

УДК 519.866:004.942

ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

С. Воробець, к.е.н.

Національний університет "Львівська політехніка"

О. Жученко, асистент

Львівська державна фінансова академія

Ключові слова: стадо тварин, статеві-вікова група тварин, графічна модель структури стада, динамічна модель обороту стада тварин.

Сьогоднішній стан розвитку тваринництва в Україні вимагає докорінного перегляду системи управління галуззю, якій належить важлива роль у вирішенні стратегічних проблем щодо забезпечення населення продуктами харчування і сировиною галузей промисловості. Швидке нарощування темпів виробництва основних продуктів галузі тваринництва – молока та м'яса – є важливим стратегічним завданням держави.

Постановка проблеми. За роки незалежності в Україні спостерігаємо чітку тенденцію зменшення виробництва основних продуктів тваринництва – молока і м'яса. У розрахунку на душу населення в Україні споживання м'яса і молока в декілька разів є меншим від рівня споживання цих продуктів в Європі. Цілком зрозуміло, що завдання збільшення споживання таких важливих продуктів, як м'ясо і молоко, є важливим стратегічним завданням соціально-економічного розвитку держави. Виконання цього завдання вимагає вирішення низки системних задач. Чи не найважливішою з них є швидке нарощення поголів'я великої рогатої худоби, свиней та інших продуктивних видів сільськогосподарських тварин. Саме оптимізація процесу виведення галузі тваринництва на стабільну траєкторію розвитку, яка б забезпечила загальноєвропейські норми споживання продукції галузі тваринництва, вимагає застосування адекватних сьогоднішній ситуації відповідних моделей планування галузі як на загальнодержавному рівні управління, так і на рівні окремого підприємства, яке спеціалізується на виробництві молока чи м'яса. Ключовими в цілісній системі управління тваринництвом є задачі оптимізації структури і обороту стада сільськогосподарських тварин. Ставиться завдання адаптації відомих динамічних методів до оптимізації структури та обороту стада, з урахуванням ендогенних та екзогенних чинників, які формують ринкові умови функціонування агропідприємств.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У царині формалізації і відповідно оптимізації структури та обороту стада сільськогосподарських тварин працювало чимало вчених-економістів, починаючи ще з середини 60-х років минулого століття. Важливий внесок у розробку методологічних підходів до побудови оптимальних моделей розвитку тваринництва зробив у 70-х роках А. Г. Скрипка [2]. Але більшості з них властивий статичний підхід. Елементи

динаміки в моделі управління тваринництвом започаткували Г. С. Брайнін і А. І. Каширський, запропонувавши графічні методи моделювання обороту стада сільськогосподарських тварин. Незважаючи на численні наукові публікації з питань оптимізації галузі тваринництва, вони фактично не знаходять застосування в практиці управління. І чи найважливішими є два основні їх недоліки: *перший* – це *статичність* запропонованих моделей, які цілком не підходять для застосування в умовах ринку, і *другий* – їх обмеженість і неадекватність ринковому середовищу функціонування тваринництва в плані інтеграції параметрів моделей, які описують біологічний, технологічний та соціально-економічний аспекти розвитку тваринницької галузі [1; 3].

Постановка завдання. Завдання дослідження – на основі розробки динамічних економіко-математичних моделей структури та обороту стада сільськогосподарських тварин реалізувати імітаційну модель переходу галузі тваринництва на оптимальну траєкторію розвитку з огляду на фінансові показники діяльності сільськогосподарського підприємства.

Виклад основного матеріалу. Модель обороту стада представимо у графічній та аналітичних формах. Графічна модель становить собою граф (рис. 1), вершинами якого є статеві-вікові групи сільськогосподарських тварин, а також інтегровані вершини, які використовують для формалізації елементів системи, що моделюють вихід кінцевої продукції тваринництва (для галузі великої рогатої худоби (ВРХ) – це м'ясо і молоко). Дуги графа моделюють перехід тварин між статеві-віковими групами з урахуванням технологій їх годівлі.

