як добавку в кормові раціони для свиней, корів, птиці та риби. Мелясну барду вважають відходом. Її скидають на поля фільтрації, чим викликається забруднення навколишнього середовища (в т.ч. забруднюється повітряний басейн). У мелясній барді міститься гліцерин, бетаїн, глютамінова кислота, калійні солі. Деколи на барді вирощують кормові дріжджі, внаслідок чого отримують вторинну (післядріжджову) барду у такому ж об'ємі. Мелясна упарена післядріжджова барда згідно з нормативним документом ГОСТ 18-126 відноситься до пластифікаторів (II, III, IV груп) бетонів і будівельних розчинів. Барда має високу кислотність, тому всі деталі, що контактують з нею, виготовляють з міді або нержавіючої сталі.

**Бентоніт<sub>1</sub>** – це природні копалини, особливість яких – здатність утворювати грудочки під час взаємодії з рідиною.

**Бентоніт<sub>2</sub>** (названий по родовищу Бентон, США) – природний глинистий мінерал, що має властивість розбухати під час гідратації (в 14...16 разів). При обмеженні простору для вільного розбухання у присутності води утворюється щільний гель, який перешкоджає подальшому проникненню вологи. Ця властивість, а також не токсичність і хімічна стійкість, робить його незамінним у будівництві та багатьох інших сферах діяльності.

**Біологічно активні речовини** – це сполуки, які внаслідок своїх фізико-хімічних властивостей мають певну специфічну активність і виконують, змінюють або впливають на каталітичну (ферменти, вітаміни, коферменти), енергетичну (вуглеводи, ліпіди), пластичну (вуглеводи, ліпіди, білки), регуляторну (гормони, пептиди) або інші функції в організмі.

**Біотехнічна система (БТС)** – сукупність взаємопов'язаних і взаємозалежних біологічних і технічних систем або об'єктів, об'єднаних в єдину функціональну систему. Використання БТС вважають перспективним під час вирішення різних прикладних завдань в умовах, коли ці завдання не можуть бути покладені на людей та (або) звичайні технічні системи.

**Бітер** - барабан обладнаний лопатями. Бітер підхоплює транспортований матеріал (солому) і направляє її на соломотряс.

**Брикетування** – процес переробки матеріалу в шматки геометрично правильної і одноманітної в кожному випадку форми, практично однакової маси – брикети (франц. *brique*). Під час брикетування створюються додаткові сировинні ресурси з дрібних матеріалів (переважно викопних палив і руд), кормів, використання яких малоефективне або недоцільне, а також утилізуються відходи (пил, шлаки, металева стружка і тому подібне). Доцільність брикетування у кожному випадку економічно обґрунтовують.

## В

**Вальцевий прес** – обладнання для обробки порошкоподібних матеріалів тиском (пресуванням).

**Вантажопідйомність** (англ. *load (weight)-carrying capacity*; нім. *Ladefähigkeit f; Tragfähigkeit f*) – здатність механізму підняти вантаж максимальної для нього ваги. Найбільше навантаження, на яке розрахований механізм. Для засобів транспорту – максимальна маса вантажу, яку можна розмістити у вантажному елементі машини (кузові). Вантажопідйомність найбільш повно та інтегрально характеризує технічні й експлуатаційні якості автомобілів, вагонів, вагонеток тощо. Для суден повну вантажопідйомність називають дедвейтом (тоннаж).

**Вапнування** – найважливіша умова інтенсифікації сільсько-господарського виробництва на кислих ґрунтах, підвищення їх родючості та ефективності мінеральних добрив. Застосовують також для обробки кормів, щоб покращити їх перетравність.

**Вентилятор** (нім. *Lüfter, Wettermaschine, Ventilator*, англ. *fan, ventilator*) – пристрій для перемішування чи переміщення під певним тиском повітря, газів або сумішей їх з дрібними частинками. Вентилятори застосовують у промисловості, для провітрювання приміщень, підтримання (створення) рудникової (шахтної) атмосфери, очищення повітря в приміщеннях та на шахтах і застійних зонах кар'єрів, для створення штучної тяги в топках котлів, для створення потоку газу (повітря) в технологічних апаратах, пневмотранспортних установках тощо. Розрізняють паралельну, послідовну і спільну роботу вентиляторів.

**Вітамінне трав'яне борошно** – подрібнений висушений штучним способом зелений корм, що містить значну кількість вітамінів.

## Г

**Гідрол, або гідрозоль** (використовують обидві назви) – це вода, зібрана після дистиляції рослин під час виготовлення ефірної олії. Іноді кількість олії, яку можна отримати, така мала, що весь процес спеціально здійснюють тільки з метою отримання гідроліта, а ефірну олію вважають побічним, хоча і цінним продуктом.

**Годівля сільськогосподарських тварин** – наука про регулювання їх живлення залежно від віку, фізіологічного стану, розвитку і продуктивності.

**Годівля** у умовах господарства – виробничий процес, що забезпечує живлення тварин за рахунок використання кормів.

**Годівниця** – спеціальний пристрій, куди кладуть корм для худоби, птиці, диких звірів

**Гранулометричний склад** (англ. *granulometric composition, particle size distribution, gradation composition, grain composition*; нім. *Kornverteilung f, Korngrößenverteilung f*) – кількісний розподіл зерен (грудок, шматків) за класами крупності. Визначають для гірських порід, корисних копалин, ґрунтів, кормів та інших матеріалів. У геології, гірничій справі, збагаченні корисних копалин, ґрунтознавстві, технології будівельних матеріалів та інших галузях техніки, застосовують різні класифікації і шкали класів (фракцій) крупності. Класи позначають в мм.

**Гранулювання** – це сукупність фізико-хімічних і фізико-механічних процесів, що забезпечують формування часток певних розмірів, форми, структури і фізичних властивостей. Водорозчинні мінеральні добрива у гранульованому вигляді мають добрі фізичні властивості – вони краще зберігають сипкість, не розпилюються, їх легко вносити у ґрунт, з великою ефективністю використовуються рослинами, оскільки повільно вимиваються ґрунтовими водами і менше деградують внаслідок меншої поверхні контакту з компонентами ґрунту. Гранулювання включає такі стадії: підготовку початкової сировини (дозування і розподіл компонентів); власне гранулювання (агрегування, напластовування, кристалізація, ущільнення та ін.); стабілізацію структури (сушіння, термостатування, полімеризація та ін.); видалення товарного продукту (класифікація за розмірами, подрібнення крупних фракцій).

**Грохот** (англ. *riddle, sieve, screen, sifter*; нім. *Siebmaschine, Klassierer, Siebrost*) – пристрій для механічного розділення (сортування) сипких (грудкуватих) матеріалів за крупністю частинок шляхом просіювання їх через просіювальну поверхню (решітку, решето, сито) із заданою шириною щілини або отвору.

**Грубі корми** – це об'ємисті корми, в сухій речовині яких міститься понад 19 % клітковини. Для жуйних тварин грубі корми є основним джерелом утворення тепла в організмі. До грубих кормів належить сіно, солома, полова, трав'яне борошно. Сіно висушують до вологості 15...17 % і нижче. Залежно від факторів сіно містить 6,5...20 % протеїну. За поживністю 1 кг сіна дорівнює 0,4...0,5 кормових одиниць і 40...130 г ППР.

