



УДК 338.2

О. Г. Скляр, к.т.н.

ORCID: 0000-0002-0456-2479

Р. В. Скляр, к.т.н.

ORCID: 0000-0002-1547-5100

С. М. Григоренко, асистент

ORCID: 0000-0003-3818-2404

*Таврійський державний агротехнологічний університет**імені Дмитра Моторного*

e-mail: radmila.skliar@tsatu.edu.ua

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ РІЧНОГО ОБОРОТУ СТАДА ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ

Анотація. В статті запропоновано методику моделювання та розрахунок оптимального обороту стада великої рогатої худоби (ВРХ) з урахуванням відповідних зоотехнічних та господарських вимог по: складу стада, вибракуванню худоби, переводу статевих-вікових груп із молодших в старші, співвідношенню окремих груп в стаді, наявності худоби на початок року, кількості приплоду, поголів'я худоби, яке необхідно мати на кінець року. Це забезпечить подальше відтворення стада і зростання виробництва тваринницької продукції. Виконання обчислень здійснюється у середовищі електронних таблиць MS Excel. Доведено, що для прогнозування виходу продукції великої рогатої худоби доцільно використовувати оптимізаційну економіко-математичну модель обороту стада. Розроблена та реалізована на тваринницькому підприємстві методика дозволить збільшити виробництво і реалізацію продукції тваринництва.

Ключові слова: моделювання, оборот, стадо, велика рогата худоба, критерій оптимальності, молоко, м'ясо.

Постановка проблеми. Підвищення рівня виробництва продукції тваринництва значною мірою залежить від росту поголів'я тварин та їх продуктивності [1]. Важливу роль при цьому відіграє економічне обґрунтування структури стада, яка знаходиться у прямій залежності від спеціалізації галузі, породного складу стада, системи його відтворення, відтворних якостей маточного поголів'я та тривалості вирощування молодняку, періоду використання корів, умов годівлі, утримання тощо [2].

Від того, яка структура стада, безпосередньо залежать темпи розширеного відтворення на фермах і оборот стада, об'єм виробленої

продукції, що реалізується, собівартість продукції, величина прибутку і рівень рентабельності господарства.

Аналіз останніх досліджень. Питанням економіко-математичного моделювання в управлінні виробничо-економічною діяльністю присвячені роботи С.М. Волкова, В.Д. Кірюхіна, О.О. Варламова, О.В. Купчиненко, Л.С. Твердовської, Р.О. Трибрата [2,3], які описували системи макроекономічних моделей планування та аналізу розвитку агропромислового комплексу. Автори намагалися моделювати окремі елементи виробничо-економічної діяльності, нехтуючи принципом комплексності. Але, сучасні підходи до моделювання у сільському господарстві мають бути спрямовані на розвиток таких принципів управління, як системність та комплексність, багатоваріативність розрахунків за допомогою запровадження системи економіко-математичних моделей.

Також, важливу роль відіграють завдання оптимізації [4-6]: повновікової структури стада; раціонів годівлі худоби; структури кормовиробництва, забезпечення худоби кормами власного виробництва в умовах обмежених земельних ресурсів. Вирішення цих завдань допоможе уникнути погіршення показників відтворення стада, продуктивності тварин і досягти максимум економічного ефекту.

Формулювання мети статті. Розробка економіко-математичної моделі та розрахунок річного обороту стада великої рогатої худоби з урахуванням відповідних зоотехнічних та господарських вимог.

Основна частина. Залежно від спеціалізації господарства (виробництво молока, м'яса чи вирощування племінного молодняку) структура стада визначає кормову базу, кількість тваринницьких приміщень, чисельність робітників. Відповідно з цього у скотарстві поголів'я корів займатиме різний відсоток у структурі стада.

Традиційно структура стада в господарствах повинна була забезпечувати виконання плану виробництва продукції та заплановане поголів'я тварин. Нині ж у господарствах намагаються організовувати виробництво економічно вигідної продукції, орієнтуючись на вузьку спеціалізацію тваринництва [3,7].