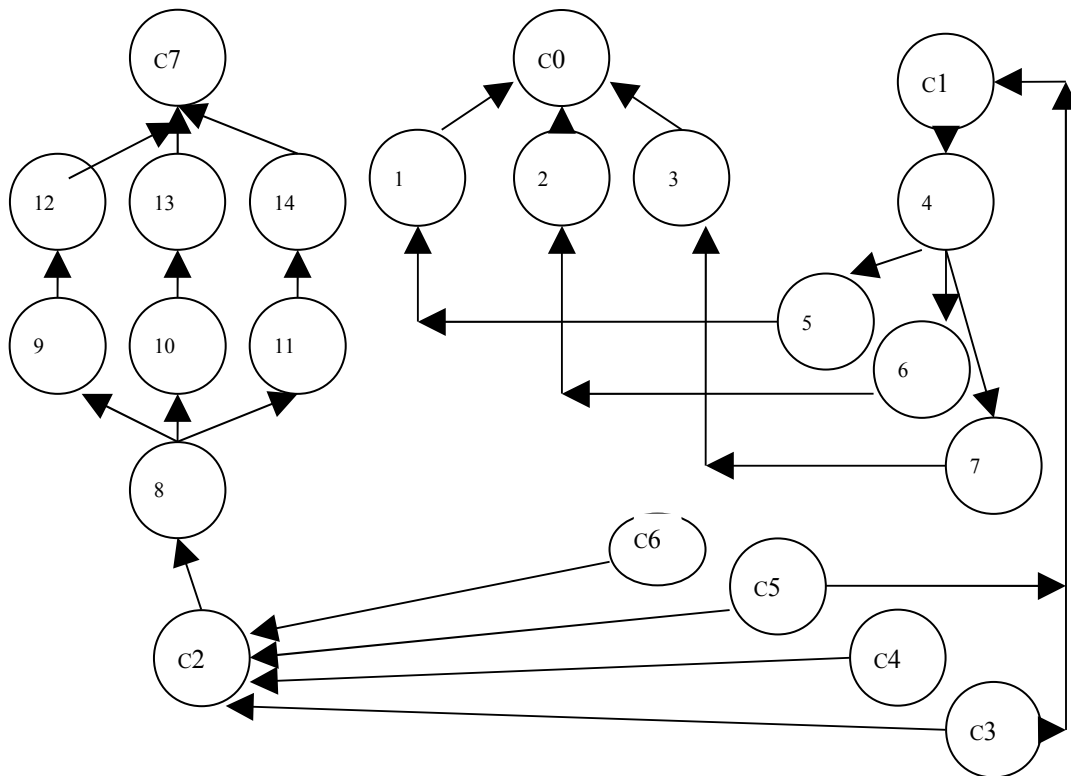


Рис. 1. Графічна модель структури та обороту стада великої рогатої худоби.

Вершини c_0, c_1, \dots, c_7 – додаткові фіксовані вершини графа, вершини 1, 2, ..., 14 – основні вершини графа. Вершини c_0, c_1, c_2 використовуються в моделі для запису рівнянь збереження потоків переходу в статеві-вікових групах. Вершини c_3, c_4, c_5, c_6 є джерелами надходження молодняку в систему. Для них у моделі визначається таке поняття як потужність (народжуваність телят). При цьому вершини c_4 і c_6 дають надходження бичків у стадо ВРХ, а вершини c_3, c_5 – надходження теличок. УВ свою чергу частина теличок може йти як на відгодівлю для здачі їх на м'ясо, так і для оновлення молочного стада корів.

Групи 1-3 представляють основне стадо дійних корів, які відгодовуються за трьома технологіями, відповідно до їх продуктивності. Вершини 4 - 7 представляють у моделі ремонтне стадо. При цьому спочатку ремонтний молодняк відгодовується за єдиною технологією (вершина 4). Наступні три групи ремонтного молодняку (вершини 5, 6, 7) відгодовуються за різними технологіями. Молодняк, який відгодовується на м'ясо, спочатку відгодовується за єдиною технологією (вершина 8). Пізніше він розподіляється на три різні потоки, щодо яких застосовується окрема технологія годівлі тварин (вершини 9-12, 10-13, 11-14). Для кожної з вищеперахованих статеві-вікових груп у моделі строго визначаються, крім технології годівлі, і терміни перебування тварин у відповідних групах.

