

## Список використаних джерел

1. Боровский Б.Е. Безопасность движения автомобильного транспорта. – Л.: Лениздат, 1984. – 304 с.
2. Патент України №45215, МПК G 01 C 15/00. Сигналізатор аварійного тиску в шинах коліс мобільно-енергетичного засобу / Дуганець В.І., Божок А.М., Майсус В.В., Волинкін М.П., Венгер М.А. №U200906157. Заяв. 15.06. 2009. Опубл. 26.10. 2009, Бюл. № 20.
3. Ибрагимов И.А., Фарзана Н.Г., Илясов Л.В. Элементы и системы пневмоавтоматики: Учебник для вузов по спец. „Автоматизация и комплексная механизация хим.-технол. процессов”. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1985. – 544 с.
4. Кожевников С.Н., Есипенко Я.И., Раскин Я.М. Механизмы. Справочник. Изд. 4-е, перераб. и доп. Под ред. С.Н. Кожевникова. – М.: Машиностроение, 1976. – 784 с.
5. Топчеев Ю.И. Атлас для проектирования систем автоматического регулирования. – М.: Машиностроение, 1989. – 752 с.
6. Иващенко Н.Н. Автоматическое регулирование. Теория и элементы систем. Учебник для вузов. Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1978. – 736 с.
7. Васильев Д.В., Чуич В.Г. Системы автоматического управления. – М.: Высшая школа, 1967. – 420 с.
8. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов. – М.: Наука, Главная редакция физ.-мат. л-ры, 1981. – 720 с.

*Аннотация.* Представлено принципиальную схему и описано работу сигнализатора аварійного давления в шинах колес мобільно-енергетического средства, а также результаты его исследования.

*Ключевые слова:* датчик давления, тормозной барабан, тормозной диск, камера, сильфон, фиксатор, мембрана, сигнальная лампа, контакт, ролик.

*Summary.* Elaboration and reseaching of press signal in tyres of mobile-power means. The principal scheme is presented and described the work of press alarm signalling durce in tyres of mobile-power means and the results of its researching.

*Key words:* press detector, braking drum, braking disk, camera, hololer, membrane, signalling lamp, contaet, loller.

## УДК 631.363.21

*І.М. Бендера, доктор педагогічних наук, професор,*

*І.І. Шевчук, аспірант,*

*В.П. Лаврук, кандидат технічних наук, доцент ПДАТУ*

## ВЕРТИКАЛЬНІ ДРОБАРКИ – ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ

*Проведено аналіз існуючих технічних засобів подрібнення фуражного зерна. Визначені коефіцієнти повноти розробок для існуючих варіантів технічних рішень для подрібнення зернового матеріалу і обґрунтовано конструктивно-технологічну схему дробарки з вертикальним розташуванням ротора.*

*Ключові слова:* вертикальний ротор, конструктивно-технологічна схема, непродуктивне переміщення повітря, зерновий матеріал, дробарка.

**Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.** Для якісного ведення тваринницького господарства необхідна міцна кормова база. Висока ефективність галузі значною мірою зумовлюється раціональним використанням кормових ресурсів, а це, як відомо, можливо лише при згодовуванні кормів у підготовленому вигляді і забезпеченні збалансованої годівлі тварин.

У структурі раціонів для тварин найбільш вагомим компонентом є концентровані корми. Для їх ефективного згодовування тваринам існує багато технологічних операцій, які покращують процес засвоєння їх шлунком тварини. Домінуюча роль в технології приготування концентрованих кормів належить подрібненню.

Процес подрібнення застосовується у багатьох галузях виробництва, в яких той чи інший матеріал доводиться подрібнювати. Частка витрат енергії на подрібнення в сумі загальних витрат на приготування кормів для різних галузей виробництва неоднакова і коливається в межах від 30 до 70% [2]. Так, в борошномельному виробництві на подрібнення витрачається 35...60% енергії, а в комбікормовій промисловості, залежно від виду комбікормів, витрати на подрібнення становлять від 40 до 70% [4].

