



ЕКОНОМІКА ТА КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЬ ПІДПРИЄМСТВ

УДК 519.86

Пуцентейло П.Р.,
д.е.н., доцент,
кафедра аграрного бізнесу і обліку
Тернопільський національний економічний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧОЇ СТРУКТУРИ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Постановка проблеми. Важливим завданням перспективного планування виробництва продукції скотарства є оптимізація функціонування господарств, що спеціалізуються на виробництві яловичини. Розробка та удосконалення такого бізнес плану на сьогоднішній день неможлива без використання математичних методів, побудови ефективних економіко-математичних моделей та обґрунтування доцільності вибраних підходів за умов специфіки виробництва товарної продукції. Використання економіко-математичних методів і сучасних комп'ютерних технологій дає змогу розрахувати оптимальну структуру м'ясного скотарства, що зумовлює темп розширеного відтворення, обсяг виробництва та реалізації продукції, прибуток і собівартість, розміри і структуру кормової бази. Крім того, використання комп'ютерних програмних інструментів спрощує розрахункову роботу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню питань моделювання процесів управління діяльністю підприємств приділено значну увагу у роботах як вітчизняних, так і закордонних авторів – таких, як О.О. Бакаєва, В.В. Вітлінського, Л. Водачеком, В.М. Гейцем, С.Д. Ільєнковою, В.І. Карповим, О.О. Коренним, О.О. Лапко, О.І. Пушкаря, О.В. Савченком, Б. Санто, Д. Сахалом, Р.А. Фатхутдіновим та перенесену на специфічні умови національного аграрного виробництва в багатоаспектних дослідженнях С.А. Володіна, О.І. Дація, М.Х. Корецького, П.М. Макаренка, П.М. Музики, Т.О. Осташко, П.Т. Саблука, М.А. Садикова, В.В. Юрчишина.

Однак деякі питання проблеми, особливо зв'язані з побудовою моделей, за допомогою яких здійснюється оптимізація структури підприємств тваринництва, не знайшли належного відбитка в наукових працях.

Ми погоджуємось із думкою науковців [3; 4; 5], що в даний час вибір найбільш ефективної структури програми виробництва яловичини необхідно здійснювати в тісному поєднанні традиційних і математичних методів та комп'ютерної техніки, які дозволяють враховувати організаційно-економічні і технологічні аспекти виробництва м'яса. Математичне моделювання дає можливість подолати методичні складнощі при обґрунтуванні структури вікової групи стада, поставленого на відгодівлю.

Проектування необхідно починати не з окремої частини плану чи галузі, а в єдиному розрахунку – системно, в цілому по господарству та усьому розмаїтті його елементів і зв'язків. Цілісність такого плану товаровиробництва, як системи, означає принципову незводимість його властивостей до механічної суми властивостей складових частин. Врахування нових властивостей стає вагомим для успішного розвитку тваринництва. Практикою доведено, що оптимальні варіанти, отримані на основі моделювання з використанням програмних продуктів, при інших рівних умовах, як мінімум на 5-8% ефективніші від планів, розроблених розрахунково-конструктивним методом [3, с. 46].

В економіко-математичній літературі висвітлено ряд постановок задач, в яких їх автори намагаються оптимізувати плани розвитку тваринницьких галузей в сільськогосподарських підприємствах. Ці моделі апробовані і їх рекомендовано для застосування. Однак необхідно відмітити, що в переважній більшості побудовані моделі не враховують стохастичний характер товарного виробництва м'ясної продукції, який спричинюється не тільки випадковим характером чинників самої технології відгодовування м'ясного стада, а ситуацією на ціновому, продовольчому, ринку кормів, попит та елементи сезонності у споживанні м'яса, зокрема яловичини. Ми підтримуємо тих економістів, які вважають, що при розв'язанні такої складної проблеми, як планування сільського господарства, виникає можливість неврахування багатьох істотних економічних чинників господарства, які впливають на вирішення цієї проблеми і тому необхідна сукупність (система)

економіко-математичних моделей, що відображають відповідні сторони (підсистеми) цієї складної економічної системи.

Постановка завдання. Метою статті є розгляд і розробка економіко-математичної моделі оптимізації структури підприємств тваринництва, в основі якої повинна бути комплексна модель, яка б втілювала у собі комплекс обмежень і цільову функцію, що забезпечать пошук за допомогою програмних інструментів оптимальних варіантів розвитку товарного виробництва яловичини.