Основними статеві - віковими групами тварин в стаді великої рогатої худоби є [8]: корови, нетелі, телиці старші року, телиці до року, телиці - приплід, бички старші року, бички до року, бички - приплід, худоба на відгодівлі.

Так, під оборотом стада розуміють кількісні зміни у складі вікових і статевих груп тварин за певний період (місяць, квартал, рік). На основі обороту стада планують об'єм виробництва і реалізацію продукції тваринництва, кормову базу, потребу в приміщеннях для тварин, в робочій силі, засобах механізації та інших виробничих ресурсах.

Оборот стада розраховують за нормативами, які залежать від ряду факторів. Головні з них наступні: виробничі темпи розширеного відтворення поголів'я і якісне покращення стада; виробниче направлення тваринництва; біологічні особливості окремих видів тварин; умови утримання і годівлі тварин; санітарний стан стада.

Розглянемо моделювання обороту стада на прикладі стада великої рогатої худоби, яке складається з наступних статеві-вікових груп: корови, нетелі, телиці старше року, телиці до року, телиці-приплід, бички старше року, бички до року, бички-приплід.

Постановка задачі може бути сформульована наступним чином: виходячи з наявності худоби на початок року, кількості приплоду, а також необхідності мати на кінець року певне поголів'я худоби, яке забезпечить подальше відтворення стада і ріст виробництва тваринницької продукції, визначити скільки голів необхідно вибракувати і поставити на відгодівлю і скільки перевести в наступну групу, отримавши при цьому максимальний ефект від тваринництва. Ефект виражається у вигляді критерію оптимальності [9,10] і являє собою, як правило, максимум отримання продукції (молока, м'яса).

Невідомими в задачі є чотири групи величин:

- 1) кількість (або відсоток) вибракуваних тварин по кожній статеві-віковій групі;
- 2) кількість тварин переведених в старшу групу;
- 3) кількість тварин переведених з молодшої групи;
- 4) кількість тварин залишених на кінець року.

Кожна група невідомих включає стільки величин, скільки статеві-вікових груп тварин, за виключенням величин, які для даної статеві-вікової групи неприйнятні через об'єктивні причини (наприклад, корови в старшу групу не можуть бути переведені, так само, як приплід не може бути переведений з молодшої групи).

Розробку числової моделі починають з визначення невідомих величин і параметрів (відомих величин) задачі. Частина інформації відома і формується до розв'язання задачі (наприклад, наявність поголів'я по кожній статеві-віковій групі на початок року). Кількість приплоду розраховують виходячи з поголів'я корів і нетелей з врахуванням коефіцієнту виходу телят від 100 корів і нетелей. Вважають, що з вірогідністю $\frac{1}{2}$ народжуються бички і телички, відповідно, їх кількість планують приблизно однакову.

Падіж планують на основі даних не менш ніж 5 років лише для тих статеві-вікових груп, які найбільше піддані впливу несприятливих факторів (молодняк до року, приплід). По таким статеві-віковим групам, як корови, нетелі, молодняк старше року цей показник приймається рівним нулю.

Загальний вид математичної моделі:

j – індекс статевовікової групи худоби;

N – множина, що включає номери статевовікових груп худоби;

i – індекс видів виробленої продукції;

M – множина, що включає номери видів виробленої продукції;

M' – підмножина, що включає виробництво молока;

u_j – змінна, що позначає поголів'я худоби j -ї статевовікової групи на кінець року;

z_j – змінна, що позначає поголів'я худоби j -ї статевовікової групи, які підлягають вибірці;

$x_{jj'}$ – змінна, що позначає поголів'я худоби j -ї статевовікової групи, яке прибуло з j' -ї молодшої статевовікової групи;

$x_{jj''}$ – змінна, що позначає поголів'я худоби j -ї статевовікової групи, переведене у j'' -ту старшу статевовікову групу;

B_j – поголів'я худоби j -ї статевовікової групи на початок року;

D_j – падіж поголів'я худоби j -ї статевовікової групи протягом року;

K_j^{min}, K_j^{max} – допустимі межі вибраковки поголів'я худоби j -ї статевовікової групи;

P – загальне поголів'я худоби на кінець року;

R_j^{min}, R_j^{max} – допустимі межі поголів'я худоби j -ї статевовікової групи на кінець року;

$w_{j'j}$ – коефіцієнт співвідношення між j' -ю та j -ю статевовіковими групами худоби;

a_{ij} – вихід продукції i -го виду від худоби j -ї статевовікової групи;

Q_i – річний план виробництва продукції i -го виду.

