

## ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ЕТАПІ СКЛАДАННЯ РЕЦЕПТІВ КОМБІКОРМІВ

Діордієв В.Т., к.т.н.,  
Василишин Р.В., к.т.н.,  
Кашкар'єв А.О., аспірант\*  
*Таврійська державна агротехнічна академія*  
Тел.(0619) 425-797

**Анотація** – приведений аналіз рецептів комбікорму, складених за допомогою симплекс-методу, з використанням множин та урахуванням витрат на переробку компонентів, запропоновані методи для зменшення енергії на подрібнення.

**Ключові слова** – комбікорм, рецепт, витрати енергії на переробку, енергозбереження.

*Вступ.* У недостатньо розвинутому ринку продукції тваринництва найбільш небезпечними за економічним ризиком, є малі господарства, що вимагає особливого підходу до розробки технологічного обладнання [4]. Також необхідно зазначити, що виробництво комбікормів власними силами фермерського господарства вимагає від його спеціалістів чіткого усвідомлення тих можливостей якими вони володіють та номенклатури рецептів комбікормів.

*Огляд літературних джерел.* При складанні рецептів використовують здебільшого так званий симплекс-метод [2, 3, 7]. При цьому, як правило, цільова функція формується за вартісними показниками, але такий метод не є оптимальним, оскільки важко враховувати кон'юктуру ринку та виникнення деяких складностей при використанні власної сировини. Більш придатна до використання бальна оцінка компонентів, але вона також має недоліки які пов'язані із упрощенням її алгоритму на ЕОМ [5].

Складання конкретного рецепту включає в себе три етапи [7]. На першому з них, відповідно нормам та стандартам, визначають вміст поживних речовин та структурний склад, в залежності від виду та віку тварин та спеціалізації господарства. На другому етапі аналізують асортимент сировини, який є у господарстві і який може бути використаний у допустимих межах при виробництві комбікормів. На третьому етапі порівнюються проект рецепту із відповідними нормами та стандартами для визначення збалансованості комбікорму за іншими показниками.

---

\* Керівник - к.т.н., проф. В.Т. Діордієв

Але навіть виготовлений суто за стандартним рецептом комбікорм буде мати відмінності за своїми якісними показниками від пропонованого за рецептом. Цей факт має місце, оскільки одна сировина за своїми поживними властивостями може бути не однаковою у зв'язку різними місцями виробництва, що також треба брати до уваги при складанні відповідних рецептів.

Є багаточисельні дослідження у галузі підвищення ефективності використання енергії, яку споживає поточна технологічна лінія з виробництва комбікормів, а також у складанні рецептів комбікормів, які задовольняють зоотехнічним вимогам при мінімізації їх вартості. Серед них особливої уваги заслуговує пропозиція враховувати витрати енергії на переробку сировини [5].

*Формування цілей статті.* Ціллю статті є аналіз існуючої методики складання рецептів комбікормів за допомогою симплекс-методу, цільова функція якої сформована як за вартістю компонентів та і за енергією подрібнення, і запропонувати засоби зменшення енергії, що при цьому витрачається.

*Основна частина.* Виходячи з основного закону подрібнення (1) бачимо, що робота, яка витрачається на подрібнення має дві складові: робота яка йде на подолання пружних деформацій та на утворення нових поверхонь [9].

$$A_T = C_v \cdot \lg \lambda^3 + C_s \cdot (\lambda - 1), \quad (1)$$

де  $C_v$  – відображає роботу пружних деформацій при подрібненні 1 кг зернових компонентів;

$C_s$  – відображає роботу, яка витрачається на утворення нових поверхонь при подрібненні 1 кг зернових компонентів;

$\lambda$  - кратність подрібнення.

Для прикладу був розглянутий оптимізований за поживними речовинами рецепт вартість якого склала 31,2 грн, а енергія подрібнення при кратності  $\lambda=4$  склала 2000 кДж, при  $\lambda=3$  – 1470 кДж [3]. Потім за тими ж вимогами був складений рецепт оптимізований за енергією подрібнення:

- $\lambda=4$ :  $A_T=1650$ кДж, вартість склала 34,7 грн;
- $\lambda=3$ :  $A_T=1212$  кДж, вартість склала 34,7 грн.

Більш детальну інформацію можна отримати через приведення результатів у системі координат “енергія на подрібнення - вартість” (рис. 1), які побудовані підбором складу компонентів рецепту, загальна вага яких складає 100 кг та енергетичні параметри відповідають тим же умовам. Для цього використовувався Object Pascal з графічною оболонкою Delphi 6 [8].