Виклад основного матеріалу дослідження. З метою дослідження та розробки моделей для розрахунку прогнозних показників виробництва яловичини визначено такий алгоритм:

– класифікація суб'єктів господарювання за сукупністю показників для визначення типових підприємств;

– аналітична обробка інформації методом регресійного аналізу у кожному класі (групі);

– визначення параметрів моделі для розрахунку прогнозних значень прибутковості виробництва м'яса яловичини для різних груп підприємств [3, с. 49].

Вважаємо, що при побудові оптимізаційної моделі програми виробництва яловичини в якості критерію оптимальності обрати такі:

– максимум виробництва товарної продукції;

– максимум отриманого прибутку від реалізації виробленої продукції;

– максимум рентабельності.

Розробку економіко-математичної моделі здійснимо у припущенні, що суб'єкти господарювання м'ясного скотарства є вузькоспеціалізованими, здійснюють відгодівлю за рахунок відходів цукрової та спиртової промисловості, а комбікорми та інші види кормів закупаються на договірних умовах. Таке припущення не зменшує застосування розробленої моделі, а навпаки – дозволяє розглядати її як завершений компонент системного математичного моделювання усього циклу виробництва яловичини у сучасних умовах на відгодівельних підприємствах. Математичну модель побудуємо на основі розроблених та апробованих методик.

Побудуємо критерії оптимальності для трьох векторів оптимізації виробничої програми виробництва яловичини.

1. Максимум виробництва товарної продукції

$$Z_1 = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J_i} \sum_{t \in T} q_{ijt} b_{ijt} z_{ijt} = a_0 \rightarrow \max, \quad (1)$$

де z_{ijt} – кількість тварин i -ї вікової групи господарства j -го варіанту продуктивності, зданих у t -му плановому періоді на переробне підприємство; b_{ijt} – середня жива вага однієї голови i -ї вікової групи господарства j -го варіанту продуктивності в t -му плановому періоді; q_{ijt} – вартість одиниці продукції, реалізованої по i -ї віковій групі господарства j -го варіанту продуктивності в t -му плановому періоді.

2. Максимум отриманого прибутку від реалізації виробленої продукції

$$\begin{aligned} Z_2 &= a_0 - a_1 - a_2 - a_3 \rightarrow \max, \\ a_1 &= \sum_{i \in I} \sum_{j \in J_i} \sum_{t \in T} h_{ijt} b_{ijt} x_{ijt} \\ a_2 &= \sum_{i \in I} \sum_{j \in J_i} \sum_{t \in T} c_{ijt} b_{ijt} x_{ijt} \\ a_3 &= \sum_{i \in I} \sum_{j \in J_i} \sum_{k \in K} \sum_{t \in T} f_{kt} u_{ijkt} \end{aligned} \quad (2)$$

де h_{ijt} – вартість одиниці продукції i -ї вікової групи господарства j -го варіанту продуктивності, поставлених на відгодівлю у t -му плановому періоді на переробне підприємство; c_{ijt} – собівартість одиниці продукції без урахування кормів i -ї вікової групи господарства j -го варіанту продуктивності в t -му плановому періоді; x_{ijt} – планова кількість тварин i -ї вікової групи господарства j -го варіанту продуктивності, що перебувають на відгодівлі в t -му плановому періоді, f_{kt} – собівартість k -го виду корму в t -му плановому періоді; u_{ijkt} – потреба i -ї вікової групи господарства j -го варіанту продуктивності в k -му виді корму в t -му плановому періоді.

3. Максимум рентабельності

$$Z_3 = \frac{a_0 - a_1 - a_2 - a_3}{a_1 + a_2 + a_3} \rightarrow \max \quad (3)$$

Основні обмеження даної економіко-математичної моделі складаються з таких груп:

- по структурі виробництва;
- по виробничих потужностях;
- по технології виробництва;
- за результатами виробничої діяльності.

Деталізуємо кожну із запропонованих груп. Структура виробництва передбачає формування перехідного поголів'я та здачу тварин на переробку, оптимальне співвідношення між віковими групами, що забезпечує відтворення стада та отримання належного рівня продуктивності, структуру стада з урахуванням рівнів продуктивності.