Інтенсифікація процесу подрібнення може здійснюватись тільки на підставі глибоких знань як принципу дії машини, так і основних особливостей їх експлуатації. Нами були проаналізовані існуючі технічні рішення процесу подрібнення зернового матеріалу, теоретичні і експериментальні дослідження процесу взаємодії робочих органів із продуктом подрібнення і зроблено висновок, що енергомісткість сучасних подрібнювачів відносно висока.

На сучасному етапі розвитку тваринництва України актуальним є підвищення ефективності використання і зниження енергомісткості існуючого технологічного обладнання шляхом його модернізації. Але разом з цим у розвитку способів і засобів подрібнення матеріалів спостерігається деякий застій: традиційні підходи вже практично вичерпали свої можливості, а нові ідеї ще далекі до широкого впровадження у виробництво. У цих умовах особливе значення має вивчення механіки подрібнювальних машин, в яких використовується кілька способів подрібнення і формулювання раціональних схем та принципів організації процесу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми.** Вагомий внесок в теорію подрібнення внесли вчені: Кіпрічев Б.Л., Левенсон Л.Б., Андреев С.Е., Мельников С.В., Климович В.У., Резнік Е.І., Альшкін В.Р., Кукт Г.М., Ревенко І.І., Ялпачик Ф.Е., Крижачківський М.Л., Карпенко М.І. та інші.

За результатами їх досліджень створено цілу низку ефективних високопродуктивних подрібнювачів як спеціального призначення, так і багатофункціонального. Проте ці машини проектувалися для виробничих умов потужних тваринницьких ферм і тому перед розробниками стояла основна задача – забезпечити насамперед велику пропускну здатність машини.

**Формулювання цілей статті.** Метою наукових досліджень є пошуки ефективної конструктивно-технологічної схеми дробарки зерна.

Відповідно до мети визначені наступні завдання досліджень:

- розглянути основні типи дробарок концентрованих кормів;
- системно проаналізувати взаємодію робочих органів дробарки із зерновим матеріалом і виявити основні способи подрібнення зерна;
- обґрунтувати конструктивно-технологічну схему дробарки концкормів.

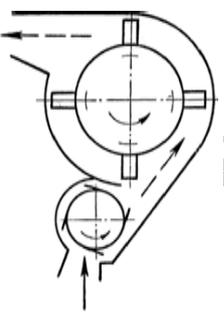
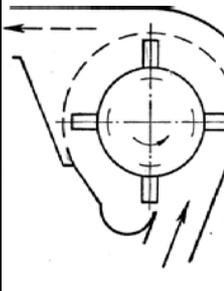
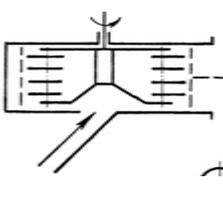
**Виклад основного матеріалу дослідження.** Розглянувши всі типи машин, які використовуються для подрібнення фуражного зерна, нами було зроблено висновок, що найбільш економічно і найменш енергетично і матеріалоемно є використання подрібнювачів молоткового типу. Дані машини за способом подрібнення в основному – ударної дії. Їхніми основними перевагами є простота конструкції, велика надійність в роботі, компактність установки, динамічність робочих режимів, висока швидкість робочих органів і безпосереднє з'єднання вала машини з електродвигуном зумовило можливість широкого застосування їх в усіх галузях народного господарства.

Проведені дослідження класифікації основних типів дробарок дозволили визначити основні їх показники, які характеризують як переваги, так і недоліки запропонованих технічних рішень (табл. 1).

