

УДК 631.363.2:504

Г.П. Водяницький

к.т.н. доцент

Ю.В. Соколовський

асистент

М.А. Горкуша

студент

Житомирський національний агроекологічний університет

Рецензент – член редколегії «Вісник ЖНАЕУ» д.т.н. Лось Л.В.

ВИСОКИЙ ТЕХНІЧНИЙ РІВЕНЬ ДРОБАРКИ ЯК ОЗНАКА ЇЇ ЕКОЛОГІЧНОСТІ

Розглянута якість молоткових дробарок провідних машинобудівних фірм світу. Виявлений та оцінений технічний рівень молоткових дробарок в екологічному аспекті за критеріями продуктивності, ефективності та матеріаломісткості. За цими критеріями встановили ідеальний варіант молоткової дробарки. Отримані поліноми для визначення проєктованих чи прогностичних показників ефективності та матеріаломісткості дробарок.

Постановка проблеми

Тваринництво є найбільш складною галуззю народного господарства, де тварина (птиця) суміщає в собі об'єкт праці та засіб виробництва. Результативність праці на фермі: близько 26 % залежить від повноцінної годівлі; 22 % – від догляду; 13 % – від генетичного потенціалу тварини і 39 % продуктивності залежить від мікроклімату, машин і обладнання, рівня зооветеринарного обслуговування та інших факторів. У собівартості тваринницької продукції корма займають 40–80 % залежно від виду тварин. При цьому лише 20–25 % потенціалу корму трансформуються у продукцію, 25–35 % тварина витрачає на фізіологічну діяльність, а решта переходить у відходи.

Концентровані корми є найбільш поживними та енерговмістними і дорогими, тому вимагають ретельного приготування. В сухому вигляді вони мають енерговміст 11–13,5 МДж/кг обмінної енергії та 8–12 % сухого протеїну [1, 3, 7, 15]. В подрібнених концормах вміст мінеральних домішок не повинен становити більше: для курчат, поросят і телят – 0,3 %; для молодняка великої рогатої худоби – 0,5 %; для корів і овець – 0,7 %. Окрім цього, наявність металевих частинок з негострими краями до 2 мм не повинна перевищувати 30 мг/кг корму.

Рациональне використання потенціалу кормів (поживного й енергетичного) людство реалізує за допомогою сучасних технологій, оптимізації процесів заготівлі і приготування повнораціонних кормів та шляхом переробки у корм відходів тваринництва. Приготування кормів відповідно до зоотехнологічних

вимог забезпечує повне поїдання та високу їх перетравність. Перетравність концентрованих кормів, окрім інших факторів, залежить від їх ступеня подрібнення. Подрібнення є результатом руйнування кормового матеріалу, воно забезпечує суттєве збільшення бокової поверхні частинок кормів, що робить більш доступними поживні речовини для хімусу травного тракту тварин. Якщо взяти 1 кг зерна ячменю і подрібнити до частинок розміром 0,2 мм в поперечнику, то площа бокової поверхні подрібненого корму збільшиться майже на 22 м², в той час як, подрібнивши 1 кг зерна ячменю до 2,6 мм, отримаємо лише додаткових 0,7 м². Специфічні будова органів травлення і самий процес травлення кожного виду тварин: велика рогата худоба, свині та птиця вимагають оптимального для кожного із цих видів подрібнення. Так для свиней концентровані корми доцільно подрібнювати в межах 0,2–1,0 мм (тонке розмелювання), для великої рогатої худоби – 1,0–1,8 мм (середнє розмелювання), а для птиці – 1,8–2,6 мм (крупне розмелювання). Якість розмелювання тим вища, чим менше частинок, дрібніших за 0,2 мм. Ці так звані пилоподібні частинки недостатньо засвоюються у травному тракті тварини.

Найбільш розповсюджуваними машинами для приготування концкормів є дробарки молоткові та валкові. Це універсальні машини, що дозволяють подрібнювати грубий і соковитий корм, качани кукурудзи та зерно на фураж.

Для приготування фуражного зерна на міжнародний ринок машин в основному надходять молоткові дробарки. Прості за будовою, надійні і дешеві в експлуатації, компактні та динамічні в роботі вони забезпечують просте регулювання ступеня подрібнення й автоматизацію процесу завантаження (розвантаження). Ці переваги дробарок і забезпечили їм розповсюдження у приготуванні кормів. Проте дробарки мають і недоліки: вони енергоємні, мають інтенсивне зношення робочих органів та нерівномірний гранулометричний склад продуктів розмелювання.