Перехідне поголів'я та здача тварин на переробне підприємство описується таким балансовим рівнянням:

$$\sum_{j \in J_i} x_{ijt} = \sum_{j \in J_i} v_{ijt} + \sum_{j \in J_i} z_{ijt}, i \in I, t \in T, \quad (4)$$

де v_{ijt} – кількість голів i -ї вікової групи господарства j -го варіанту продуктивності, залишених для подальшої відгодівлі у t -му плановому періоді.

Структура стада за віковими групами в цілому та з урахуванням продуктивності задається нерівностями:

$$\begin{aligned} \sum_{j \in J_i} (1 - \alpha_{ijt}) v_{ijt} &\geq \sum_{j \in J_i} v_{i+1jt} + \sum_{j \in J_i} z_{i+1jt}, i \in I, t \in T, \\ \sum_{j=j'}^i (1 - \alpha_{ijt}) x_{ijt} &\geq \sum_{j=j'}^i x_{i+1j+2t}, j' = \overline{1, 5}, i \in I, t \in T \end{aligned} \quad (5)$$

де α_{ijt} – коефіцієнт втрати тварин при переході з i -ї у $(i+1)$ вікову групу j -го варіанту продуктивності у t -му плановому періоді, а також обмеженням структури стада з урахуванням рівнів продуктивності

$$\sum_{j \in J_i} \beta_{ijt} (v_{ijt} + z_{ijt}) \geq \sum_{j=j'}^i x_{i+1jt}, j' = \overline{5, 7}, i \in I, t \in T \quad (6)$$

де β_{ijt} - питома вага відгодівлі тварин i -ї вікової групи господарства j -го варіанту продуктивності у t -му плановому періоді.

Виробничі потужності господарства обмежені середньорічною кількістю кормоднів D_t в t -му плановому періоді:

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J_i} \frac{b_{i+1jt} - b_{ijt}}{y_{ijt}} x_{ijt} \leq D_t, t \in T \quad (7)$$

де y_{ijt} – середньодобовий приріст тварин i -ї вікової групи господарства j -го варіанту продуктивності у t -му плановому періоді.

Виробничі потужності обслуговують наявні трудові ресурси, які обмежені у конкретному t -му плановому періоді:

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J_i} d_{ijt} x_{ijt} \leq B_t, t \in T, \quad (8)$$

де B_t – обсяг трудових ресурсів у t -му плановому періоді, d_{ijt} – затрати трудових ресурсів на голову i -ї вікової групи j -го варіанту продуктивності у t -му плановому періоді.

Організація технології виробництва яловичини ґрунтується на забезпечення кожної вікової групи поживними речовинами, що задається нормами споживання окремих груп кормів та запасами кормів, які є в наявності у господарстві. Тому система обмежень має вигляд:

- 1) по зоотехнічних нормах споживання окремих груп кормів

$$\underline{b}_{ijlt} \leq \sum_{k \in K} \frac{y_{ijt}}{b_{i+1jt} + b_{ijt}} u_{ijkt} \leq \overline{b}_{ijlt} x_{ijt}, i \in I, j \in J_i, t \in T, l = \overline{1, L} \quad (9)$$

де \underline{b}_{ijlt} та \overline{b}_{ijlt} – відповідно мінімальне та максимальне споживання тваринами i -ї вікової групи j -го варіанту продуктивності l -тої групи кормів у t -му плановому періоді;

- 2) по запасах кормів

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J_i} u_{ijkt} \leq A_{kt}, k \in K, t \in T, \quad (10)$$

де A_{kt} – обсяг запасу k -го виду корму у t -му плановому періоді.

Результати виробничої діяльності характеризуються наступними балансовими рівняннями:

- 1) приросту тварин

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J_i} (b_{i+1jt} - b_{ijt}) x_{ijt} = \Pi_t, t \in T, \quad (11)$$

де Π_t – приріст тварин у t -му плановому періоді;

- 2) кількості зданих голів

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J_i} v_{ijt} = A_t, t \in T, \quad (12)$$

де A_t – кількість голів у t -му плановому періоді;

- 3) обсягу реалізованої продукції

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J_i} b_{i+1jt} z_{ijt} = P_t, t \in T, \quad (13)$$

де P_t – обсяг виробленого та зданого м'яса у t -му плановому періоді.

Економічна сутність досліджуваних змінних моделі вимагає дотримання умов невід'ємності змінних, тобто

$$\{x_{ijt}, v_{ijt}, z_{ijt}, u_{ijkt}\} \geq 0, i \in I, j \in J, t \in T, k \in K \quad (14)$$

Інфологічна модель побудови програми оптимізації виробництва яловичини представлена на рис. 1.

