



УДК 636. 2. 085. 55

ЗАСТОСУВАННЯ ОПТИМІЗАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ ГОДІВЛЕЮ ТВАРИН РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ГРУП ТА НАПРЯМІВ ПРОДУКТИВНОСТІ

Борисенко В. Г., ДП «Спецагро»

Розглянуто оптимізаційну модель розрахунку рецептів комбікормів і оптимально збалансованих раціонів, накопичення банку раціонів та реалізація моделі оптимізації структури кормовиробництва і використання кормів для створення стабільної кормової бази.

Ключові слова: комбікорми, оптимально збалансовані раціони, кормова база, економіко-математичні моделі, технології годівлі тварин.

Важливим етапом підвищення ефективності технологій сільськогосподарського виробництва є удосконалення планування і управління на основі економіко-математичних методів. При побудові багатьох економіко-математичних моделей, призначених для оптимізації планів розвитку тваринництва, галузі тваринництва, розглядаються ізольовано від галузей рослинництва. Але враховуючи, що сільськогосподарські підприємства є виробниками як продукції тваринництва, так і рослинництва розрахунки оптимальної виробничої програми (бізнес-плану) неможливо проводити ізольовано з тваринництва і рослинництва [4]. Оптимальне поєднання галузей дозволить раціонально використати техніку, енергетичні та трудові ресурси, що зробить виробництво більш рентабельним. Тільки комплексна задача, в яку введені всі галузі і виробничі ресурси сільськогосподарського підприємства дозволить знайти оптимальний план його розвитку [1]. У результаті рішення економіко-математичної задачі оптимізації визначаються: посівні площі і структура посівів культур, які забезпечують виробництво товарної продукції кормів; оптимальне співвідношення тваринницьких галузей і поголів'я тварин у господарстві, оптимальну структуру кормового балансу за групами і видами кормів. Склад поживних речовин у кормах повинен забезпечити максимальне виробництво тваринницької продукції; кількість побічної продукції основних товарних рослинницьких галузей, які включаються до кормового балансу; використання природних кормових угідь і створення окультурених лугопасовищ; кількість закуплених кормів та кормових добавок. Всі перераховані задачі створюють комплекс взаємозв'язаних задач. Рішення кожної із них, як правило, залежить від інших задач комплексу. Тому на стадії поточного планування доцільно їх розв'язувати як єдину задачу планування виробництва і використання кормів [5].

У процесі оперативного управління виробництвом можуть розв'язуватись локальні задачі, які визначаються виникаючою ситуацією. При цьому до основних цілей розрахунків можуть відноситися: мінімізація затрат на корми; мінімізація використання ріллі під кормові культури; максимізація виробництва продукції тваринництва в заданому асортименті; мінімізація дефіциту кормів у господарстві [3]. Така кількість задач потребує гнучкого інструментарію для їх вирішення і, перш за все, розробки засобів оперативної генерації оптимізаційної моделі зі змінною структурою і нормативною базою. В основі розробки такого інструментарію лежить загальна каркасна модель, яка включає всі перераховані вище задачі. Особливістю такої моделі є умова використання оптимально-збалансованих раціонів годівлі тварин та птиці, розрахованих для конкретних ре-



гійонів по всьому асортименту кормів [2]. При розрахунку раціонів враховується інформація про структуру поголів'я та їх розподіл за віком та продуктивністю. Розрахунок раціонів проводиться після проведення розрахунку складу комбікорму.

Рівень поживності комбікормів приймається відповідно до стандартів і повинен відповідати наступним вимогам: задовольняти потребу в поживних речовинах при високій продуктивності; повинно бути збережено співвідношення між енергією та іншими показниками; повинна бути задоволена потреба в вітамінах і мікро- та макроелементах; компоненти для виробництва комбікорму повинні бути підібрані правильно з точки зору харчування, дієтології й економічної доцільності. За розрахунком комбікорму визначається структура кормових добавок, які вводяться до комбікорму для покриття дефіциту поживних речовин. При цьому в розрахунок може бути включено премікс, який є в конкретному господарстві. Залишковий дефіцит поживних речовин визначається на етапі включення комбікорму до складу раціону. Система передбачає створення і ведення баз даних деталізованих норм годівлі великої рогатої худоби молочного і м'ясного напрямків, свиней, овець, коней, птиці, які включають норми вмісту в раціонах макро- і мікроелементів, вітамінів, амінокислот і т.і., норм максимально допустимих кількостей окремих кормових добавок або їх нормованих співвідношень відповідно до кожної статево-вікової і продуктивної групи. База даних містить також повну середню характеристику вмісту поживних речовин кормів і ряду преміксів за регіонами України, типові раціони і комбікорми їх вартість. Система дає можливість вносити зміни до бази даних за результатами аналізів хімлабораторії та перераховувати вартість раціонів та комбікормів при зміні цін на компоненти.