КБ та машинобудівні заводи світу виконують значну роботу з ліквідації зазначених вище недоліків, конструюють та виготовляють дробарки різних технологічних схем. Зокрема, суттєве поліпшення гранулометричного складу і зниження енергомісткості мають дробарки ДЗ-3-02, ДМБ-П та ДМБ-Ф, а частина заводів поліпшує зносостійкість робочих органів.

Таким чином, щоб забезпечити ефективне використання енерговмісту кормів тваринами і птицею, їх необхідно подрібнити до оптимальних розмірів з мінімальними витратами енергії та матеріалу як складової частини дробарки.

Об'єктом дослідження є оцінка технічного рівня технологічної системи АПК.

Предметом дослідження є якість молоткових дробарок машинобудівних фірм світу в екологічному аспекті.

Мета дослідження – виявити та оцінити технічний рівень молоткових дробарок світу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Дробарка як підсистема технологічної системи (ТС) О–М–Мт/С (О – оператор, М – машина, Мт – матеріал, С – середовище) прямо та посередньо впливає на навколишнє природне середовище.

Оцінку впливу дають відповідно до вимог ДСТУ ISO 14040 та ДСТУ2825–94. Подальше удосконалення екологічних характеристик технологічних систем знайшло своє відображення у дослідженнях вітчизняних та зарубіжних науковців: Л.Г. Мельник [2], В.Я. Шевчук, Ю.М. Саталкін, А.А. Садеков [6], С.Супруненко, Т.П. Галушкіна та інших.

Критерії екологічних оцінок базуються на: економічних показниках; енергетичних затратах; показниках екологічного навантаження; методах порівняння тощо. Як показує аналіз зазначених критеріїв, кожен з них не може комплексно кількісно оцінити техногенний тиск на НПС.

Оцінку екологічності ТС пропонують здійснювати в декілька етапів [2, 5, 6], а саме: визначення цілей та сфер застосування ТС; збирання та аналіз даних про ТС; формулювання вимог до базового зразка; визначення переліку параметрів, що оцінюватимуться, та визначення їх питомої ваги. Зокрема, для стадії використання ТС найбільш доцільними є критерії матеріаломісткості (M), енергомісткості (E) та продуктивності (Q). Продуктивність оцінює ТС з точки зору інтенсивності зміни споживчої вартості предмета праці. Матеріаломісткість оцінює кількість вилученого матеріалу з НПС протягом року на зміну споживчої вартості одиниці предмета праці. І найбільш вагомий критерій – енергомісткість – визначає кількість непоновлюваної енергії, витраченої прямо й посередньо на одиницю предмета праці. Енергомісткість оцінювали через її обернену величину – ефективність.

Таким чином, вважаємо за доцільне обрати три критерії: продуктивність, ефективність та матеріаломісткість, які достатньою мірою забезпечать оцінку екологічності дробарки.

Об'єкти та методика дослідження

Об'єктами дослідження обрали дробарки вітчизняного виробництва, виробництва Росії, Білорусії, Польщі, Югославії та Сполучених Штатів Америки. Технічний рівень будь-якої продукції оцінюють протягом всього життєвого циклу машини: проектування, виробництво, експлуатація та утилізація. Суть даної оцінки полягає в тому, що здійснювали порівняння значень параметрів оцінюваної машини з параметрами базової. За базову машину обирали ту, яка має найкращі світові значення параметрів. Оцінку здійснюють за

диференціальним, узагальнюючим, змішаним та комплексним методами. Вважаємо за доцільне, в даному випадку, використати диференціальний метод.

При цьому ми аналізували відкриті дані дробарок зазначених вище країн виробників (табл. 1).

В таблиці 1 зазначили базові та відносні показники дробарок для стадії використання та показники за характерними властивостями відповідно до вимог ДСТУ 2925-94 та РД 50-149-79.