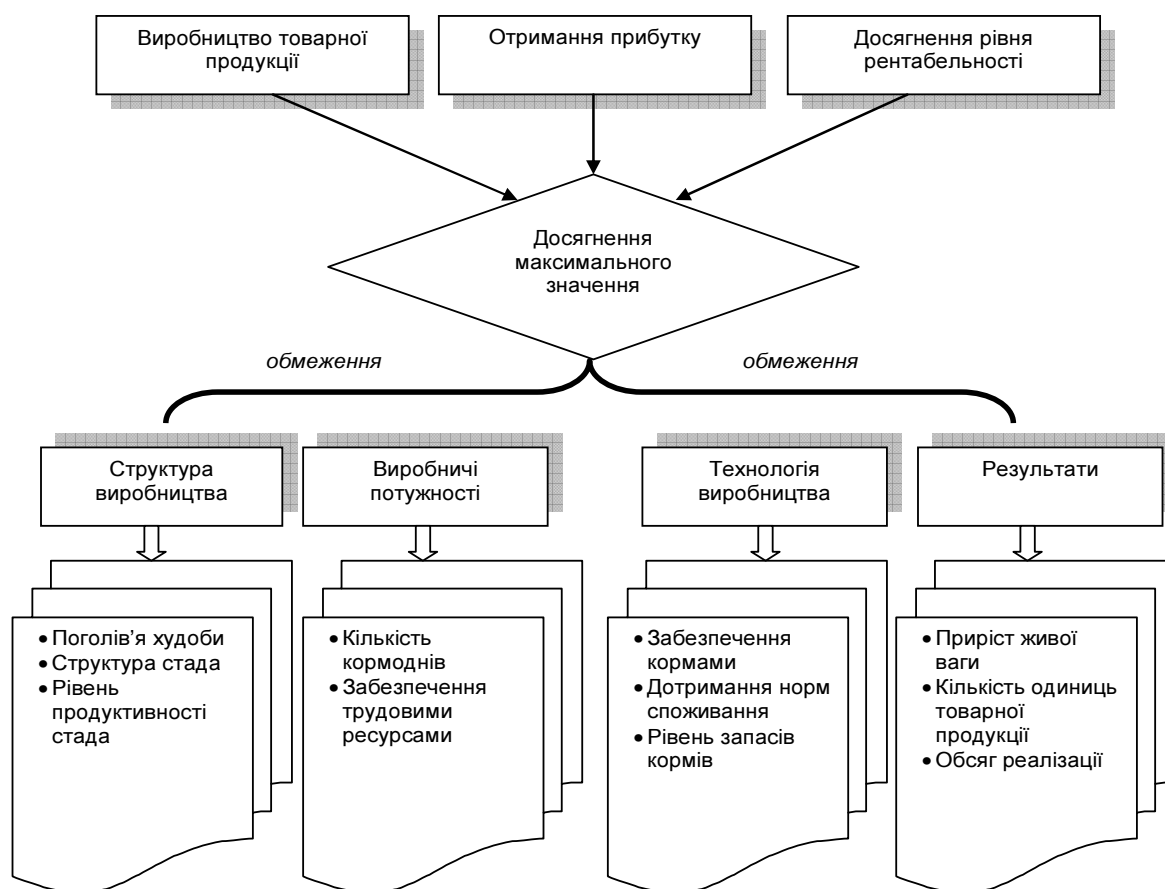


Рис. 1. Інфологічна модель побудови програми оптимізації виробництва яловичини

Групування підприємств, що утримують велику рогату худобу на сьогоднішній день можна задати динамічними статистичними показниками (табл. 1).

Здійснимо перегрупування статистичних даних табл. 1. З огляду на умову концентрації товарного виробництва яловичини визначимо наступну структуру галузі:

- група I – підприємства із сумарною кількістю поголів'я до 500 одиниць;
- група II – підприємства із сумарною кількістю поголів'я від 501 до 1000 одиниць;
- група III – підприємства із сумарною кількістю поголів'я від 1001 до 1500 одиниць;
- група IV – підприємства із сумарною кількістю поголів'я більше 1500 одиниць.