Якщо зобразити це математично, то можна виразити загальну кількість варіантів у множинах [1]. Кожному компоненту відповідає множина  $X_i$ , яка містить кількісний вираз за змістом даного елемента вираженому у максимальних  $MAX_i$  та мінімальних  $MIN_i$  границях. Отже:

$$\{X_i | \text{MIN}_i < X_i < \text{MAX}_i\}, \text{ при } \text{MIN}_i > 0. \quad (2)$$

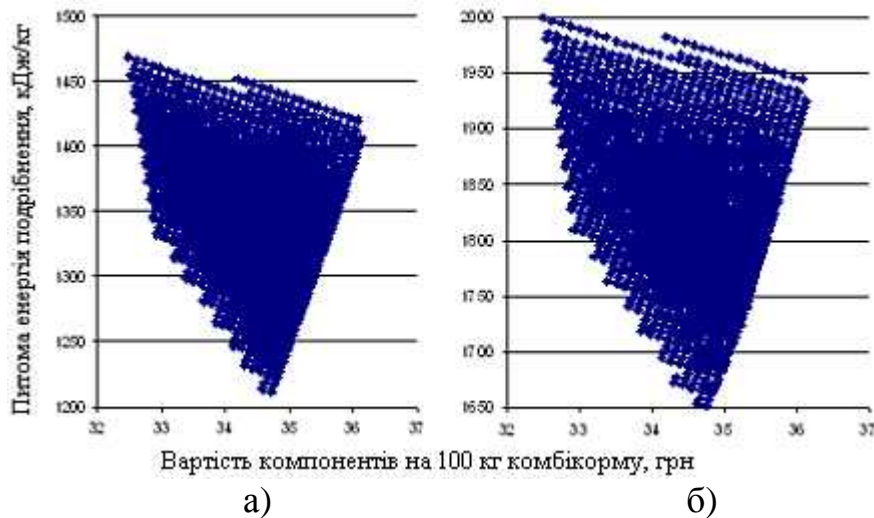


Рис. 1. Графічне відображення результатів розрахунку можливих рецептів комбікормів, які задовольняють умовам вибору за поживністю при кратності подрібнення відповідно 3 (а) та 4 (б).

Таким чином, елементи множин  $X$ , будуть складати множину  $A_k$  при відповідності критерію  $P_j$ :

$$\{A_k \in X_i | \sum_{i=1}^n c_{ij} \cdot X_i = P_j\}, \quad (3)$$

де  $c_{ij}$  – коефіцієнт, який враховує вміст речовини  $j$  у  $i$ -у компоненті.

Загальний рецепт буде містити однакові елементи множин  $A_k$ , які задовольняють умовам за енергетичними показниками і формують множину рецептів  $S$ . Серед даних рецептів ми проводили розрахунки для визначення оптимального рецепту

$$S \in A_1 \cap A_2 \cap \dots \cap A_k.$$

Таким чином, на рис. 1 приведені графічне відображення множини рецептів  $S$ . Графічне зображення дозволяє оцінити важливість урахування витрат на подрібнення компонентів та на переробку в цілому.

Проаналізуємо енергоємність процесу подрібнення, котра залежить від структурно-механічних властивостей інгредієнтів, які визначають процес подрібнення, вихід і якість продуктів подрібнення, витрату електричної енергії на подрібнення зерна та інших компонентів комбікорму. Дані властивості поєднують особливості сировини на механічні зусилля. Головний критерій оцінки механічних властивостей матеріалу є його міцність та твердість. Міцність представляє собою властивість матеріалу протидіяти руйнуванню під дією прикладених зусиль. Ця характеристика визначається



$$A_K = K_K \cdot \lg \lambda = K_2 \cdot \rho \cdot \lg \lambda, \quad (6)$$

За формулами 5 та 6 можна прослідкувати вплив щільності подрібнювального матеріалу.

$$A_K = F_V(\Delta V) = f_V(\rho), \quad (7)$$

За поверхневою теорією, яка сформульована німецьким вченим П. Риттингером, робота, необхідна на подрібнення тіла, прямо пропорційна площі знов утвореної поверхні. Згідно цієї теорії енергія яка витрачається на процес подрібнення розділяється за кількістю разів подрібнення. За перший прийом вона складатиме [9]:

$$A_{R1} = K_R \cdot D^2 \cdot \frac{M}{\rho \cdot D^3} = K'_R \cdot \frac{M}{D}, \quad (8)$$

де  $K_R$  – коефіцієнт пропорційності;  
 $D$  – умовна довжина ребра тіла кубічної форми;  
 $M$  – сукупність тіл для подрібнення різної крупності.