Мета задачі – знайти такий оборот і структуру стада (значення змінних $u_j, z_j, x_{jj'}, x_{jj''}$, при яких досягається максимум виробництва молока [11]

$$Z = 0,5a_{ij}B_j + 0,5a_{ij}u_j \rightarrow \max$$

де $i \in M'$

при виконанні наступних груп обмежень:

1) за дотриманням балансу руху худоби кожної статевовікової групи протягом року: $B_j + x_{jj'} - x_{jj''} - D_j - z_j = u_j, \quad (j \in N)$

2) за переводом худоби з молодших статевовікових груп до старших: $x_{jj''} = B_j - D_j - z_j, \quad (j = N)$

3) за вибраковкою худоби по статевовіковим групам: $K_j^{min} \leq z_j \leq K_j^{max}, \quad (j = N);$

4) за співвідношенням між статевовіковими групами на кінець року: $y_j = \sum w_{jj} y_j', \quad (j = N);$

5) за зміною всього поголів'я худоби і окремих статевовікових груп на кінець року: $\sum y_j \geq P_j, \quad R_j^{min} \leq y_j \leq R_j^{max}, \quad (j = N);$

6) за виконанням річного плану виробництва продукції:

- по молоку: $0,5a_{ij}B_j + 0,5a_{ij}y_j \geq Q_i,$

- по м'ясу: $\sum_{j=N} a_{ij} z_j \geq Q_i, \quad (i = M);$

Для складання розгорнутої економіко-математичної моделі необхідно підготувати вихідні дані (таблиця 1).

Таблиця 1

Заплановане вибракування та падіж ВРХ

Статевовікові групи	Індекс групи, j	Поголів'я на початок року B_j	Вибракування				Падіж, D_j	
			мінімум K_j^{min}		максимум K_j^{max}		відс.	гол.
			відс.	гол.	відс.	гол.		
Корови	1	B_1	L_1^{min}	K_j^{min}	L_1^{max}	K_1^{max}	-	-
Нетелі	2	B_2	-	-	-	-	-	-
Телиці старше року	3	B_3	-	-	-	-	-	-
Бички старше року	4	B_4	-	-	-	-	-	-
Телиці до року	5	B_5	L_5^{min}	K_5^{min}	L_5^{max}	K_5^{max}	S_5	D_5
Бички до року	6	B_6	L_6^{min}	K_6^{min}	L_6^{max}	K_6^{max}	S_6	D_6
Телички-приплід	7	-	L_7^{min}	K_7^{min}	L_7^{max}	K_7^{max}	S_7	D_7
Бички-приплід	8	-	L_8^{min}	K_8^{min}	L_8^{max}	K_8^{max}	S_8	D_8

На основі встановлених норм вибраковки і падежу худоби розраховується, відповідно, гранично допустиме поголів'я для вибраковки і падежу по формулам:

$$K_j^{min} = \frac{B_j L_j^{min}}{100}, K_j^{max} = \frac{B_j L_j^{max}}{100}$$

де L_j^{min}, L_j^{max} - допустимі мінімальний і максимальний відсотки вибраковки j -ї статевовікової групи худоби;

$$D_j = \frac{B_j S_j}{100},$$

де S_j – відсоток падежу j -ї статевовікової групи худоби;

Потім задається перелік змінних величин задачі (таблиця 2) і складається розгорнута економіко-математична модель, яка записується в матричному вигляді.