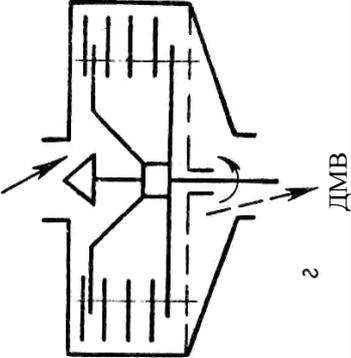
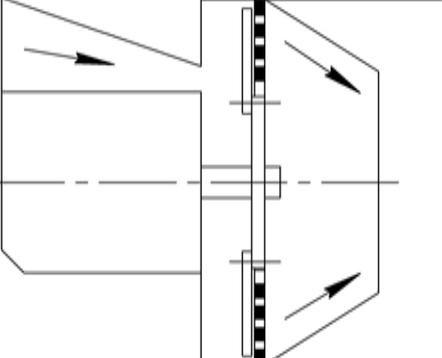
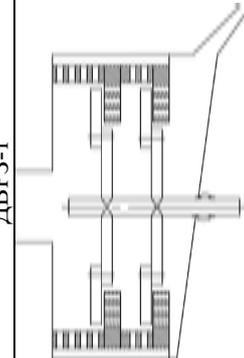
Як показує аналіз таблиці 1, залежно від організації робочого процесу в робочій камері слід розрізняти дробарки відкритого (табл. 1, п. 1) або закритого (табл. 1, п. 2, 3, 4, 5, 6) типів. У дробарках відкритого типу матеріал з дробильної камери швидко відводиться, не замикаючи при своєму переміщенні окружності. Даний тип дробарок використовується в основному для подрібнення крупнокускового, крихкого, сухого і нев'язкого матеріалу (крейда, черепашки, сіль). Основним механічним фактором процесу є вільний удар молотка по матеріалу. У дробарках закритого типу решето і дека охоплюють собою весь барабан і матеріал, що надійшов в дробильну камеру, при своєму переміщенні здійснюють багаторазові колові рухи, розташовуючись в камері у вигляді пухкого продуктово-повітряного шару. Тут матеріал подрібнюється шляхом багаторазової ударної дії молотком, декою і решетом, а також стиранням під час його співдії з середовищем рухомого шару. При цьому домінуючим фактором руйнування матеріалу є ударні дії.

Таблиця 1

## Класифікація типів молоткових дробарок

Варіант	Тип і схема дробарки (марка)	Розміщення барабана, спосіб подачі зерна, спосіб відведення подрібненого матеріалу	Робочі органи і спосіб їх кріплення	Вид деформації зерна	Спосіб регулювання ступеню подрібнення	Енергоємність, кВт.год./кг (для ВРХ); Матеріалоємність, т/т (для ВРХ); Коефіцієнт повноти розробки	Можливість автоматизації процесу (да - +; ні - -)	Непродуктивне переміщення повітря (да - +; ні - -)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Відкритого							
1	 ДБ-5	горизонтальне, периферійна, вентилятором	молотки, шарнірно	розбивання, перетирання	Величиною подачі подрібнюючого матеріалу у дробильну камеру (заслінкою)	0,006 0,18 0,49	+	+
	Закритого							
2	 ДКМ-5	горизонтальне, периферійна, вентилятором	молотки, шарнірно	розбивання, перетирання	Зміною решета з різними діаметрами отворів	0,0096 0,32 0,55	+	+
3	 А1-БД2-М	горизонтальне, центральна, самопливом	молотки, шарнірно	розбивання, перетирання	Зміною решета з різними діаметрами отворів	0,008 0,5 0,52	+	+

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	 <p>2 ДМВ</p>	вертикальне, центральна, самопливом	молотки, шарнірно	розбивання, перетирання	Зміною решета з різними діаметрами отворів	0,008 0,23 0,57	+	+
5	 <p>ДМВ</p>	вертикальне, центральна, самопливом	молотки, шарнірно	розбивання, перетирання	Зміною решета з різними діаметрами отворів	0,007 0,17 0,65	+	-
6	 <p>ДМВ-1</p>	вертикальне, центральна, самопливом	молотки, шарнірно	розбивання, перетирання , різання	Зміною решета з різними діаметрами отворів	- - 0,7	+	-

Аналіз конструктивно-технологічних схем дробарок показує, що при використанні дробарок з вертикальним розташуванням барабана зменшується енерго- і матеріаломісткість. Це зумовлюється тим, що в дробарці з вертикальним розміщенням барабана є можливість використовувати менше молотків, ніж в дробарках з горизонтальним його розміщенням. А це зменшує вентиляційний ефект, який створюється великою кількістю молотків. Така схема дробарки дає можливість по всьому периметру дробильної камери розташувати деку, що підвищує ефект руйнування матеріалу від ударної дії системи „молоток-продукт-дека”. При такому компонованні дробарки решето розташоване під барабаном і при відведенні готового продукту використовується гравітаційна сила.