## Д

**Дерт** – зерно, подрібнене зернодробарками, використовують на корм худобі без спеціального очищення.

**Дефлектор<sub>1</sub>** – пристрій, яким змінюють напрям потоку рідини, газів, електромагнітного випромінювання, акустичних хвиль тощо.

**Дефлектор<sub>2</sub>** (від лат. *Deflecto* – відхиляти, відводити) – це витяжний пристрій, який встановлюють у кінці зовнішньої частини труби, її ще називають шахтою, для відсмоктування повітря з приміщення. Він складається з дифузора, лапки, зонта і півциліндра. Виготовляють **дефлектор** із листів оцинкованої сталі.

**Дефлектор<sub>3</sub>** (англ. *deflector*, нім. *Deflektor m*) – пристрій, яким змінюють напрям потоку рідини, газів тощо.

**Дефлектор<sub>4</sub>** (англ. *deflector*, нім. *Deflektor m*) – це витяжний пристрій на вентиляційній шахті або димарі.

**Дефлектор<sub>5</sub>** (англ. *deflector*, нім. *Deflektor m*) – це прилад для вимірювання й усунення девіації магнітних компасів.

**Деформатор** – це інструмент, яким користується для вимірювання величини деформації.

**Деформація** (від лат. *deformatio* – «спотворення») – зміна розмірів і форми твердого тіла під дією зовнішніх сил (навантажень) або якихось інших впливів (наприклад, температури, електричних чи магнітних полів).

**Дисперсність** – ступінь подрібнення речовини, характеристика розміру частинок удисперсних системах.

**Дифузор** – це елемент аеродинамічної системи машини, який встановлюють у задній та передній його частинах. У більшості випадків дифузори виготовляють із карбону, із трьома або чотирма ребрами. Такий дифузор дозволяє підвищити притискову силу машини, не впливаючи суттєво на його вагу. Існують також виконання із спеціального пластику та металу.

**Дозатори** – пристрої для автоматичного відмірювання чи зважування сипучих, рідких або газоподібних речовин.

**Дозування** – процес автоматичного відмірювання і видавання заданої кількості компонентів (порції) з потрібною точністю, яка визначається зоотехнічними, технологічними та економічними вимогами.

**Дріжджування кормів** – біологічний спосіб підготовки кормів до згодовування, що підвищує їх поживність і покращує смакові і дієтичні якості, використовують у свинарстві. Дріжджують зернові корми, багаті вуглеводами (ячмінь, кукурудзу, овес, висівки і т. ін.), інколи коренебульбоплоди, а також суміші зернових і коренебульбоплодів. Під час дріжджування в кормі відбувається швидке розмноження дріжджів, що супроводжується спиртовим бродінням. Одночасно розмножуються молочнокислі бактерії, продуктами життєдіяльності яких є молочна, оцтова, мурашина і деякі інші леткі кислоти. В результаті рН корму підвищується до 3,8...4,2, що перешкоджає розвитку гнильних бактерій. Дріжджі здатні синтезувати білок з простих азотистих з'єднань, завдяки чому в кормі збільшується загальна кількість білка. Бактерійний білок дріжджів за складом близький до білка тваринного походження і містить велику кількість незамінних амінокислот.

**Дробарка** (англ. *breaker, crusher*, нім. *Brecher m, Brechapparat m, Breckwerk n, Zerkleinerungsmaschine f, Quetsche f, Quetscher m*) – машина для дроблення та подрібнення грудкової мінеральної сировини та інших твердих матеріалів.

**Дробина** – нерозчинні залишки ячменю, отримані у процесі фільтрації.

**Дроблення ударом** – процес подрібнення, який відбувається у дробарках, в яких матеріал руйнується за рахунок кінетичної енергії рухомих тіл. За будовою основного дробильного органу дробарки ударної дії підрозділяються на молоткові і роторні.

**Дроселювання<sub>1</sub>** (англ. *throttling, wire-drawing*; нім. *Druckreduzierung f, Drosselung f*) – процес зниження тиску рідини під час її руху. Для випадку газів – зниження тиску в потоці газу під час проходження його через дросель (діафрагму, клапан, кран, вентиль тощо), що супроводжується зміною температури.

**Дроселювання<sub>2</sub>** – протікання рідини, пари або газу через дросель – місцевий гідродинамічний опір потоку (звуження трубопроводу, вентиль, кран і т. ін.), при якому відбувається зміна тиску і температури (див. *Джоуля – Томсона ефект*). Ефект дроселювання використовують для глибокого охолодження і зріджування газів, та для вимірювання і регулювання витрати рідин і газів (див. *витратомір*).

**Друга гіпотеза – гіпотеза Кірпічова-Кіка** – енергія, яку необхідно витратити на подрібнення (руйнування) геометрично подібних тіл із одного і того ж матеріалу, пропорційна об'ємам цих тіл.

Для якісного оцінювання процесів руйнування шляхом відділення тонких стружок більше підходять залежності Ріттингера, а при руйнуванні крупним сколюванням – залежності за гіпотезою Кірпічова-Кіка.

Гіпотеза Кірпічова-Кіка визначає енергію, яка витрачається на пружну деформацію матеріалу, і не враховує новоутворених поверхонь. Тому вона справедлива для процесів подрібнення матеріалів, у яких основна енергія витрачається на деформацію матеріалу. Гіпотеза Ріттингера не враховує витрат енергії на пружну деформацію і є найбільш обґрунтованою для подрібнення крихких матеріалів, у яких пружна деформація мізерна.

## Е

**Екстракт**, або **в'яжка** (лат. *Extractum*) – концентрована в'яжка із лікарської рослинної сировини або сировини тваринного походження, це рідкі, в'язкі рідини або сухі маси. У медицині термін «екстракт» означає лікарську форму, приготовлену за допомогою екстрагування. Екстрагентами можуть бути вода, спирт, ефір, вуглекислота (та інші речовини у надкритичному стані), відповідно екстракти поділяють на водні, спиртові, ефірні, СО<sub>2</sub> – екстракти та інші.

Розрізняють:

- рідкі екстракти (рухливі рідини);
- густі екстракти (в'язкі маси з вмістом вологи не більше 25%);
- сухі екстракти (сипучі маси з вмістом вологи не більше 5%).

Процес приготування екстракту називають екстракцією або екстрагуванням.

**Екструдер** – це машина за допомогою якої формуються пластичні матеріали, форма надається їм за допомогою екструзії, екструдат проходить через профілюючий інструмент. Екструдер складається з робочого органу, корпусу з нагрівальними елементами, диска розміщеного в цьому корпусі, силового привода, вузла завантаження та інших контрольних і регулюючих пристроїв.

**Екструзія** – процес отримання виробів шляхом продавлювання матеріалу через формувальний отвір у матриці або серії матриць.