Метою проведених досліджень була розробка математичної моделі управління годівлі тварин різних технологічних груп. У задачі досліджень входило:

1. На основі розробленої раніше інформаційної бази даних хімічного складу кормів України (Інститут тваринництва НААН, 2009) запропонувати математичні моделі розрахунків вартості раціонів, потреби кормів для організації обґрунтованої годівлі сільськогосподарських тварин різних видів;

2. Розробити математичні моделі співвідношення, які пов'язують поголів'я тварин і потребу в кормах та задають укрупнену структуру поголів'я за напрямками використання (продукції); які задають деталізовану структуру поголів'я в розрізі статево-вікових і продуктивних груп тварин;

3. Розробити критерії оптимальності: мінімізація затрат на годівлю тварин.

Результати досліджень. Виходячи з вищевикладеного, розглянемо модель розрахунку рецептів комбікормів і оптимально збалансованих раціонів (комбікормів). Задача розрахунку рецептів комбікормів і оптимально збалансованих раціонів (комбікормів) описується у формі лінійної оптимізаційної моделі спеціального типу.

Співвідношення, яке визначає вартість раціону (комбікормів) має вигляд:

$$\sum_{j=1}^k c_j * X_j - H_0 = 0 \quad (1)$$

де: c_j – вартість (собівартість) корму; x_j – кількість корму в раціоні(комбікорму); H_0 – вартість раціону(комбікорму); k – кількість кормів.

Співвідношення, що визначають поживність раціону (комбікормів) за заданими елементами, мають вигляд:

$$\sum_{j=1}^k a_{ij} * x_j + y_i = H_i \quad (2)$$



$i=1 \dots n$,

де: a_{ij} - питомий вміст поживної речовини i в кормі j ; x_j - кількість поживних елементів (дефіцит); y_i - дефіцит поживності раціону(комбікормів) по i -тому елементу; N_i - нижня межа поживності по i -тому елементу; n - кількість поживних елементів:

$$\sum_{j=1}^k a_{ij} * x_j + I_i = B_i \quad (3)$$

де: B_i - верхня межа поживності по i -тому елементу; I_i - надлишок поживності раціону (комбікорму) по i -тому елементу. Зауваження: по i -тому елементу верхні границі задаються тільки для деяких поживних елементів (суха речовина, перетравний протеїн), але система не накладає обмеження на їх кількість. Верхня межа на даванку кормів у раціоні (комбікормів):

$$X_i - \overline{g}_j \leq 0 \quad (4)$$

де: \overline{g}_j - максимально допустима даванка j -того корму. Нижня межа на даванку кормів в раціоні (комбікормів):

$$X_i - \underline{g}_j \leq 0 \quad (5)$$

де: \underline{g}_j - мінімально допустима даванка j -того корму. Цільова функція (комбінована) і являє собою лінійну комбінацію цільових функцій: мінімум неув'язок (максимальна збалансованість за поживними елементами); мінімум вартості раціону(комбікормів) :

$$\lambda H^0 + \sum_{i=1}^n L_i Y_i + \sum_{i=1}^n \beta_i * I_i \rightarrow \min \quad (6)$$

де: λ - ваговий коефіцієнт, що задає найвищий пріоритет мінімізації вартості, тобто спочатку мінімізується сума неув'язок, а потім працює критерій мінімізації вартості ($\lambda=10^{-4}, 10^{-5}$); $L_i(\beta_i)$ - вагові коефіцієнти, за допомогою яких спеціаліст - зоотехнік може враховувати пріоритети окремих елементів поживності і з їхньою допомогою досягти першочергової ліквідації надлишків або дефіцит даних елементів. (L_i та β_i змінюються в межах до 10^3). Процес рішення задачі реалізується комплексом спеціалізованих програм із обробки запиту, формуванню моделі в спеціальному ПМП. Процес рішення задачі реалізується комплексом спеціалізованих програм із обробки запиту, формуванню моделі в спеціальному ПМП-форматі, вирішенню задачі лінійного програмування і перетворенню рішення у формат бази даних. На базі розрахунків по комбікормах вирішується задача комбінованого типу годівлі з введенням у добовий раціон зелених і інших кормів.