Таблиця 2

Система змінних для економіко-математичної моделі

Статевовікові групи	Наявність на початок року, B_j	Прихід		Розхід			Наявність на кінець року
		приплід	надходження з молодших груп	перехід до старших груп	падіж	вибракування, реалізація	
Корови	B_1	-	$x_{1,2}$	-	-	z_1	y_1
Нетелі	B_2	-	$x_{2,3}$	$x_{1,2}$	-	-	y_2
Телиці старше року	B_3	-	$x_{3,5}$	$x_{2,3}$	-	z_3	y_3
Бички старше року	B_4	-	$x_{4,6}$	-	-	z_4	y_4
Телиці до року	B_5	-	$x_{5,7}$	$x_{3,5}$	D_5	z_5	y_5
Бички до року	B_6	-	$x_{6,8}$	$x_{4,6}$	D_6	z_6	y_6
Телички-приплід	-	P_7	-	$x_{5,7}$	D_7	z_7	-
Бички-приплід	-	P_8	-	$x_{6,8}$	D_8	z_8	-

Система обмежень:

1. По дотриманню балансу худоби в статевовікових групах, голови

1. Для корів $B_1 + x_{1,2} - z_1 = y_1$, або $-x_{1,2} + z_1 + y_1 = B_1$

2. Для нетелів $B_2 + x_{2,3} - x_{1,2} = y_2$, або $x_{1,2} - x_{2,3} + y_2 = B_2$

3. Для телиць старше 1 року $B_3 + x_{3,5} - x_{2,3} - z_3 = y_3$, або $x_{2,3} - x_{3,5} + z_3 + y_3 = B_3$



4. Для бичків старше 1 року $B_4 + x_{4,6} - z_4 = y_4$, або $-x_{4,6} + z_4 + y_4 = B_4$

5. Для телиць до 1 року $B_5 + x_{5,7} - x_{3,5} - D_5 - z_5 = y_5$, або $x_{3,5} - x_{5,7} + z_5 + y_5 = B_5 - D_5$

6. Для бичків до 1 року $B_6 + x_{6,8} - x_{4,6} - D_6 - z_6 = y_6$, або $x_{4,6} - x_{6,8} + z_6 + y_6 = B_6 - D_6$

II. По переводу худоби з молодших статевовікових груп в старші, голови

7. Нетелів до групи корів $x_{1,2} = B_2$

8. Телиць старше року до групи нетелів $x_{2,3} = B_3 - z_3$, або $x_{2,3} + z_3 = B_3$

9. Телиць до року до групи телиць старше року $x_{3,5} = B_5 - D_5 - z_5$, або $x_{3,5} + z_5 = B_5 - D_5$

10. Бичків до року до групи бичків старше року $x_{4,6} = B_6 - D_6 - z_6$, або $x_{4,6} + z_6 = B_6 - D_6$

11. Приплід телиць до групи телиць до року $x_{5,7} = P_7 - D_7 - z_7$, або $x_{5,7} + z_7 = P_7 - D_7$

12. Приплід бичків до групи бичків до року $x_{6,8} = P_8 - D_8 - z_8$, або $x_{6,8} + z_8 = P_8 - D_8$

III. По вибракуванню худоби, голови

13. Поголів'я корів, не менше $z_1 \geq K_1^{min}$

14. Поголів'я корів, не більше $z_1 \leq K_1^{max}$

15. Поголів'я телиць до року, не менше $z_5 \geq K_5^{min}$

16. Поголів'я телиць до року, не більше $z_5 \leq K_5^{max}$

17. Поголів'я бичків до року, не менше $z_6 \geq K_6^{min}$

18. Поголів'я бичків до року, не більше $z_6 \leq K_6^{max}$

19. Приплід телиць, не менше $z_7 \geq K_7^{min}$

20. Приплід телиць, не більше $z_7 \leq K_7^{max}$

21. Приплід бичків, не менше $z_8 \geq K_8^{min}$

22. Приплід бичків, не більше $z_8 \leq K_8^{max}$

IV. По співвідношенню між статевовіковими групами худоби на кінець року, голови

23. Поголів'я нетелів по відношенню до корів, не менше $y_2 \geq w_{2,1} y_1$, або $w_{2,1} y_1 - y_2 \leq 0$