**Екструзія<sub>1</sub>** – це складний фізико-хімічний процес, який відбувається під дією механічних зусиль і високої температури за умови наявності вологи. При цьому складні структури білків, вуглеводів, клітковини та крохмалю розпадаються на простіші, шкідлива мікрофлора знезаражується, а в бобових відбувається нейтралізація інгібіторів протеази, трипсину та уреази. Крім того, завдяки відчутному падінню тиску під час виходу розігрітої зернової маси з робочого органу екструдера, відбувається «вибух» (збільшення об'єму втричі-вчетверо), що робить екструдат доступнішим для впливу ферментів шлунка тварин. Змінними параметрами процесу екструзії є склад сировини та її вологість.

**Екструзія<sub>2</sub>** (лат. *Extrusio* – «виштовхування») – процес отримання виробів шляхом екструдування матеріалу через формувальний отвір у матриці. Зазвичай використовують у виробництві будівельних матеріалів, виробів з полімерних матеріалів, конструкційних металевих профілів, а також, в харчовій промисловості, шляхом протискування пластифікованого матеріалу через отвір екструзійної головки преса. Випадок екструзії, що полягає у витискуванні металу із замкненої порожнини (контейнера) через отвір матриці називають *пресуванням*.



**Енергетична оцінка кормів за системою Армсбі** – схему енергетичного балансу організму тварин, в яку були введені такі поняття як валова (брутто), перетравна, фізіологічно корисна і чиста (нетто) енергія розробив вчений Генрі Армсбі. Вчений запропонував оцінювати енергетичну поживність кормів в одиницях чистої енергії – термах. Один терм відповідав 1000 ккал, відкладених в організмі тварин у вигляді білків та жирів. Цей принцип став основою для подальшого розвитку систем оцінювання поживності кормів за їх продуктивною дією на організм тварин.

Системою американського вченого Армсбі (H.P.Armsbi) користуються в Швейцарії, Франції, Нідерландах, США та Англії.

Потреба тварин в енергії виражається сумою перетравних поживних речовин (СППР) та чистою енергією (ЧЕ), а також чистою енергією лактації та чистою енергією приросту.

Сума перетравних поживних речовин виражається в одиницях маси і складається із кількості перетравного протеїну, клітковини, безазотистих екстрактивних речовин (БЕР) та жиру (кількість жиру перемножують на 2,25, тому що його енергетична цінність вище цінності протеїну та вуглеводів).

**Енергоємність процесу подрібнення** – можна визначити через потужність на приводному валу млина та питомі енерговитрати на одиницю продукції, (кВт. год/т) при забезпеченні необхідних технологічних параметрів подрібненого зернового продукту.

**Ентальпія<sub>1</sub>** – термодинамічний потенціал, що характеризує стан системи в термодинамічній рівновазі при виборі незалежних змінних – тиску, ентропії і числа частинок.

**Ентальпія<sub>2</sub>** – це та енергія, яка доступна для перетворення в теплоту за певних температури і тиску.

**Ефективність процесу подрібнення** – залежить від ряду вхідних технологічних чинників, число яких визначається видом технологічної схеми. До них відносять: витрату руди, що надходить у млин, циркулююче навантаження (піскове навантаження класифікатора), ступінь завантаження млина, витрату води на млин, гранулометричний склад продукту, що подрібнюється, густину пульпи на зливах. Основні вихідні параметри – гранулометричний склад подрібненої руди і продуктивність процесу. Це справедливо і для подрібнення кормів.

## Ж

**Желатинізація** – це процес руйнування міжмолекулярних зв'язків між молекулами крохмалю, що дозволяє сайтам водневого зв'язку залучати більше молекул води.

**Жом** – це залишки сухої волокнистої речовини цукрових буряків.

## З

**Зелені корми** – трава природних і сіяних пасовищ, стебла і качани кукурудзи молочної стиглості, люпин, гичка буряків та інші рослини, які добре силосуються. Качани кукурудзи підвищеної вологості в стадії воскової і повної стиглості, а також вологе фуражне зерно заготовляють силосуванням із використанням хімічних консервантів і без них.

**Зернові корми** – зерна злакових (ячмінь, овес, жито, пшениця, кукурудза та інші) та бобових (горох, соя, люпин, вика, біб, чина та інші) культур, а також відходи мукомельної промисловості.

**Змішування<sub>1</sub>** – процес отримання однорідних сумішей (суспензій, емульсії та розчинів) або інтенсифікації теплообміну та масообміну у відповідному обладнанні.

**Змішування<sub>2</sub>** – це механічний процес, у результаті якого компоненти, які початково знаходяться роздільно, після рівномірного розподілення кожного з них у змішуваному об'ємі матеріалу утворюють однорідну суміш. В ідеальному варіанті це така суміш, коли в кожній її точці до кожної частинки одного із компонентів прилягають частинки інших компонентів у кількості, зумовленій заданим співвідношенням компонентів.

**Змішування дифузійне<sub>1</sub>** – це змішування, при якому швидкість процесу дещо уповільнюється в результаті поступового перерозподілу частинок через новоутворені межі їх розподілу.

**Змішування дифузійне<sub>2</sub>** – перерозподілення окремих частинок матеріалу в мікрооб'ємах («мікрозмішування»).

**Змішування конвективне<sub>1</sub>** – це змішування, при якому швидкість процесу майже не залежить від фізико-механічних властивостей змішуваних матеріалів.

**Змішування конвективне<sub>2</sub>** – перенесення порівняно великих порцій матеріалу із однієї частини об'єму робочої камери в іншу («макрозмішування»).

**Зневоднення** – видалення води, вологи.

## К

**Кальцинована сода** – неорганічне з'єднання натрієвої солі вугільної кислоти з хімічною формулою  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

**Карбамід** (*карб. і амід*) – азотиста органічна речовина, яку отримують з двоокису вуглецю та аміаку. Використовують як добриво, для виробництва карбамідних смол, лікарських препаратів, як домішки під час годівлі жуйних тварин тощо.

**Карбонат натрію**  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , або **кальцинована сода** – безбарвна кристалічна речовина. Добре розчиняється у воді. З водного розчину кристалізується у вигляді декагідрату  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \times 10\text{H}_2\text{O}$ , який називають *кристалічною содою*. Під час прожарювання вона втрачає кристалізаційну воду і перетворюється у безводну сіль  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , під назвою кальцинована сода. Кальцинована сода належить до найважливіших хімічних продуктів. Її у дуже великій кількості застосовують в склоробній, миловарній, текстильній і паперовій промисловостях, а також для пом'якшення води і в побуті.

**Каустична сода** – біла тверда маса з розміром часточок 0,5...2 см. Рідкий розчин каустичної соди безбарвний.

**Каустична сода<sub>1</sub>** – сильна хімічна основа (до сильних основ відносять гідроксиди, молекули яких повністю дисоціюють у воді), до них відносять гідроксиди лужних і лужноземельних металів підгруп Іа і Іа періодичної системи,  $\text{KOH}$  (їдкий калій),  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  (їдкий барит),  $\text{LiOH}$ ,  $\text{RbOH}$ ,  $\text{CsOH}$ . Лужність (основність) визначається валентністю металу, радіусом зовнішньої електронної оболонки та електрохімічною активністю: чим більший радіус електронної оболонки (збільшується з порядковим номером), тим легше метал віддає електрони, і тим вища його електрохімічна активність і тим лівіше розташовується елемент в електрохімічному ряду активності металів, в якому за нуль прийнята активність водню.