Таблиця 1

Питома вага сільськогосподарських підприємств, що утримують велику рогату худобу (у % до загального поголів'я)

	Рік					
	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Поголів'я великої рогатої худоби – всього, тис. голів	866,2	764,0	678,6	624,5	604,6	589,1
з них з поголів'ям:						
5-49	6,1	5,6	4,6	4,4	4,2	3,9
50-499	71,2	69,3	67,5	65,4	62,8	59,9
500-999	18,0	19,4	20,5	22,1	23,8	25,0
1000 та більше	4,7	5,7	7,4	8,1	9,2	11,2

Результати визначення тенденції зміни динамічного ряду показників на основі вбудованої функції ТЕНДЕНЦІЯ табличного процесора EXCEL та темпів зростання дозволяють зробити висновок

про переважаючу тенденцію до зростання саме крупних підприємств з виробництва яловичини, чисельність голів великої рогатої худоби у яких переважає 1000 голів. На основі рівняння регресії

$$y = 0,048x^3 - 0,459x^2 + 2,449x + 2,566,$$

нами встановлено, що очікуване зростання цього сегменту підприємств по відгодівлі великої рогатої худоби в абсолютному виразі в 2012 рр. становитиме 102,5% в порівнянні з 2011 р. Така тенденція зумовлює необхідність розробки економіко-математичної моделі планування організації товарного виробництва яловичини саме для пропонуванних груп.

На основі статистичних показників групування сільськогосподарських підприємств за середньодобовими приростами худоби на вирощуванні, відгодівлі та нагулі у 2011 р. здійснимо перегрупування підприємств за розмірами середньодобового максимального приросту худоби (табл. 2).

Таблиця 2

Групування сільськогосподарських підприємств за середньодобовими приростами великої рогатої худоби у 2011 р.

Розмір максимального середньодобового приросту	Кількість підприємств	Обсяг приросту всього, тис. т	Частка приросту на одне господарство
600	3747	112,2	0,03
800	543	37,3	0,07
1000	150	10,2	0,07

Слід зазначити, що на основі даних табл. 2 видна чітка тенденція до рентабельності господарств із середнім та високим розміром середньодобового приросту худоби на вирощуванні, відгодівлі та нагулі. Аналіз частки цих підприємств у структурі м'ясного скотарства за кількістю, обсягами приросту та розміром приросту на одне господарство подана на діаграмах (рис. 2), що дає підстави реалізувати математичну модель у трьох сценаріях: отримання середньодобового приросту у розмірі до 600 г, у розмірі до 800 г та у розмірі 1000 г та більше.