24. Поголів'я нетелів по відношенню до корів, не більше $y_2 \leq w_{2,1} y_1$, або $w_{2,1} y_1 - y_2 \geq 0$

25. Поголів'я телиць старше року по відношенню до нетелів, не менше $y_3 \geq w_{3,2} y_2$, або $w_{3,2} y_2 - y_3 \leq 0$

26. Поголів'я телиць до року по відношенню до телиць старше року, не менше $y_5 \geq w_{5,3} y_3$, або $w_{5,3} y_3 - y_5 \leq 0$

V. По зміні поголів'я на кінець року, голови

27. Загальне поголів'я худоби $y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6 = P$

28. Поголів'я корів, не менше $R_1^{min} \leq y_1 \leq R_1^{max}$

VI. По виконанню плану виробництва, ц

29. Молока, ц

$$0,5a_{\text{мол1}}B_1 + 0,5a_{\text{мол1}}y_1 \geq Q_{\text{мол}}$$

30. М'яса, ц

$$\sum_{j=N} a_{mj} z_j \geq Q_m$$

$$a_{m1}z_1 + a_{m3}z_3 + a_{m4}z_4 + a_{m5}z_5 + a_{m6}z_6 + a_{m7}z_7 + a_{m8}z_8 \geq Q_m$$

Цільова функція: максимум виробництва молока, ц

$$F = 0,5a_{\text{мол1}}B_1 + 0,5a_{\text{мол1}}y_1 \rightarrow \max$$

У розрахунках значення цільової функції показано в натуральному виразі, і це цілком виправдано, оскільки ціни на продукцію тваринництва часто змінюються [12].

Для конкретного тваринницького підприємства з визначеними вихідними даними складається матриця економіко-математичної моделі [11,12]. Розв'язок задачі будемо шукати в електронних таблицях MS Excel, надбудова «Поиск решений». На робочому листі електронної таблиці записуємо змінні задачі та систему обмежень. У вигляді таблиці записуємо обмеження та в окремій комірці визначаємо обсяг обмеження. Далі викликаємо надбудову «Поиск решений». В ній вказуємо діапазони вхідних даних. В параметрах показуємо, що задача є лінійною, а змінні мають приймати лише невід'ємні значення. Визначаємось з кількістю ітерацій та точністю розрахунків. При отриманих значеннях змінних буде дотримано критерій оптимальності - максимальне виробництво молока.

Висновки. Запропонована методика дозволить для будь-якого тваринницького підприємства ВРХ скласти та розв'язати економіко-математичну модель. В результаті буде отриманий оптимальний план річного обороту стада ВРХ при максимальному виробництві молока.

Список використаних джерел

1. Скляр Р.В. Доцільність використання економіко-математичних моделей в сільському господарстві. *Інноваційні технології в АПК*: матер. VII Всеукраїнської науково-практичної конференції. Луцьк: Луцький НТУ. 2021. С. 122-124.

2. Кігель В. Р. Математичні методи ринкової економіки. К: Кондор, 2003. 212 с.

3. Трибрат Р.О. Моделювання технологічних процесів у тваринництві: метод. рекомендації до самостійного вивчення дисципліни. Миколаїв: МНАУ, 2016. 47 с.