**Каустична сода<sub>2</sub>** (гідроксид натрію) – найпоширеніший луг, хімічна формула  $\text{NaOH}$ . В рік у світі виробляють і використовують понад 57 мільйонів тонн їдкого натру.

**Кільцева матриця преса** – одна з основних функціональних деталей преса. Призначена для отримання гранул з комбікормів, висівок та іншої сировини.

**Кінетична енергія<sub>1</sub>** – енергія механічної системи, що залежить від швидкостей руху її точок. Часто виділяють кінетичну енергію поступального і обертового руху.

**Кінетична енергія<sub>2</sub>** – це різниця між повною енергією системи та її енергією спокою; тобто, кінетична енергія – частина повної енергії, обумовлена рухом.

**Класифікатор** (англ. *classifier*, нім. *Klassierer m*, *Sichter m*, *Klassifikator m*) – безситовий апарат, яким мінеральні суміші поділяють на класи крупності (під впливом сили ваги, відцентрових сил) залежно від розміру, форми або густини частинок.

Залежно від діючих сил розрізняють класифікатори: гравітаційні, пневматичні, електричні, відцентрові.

Залежно від комбінації діючих сил і способу розвантаження:

– з механічним розвантаженням – гравітаційні механічні (рейкові, елеваторні, спіральні, чашкові, скребкові, гідроосцилятори), відцентрові (шнекові осаджувальні центрифуги);

– з самотічним розвантаженням – гравітаційні (гідравлічні класифікатори), відцентрові (гідроциклон, центрифуга).

До гравітаційних класифікаторів відносять також багер-зумпфи, радіально та циліндро-конічні згущувачі, пірамідальні відстійники.

**Клейстеризація** – це руйнування нативної структури крохмального зерна, що супроводжується його набряканням.

**Коефіцієнт порозності** – це відношення суми об'ємів рідкої і газоподібної фаз до об'єму сухої речовини.

**Коефіцієнт тертя<sub>1</sub>** – характеристика, яку застосовують при виконанні технічних розрахунків. Характеризує фрикційні взаємодії двох тіл. Залежно від виду переміщення одного тіла по іншому розрізняють: коефіцієнт тертя при зсуві – ковзання і коефіцієнт тертя при коченні. При ковзанні залежно від величини тангенціальної сили розрізняють коефіцієнт неповного тертя ковзання, коефіцієнт тертя спокою і коефіцієнт тертя ковзання. Всі ці коефіцієнти тертя можуть змінюватися в широких межах залежно від шорсткості і хвилястості поверхонь, характеру плівок, що покривають поверхні.

**Коефіцієнт тертя<sub>2</sub>** – це величина, що характеризує силу опору від тертя між взаємодіючими тілами. Позначають  $\mu$ ,  $k$  або  $f$ . Залежно від виду тертя розрізняють і відповідний коефіцієнт тертя.

**Колектор<sub>1</sub>** (англ. *collector*, англ. *sewer*, нім. *Kollektor*) – збірний або розподільчий пристрій для поєднання ряду транспортних або технологічних потоків з однойменними й однорідними продуктами чи агентами (суспензією, рідиною, газом).

**Колектор<sub>2</sub>** – флотаційний реагент – збирач.

**Комбіновані корми** – сухі концентровані кормові суміші, приготовлені на основі подрібнених зернових кормів, збагачених білково-активними речовинами мікробіологічного й хімічного синтезу, тобто – премікси, білково-мінерально-вітамінні добавки, кормові дріжджі, амінокислоти.

**Конденсат** (англ. *condensate*, нім. *Kondensat n*) – продукт (рідина або тверде тіло) конденсації газу або пари.

**Конденсат сирий** – продукт сепарації вільного газу, що складається, при стандартних умовах, з суміші рідких вуглеводнів, в яких розчинено ту чи іншу кількість газоподібних вуглеводнів.

**Корми** – це сировина, тому мають відповідати певним вимогам. Корми забезпечують тваринам поживні речовини, необхідні їм для підтримання життєдіяльності організму й виробництва продукції.

**Кормова одиниця** (корм. од.) – одиниця вимірювання загальної поживності кормів. На основі кормових одиниць розраховують норми годівлі сільськогосподарських тварин. Показником поживності кормів може слугувати також величина обмінної енергії, що міститься в них.

**Кормоприготування** – це процес, тобто виконання технологічних операцій, які надають сировині, що обробляється, нових властивостей.

**Кормороздавачі** – машини і транспортери різного типу в поєднанні з бункером і дозуючим пристроєм. Використовуються вони як на тваринницьких, так і на птахівничих фермах.

**Крохмаль** – рослинний високомолекулярний полісахарид амілози і амілопектину, мономером яких є глюкоза.

**Кут зачеплення** – це кут між дотичною до початкових кіл і лінією зачеплення.

**Кут защемлення** – це кут утворений між лезом ножа та протирізальною пластиною.

**Кут ковзання** – це кут між лезом ножа та радіус-вектором.

## Л

**Лузга** – лушпиння, шкірка насіння деяких рослин.

## М

**Макуха соєва (жмих)** – один з продуктів основного раціону сільськогосподарських тварин і птиці. Цей продукт отримують після витискання олії з насіння сої. Висока біологічна цінність білка, що є в складі макухи, робить її незамінною у тваринництві, адже 40 % складають протеїни, 15 % олія, має багатий мінеральний вміст (кальцій, залізо, фосфор, марганець і цинк). Таким чином, соєва макуха, завдячуючи своїй унікальній живильній здатності і наявності в ній протеїну високої якості, вважається основою в тваринництві і птахівництві. Один кілограм цього продукту становить 1,18 кормових одиниць.

**Макуха<sub>1</sub>** – це насіння олійних культур, яке залишається після пресування. Хоч більшість олії виділяється під час пресування, але в макусі її вміст усе ще становить до 10 %. Для кінцевої екстракції олії з макухи використовують органічні розчинники, після обробки якими в насінні залишається лише 1,5...2 % олії. Оце почавлене та знежирене насіння і є *шротом*.

**Макуха<sub>2</sub>** або **вичавки** – побічний продукт після вичавлення олії пресуванням з насіння олійних культур (соняшника, ріпака, сої, льону, анісу та ін); вичавки. Вживали як десерт або легку закуску. В українській мові «макухами» називають вайлуватих, млявих, безхарактерних людей.

**Матриця** (від лат. *mater, matr-* – «мати», зазвичай для тварин і рослин) – в найзагальнішому значенні щось, в межах чого знаходиться, породжується, розвивається або приймає форму інший об'єкт або об'єкти.

**Мезга** – відходи крохмального виробництва, які використовують на годівлю тварин і як сировину для виробництва біогазу.