Враховуючи особливості даної роботи, що має за мету оцінити технічний рівень дробарок фірм світу за екологічними характерними властивостями, які подані показниками (3, 4, 5) таблиці 1, встановлено, що дані показники є різновекторними непрямыми оцінками даних властивостей. Дані властивості оцінювали критеріями ефективності (т/кВт·год.) :

$$E = \frac{Q}{N}, \quad (1)$$

та матеріаломісткості (кг·рік/т):

Таблиця 1. Порівняльні дані дробарок зерна машинобудівних фірм світу

Дробарка	Виробник	Продуктивність, т/год.	Потужність, кВт	Маса, кг	Ефективність, т/кВт-год.	Матеріаломісткість, кг-рік/т
ДКМ-5	UA	8,8	30	1280	0,29	0,079
ДБ-5	UA	5,0	30	900	0,156	0,104
ДЗ-3-02	UA	4-5	32,2	950	0,133-0,200	0,123-0,082
ДМБ-2	UA	4,0	24	765	0,166	0,105
КД-2	UA	3,0	30,0	940	0,100	0,172
ДМБ-1	UA	2,7	17	725	0,16	0,147
ДМБ-Ф	UA	2,5	7,5	120	0,333	0,026
Д-2	UA	2,2	15,55	550	0,142	0,137
ДЗМ-0,8	UA	1,0	5,5	145	0,182	0,079
ДМБ-П	UA	0,5	1,5	50	0,333	0,055
Лостик -3-01	UA	0,05	1,0	19	0,05	0,208
HG#85	USA	1,82-4,54	56,7-113,4	861	0,032-0,040	0,259-0,104
HG#65	USA	1,82-3,63	44,26-73,6	526	0,041-0,049	0,158-0,079
HG#35	USA	0,9-2,27	22,08-47,84	442	0,041-0,047	0,269-0,107
HG#25	USA	0,45-1,36	14,72-22,08	329	0,031-0,062	0,400-0,133
HG#5	USA	0,18-0,55	3,68-7,36	77	0,05-0,075	0,234-0,077
Greentechs-300	USA	0,4	1,75	10	0,229	0,014
M-2000	YU	2,0	5,5	410	0,363	0,112
M-1000	YU	1,0	4	262	0,250	0,145
АДК-1	RU	5,0	18,5	250	0,27	0,027
ДКМ-3,3	RU	3,3	37	590	0,090	0,098
МДУ	RU	2,0	7,5	250	0,266	0,068
ДБК	RU	0,085	1,1	120	0,077	0,774
ДР-Ф-4	BE	4,0-5,0	22,0	452	0,18-0,23	0,062-0,049
ДКР-2	BE	3,0	20	900	0,150	0,164
ДЗУ-Ф-2	BE	2,4	11,5	220	0,21	0,050
ИЛС-0,5	BE	1,0	4,5	210	0,222	0,288
R4000	PO	3,2	30	500	0,107	0,086
R3000	PO	2,5	22	420	0,114	0,092
R2200	PO	2,0	18,5	350	0,108	0,096
R1600	PO	1,6	15,0	300	0,106	0,164
R1200	PO	1,2	11,0	250	0,109	0,114
R750	PO	0,9	7,5	230	0,12	0,140

$$M = \frac{G}{Q \cdot T}, \quad (2)$$

де Q – продуктивність дробарки, т/год.;

N – потужність приводу дробарки, кВт;

G – маса дробарки, кг;

T – річне напрацювання дробарки, год.

Отримані результати розрахунків (показники 6 і 7) наведено в таблиці 1.

Оброблення отриманих результатів здійснювали за допомогою комп'ютерної програми «Excel – 2007 MS» [8]. Отримані графічні моделі аналізували за методом інтегрального критерію відстані до цілі [4]. В основу цього методу покладено обґрунтування ідеального, за критеріями, варіанта дробарки. Ідеальний варіант передбачає таку дробарку, для якої кожен із критеріїв досягає свого найкращого значення. Пошук здійснювали в межах дробарок фірм кожної з країн з наступним переходом до ідеального варіанта світового технічного рівня.

Кількісне значення технічного рівня кожної з дробарок фірм світу визначали за узагальненим критерієм

$$\mu_j = \frac{P_j}{P_o}, \quad \mu \geq 0, \quad (3)$$

де P_j , P_o – площа трикутника графічної моделі j -тої дробарки та ідеального варіанта.