Дробарка безрешітна (табл. 1, п. 1) розроблена на Новоград-Волинському заводі сільгоспмашин. Незважаючи на низьку енергоємність процесу подрібнення, вона має суттєвий недолік, який пов'язаний з додатковим регулюванням ступеня подрібнення зерна у випадку зміни вологості зернового матеріалу. Крім того, їй притаманне непродуктивне переміщення повітря як і у всіх дробарках з великою кількістю молотків, коефіцієнт повноти розробки ( $\tau = 0,49$ ) дуже низький.

Універсальна дробарка ДЖМ-5 (табл. 1, п. 2), яка випускалася Новоград-Волинським заводом сільгоспмашин, при наявності решета і деки, розташованих по радіальній периферії дробильної камери, має недолік, характерний для конструкцій з горизонтальним розташуванням осі обертання подрібнюючого ротора. Основними з них є непродуктивне переміщення повітря, низький коефіцієнт використання робочої поверхні молотків і використання при подрібненні лише таких видів деформації як розбивання і перетирання, коефіцієнт повноти розробки ( $\tau = 0,55$ ) досить низький.

Дробарка А1-ДБ2-М (табл. 1, п. 3) використовується для подрібнення зерна і харчових відходів. Вона має центральну подачу матеріалу в дробильну камеру, що виключає дисбаланс ротора, наявність решіт дає можливість якісно і оперативно регулювати ступінь подрібнення. Основним недоліком дробарки є висока матеріаломісткість процесу, непродуктивне переміщення повітря великою кількістю молотків і складність конструкції через особливості розташування підшипникових вузлів, коефіцієнт повноти розробки ( $\tau = 0,52$ ) такий самий як у п. 2.

При реконструкції комбикормових виробництв до недавнього часу доводилося комплектувати лінії подрібнення, як правило, горизонтальними дробарками вітчизняного чи західного виробництва. При приготуванні комбикормів, особливо для птиці, якісне та ефективне подрібнення дуже важливе, тому що треба отримати подрібнений продукт з необхідним гранулометричним складом, мінімальними втратами вологи та енерговитратами. На жаль, запропоновані варіанти дробарок не завжди влаштовували замовників або за ціновими, або за технологічними параметрами.

Фахівці „ТЕХНЕКС” запропонували технічне рішення дробарки, яка не має аналогів у Росії – вертикальної молоткової [6].

Молоткова дробарка серії ДМВ (табл. 1, п. 4) з вертикально розташованим ротором зменшує витрати електроенергії, мінімізує переподрібнення зерна, збільшує ресурс молотків і термін експлуатації.

Живильники, що входять у комплект постачання, подають продукт на два завантажувальні патрубки, забезпечуючи рівномірне завантаження подрібнювальної камери, що дозволяє значно знизити рівень вібрації.

Зручний у використанні магнітний захист і каміневловлювач у складі живильника дають можливість зробити додаткове очищення сировини, якщо вона не піддається попередній очистці. Видалення металевих домішок і каменів до моменту попадання продукту безпосередньо в дробарку значно збільшує термін служби молотків і решіт.

Вертикальна молоткова дробарка не вимагає індивідуальної аспірації. Вона працює в автоматичному режимі, система управління побудована на сучасній елементній базі з використанням переважно комплектуючих компанії Siemens, клас захисту обладнання не менш IP54. Система управління включає шафу, пульт для сервісного обслуговування дробарки і силову панель.

Дробарка випробовувалася на різних решетах і різних культурах (монокомпонентах і зерносуміші), при цьому частка переподрібненого продукту значно менша, ніж у горизонтальних дробарках, а характеристики подрібнення кращі.