Від графічного представлення перейдемо до формалізованого опису динамічної моделі структури та обороту стада ВРХ.

Для вершин (c_3, c_4, c_5, c_6), які генерують надходження молодняка в стадо, запишемо:

$$pi(t) = \sum_{k \in D_i} \sum_{j \in G_k^-} U_{kj}(t) * b_k, \quad (1)$$

де $U_{kj}(t)$ – кількість тварин, які переходять з k -ої статеві-вікової групи в j -у статеві-вікову групу в період часу t ;

b_k – коефіцієнт народжуваності бичків і теличок в k -ій статеві-віковій групі;

D_i – множина статеві-вікових груп, яка продукує потомство і поставляє його в i -ту статеві-вікову групу.

Для вершин c_0, c_1, c_2 запишемо рівняння збереження потоків, які матимуть такий вигляд:

$$\sum_{j \in G_i^-} U_{ij}(t) - \sum_{k \in G_i^+} U_{ki}(t) = 0, \quad (2)$$

де G_i^-, G_i^+ – вершини графа, які з'єднані з вхідними (вихідними) дугами з i -ою вершиною.

Для вершин графа, які представляють статеві-вікові групи, що продукують молодняк тварин (c_3, c_4, c_5, c_6), баланс потоків запишеться рівнянням:

$$p_i(t) = \sum_{i \in G_i^-} U_{ij}(t). \quad (3)$$

У процесі відгодівлі тварин мають місце такі явища, як їх смертність, вибракування частини тварин, а також забій, який перевищує планове вибракування. Для відображення цих процесів, введемо в модель наступні змінні:

f_i^c – коефіцієнт смертності тварин в i -ій статеві-віковій групі;

f_i^v – коефіцієнт вибракування тварин в i -ій статеві-віковій групі.

Аналіз практики проведення вибракування тварин в агропідприємствах і статистичної звітності з обліку смертності їх у розрізі статеві-вікових груп дає підстави визначити таку умову. Для відображення цих процесів у динамічній моделі – вважати, що вибракування і смерть тварин відбувається в останній день перебування групи тварин у відповідній статеві-віковій групі. Якщо прийняти, що $C_i(t)$ – число тварин, які загинули, а $A_i(t)$ – число планово вибракуваних тварин в i -ій статеві-віковій групі, то в динамічній моделі це можна записати наступним чином :

$$C_i(t) = \sum_{k \in G_i^+} U_{ki}(t - r_i) * f_i^c; \quad (4)$$

$$A_i(t) = \sum_{k \in G_i^+} U_{ki}(t - r_i) * f_i^v. \quad (5)$$

Тут r_i – задає тривалість перебування тварин у статеві-віковій групі.

Тоді з урахуванням вибракування, смертності і тривалості перебування тварин у статеві-віковій групі рівняння (2) моделі набуде такого вигляду:

$$\sum_{j \in G_i^-} U_{ij}(t) = \sum_{k \in G_i^+} U_{ki}(t - r_i) - C_i(t) - A_i(t) - W_i(t). \quad (6)$$

Тут $W_i(t)$ – забій тварин у i -ій статеві-віковій групі, який перевищує їх планову вибраковку $A_i(t)$.

Не існує строгих методик визначення часу перебування тварин в статеві-вікових групах. У більшості відомих моделей структури та обороту стада тварин цей технічний параметр не береться до ваги. Так, не можна зі строгою достовірністю визначити, в якому віці ремонтні телички і бички вийдуть зі своєї групи і перші перейдуть в групу нетелів, а других відправлять на забій. Термін перебування тварин в статеві-віковій групі є динамічним імовірнісним показником, який може змінюватись з року в рік. Проблеми детермінації цих показників можна уникнути, якщо б у господарствах облік проводивсь не за статтю тварин, а за їх виробничо-економічним призначенням. У запропонованій нами моделі час перебування тварин у статеві-вікових групах впливає на інтенсивність переходу тварин з групи в групу, що в кінцевому результаті дозволяє адекватно відображати реальні процеси у тваринництві. Таким чином, кількість тварин після вибракування і смерті в i -ій статеві-віковій групі визначається наступним рівнянням:

$$X_{i(0)} = X'_{i(0)} - C_i(t) - A_i(t) - W_i(t) = X'_{i(0)} + \sum_{i \in G_i^-} U_{ij}(t) - \sum_{k \in G_i^+} U_{ki}(t - r_i), \quad (7)$$

$$\text{де } X'_{i(0)} = \sum_{k \in G_i^+} \sum_{s=1}^{r_i} U_{ki}(t - r_i + s). \quad (8)$$

Запропонована вище динамічна модель з часовим параметром рівним одному дню, є непридатною для практичного використання в системі оптимального управління структурою і оборотом тваринного стада. Тому наступним кроком розробки динамічної моделі структури та обороту стада тварин є процес її агрегування за часовим фактором.

Процес агрегування моделі реалізуємо виходячи з наступних міркувань. Нехай T – горизонт моделювання, який включає N_t сезонів. Індекс γ використаємо для послідовної нумерації сезонів на всьому горизонті моделювання. T_γ – тривалість γ -го сезону, а t_γ^0 – початок, а t_γ^k – його кінець на загальній шкалі часу t всього горизонту моделювання. $\Delta \gamma = \{t \mid t_\gamma^0 < t < t_\gamma^k\}$. Ввівши в модель параметр T_γ , відповідно модифікуємо запропоновану в (1-7) динамічну модель. При цьому замість змінної U_{ij} введемо змінну U'_{ij} , які зв'язані між собою співвідношенням

$$U_{ij} = U'_{ij} / T_\gamma. \quad (9)$$

де U_{ij}^* – виражає кількість тварин, які перейшли з i -ої статеві-вікової групи в j -у групу в γ -ому сезоні. Аналогічно проводять зміни в динамічній моделі для параметрів $C_i(t)$, $A_i(t)$, $W_i(t)$, замінюючи їх відповідно на $\dot{C}_i(t)$, $\dot{A}_i(t)$, $\dot{W}_i(t)$. Таким чином, чисельність тварин в i -ій віковій групі на момент часу t , за умови, що $t \in \Delta\gamma$, визначатиметься таким співвідношенням:

$$X_{i(t)}^* = \sum_{k \in G_i^+} \sum_{m=0}^{l(t)} a_{im}(\gamma, t) U_{ki}(\gamma-m), \quad (10)$$

Тут a_{im} є функцією двох аргументів γ, t . Аналогічно процедура агрегування застосовується і до умов невід'ємності потоків U_{ij} , $\dot{C}_i(t)$, $\dot{A}_i(t)$, $\dot{W}_i(t)$.

Згідно з рис. 1 вершини графа (1-14) моделюють різні технології годівлі тварин в статеві-вікових групах. Очевидно, що запропонована модель повинна містити обмеження за кормами. Аналітично це представимо наступним чином. Нехай для i -ої статеві-вікової групи в день t визначений раціон годівлі, який включає перелік кормів, який здається вектором $(h_1^i, h_2^i, \dots, h_f^i)$. Тоді денна потреба кожного з кормів визначається співвідношенням:

$$\sum_{i \in G} h_f(t) x_i(t), \quad (11)$$

де $f = 1, 2, 3, \dots, F$ визначають види кормів, які входять до раціону годівлі тварин.

Якщо прийняти, що запас f -го корму в сезон T_γ позначимо через $Q_f(T_\gamma)$, то обмеження на використання кормів за роками горизонту моделювання запишеться наступним чином:

$$\sum_{\gamma \in D_\gamma} \sum_{i \in G} h_f^i(t) X_i(\gamma) \leq Q_f(T_\gamma) \quad (12)$$

Тут D_γ – задає послідовність сезонів на всьому горизонті моделювання.