**Меляса** – це рідина, що містить цукор, який не кристалізувався, воду та азотисті речовини.

**Мінеральні корми** – кухонна сіль, крейда, черепашник, кісткове борошно.

**Модуль пресування** – показник, що характеризує здатність продукту до ущільнення.

**Модуль пружності** – величина, що характеризує пружні властивості матеріалу при малих деформаціях. Дорівнює відношенню напруженості і викликаной нею пружної відносної деформації. Розрізняють такі модулі пружності: при осьовому розтягу-стиску – модуль Юнга, або модуль нормальної (поздовжньої) пружності; при зсуві – модуль зсуву; при об'ємному стиску – модуль об'ємної пружності. Модулі пружності є важливим показником в розрахунках на міцність, жорсткість, а також як міра сили міжатомного зв'язку.

**Молоткова дробарка** (англ. *hammer crusher*, нім. *Hammerbrecher, Hammermühle*) – дробарка для середнього та дрібного дроблення з робочим органом у вигляді ротора з шарнірно закріпленими на ньому ударними елементами – молотками.

В молоткових дробарках матеріал дробиться в основному ударом молотків, які підвішені до ротора, що обертається у робочому просторі дробарки, обмеженому футерованим броньованими плитами корпусом. Додаткове (вторинне) дроблення матеріалу здійснюється під час удару грудки об броньовані плити корпусу дробарки. Дроблення матеріалу відбувається до тих пір поки зерна зможуть пройти крізь щілини решітки.

**Молотковий ротор дробарки** – це збірна конструкцію вала з круглими дисками, закріпленими на валу за допомогою шпонки, що фіксуються від поздовжнього зміщення стяжною гайкою з шайбою і фланцем вала. У чотирьох радіальних отворах дисків встановлені осі, на яких у визначеному порядку підвішені шарнірно молотки з дистанційними втулками. На кінцях осей просвердлені отвори і встановлені обмежувальні шайби і шплінти для запобігання осьовому зсуву дисків. Монтують ротор у кулькопідшипникових опорах, корпуси яких закріплені на кронштейнах боковин корпусу дробарки. В корпусах встановлені ущільнювальні манжети.

**Монокорми** – корм для худоби із зернових культур, зібраних у стадії молочно-воскової стиглості (стебла разом із зерном), використовують також як добавку до інших кормів.

**Моноліт** (лат. *monolithus* від дав.-гр. *μονόλιθος*) – геологічне утворення, тобто цілісна кам'яна брила. Моноліти, як правило, складаються з твердих порід, тому часто ерозія з часом перетворює їх в окремі геоморфологічні утворення.

Також монолітами називають висічені з цільного каменю споруди або його частини, наприклад, пам'ятники. Назва походить від грецького слова *μονόλιθος* («Монолітос»), похідного з двох слів - *μόνος* («один») або «єдиний») і *λίθος* («камінь»).

## Н

**Натяг ланцюга** – у ланцюговій передачі повинен відповідати корисному навантаженню. Надмірний натяг погіршує набігання ланцюга на зірочки, збільшує спрацювання ланцюга та зубців зірочок, підвищує навантаження на опори валів передачі. Малий натяг спричиняє значне провисання веденої вітки, що створює умови для пробуксовування ланцюга на зірочках або його сходження із зірочок.

**Непружний удар** – це зіткнення двох тіл, в результаті якого тіла об'єднуються і рухаються далі як єдине ціле.

**Нітрати** (англ. *nitrites*, нім. *Nitrate n pl*) – безбарвні кристалічні речовини, солі та ефіри азотної кислоти  $\text{HNO}_3$ . Вони утворюються під час взаємодії нітратної кислоти з відповідними металами, або їх оксидами та гідроксидами. У воді нітрати добре розчиняються.

**Нітри** – сіль азотної кислоти  $\text{HNO}_2$ . Нітритами термічно менш стійкі, ніж нітрати. Використовують при виробництві барвників та в медицині.

**Нітритами** – це солі, які використовують для консервування м'яса, риби, птиці. Вони також є невід'ємною складовою організму людини, утворюється як результат фізіологічних процесів та процесу травлення їжі, яка містить нітритами та нітрати. За останніми відомостями, нітрати є есенціальними (необхідними) нутрієнтами рослин, які вони вбирають із ґрунту і використовують як основне джерело азоту. Ось чому нітрати – це природна складова усіх фруктів, овочів та злаків. Одиниця вимірювання в системі СІ Джоуль.

## О

**Органолептичні показники** (запах, смак і присмак, забарвленість, каламутність) – фізичні властивості питної води, що сприймаються органами чуття.

## П

**Пивна дробина** – продукт, що утворюється після фільтрації пивного суслу в процесі варіння пива. Це натуральний, екологічно чистий продукт з високим вмістом протеїну (в 2...3 рази більшим, ніж в ячмені). З неї можна виробляти біогаз, екологічне добриво, електроенергію, застосовувати під час приготування хліба, макаронних та ковбасних виробів. Але найчастіше пивну дробину застосовують у потребах сільського господарства. Наприклад, у розвинених країнах Європи та Близького Сходу її застосовують як високоякісний корм для тварин, що є цілком натуральним, екологічно чистим та біологічно активним продуктом без хімічних домішок. До того ж пивна дробина отримується з рослинної сировини, що не піддається генетичній модифікації, а як наслідок не може проявляти мутагенні та інші негативні властивості.

**Плющення** – дуже перспективний спосіб підготовки фуражу, бо таке зерно добре поїдається тваринами, краще засвоюється і при цьому доволі добре зберігається без втрат. Плющення дозволяє підвищити загальну поживну цінність раціону. Плющенню піддають кормове зерно зібране на ранніх стадіях стиглості.

**Подрібнення** – це процес поділу механічним способом твердого тіла на частинки, тобто прикладанням зовнішніх сил, які перевищують сили молекулярного зчеплення.

**Полідисперсна система** – багатокомпонентна система, у якій дисперсна фаза має широкий розподіл за розмірами.

**Полярний момент інерції** – геометрична характеристика плоскої фігури, що визначається як сума (інтеграл) добутків площ елементарних площинок  $dA$  на квадрат відстані їх від полюса  $\rho^2$  (у полярній системі координат), взята по всій площі перетину.

**Премікс** (від лат. Prae – вперед, попередньо і лат. Misceo – змішую) – технологічне поняття, що означає попередньо змішані сухі компоненти, дозовані в мікрокількостях. Премікси застосовують в технологічних процесах, де використовується попереднє сухе змішування компонентів для вирішення проблеми нерівномірності змішування. Области використання преміксів – комбікормова, харчова, гумотехнічна, полімерна та інша промисловість. У технології виготовлення кормів, премікс – це однорідна суміш подрібнених до необхідної крупності біологічно активних речовин (вітамінів, кормових форм мікроелементів, амінокислот, ферментів та інших препаратів біологічно-активних речовин) та наповнювача, яку виробляють за науково-обґрунтованими рецептами і застосовують для збагачення кормів, кормосумішей, білково-вітамінних добавок та інших кормових добавок. Розрізняють: вітамінні, мінеральні, вітамінно-терапевтичні, вітамінно-мінеральні премікси та інші.