При обмежених сировинних ресурсах господарства провадиться розрахунок кормосуміші в заданому процентному відношенні з наступним влученням її до складу раціону і розрахунку кормової добавки.

За будь-яких змін щодо кормової бази господарства система оперативного управління дає можливість зробити корегування по кормовій добавці з тим, щоб показники поживності підсумкового комбікорму залишилися незмінними, а раціони годівлі були мінімальні по вартості. Формування банку даних комбікормів і раціонів дає можливість вирішувати ряд задач оперативного управління виробництвом і раціональним використанням кормів. Після проведення розрахунків раціонів і накопичення банку раціонів реалізується модель оптимізації структури виробництва і використання кормів, яка включає основні співвідношення по кормовиробництву:

Обмеження по використанню сільськогосподарських угідь, які забезпечують виробництво кормів:

$$\sum_{k \in K^{(y)}} \frac{X_k}{W_k} \leq S^{(y)} \quad (7)$$

Обмеження на побічний вихід кормової продукції при виробництві основних кормів, включаючи і вихід продукції з багатодукісних угідь:

$$\sum_{k' \in M^{(k)}} \frac{X_{k'}^N}{W_{k'}^N} - \frac{X_k}{W_k} \leq 0 \quad (8)$$

Основні співвідношення, які зв'язують поголів'я і потребу в кормах, розрахунок потреби в кормах при умові годівлі за оптимально-збалансованими раціонами:

$$\sum_{l \in L} \sum_{s \in S} \sum_{r \in R} R_k^{rs} V_l^{rs} - X_k - Y_k = 0 \quad (9)$$

Умова повноцінної годівлі поголів'я протягом всього планового періоду:

$$\sum_{r \in R} V_l^{ls} - \tau_{sl} * P_s = 0 \quad (10)$$

Основні обмеження на структуру поголів'я і співвідношення, що зв'язують поголів'я з виходом продукції.

Співвідношення, що задають укрупнену структуру поголів'я за напрямками використання (продукції):

$$\sum_{s \in S^{(p)}} P_s - P_p = 0 \quad (5)$$

Двосторонні співвідношення, які задають деталізовану структуру поголів'я в розрізі статевовікових і продуктивних груп:

$$\underline{\alpha}_s \leq P_s \leq \overline{\alpha}_s \quad (6)$$

Співвідношення, які зв'язують поголів'я з виходом продукції тваринництва:

$$\sum_{l \in \alpha^{(s)}} \sum_{s \in S^{(p)}} B_{sp} * \tau_{sc} - B_p * Z \geq 0 \quad (7)$$

Альтернативна умова виходу на «жорсткий» або максимізований в асортименті план продукції тваринництва:

$$Z = \left\{ \mu \alpha \xi \frac{1 \text{ (при виході на жорсткий план)}}{0 \text{ (при виборі в якості критерія оптимальності)}} \right\} \quad (8)$$

Обмеження на ресурси покупних кормів або прирівняних до них кормів власного виробництва:

$$X_k \left\{ \begin{matrix} \leq \\ = \end{matrix} \right\} P_k \quad (9)$$

Критерії оптимальності:

мінімізація затрат на годівлю тварин :

$$\sum_{c \in k} C_k X_k \rightarrow \min \quad (10)$$

мінімізація дефіциту кормів:

$$\sum_{k \in k} Y_k \rightarrow \min \quad (11)$$

лінійна комбінація критеріїв 10 і 11:



$$\lambda \left(\sum_{c \in k} C_k X_k \right) + \sum_{k \in k} Y_k \rightarrow \min \quad (12)$$

де: $\lambda \ll 1$.

максимізація виробництва продукції тваринництва в заданому асортименті:

$$Z \rightarrow \max \quad (13)$$

мінімізація площі ріллі, яка відведена під кормові культури:

$$\sum_{k \in K^{(y)}} \frac{X_k}{W_k} \rightarrow \min \quad (14)$$

де: Y – рілля.