На завершення аналітично представимо цільову функцію. Вихідними умовами при цьому будемо вважати наступне. У ситуації, яка сьогодні склалась на ринку тваринницької продукції (насамперед м'яса і молока), основною соціально-економічною задачею є максимізація їх фізичних обсягів. На нашу думку, цей критерій переважає навіть критерій максимізації прибутку. У нинішній соціально-економічній ситуації доцільно застосувати систему державних дотацій, щоб компенсувати недостатній рівень рентабельності тваринницької галузі.

Цільова функція, яка задає обсяги виробництва продукції тваринництва (м'яса (Q_1) і молока (Q_2)), набуде такого вигляду:

$$Q_1 = \sum_{T_0}^T \sum_i \sum_{\lambda \in D_i} [v_k U_{iC\gamma}(\gamma) + \sum_{i \in G} v_i (W_i(\gamma) + B_i(\gamma))] c_\gamma \quad (13)$$

Тут v_k – вага тварин у статеві-вікових групах, які об'єднані вершиною 7, а v_i – вага тварин у статеві-вікових групах, які підлягають плановому і позаплановому вибракуванню, c_γ – ціна м'яса в γ -му сезоні горизонту моделювання.

Виробництво молока задається таким виразом:

$$Q_1 = \sum_{T_0}^T \sum_{i \in G} \sum_{\gamma \in D_i} c_{\gamma} (v^m_i X_i(\gamma)). \quad (14)$$

Тут v^m_i – денний надій молока від однієї корови в i -й молочній статеві-віковій групі тварин, c_{γ} – ціна молока в γ -му сезоні горизонту моделювання.

Результативну цільову функцію Q представимо як згортку двох часткових цільових функцій Q_1 і Q_2 . Запишесться вона у вигляді

$$Q = \lambda Q_1 + (1-\lambda) Q_2.$$

Висновки. Запропонована динамічна модель розвитку тваринництва дозволить не тільки моделювати статичну траєкторію розвитку тваринницької галузі як на окремому підприємстві, так і на регіональному рівні. Доцільність застосування таких моделей є надзвичайно актуальною в тих соціально-економічних ситуаціях, коли виникає необхідність різко змінювати траєкторію розвитку галузі тваринництва. Практична реалізація моделі дозволить оптимізувати процес переходу з однієї траєкторії розвитку галузі на іншу, як правило, вищу, що надзвичайно актуально для нашої держави.

Бібліографічний список

- Нусратуллин В. К. *Имитационные системы в планировании животноводства* / В. К. Нусратуллин. – Уфа : БНЦ УрО АН СРСР, 1991.
- Скрипка А. Г. *Моделирование оборота стада на ЭВМ. Методы оптимизации управления сельскохозяйственным производством* / А. Г. Скрипка. – К. : Урожай, 1971. – С. 144-187.
3. Франс Дж. *Математическое моделирование в сельском хозяйстве* / Франц Дж., Торни Дж. – М. : Агропромиздат, 1987.
1. Имитационное моделирование экономических процессов / под ред. А. В. Емельянова. – М. : Финансы и статистика, 2004.

Воробец С., Жученко О. Динамическая модель производства продукции животноводства

Нынешнее состояние развития животноводства в Украине требует коренного пересмотра системы управления отраслью, которой отведена важная роль в решении стратегических вопросов обеспечения населения продуктами питания и сырьем – различных отраслей производства. Быстрое наращивание темпов роста производства основных продуктов животноводства – молока и мяса – важная стратегическая задача государства.

Ключевые слова: стадо животных, половозрастная группа животных, графическая модель структуры стада, динамическая модель оборота стада животных.

Vorobets S., Zhuchenko O. The dynamic model of animal production

Today's development status of stock-raising in Ukraine requires the native revision of the system of management by industry to which an important role belongs in the decision of strategic tasks in relation to providing by food stuffs and raw material to

the row of contiguous industries of industry. Rapid increase of rates of growth of production of basic products of industry of stock-raising - milk and meat - is the important strategic task of the state in industry of agroindustrial complex.

Key words: herd of animals, sexual-age group of animals, graphic model of structure of herd of animals, dynamic model of turn of herd of animals.