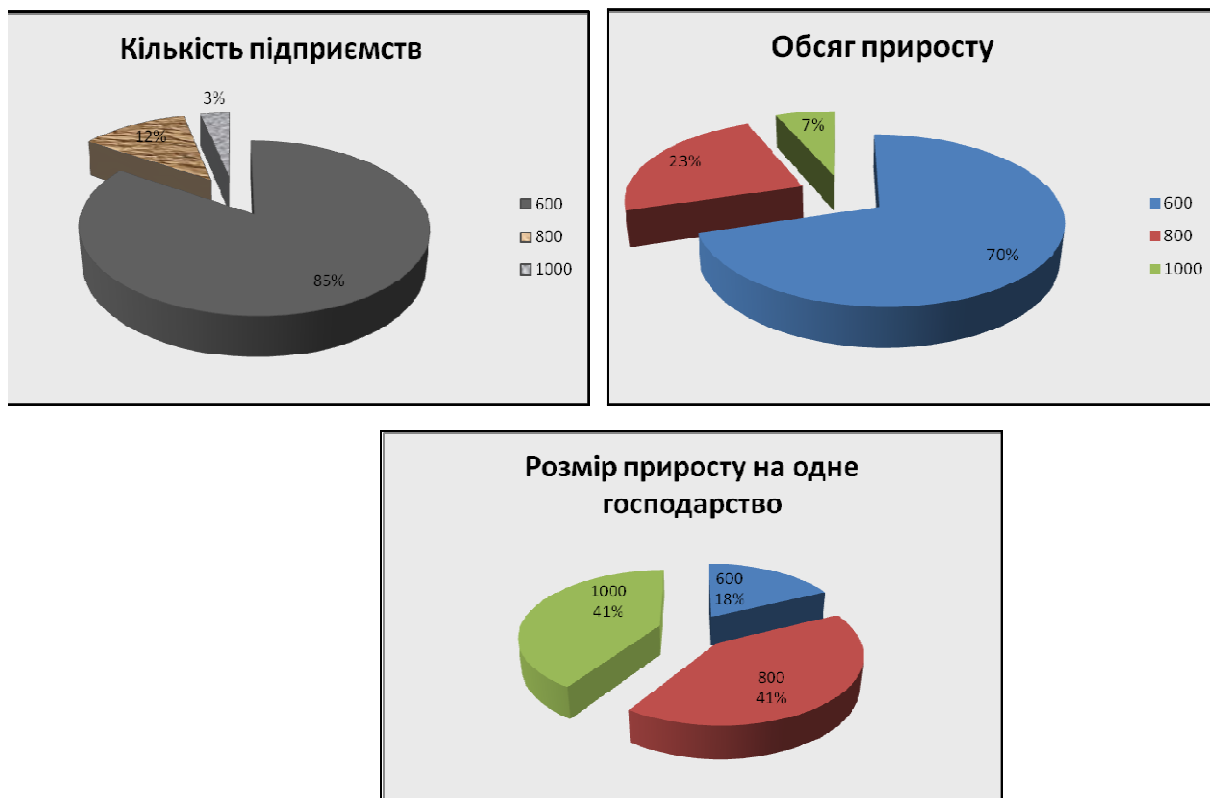


Рис. 2. Частка підприємств за розміром приросту великої рогатої худоби у структурі м'ясного скотарства

Витрати кормів у господарствах усіх категорій м'ясного скотарства у 2011 р. становила 33874 тис. т кормових одиниць, у розрізі видів кормів: 44% – концентровані корми, в тому числі комбікорми,

15% – грубі корми, 29% – соковиті корми, 12% – інші види кормів та відповідно у кількісному вимірі в середньому на одиницю худоби (рис. 3).

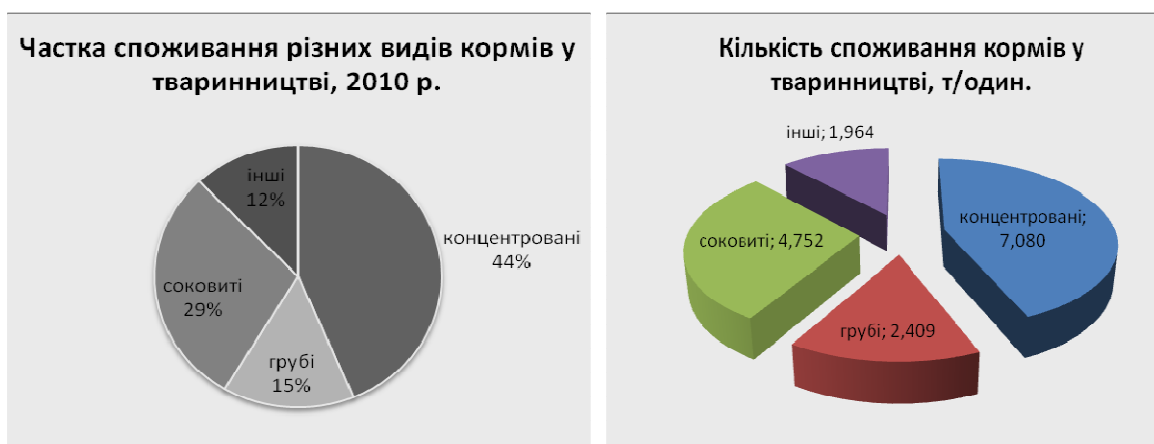


Рис. 3. Витрати кормів у господарствах м'ясного скотарства у 2011 р.*

*Дані числові характеристики використані у побудованій моделі як параметри відповідних обмежень.

Слід зазначити, що м'ясне скотарство належить до тих галузей, для яких математичне прогнозування результатів має найбільшу ступінь невизначеності. Це пов'язане як з випадковими процесами у самому товарному виробництві (приріст, ефективність племінної роботи, рівень ветеринарного забезпечення), так і в його організації (ефективність використання кормів, фізіологічна віддача на одиницю кормових ресурсів). Тому важливим компонентом моделювання є застосування імітаційного компоненту, що згладжує вплив випадкових чинників. В якості такого компоненту при побудові моделі застосований інструмент генерації випадкових чисел СЛУЧМЕЖДУ(нижн_межа; верхн_межа) табличного процесора MS EXCEL 2007.