**Пресування** – спосіб обробки матеріалів тиском для їх ущільнення.

**Пресування грубих кормів** – це процес їх ущільнення під дією тиску для отримання компактних, заданої форми та потрібних розмірів, тюків, рулонів тощо. Ця технологія має значні переваги перед традиційними способами заготівлі й зберігання сіна і соломи.

Збирання грубих кормів з одночасним пресуванням дає змогу отримати високоякісний корм, істотно скоротити його втрати. Спресований корм займає у 2...2,5 раза менший об'єм, добре зберігається, його зручно транспортувати. Крім того, під час заготівлі та зберігання простіше вести його облік і нормовано згодовувати худобі.

Залежно від кліматичних умов, виду трав, у господарствах застосовують заготівлю пресованих кормів із сушінням скошеної трави на полі та з додатковим досушуванням способом активного вентилявання.

Основні вимоги до спресованих тюків та рулонів такі: щільність пресування має бути рівномірною і становити 70...200 кг/м<sup>3</sup>; мають зберігати свою форму та розміри під час завантаження у транспортні засоби, перевезення розвантаження та укладання для зберігання.

**Пророщування насіння** – процес, що починається із замочування насіння, зливання води, регулярного промивання насіння, поки воно не проросте (тобто, у насінин повинні з'явитися паростки).

Метою пророщення насіння може бути:

- отримання проростків (паростків) деяких видів рослин, які можна вживати як овочі у їжу як людиною, так і тваринами й мають високу харчову цінність;
- приготування солоду (наприклад, для виробництва пива й спиртних напоїв);
- садіння у ґрунт з метою вирощування рослини.

**Протеїн** – це білкововмісна речовина, клас складних азотовмісних сполук. Деякі з білків є ферментами, які запускають хімічні реакції в організмі, а також як основний будівельний матеріал для росту. Протеїн – абсолютно натуральна речовина, яка не шкодить організму. Протеїн – це натуральна речовина, яка допомагає м'язам людського тіла збільшуватися і спалювати зайвий жир. Основний складник протеїну – це білок. А так як організм людини складається з білка, саме білок, що міститься в протеїнах, є основним будівельним матеріалом для м'язів спортсменів.

**Протирізальна пластина** – це вкладиші з насічкою, має спеціальну конфігурацію завдяки чому вона є протирізом і для дискових і для спіральних ножів.

Протирізальна пластина перехрещується з віссю барабана під кутом, якщо дивитися на подрібнювач із боку входу. Цей кут має бути меншим за кут защемлення між ножами та пластиною. Протирізальну пластину доцільно встановлювати горизонтально, а барабан – під кутом до горизонту, щоб полегшити стикування подрібнювача із живильником та приводом барабана.

**Пуансон** – робоча частина (зазвичай металевий стрижень) штампів, застосовуваних при обробці металів чи інших матеріалів (кормів) тиском.

## Р

**Раціон** (від лат. *ratio; rationis* – рахунок) – норма харчових продуктів для людей і норма кормів для годівлі тварин на певний період часу.

**Раціон кормовий у тваринництві** – це набір різних кормів у кількостях, що забезпечують добову потребу тварин у всіх поживних речовинах. Якщо раціон повністю задовільняє потребу тварини в необхідних поживних речовинах, то його називають збалансованим. Щоб порівнювати корми за поживністю (енергетичною) при складанні раціонів користуються показниками кормових одиниць.

**Резистентність** – стійкість організму, здатність чинити опір, несприйнятливність до будь-яких факторів зовнішнього впливу.

**Решітні класифікатори** – використовуються для уточнення отворів решіт.

**Рідкі кормові суміші** – це розчин комбикормів у воді в пропорції 1:3, різноманітні напої, зокрема, заміники молока.

**Різання** – процес послідовного деформування шару, який зрізається.

**Різець** – ріжучий інструмент, використовуваний при обробці виробів на токарних, револьверних, розточувальних, карусельних, стругальних, довбальних, зубостругальних і спеціальних верстатах. Різець є стрижень, що складається з голівки з ріжучою частиною і державки, якою різець закріплюють на верстаті. За формою голівки розрізняють різці: прямі, відігнуті, зігнуті, чашкові; за перетином державки – прямокутні, квадратні, круглі. Конструктивно різці можуть виконуватися з привареною голівкою або ріжучою пластинкою, з припаяною пластинкою, з направленою голівкою, з голівкою-вставкою, з механічним закріпленням пластинки і так далі. За призначенням розрізняють різці: прохідні, підрізні, відрізні і прорізні, розточувальні, різенарізальні, радіуси, фасонні та ін. Залежно від характеру обробки різці бувають чорнові (обдирні); чистові, для тонкого точіння, що вигладжують; за напрямом подачі – праві і ліві. Матеріал ріжучої частини – інструментальні (в т.ч. швидкорізальні) сталі, тверді сплави, мінералокерамічні матеріали, штучні алмази, ельбор та ін. Форму передньої поверхні різця вибирають залежно від матеріалу його ріжучої частини, оброблюваного матеріалу, способу здобуття оброблюваної заготовки і характеру обробки.

**Розколювання** – процес розділення чого-небудь на частини, розбивання на шматки.

**Розмелювання** – процес подрібнення, розтирання чого-небудь перетворенням його на порошок або дрібну масу.

**Ротор** – обертова частина машини.

**Рулони** – спресоване у формі циліндрів висушене сіно, солома, яке заготовляють як корм. Застосування рулонних, зокрема крупнорулонних, прес-підбирачів знижує собівартість заготівлі кормів і повністю вирішує проблему механізації підбору, транспортування і укладання рулонів на зберігання.

Стримуючий фактор застосування рулонної технології заготівлі сіна – відносно вузький діапазон вологості пресованої маси (18...22 %), який не завжди вдається витримати навіть за сприятливих погодних умовах. При високій вологості корм псується.

Для заготівлі сіна підвищеної вологості в рулонах на сьогоднішній день існує кілька способів: з використанням хімічних консервантів, досушування активним вентиляванням або герметизація рулонів поліетиленовою плівкою.

У нашій країні широко застосовують хімічні консерванти. За кордоном рулони підвищеної вологості заготовляли активним вентиляванням, а також за допомогою спеціального пристосування поміщали кожен рулон в окремий поліетиленовий мішок. Обидва ці прийоми мають певні недоліки і не знайшли широкого застосування.

Для консервування сіна в поліетиленових мішках були встановлені оптимальні

параметри. Так, траву пров'ялюють до вмісту сухої речовини 25...30 %. Рулони повинні мати строго циліндричну форму, однорідну щільність корму і обов'язково обов'язані поліпропіленовим шпагатом. Втрати поживних речовин при такому зберіганні корму значно менші, ніж при традиційному способі приготування сінажу та силосу. Вони складають за сухою речовині 8...20 %. Незважаючи на численні рекомендації корм після зберігання в таких упаковках не завжди відповідає вимогам. Це відбувалося через розбіжність розмірів рулону по діаметру і мішка з поліетиленової плівки, в який його упаковували, залишки повітря в мішку сприяють появі цвілі.

Останнім часом знайшла застосування технологія консервування кормів із трав в рулонах, обмотаних спеціальною поліетиленовою плівкою.