умови невід'ємності змінних:

$$X_k \geq 0, Y_k \geq 0, V_l^{rs} \geq 0, P_s \geq 0, Z \geq 0 \quad (15)$$

індекси: l - підперіоди планового періоду (номер підперіоду); S - номер (індекс) групи тварин; r - номер (індекс) раціону; k -номер (індекс) кормів; y - сільськогосподарські угіддя (види); p - види продукції тваринництва. Множини: N - номер укусу у багатоукусних культур; α - множина всіх періодів годівлі; α_s - множина періодів s -ї групи тварин; K - множина всіх кормів; M^{ik} -множина індексів побічних кормів, отриманих при виробництві K -го корму або кормів, отриманих при наступних укусах; R_{ls} - множина раціонів, дозволених до використання в l -му періоді годівлі тварин для s -ї групи тварин; W_k - вихід корму з одиниці площі угіддя; $S^{(y)}$ - площа угіддь; W_k^N - вихід корму з одиниці площі угіддя при N -укусі; R_k^{rs} - даванка корму по r -му раціону для s -ї групи тварин; τ_{sl} - тривалість l -го підперіоду утримання S -ї групи тварин; \ddot{P}_s - поголів'я S -ї деталізованої групи тварин; $K^{(nok)}$ - множина покупних кормів; P_p - поголів'я p -ої продуктивної групи тварин; $\alpha_s(\alpha_s)$ - нижня та верхня границя поголів'я; B_{sp} - норма виходу продукції тваринництва (добова) від однієї голови з S -ї продуктивної групи; B_p - плановий об'єм випуску продукції тваринництва; P_k - ресурси покупних кормів; C_k - вартість кормів; X_k - плановий обсяг потреби в кормі; Y_k - дефіцит корму; V_l^{rs} - розрахований період (кількість днів) використання r -го раціону для s -ї групи тварин в l -му періоді; P_s - розраховане поголів'я s -ї групи тварин; Z - коефіцієнт виконання планового завдання з виробництва тваринницької продукції.

Висновки:

1. Розроблено математичні моделі управління годівлі тварин різних технологічних груп.

2. Показано, що впровадження системи оперативного управління процесами годівлі дає можливість не тільки розраховувати оптимальні за ціною рецепти комбікормів із наявних складових для всіх сільськогосподарських тварин, а також ефективно їх використати у складі раціонів та отримати оптимальний розрахунок кормових ресурсів для годівлі тварин різних статевих-вікових груп та напрямів продуктивності.

Бібліографічний список

1. Дент Дою. Б. Применение линейного программирования в кормлений животных [Пер.с англ. Г. И. Мирошниченко] / Дж. Б. Дент, Х. Нейси. – М.: Колос, 1971. – 127 с.



2. Інформаційна база даних хімічного складу кормів України для організації обґрунтованої годівлі сільськогосподарських тварин / За ред. академіка УААН Г. О. Богданова, член-кор. УААН Є. В. Руденка. – Х.: Інститут тваринництва УААН, 2009. – 215 с.

3. Петров Ю. А. Комплексная автоматизация управления предприятием: информационные технологии, теория и практика / Ю. А. Петров, Е. Л. Шлимович, Ю. В. Ирюпин. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 160 с.

4. Нейлор Т. Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем / Нейлор Т. – М.: Мир, 2002. – 392 с.

5. Pla L. M. Review of mathematical models for sow herd management / L. M. Pla // Livestock Science. – 2007. – Vol.106. – P. 107–119.

ПРИМЕНЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ КОРМЛЕНИЯ ЖИВОТНЫХ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП И НАПРАВЛЕНИЙ ПРОДУКТИВНОСТИ

Борисенко В. Г., Государственное Предприятие «Спецagro»

Рассмотрено оптимизационную модель расчета рецептов комбикорм и оптимально сбалансированных рационов, накопление банка рационов, реализации модели оптимизации структуры кормопроизводства и использования кормов для создания стабильной кормовой базы в качестве основы эффективного производства продукции животноводства.

Ключевые слова: комбикорма, оптимально сбалансированные рационы, кормовая база, экономико-математические модели, технологии кормления животных.

APPLICATION OF AN OPTIMIZATION MODEL OF OPERATIONAL CONTROL FOR THE ORGANIZATION IN FEEDING WITH BASIC TECHNOLOGICAL GROUPS AND ANIMAL PERFORMANCE

Borisenko V., State Enterprise «Specagro»

The optimizing model of calculating recipes mixed fodder and optimally balanced rations, accumulation of rations and the realization of the model of optimization of structure of forage production and use of feed to create a stable feed database as a basis for efficient production of livestock products.

Keywords: animal feed, optimal platforms Balan and rations, forage, base data., economic-matematičnand modeland.