Результати дослідження

Технічний рівень машини є комплексними показниками якості її виготовлення та експлуатації. Дані показники різняться: за стадією визначення – експлуатаційні, виробничі, проектні, прогнозні; за застосуванням – базові та відносні; за кількістю оцінюваних властивостей – одиничні та комплексні; за характерними властивостями – призначення, надійності, економного використання ресурсів, технологічності, транспортабельності, ергономічності, безпеки, естетичності, стандартизації та уніфікації, патентно-правові, економічні та екологічні.

Для оцінки екологічності дробарки нами обрано три критерії (за характерними властивостями ефективності, матеріаломісткості та продуктивності), що є інтегрованими при визначенні використання енергії та матеріалу дробаркою та створенні нового продукту.

Аналіз даних [1, 9–15] (табл. 1), показує, що ефективність та матеріаломісткість дробарок світу, залежно від їх продуктивності, описуються поліномами високого порядку (табл. 2) з вірогідністю, близькою до одиниці, що свідчить про досить високу точність апроксимації отриманих даних.

Таблиця 2. Залежність ефективності $E = f(Q)$ та матеріаломісткості $M = \varphi(Q)$ дробарок провідних фірм світу від їх продуктивності

Країна	$E = f(Q)$	$M = \varphi(Q)$
Україна	$E = -0,0006 Q^5 - 0,0236 Q^5 +$ $+ 0,3472 Q^4 - 2,576 Q^3 +$ $+ 10,124 Q^2 - 20,486 Q +$ $+ 21,381, \text{ за } R^2 = 0,9939$	$M = 0,0001 Q^5 - 0,0042 Q^5 +$ $+ 0,065 Q^4 - 0,509 Q^3 + 2,1026 Q^2 -$ $- 4,2779 Q + 3,4145,$ $\text{ за } R^2 = 0,9772$
США	$E = 0,29 Q - 0,0201,$ $\text{ за } R^2 = 0,5893$	$M = 0,0015 Q^3 - 0,0235 Q^4 +$ $+ 0,1287 Q^3 - 0,2925 Q^2 +$ $+ 0,2577 Q + 0,032, \text{ за } R^2 = 1$
Сербія	$E = -0,113 Q + 0,476,$ $\text{ за } R^2 = 1$	$M = 0,033 Q + 0,079,$ $\text{ за } R^2 = 1$
Росія	$E = -0,1202 Q^3 + 0,899 Q^2 -$ $- 2,0358 Q + 1,527, \text{ за } R^2 = 1$	$M = 0,1395 Q^3 - 0,8875 Q^2 +$ $+ 1,757 Q - 0,982, \text{ за } R^2 = 1$
Білорусія	$E = 0,0264 Q^3 + 0,2137 Q^2 -$ $- 0,5068 Q + 0,52, \text{ за } R^2 = 1$	$M = 0,0958 Q^3 - 0,6865 Q^2 +$ $+ 1,4977 Q + 0,852, \text{ за } R^2 = 1$
Польща	$E = 0,0001 Q^5 - 0,0029 Q^4 +$ $+ 0,0222 Q^3 - 0,0806 Q^2 +$ $+ 0,1321 Q + 0,036, \text{ за } R^2 = 1$	$M = 0,0052 Q^5 - 0,0883 Q^4 +$ $+ 0,5563 Q^3 - 1,5987 Q^2 +$ $+ 2,0715 Q - 0,86, \text{ за } R^2 = 1$

Поліноми забезпечують визначення проєктованих чи прогнозованих показників ефективності чи матеріаломісткості дробарок відповідних машинобудівних фірм світу. Результати графічного аналізу [8] звели в таблицю 3, де ідеальний варіант дробарки повинен мати $Q_i = 8,78$ т/год., $E_i = 0,363$ т/кВт·год. та $M_i = 0,014$ кг·рік/т.

Таблиця 3. Значення параметрів ідеального варіанта дробарок провідних машинобудівних фірм світу

Країни	Продуктивність		Ефективність		Матеріаломісткість, кг·рік/т	
	$Q,$ т/год.	$\Delta Q, \%$	$E,$ т/кВт·год	$\Delta E, \%$	$M,$ кг·рік/т	$n = \frac{M}{M_i},$ раз
Україна	8,78	0	0,333	-8,2	0,026	1,86
США	3,072	-65	0,229	-36,9	0,014	1,00
Сербія	2,048	-76	0,363	0	0,112	8,00
Росія	4,096	-53	0,266	-26,7	0,227	16,21
Білорусія	4,096	-53	0,222	-38,8	0,050	3,57
Польща	4,000	-54	0,114	-66,9	0,086	6,14
Світовий технічний рівень (СТР)	8,788	–	0,363	–	0,014	–