Вагома перевага ДМВ – мінімальна втрата вологи продукту (усушка) у процесі подрібнення.

Основний недолік дробарки ДМВ – це нераціональне використання робочої поверхні молотків, через що потрібно збільшувати їх кількість. Велика кількість молотків збільшує об'єм камери подрібнення, створює непродуктивне переміщення повітря, на що витрачається значна кількість енергії, коефіцієнт повноти розробки ( $\tau = 0,57$ ) – невисокий.

Вищезазначених недоліків немає у дробарці конструкції Карпенка М.І. ДВРЗ-1 [7]. Дробарка (табл. 1, п. 5) складається з циліндричної камери, встановленої вертикально. На ній закріплено

мотор із бункером, з'єднаний із вхідним отвором камери. На кінець моторного вала, який співвісно входить у камеру мотора, посаджено приводний диск. Зверху і по периферії диска шарнірно приєднано один ряд пластинчастих молотків. До низу камери прикріплено вихідне решето, виконане у вигляді диска з центральним отвором, концентричним приводному диску. Запропонована конструкція дає змогу спростити дробарку завдяки камері, решету та зменшенню кількості рядів молотків. Окрім того, підвищується ефективність використання робочих поверхонь молотків, оскільки в процесі дроблення задіяна майже вся довжина молотка, а не його кінець, як у відомих молоткових дробарках. Основним недоліком дробарки є використання при подрібненні зернового матеріалу таких видів деформації як розбивання і перетирання, а також невелика площа сепарації подрібненого до потрібних розмірів зерна.

Для усунення цих недоліків нами була зроблена спроба обґрунтувати конструктивно-технологічну схему дробарки концентрованих кормів із вертикальним розташуванням вала. У запропонованій дробарці в різних пропорціях будуть використовуватися такі види деформації зернового матеріалу як удар, різання і перетирання (табл. 1, п. 6).

Запропонована нами дробарка складається з рами, на якій кріпиться корпус дробильної установки, в якому розміщена двосекційна камера, яка утворюється вертикальним і горизонтальним решетами і декою. Подрібнювальний апарат кожної секції складається з диска, на якому симетрично підвішені молотки. Привод подрібнюючого апарату здійснюється від електродвигуна. Над камерою подрібнення розташований завантажувальний бункер із заслінкою.

При розробці нових технічних рішень для тваринництва і комбікормової промисловості необхідно аналізувати різні джерела інформації [1, 2, 3, 4, 6, 7]. Використовуючи метод оцінки прогнозування перспективності системи машин для тваринництва [5], ми проаналізували всі позитивні і негативні характеристики основних типів дробарок. З цією метою визначені коефіцієнти повноти розробок для основних типів дробарок (табл. 1).

Для експериментальної перевірки і розробки, з метою застосування у виробництві, необхідно відбирати тільки такі технічні засоби, які мають значення цього коефіцієнта в межах  $\tau = 0,6 \dots 1,0$  [5].

За генеральною визначальною таблицею [5] вибираємо по кожній характеристиці відповідне технічне рішення. У результаті цього одержали такі дані, які занесені в таблицю 2.