За другим прийомом [9]:

$$A_{R2} = K_R \cdot D_1^2 \cdot \frac{M}{\rho \cdot D_1^3} = K'_R \cdot \frac{M}{D_1} = K'_R \cdot \lambda_i \cdot \frac{M}{D_1}, \quad (9)$$

де  $D_1$  – довжина ребра тіла кубічної форми, яке було подрібнене після першого прийому;

Робота для подрібнення всієї ваги визначається формулою [9]:

$$A_R = K'_R \cdot M \frac{D/d - 1}{(\lambda_i - 1) \cdot D} = K''_R \cdot M \cdot \left( \frac{1}{d} - \frac{1}{D} \right), \quad (10)$$

де  $d$  – отримана довжина умовно кубічної подрібненої частини.

Коефіцієнт пропорційності  $K_R$  із формул 8 та 9 має у своєму знаменнику щільність. Таким чином рівняння 10 має обернено пропорційну залежність від щільності подрібнювального матеріалу:

$$A_R = F_S(\Delta S) = f_S\left(\frac{1}{\rho}\right), \quad (11)$$

Представимо функціональний вираз основного закону подрібнення (3) з урахуванням функціональних залежностей від щільності подрібнювального матеріалу 7 та 11:

$$A_T = f_V(\rho) + f_S\left(\frac{1}{\rho}\right). \quad (12)$$

При параметричному дослідженні цієї функції [10] отриманий графік, який приведено на рисунку 2.

За аналізом рівнянь 1, 10 та рисунку 2 бачимо, що щільність впливає на енергію подрібнення за нелінійною характеристикою і має свої екстремальні точки, причому при зростанні щільності компоненту функція (10) намагається набути лінійної залежності. Крім того, можна зауважити, що управління положення області з мінімальною витратою енергією на подрібнення можливо двома методами: перший метод складається із зміни

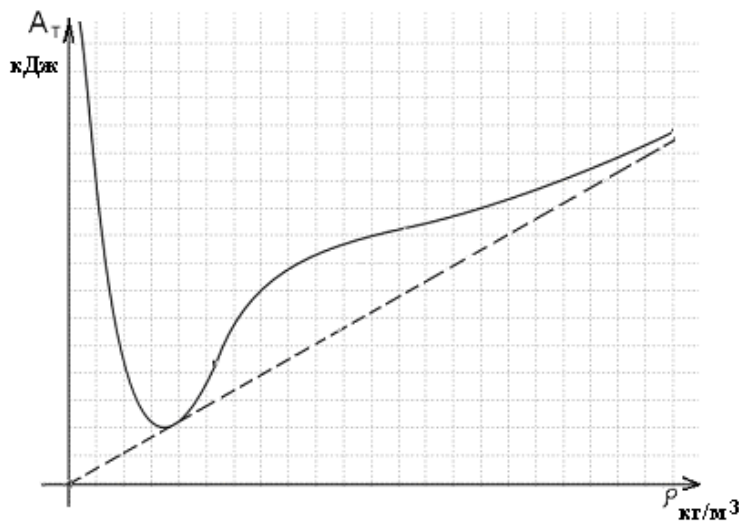


Рис. 2. Схематичний вигляд залежності енергії подрібнення від щільності компоненту.

конструктивних параметрів дробарки, а другий – вплив на твердість та міцність. При впливі на щільність компоненту слід враховувати тісний взаємний зв'язок із такими параметрами як міцність та твердість.

З цією метою необхідно знизити роботу пружних деформацій  $A_v$  шляхом зниження міцності матеріалу за рахунок використання поверхнево-активних речовин та зменшити роботу на утворення нових поверхонь  $A_s$  або збільшити її частку відносно  $A_v$ . Але слід враховувати, що ККД процесу подрібнення виражається наступною формулою [9]:

$$\eta = \frac{A_s}{A_s + A_v}, \quad (13)$$

Корм, як матеріал рослинного походження, складається із двох структурних елементів – скелету, який має пружні та пластичні властивості, та заповнювача, який має в'язкість. Границя міцності самого скелету не залежить від тривалості дії статичного навантаження, величина в'язкого опору

заповнювача змінюється у часі. При тривалій дії навантаження заповнювач майже не підтримує скелет, в наслідок чого міцність тіла визначалася тільки міцністю скелета. І навпаки, при малої тривалості сили спрямованої на руйнування сила підтримки скелету дуже велика. Тому для руйнування структурованого тіла необхідно прикласти навантаження більш високе ніж те, яке було б достатнє для руйнування статичними силами. У зв'язку з тим, що руйнування тіла виконується в часі  $t \rightarrow 0$ , то пластичні деформації не встигають розвиватись, тобто мають місце крихкі руйнування з утворенням пружних миттєвих деформацій [7].