4. Болтянська Н.І., Комар А.С. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. *WayScience*. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.
5. Komar A. Definition of priority tasks for agricultural development. *Multidisciplinary research Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference*. Bilbao, Spain 2020. Pp. 431- 433.
6. Milko D.O., Pedchenko G.P., Zhuravel D.P., Bratishko V.V. Results of the nutritional preservation research of the alfalfa laying on storage with two-phase compaction. *INMATEH - Сельскохозяйственное машиностроение*. 2020. Vol. 60. No. 1. Pp. 269-274. DOI: <https://doi.org/10.35633/inmateh-60-30.2>.
7. Boltianska N. Directions of increasing the efficiency of energy use in livestock. *Current issues of science and education*. Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference. Rome. 2021. Pp. 171-176.
8. Болтянський Б.В. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: підручник/ Б.В. Болтянський та ін. К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.
9. Boltianska N. Measures to improve energy efficiency of agricultural production. *Social function of science, teaching and learning: Abstracts of XIII International Scientific and Practical Conference*. Bordeaux, France 2020. Pp. 478-480.
10. Podashevskaya H. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. Сб. научн. ст. Минск: БГАТУ, 2020. С. 519-522.
11. Скляр Р.В. Основні принципи побудови та аналіз математичних моделей технологічних процесів. *Молодь і технічний прогрес в АПК: Матер. Міжнар наук.-практ. конф.* Харків: ХНТУСГ. 2021. С. 263-266.
12. Boltianskyi B. The Process of Operation of a Mobile Straw Spreading Unit with a Rotating Finger Body-Experimental Research/ B. Boltianskyi other. *Processes*, 2021, 9(7), 1144 <https://doi.org/10.3390/pr9071144>.

Стаття надійшла до редакції 12.12.2021 р.

A. Skliar, R. Skliar, S. Grigorenko
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University

MODELING AND OPTIMIZATION OF ANNUAL TURNOVER OF CATTLE HERD

Summary

The article proposes a method of modeling and calculation of the optimal turnover of cattle (cattle) taking into account the relevant zootechnical and economic requirements for: herd composition, culling of cattle, transfer of sex and age groups from younger to



older, the ratio of individual groups in the herd the beginning of the year, the number of offspring, livestock that must be had at the end of the year. This will ensure further reproduction of the herd and increase livestock production. Herd turnover is understood as quantitative changes in the composition of age and sex groups of animals for a certain period (month, quarter, year). Based on the turnover of the herd, the volume of production and sale of livestock products, fodder base, the need for premises for animals, labor, mechanization and other production resources are planned. Herd turnover is calculated according to standards that depend on a number of factors. The main ones are the following: production rates of expanded reproduction of livestock and qualitative improvement of the herd; production direction of animal husbandry; biological features of certain species of animals; conditions for keeping and feeding animals; sanitary condition of the herd. A matrix of economic-mathematical model is formed for a specific livestock enterprise with certain initial data. The solution of the problem takes place in spreadsheets MS Excel, add-on «Solution Search». It is proved that it is expedient to use the optimization economic-mathematical model of herd turnover to predict the yield of cattle products. In the calculations, the value of the objective function is shown in kind, as prices for livestock products often change. The methodology developed and implemented at the livestock enterprise will increase the production and sale of livestock products.

Key words: modeling, turnover, herd, cattle, optimality criterion, milk, meat.

А. Г. Скляр, Р. В. Скляр, С. М. Григоренко

**Таврический государственный агротехнологический университет
имени Дмитрия Моторного**

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ГОДОВОГО ОБОРОТА СТАДА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Аннотация

В статье предложена методика моделирования и расчета оптимального оборота стада крупного рогатого скота (КРС) с учетом соответствующих зоотехнических и хозяйственных требований по: структуре стада, выбраковке скота, переводу половозрастных групп из младших в старшие, соотношению отдельных групп в стаде, наличию скота на начало года, количества приплода, поголовья скота, которое необходимо иметь на конец года. Это обеспечит дальнейшее воспроизводство стада и рост производства животноводческой продукции. Выполнение вычислений производится в среде электронных таблиц MS Excel. Доказано, что для прогнозирования выхода продукции крупного рогатого скота целесообразно использовать оптимизационную экономико-математическую модель оборота стада. Разработанная и реализуемая на животноводческом предприятии методика позволит увеличить производство и реализацию продукции животноводства.

Ключевые слова: моделирование, оборот, стадо, крупный рогатый скот, критерий оптимальности, молоко, мясо.