Дробарки мінімальної матеріаломісткості (табл. 1) виготовляють фірми США. Машинобудівні фірми України в 1,86 раза менш ефективно використовують матеріал. Відповідно у 3,57 раза матеріал гірше використовують фірми Білорусії, в 6,14 раза металоемніші дробарки фірм Польщі, в 8 разів – фірм Сербії, а Росії – в 16,2 раза. Це свідчить про те, що зазначені вище фірми мають досить резервів для зменшення матеріаломісткості, щоб досягти рівня США. Щодо критерію ефективності дробарок, то найвищий показник мають фірми Сербії – $E = 0,363$ т/кВт·год. Вітчизняні дробарки поступаються на 8,2 %; дробарки Росії – на 26,5; США – на 36,9 Білорусії – на 38,8; дробарки Польщі – на 66,9 %.

За показниками продуктивності ідеальний варіант складає 8,78 т/год., його мають вітчизняні дробарки. Дробарки Сербії відстають на 76 %, США – на 65 %, а Росії, Білорусії та Польщі – на 53–54 %.

Висновки

Таким чином, вітчизняні дробарки за продуктивністю відповідають світовому технічному рівню, за енергоемністю – несуттєво відстають від світового рівня, а за матеріаломісткістю мають майже подвійні резерви для її зниження. Жодна машинобудівна фірма світу за зазначеними вище критеріями не досягла світового технічного рівня, що свідчить про наявний техногенний тиск на НПС сучасних дробарок через надлишково використаний матеріал та енергію при виготовленні одиниці споживаної вартості.

Перспективи подальшого дослідження

Напрямок подальших досліджень слід зосередити на обґрунтуванні методики проведення комплексної оцінки технічного рівня молоткових дробарок фірм світу.

Література

1. *Машини та обладнання для тваринництва / О.А. Науменко, О.В. Нанка, В.М. Полупанов та ін. ; за ред. І.Г. Бойко. – Харків, 2006. – 225 с.*
2. *Мельник Л.Г. Екологічна економіка / Л.Г. Мельник. – 3-тє вид. – Суми : ВТД «Університетська книга», 2006. – 367 с.*
3. *Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм / С.В. Мельников. – Л. : Колос, 1978. – 560 с.*
4. *Нагірний Ю.П. Обґрунтування інженерних рішень / Ю.П. Нагірний. – К. : Урожай, 1994. – 214 с.*
5. *Про підсумки роботи Міністерства охорони НПС України в 2006 році та головні завдання на 2007 рік // Екологічний вісник. – 2007. – № 1. – С. 12–18.*
6. *Садеков А.А. Оцінка й урахування екологічного фактора у підприємницькій діяльності / А.А. Садеков // Схід. – 2003. – № 3 (53). – С. 19–24.*

7. *Сторожук Л.О.* З історії розвитку в Україні техніки для переробки зернового корму в індивідуальних підсобних господарствах [Електронний ресурс] / *Л.О. Сторожук* // Історія науки і бібліографістика. – 2007. – Вип. 1. – Режим доступу : <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/INB/2007-1/07sloipg.pdf>
8. *Графики, вычисления и анализ данных в Excel-2007 / В.В. Серогодский, Д.А. Козлов* и др. – С-Пб. : Наука и техника, 2009. – 336 с.
9. Измельчитель зерна Greentechs-300 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://oniks.su/1201862214/php>
10. Измельчители зерна УралСпецмаш – Оборудование “Фермер” для сельского хозяйства [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.fermer-usm.ru/catalog?file=8>
11. Плющилки і дробарки для зерна – Техніка ROmiLL [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://ag-bag.net.ua/romill/index.php>
12. UNIMETAL сільськогосподарські машини фірма в Польщі [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.unimetal.polagro.ru/ua/htm>
13. Переработка зерна Зернодробилка РЗД-1 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.poptm.ru/num/13.php>
14. AWILA Agrar- und Industrieanlagen GmbH [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.awila.de/index.php4?language=ru&Seite=home>
15. *Рожківський М.* Молоткові дробарки нового покоління для переробки концкормів / *М.Рожківський, О.Рожківський* // Техніка АПК. – 1999. – № 3. – С. 31.