Для обмотування рулонів розроблені машини як причіпні, так і напівначіпні до трактора для роботи в полі та стаціонарні установки.

Останнім часом машини для обмотування рулонів (причіпні, напівначіпні і начіпні) виготовляють у комплекті з рулонозавантажувачем, тобто їх завантажують рулоном і розвантажують після обмотування самостійно.

У великих господарствах цю технологію застосовують як додаток до використання наземних силососховищ. Економічний аналіз показує, що консервування багаторічних трав в обмотаних рулонах може конкурувати з іншими технологіями при річному обсязі 1500...2000 і більше рулонів (орієнтовно з площі понад 120 га). Витрати плівки на консервування корму в рулонах збільшуються порівняно з традиційною технологією в 2...6 разів.

Однією з переваг цієї технології є те, що кожен рулон корму обмотаний (упакований) в поліетиленову плівку і це є герметичне міні-сховище, що забезпечує виймання корму, рулон за рулоном. Перевага: запобігання вторинній ферментації корму, тобто без псування його при порушенні герметичності траншей, виключає ручну працю.

## С

**Сегрегація** (у загальному значенні) – розділення одного цілого на складові частинки, які мають між собою схожість (якусь одну або декілька спільних і (або) унікальних характеристик).

**Сечовина** або **карбамід** – діамід вуглецевої кислоти,  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , білі кристали, добре розчинні у воді.

Карбамід отримують взаємодією аміаку і вуглекислого газу за температури  $130^\circ\text{C}$  і тиску 100 атм у водному розчині  $\text{CO}_2 + 2\text{NH}_3 = \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O}$ .

Цей спосіб отримання карбаміду відкрив в 1870 році А.І. Базаров. Карбамід отримав у 1828 Велер (*Friedrich Wöhler*) з ізагіюанату амонію. Це мало велике значення для становлення органічної хімії.

**Сила Коріоліса** (за іменем французького вченого Г. Г. Коріоліса) – одна з сил інерції, що існує в системі відліку, що обертається, і виявляється при русі в напрямі під кутом до осі обертання.

**Силос** – це відмінний соковитий корм, який сприяє підвищенню молочності тварин, росту молодняка в молочний період.

**Силосовані корми** (силос) – законсервовані біологічним способом зелений корм.

**Силосування<sub>1</sub>** – це натуральний біологічний метод консервації кормів. Збереження поживної цінності кормів досягається трамбуванням маси, що силосується, при цьому запобігають доступу повітря, чим створюють умови, за яких утворюється молочна кислота, яка перешкоджає розвитку гнильних і маслянокислих бактерій.

**Силосування<sub>2</sub>** або **заквашування** – біологічний метод консервування кормів на основі молочнокислого бродіння. Корм, отриманий методом силосування, називають силосом і належить до цінних, що найбільше відповідає фізіологічним потребам тварин. Цей вид корму в раціоні жуйних тварин може становити понад 50 % загальної поживності. Крім високої поживності, молочна кислота, яка міститься в силосі, характеризується цінними



дієтичними властивостями. В силосній масі на 50...60 % зберігається вітаміну С, а вміст каротину (провітаміну А) в 1 кг сухої маси сягає 100...120 та більше міліграмів.

Під час силосування відбувається консервування рослинної сировини органічними кислотами, які утворюються в процесі молочнокислого бродіння. Органічні кислоти, утворені внаслідок молочнокислого бродіння, забезпечують масу від подальшого розпадання та псування, сприяють її збереженню.

**Синтез мікробіологічний** – синтез структурних елементів або продуктів обміну речовин мікроорганізмів за рахунок властивих мікробній клітині ферментних систем. При синтезі мікробіологічному, як і будь-якому органічному синтезі, складні речовини утворюються з простіших з'єднань. Синтез мікробіологічний слід відрізняти від *бродіння*, в результаті якого теж виходять різні продукти мікробного обміну (наприклад, спирти, органічні кислоти), але переважно за рахунок розпаду органічної речовини. Значна частина продуктів, що утворюються при синтезі мікробіологічному, має фізіологічну активність, що і представляє практичну цінність для народного господарства.

До синтезу мікробіологічного відносять такі процеси:

1. Накопичення мікробної маси для використання її:

а) як білково-вітамінні добавки до кормів;

б) як джерела здобуття *білків, ліпідів, ферментів, токсинів, вітамінів, антибіотиків*;

в) для боротьби з паразитами тварин і рослин;

г) як носій ферментативної активності в реакціях мікробіологічної (ензиматичної) трансформації органічних сполук.

2. Здобуття тих, що накопичуються поза мікробною клітиною метаболітів, у тому числі ферментів, токсинів, антибіотиків, амінокислот, вітамінів, нуклеотидів і т.ін.

**Синтетичні** корми – карбамід (сечовина), обезфторені фосфати, амінокислоти, антибіотики та інші.

**Сінаж** – законсервований прив'яленням (зниженням вологості) й герметизацією зелений корм.

**Сіно** – висушені стебла і листя трав'янистих рослин, скошених в зеленому вигляді до досягнення ними повної стиглості. Сіно зібране за другий укіс, впродовж одного сезону, називають отавою. Сіно є кормом для худоби, особливо у зимову пору року.

**Сколювання** – руйнування матеріалу під дією дотичних напружень, при якій одна частина матеріалу зміщується відносно іншої по якій-небудь площині (поверхні). Вид руйнування концентрованих кормів в *опорі матеріалів* щодо більшості матеріалів називають зрізом, а терміном «зрізування» користуються в тих випадках, коли матеріал має волокнисту структуру (наприклад, деревина) і площина сколювання паралельна волокнам. Інколи цей термін застосовують для позначення крихкого характеру руйнування. Розрізняють сколювання вздовж і поперек волокон. Розрахунок на сколювання уздовж волокон є основним під час проектування з'єднань (врубков) елементів дерев'яних конструкцій.

**Солома** – побічний продукт зернового виробництва і сировина для отримання енергетичного корму. На практиці застосовують такі технології збирання соломи: у цільному вигляді, зі здрібнюванням і пресуванням. Вологість соломи повинна бути 18–20 %.

**Сортування** – розміщення у визначеному порядку, упорядкування, класифікація чого-небудь.

**«Сухий» термометр** – найбільшого поширення набув психрометричний метод вимірювання відносної вологості повітря, який ґрунтується на вимірюванні температури двома термометрами: **«сухим» та «мокрим»** (резервуар цього термометра обгорнутий бавовняною тканиною, змоченою дистильованою водою). Мокрий термометр знаходиться в термодинамічній рівновазі з навколишнім середовищем. Внаслідок витрати теплоти на випаровування вологи з поверхні чутливої частини термометра температура повітря в приграничному шарі навколо змоченої поверхні зменшується, тому мокрий термометр

показує нижчу температуру, ніж сухий. Різницю показів сухого та мокрого термометрів називають психрометричною різницею. Якщо під час випаровування вологи з матеріалу будуть підтримуватися адиабатні умови, температура повітря буде дорівнювати температурі випаровування води. Цю температуру називають **температурою мокрого термометра**.