Як було зазначено вище знизити міцність можна поверхнево-активними речовинами та утворенням мікротріщин за рахунок власного тертя між частками компоненту та по внутрішній поверхні технологічних машин.

Вартим уваги можна вважати попередню обробку вихідних компонентів електромагнітними хвилями надвисокої частоти (для внутрішнього зменшення вологості, як наслідок підвищення крихкості) [6] та ультразвуку (для утворення мікротріщин)[10]. Обидва запропоновані способи є антибактерицидними, перший за рахунок місцевого нагріву більш вологомістких ділянок, до яких можна віднести мікроби та бактерії, другий – фізичний розрив, за рахунок кавітаційних явищ. Ці методи можна реалізувати як на промислових комплексах так і у фермерських господарствах. Останнє виглядає більш перспективним, на даному етапі розвитку ринку сільськогосподарської продукції, оскільки має меншу вартість розробки (у зв'язку з можливістю розробки індивідуальних технологічних рішень) [4] та більшу можливість стосовно упровадження.

*Висновок.* При складанні рецепту комбікорму за симплекс-методом при оптимізації за вартісною цільовою функцією не використовується можливість зменшення витрат на подрібнення компонентів (у порівнянні рецептів, цільова функція яких складена за вартістю та енергією подрібнення маємо різницю у ціні 10 %, залежить від вартості компонентів, а енергія подрібнення – 17,5%), крім того варто зазначити про нестійкий стан комбікорму за поживними речовинами у “оптимізованій” точці. Попередня обробка компонентів електромагнітними хвилями надвисокої частоти, або ультразвуком, дозволить знизити енергію на подрібнення зернових компонентів. При експериментальному визначенні дії вищезазначених явищ на зернові необхідно приділити увагу нелінійній залежності енергії подрібнення від щільності (рис.2) зернових.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Аленицын А.Г., Бутиков Е.И., Кондратьев А.С. Краткий физико-математический справочник. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. Лит., 1990. – 368 с.
2. Банди Б. Основы линейного программирования: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1989. – 217 с.

3. *Діордієв В.Т.* Автоматизація процесів виробництва комбікормів в умовах реформованих господарств АПК: Навчальний посібник/ М-во освіти і науки України. – Сімферополь: ДОЛЯ, 2004. – 138 с.

4. *Діордієв В.Т., Кашкар'ов А.О., Діордієва Р.М.* Автоматизація малогабаритних комбікормових установок в умовах фермерських господарств// Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Вип. 43. – Мелітополь-ТДАТА. – 2006. – С. 65-72.

5. *Диордиев В.Т., Сабо А.Г., Диордиева Р.Н.* Оптимизация рецептов комбикормов – путь повышения эффективности использования фермерских комбикормовых установок// Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Вип. 31. – Мелітополь-ТДАТА. – 2005. – С. 19-23.

6. *Изотова А.И., Шварц Л.Е.* О влиянии СВЧ-обработки на качество некоторых кормовых продуктов//Зерновое хозяйство.–2003.-№4.–С 23-25.

7. *Кошелев А.Н., Глебов А.А.* Производство комбикормов и кормовых смесей. – М.: Агропромиздат, 1986. – 176 с.

8. *Культин Н.Б.* Основы программирования в Delphi 7. СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 608 с

9. *Мельников С.В.* Механизация и автоматизация животноводческих ферм. - Л.: Колос, 1976.- 560 с.

10. Патент України № 58596, А23L 3/30. Спосіб подрібнення зерна молотковою дробаркою та установка для його здійснення/ *І.І. Ревенко, С.І. Козупиця.*–№ 2000127169. Заявл. 13.12.2000. Опубл. 17. 06. 2002, Бюл.№6.

11. *Пискунов Н.С.* Дифференциальные и интегральные исчисления для вузов, т.1: Учебное пособие для вузов. – 13-е изд. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1985. – 432 с.

## **ECONOMY ENERGY LOSS IN STEP OF COMPILE RECIPE MIXED FEED**

V. Diordiev, R. Vasilishin, A. Kashkarov

### ***Summary***

**On the base of simplex-method formed mixed feed recipe analysis and set theory usage with component processing energy expenditure accounting the methods have been proposed for reduction of the crushing energy.**