Таблиця 2

**Генеральна визначальна таблиця оцінки машин для приготування кормів (дробарок)**

Позиція	Характеристика	Оцінка	
		$j_o$	$j_{ок}$
	<i>Забезпечення якісних показників роботи</i>		
$p_3$	Якість корму покращується несуттєво в порівнянні з використанням існуючих машин	3	2,949
	<i>Відповідність перспективним технологіям виробництва</i>		
$p_6$	Враховуються існуючі і перспективні технології	6	5,298
	<i>Забезпечення зростання продуктивності праці</i>		
$p_3$	Продуктивність праці підвищується незначно (до 10%)	3	2,637
	<i>Забезпечення зниження витрат</i>		
$p_4$	Витрати знижуються незначно (не більше ніж на 10%)	4	3,516
	<i>Забезпечення довговічності і надійності конструкції</i>		
$p_5$	Рішенням забезпечується довговічність до 10 років, ремонтпридатність машини достатня, окремі вузли можуть бути пристосовані до стандартизації	5	4,145
	<i>Інженерно-технічні особливості рішення</i>		
$p_6$	Принципово нове технічне рішення, яке представляє собою закінчену технологічну лінію	6	4,524
	<i>Теоретична обґрунтованість інженерного рішення</i>		
$p_4$	Обґрунтування рішення виконано з урахуванням відомих новітніх теорій, підтверджених експериментом	4	2,916
	<i>Забезпечення умов техніки безпеки в процесі експлуатації</i>		
$p_6$	Забезпечується нешкідливість роботи та умови техніки безпеки всього процесу для людей і тварин	6	3,648
	Всього		29,633

За методикою [5] була визначена базисна оцінка дробарки в генеральній визначальній таблиці, яка має такий вигляд: 3 6 3 4 5 6 4 6, при цьому коефіцієнт повноти розробки складає  $\tau = 0,7$ . За шкалою [5] визначаємо, що значення коефіцієнта  $\tau$  характеризує дробарку як перспективну і потребує теоретичного та експериментального дослідження.

**Висновки.** На основі проведеного аналізу літературних джерел можна стверджувати, що найбільш перспективним є конструктивно-технологічна схема дробарки зерна з вертикальним розташуванням вала ротора ( $\tau = 0,7$ ). Така конструкція направлена на модернізацію дробарки, насамперед в напрямку зменшення енергоємності і нерівномірності гранулометричного складу готового продукту, виключення переміщення непродуктивного повітря.

Сукупність даних елементів говорить про необхідність звернення уваги на вдосконалення робочого процесу подрібнення і принципової схеми подрібнювальної машини, тому що навіть незначне підвищення їх ефективності дає у цілому великий економічний ефект.

#### Список використаних джерел

1. Егоров Г. А. Технология переработки зерна. – 2-е изд. – / Егоров Г.А. // – М.: Колос, 1977. – 376 с.
2. Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв / О.В. Дацишин, А.І. Ткачук, О.В. Гвоздев та ін. [За редакцією О.В. Дацишина]. Навчальний посібник. – Вінниця: Нова Книга, 2008. – 488 с.
3. Коруняк Петро Степанович. Обґрунтування схем і параметрів устаткування ударного подрібнення зерна: Автореф. дис. канд. техн. наук 5.05.11 / Львівський держ. аграрний ун-т. – Львів, 2000. – 18 с.
4. Машини и оборудование для приготовления кормов. / Ч. 1. Справочник. / Кулаковский И.В., Кирпичников Ф.С., Резник Е.И. – М.: Россельхозиздат, 1987. – 285 с.
5. Босый Н.А. Методика оценки перспективности технических решений для животноводства / Босый Н.А. // Механизация и электрификация социального сельского хозяйства. – 1979. – № 7. – С. 50-53.
6. С. Черепанов Современные технологии дробления / С. Черепанов, В. Карпушенко, М. Архипова // Птицеводство. – 2004. – № 1. – С. 34-35.
7. М. Карпенко Нове сімейство дробарок зерна / М. Карпенко // Пропозиція. – 2000. – № 10. – С. 88-89.

**Аннотація.** Проведен анализ существующих технических средств измельчения фуражного зерна. Определены коэффициенты полноты разработок для существующих вариантов технических решений для измельчения зернового материала и обосновано конструктивно-технологическую схему дробилки с вертикальным расположением ротора.

**Ключевые слова:** вертикальный ротор, конструктивно-технологическая схема, непродуктивное перемещение воздуха, зерновой материал, дробилка.

**Abstract.** The analysis of existing technical means grinding feed grains. Coefficients were determined for the complete development of the existing options for technical solutions for grinding grain material and reasonably constructive-technological scheme of the crusher with a vertical rotor.

**Key words:** vertical rotor, structural and technological scheme, wasteful air movement, grain material, crusher.