**Сухі кормові суміші** – це комбікорми, приготовлені за спеціальними рецептами

**Сушарка пневмобарабанна** – пристрій циліндричної форми використовують для приготування трав'яного борошна. Застосовують для цього сушарки безперервної дії. Продукти згоряння рідкого палива або газу в барабані для сушіння проходять крізь шар попередньо подрібнених частинок (10...30 мм) трави, відбираючи при цьому вологу і разом з висушеними частинками потрапляють в циклон, що відокремлює їх від агенту сушіння. З циклону за допомогою шлюзового затвору частинки трави потрапляють до млина, де відбувається подрібнення висушеного матеріалу на борошно. Борошно за допомогою вентилятора потрапляє до охолоджувального циклону, з якого вивантажувальним шлюзовим затвором виноситься до вивантажувального шнека, де розфасовується в мішки. Час сушіння листків рослин становить приблизно 0,5...2 хв, а стебел – 5...20 хв. Враховуючи, що частинки листків легкі і швидко виносяться з барабану для сушіння, кінцева вологість усіх частинок достатньо рівномірна.

**Сушарки стрічкові** – пристрої безперервної дії, що складаються із декількох стрічкових транспортерів, які розташовано один під іншим у прямокутному корпусі. Висушений матеріал у стрічковій сушарці надходить на верхню стрічку й, слідуючи за конвеєром, проходить до нижнього розвантажувального люка.

## Т

**Технологія кормоприготування** – структура і послідовність способів і засобів обробки кормової сировини, мета яких отримати готові до згодовування корми.

**Тихохідні змішувачі** – змішувачі, в яких показник кінематичного режиму менше 30.

**Трансформація** – зміна, перетворення виду, форми, істотних властивостей чого-небудь.

**Третя гіпотеза руйнування (подрібнення)**. Запропонована Бондом у 1951 р. у результаті обробки результатів численних дослідів, які проведені з різними породами, отримана закономірність

$$E = k_3 \left( \frac{1}{\sqrt{d_{сер}}} - \frac{1}{\sqrt{D_{сер}}} \right) M,$$

де  $D_{сер}$ ,  $d_{сер}$  – середні розміри (шматкуватість) відповідно вихідного і подрібненого продукту;

$M$  – маса матеріалу, який подрібнюється.

Відносні лінійні розміри  $D_{сер}$  і  $d_{сер}$  можуть бути визначені, як середні геометричні або арифметичні значення. Наприклад, для зразка породи прямокутної форми у випадку сколювання можна записати:

$$D_{сер} = (L+b+h)/3 \quad \text{і} \quad d_{сер} = (l+b+h)/3,$$

де  $L$  і  $l$  – довжина зразка до і після подрібнення.

Крім перерахованих трьох основних гіпотез подрібнення, існують й інші аналогічні теоретичні та експериментальні залежності, які запропоновані Ребіндером, Свенеоном та іншими.

За даними Ребіндера, робота руйнування гірських порід – це сума двох складових: одна із них пропорційна об'єму тіла, що руйнується; друга – величині поверхні, яка утворюється в процесі руйнування. Тому при грубому руйнуванні (якщо величина поверхні, що руйнується незначна) другою складовою можна знехтувати. При тонкому руйнуванні, навпаки, друга складова настільки велика, що можна знехтувати першою складовою.

Класичні закони руйнування не виявляють внутрішній механізм руйнування. Крім того, вони трактують процес подрібнення як витрати роботи тільки на утворення нових поверхонь сколювання. Однак відомо, що енергія у процесах руйнування в значній мірі витрачається також на деформацію системи «робочий орган – матеріал», а також на зовнішнє (робочого органа з матеріалом) і внутрішнє (частин матеріалу між собою) тертя. Але ці закони дозволяють дати практичні рекомендації для проектування переробних машин, які працюють на принципі твердих матеріалів.

Для якісного оцінювання процесів руйнування шляхом відділення тонких стружок більше підходять залежності Ріттінгера, а при руйнуванні крупним сколюванням – залежності за гіпотезою Кірпічова-Кіка.

## У

**Удар** – подія, при якій фізичні тіла взаємодіють між собою зі значними силами впродовж відносно короткого проміжку часу.

Розрізняють *пружні удари* і *непружні удари*. Під час пружного удару виконується закон збереження механічної енергії – сума потенціальних і кінетичних енергій механічного руху тіл зберігається. Під час непружного удару частина енергії перетворюється в тепло і механічна система втрачає енергію. *Абсолютно не пружним ударом* називають такий удар, при якому вся енергія відносного руху тіл переходить у тепло і тіла злипаються.

## Ф

**Фронт годівлі** – частина годівниці, яка припадає на 1 голову, вимірюють в сантиметрах.

## Ш

**Швидкохідні змішувачі** – змішувачі, в яких показник кінематичного режиму більше тридцяти.

**Шліц<sub>1</sub>** (від нім. *Schlitz* – розріз) – поздовжній виступ або паз для з'єднання вала з деталями машини.

**Шліц<sub>2</sub>** (від нім. *Schlitz* – розріз) – проріз під викрутку в головці гвинта.

**Шнековий прес** – варто розцінювати як спеціалізований пристрій для обробки культур з високим вмістом олії і насіння холодним і гарячим пресуванням.

**Шрот<sub>1</sub>** – знежирене насіння олійних культур, побічний продукт виробництва рослинних олій, отриманий після екстрагування олій розчинниками.

**Шрот<sub>2</sub>** – побічний продукт після екстрагування олії розчинниками. Жиру в макусі – 7...10 %, в шроті – 2,5 %.

Шрот використовують як добавку до корму для згодовування тваринам. Рибалки використовують макуху як приманку для риб.

**Штемпельний прес** – це плунжер трубо- або прутковопрофільного преса, призначений для передачі зусилля пресування від головного циліндра до пресованого матеріалу.

**Штифт** (нім. *Stift*) – деталь циліндричної або конічної форми для нерухомого з'єднання деталей, як правило, у строго зафіксованому положенні, а також для передачі відносно невеликих навантажень. Перед тим, як встановити штифт, деталі, які ним будуть з'єднуватися, закріплюють у потрібному положенні, у них просвердлюють та розвертають отвір для штифта, а потім у цей отвір вмонтовують сам штифт, який з'єднує деталі.

За формою штифти бувають конічні і циліндричні. За конструкцією їх виконують гладкими, з насічкою або витисненими рівцями. Циліндричні штифти можуть виготовляти методом вальцювання зі стрічки.

**Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя**

**Кафедра технічної механіки та сільськогосподарських машин**

**Хомик Надія Ігорівна  
Довбуш Анатолій Дмитрович  
Олексюк Василь Петрович**

# **МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТВАРИННИЦТВА**

**НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК  
(курс лекцій)  
Частина 1**

Редактор: Гриценко Єва Іванівна

Комп'ютерний набір: Хомик Надія, Антончак Наталія

Графічне оформлення: Наконечний Богдан, Олендер Назар,  
Загребельний Володимир, Лукіша Дмитро

Папір офсетний. Гарнітура «Таймс». Умов.друк.арк.

Наклад 50прим.