Матриця структури виробництва для одного планового періоду із позначеннями параметрів має 54 змінних (табл. 3).

Таблиця 3
Матриця змінних математичної моделі планового періоду відгодівлі великої рогатої худоби

Період	Вікова група	Варіант продуктивності	Кількість тварин	Середня жива вага тварин	Вартість одиниці реалізованої продукції	Вартість одиниці продукції на відгодівлі	Собівартість одиниці продукції без урахування кормів	Планова кількість тварин на відгодівлі
Підготовчий, t_1	перша	600	Z_{11}	b_{11}	q_{11}	h_{11}	C_{11}	X_{11}
		800	Z_{12}	b_{12}	q_{12}	h_{12}	C_{12}	X_{12}
		1000	Z_{13}	b_{13}	q_{13}	h_{13}	C_{13}	X_{13}
	друга	600	Z_{21}	b_{21}	q_{21}	h_{21}	C_{21}	X_{21}
		800	Z_{22}	b_{22}	q_{22}	h_{22}	C_{22}	X_{22}
		1000	Z_{23}	b_{23}	q_{23}	h_{23}	C_{23}	X_{23}
	третя	600	Z_{31}	b_{31}	q_{31}	h_{31}	C_{31}	X_{31}
		800	Z_{32}	b_{32}	q_{32}	h_{32}	C_{32}	X_{32}
		1000	Z_{33}	b_{33}	q_{33}	h_{33}	C_{33}	X_{33}

Кількість вікових груп відгодівлі можна збільшувати, тоді розмір матриці буде пропорційно збільшуватись, що з огляду на комп'ютерну реалізацію не несе суттєвого ускладнення для її застосування. Кількість змінних основної матриці моделі для трьох різних етапів планового періоду (підготовчого, основного та заключного) становить 162, що є достатнім для підтвердження адекватності побудованої моделі.

За забезпеченням кормами матриця моделювання для одного планового періоду складається із 36 параметрів (табл. 4), загальна кількість параметрів по технології відгодівлі – 108.

Матриця обмежень виробничих потужностей за запасами кормів – 12 змінних, за іншими показниками – 15 змінних (табл. 5).

Таблиця 4

Матриця змінних математичної моделі забезпечення кормами великої рогатої худоби планового періоду

Корми	Собівар- тість	Потреба вікової групи у кормах								
		Перша			Друга			Третя		
		600	800	1000	600	800	1000	600	800	1000
Концентровані (1)	f_1	u_{111}	u_{121}	u_{131}	u_{211}	u_{221}	u_{231}	u_{311}	u_{321}	u_{331}
Грубі (2)	f_2	u_{112}	u_{122}	u_{132}	u_{212}	u_{222}	u_{232}	u_{312}	u_{322}	u_{332}
Соковиті (3)	f_3	u_{113}	u_{123}	u_{133}	u_{213}	u_{223}	u_{233}	u_{313}	u_{323}	u_{333}
Інші (4)	f_4	u_{114}	u_{124}	u_{134}	u_{214}	u_{224}	u_{234}	u_{314}	u_{324}	u_{334}

Таблиця 5

Матриця обмежень виробничих потужностей в математичній моделі оптимізації

Плановий період	Запаси кормів				Обсяг трудових ресурсів	Приріст тварин	Кількість зданих голів	Обсяг реалізованої продукції	Кількість кормоднів
	1	2	3	4					
Підготовчий	A_{11}	A_{21}	A_{31}	A_{41}	V_1	P_1	R_1	P_1	D_1
Основний	A_{12}	A_{22}	A_{32}	A_{42}	V_2	P_2	R_2	P_2	D_2
Заключний	A_{13}	A_{23}	A_{33}	A_{43}	V_3	P_3	R_3	P_3	D_3

Математична модель реалізована у трьох сценаріях, в основу яких покладені обмеження на розмір виробництва: кількість голів до 500, від 500 до 1000, від 1000 і більше. Для кожного із сценаріїв знайдена величина максимального прибутку та оптимальне співвідношення структури поголів'я великої рогатої худоби. Побудова моделі ґрунтувалась на використанні інструменту *Пошук розв'язку* табличного процесора MS EXCEL 2007 із дотриманням усіх описаних вище обмежень, балансових рівнянь та припущень.

Встановлено, що максимальний прибуток можна отримати за умов господарювання з великою кількістю поголів'я (рис. 4).

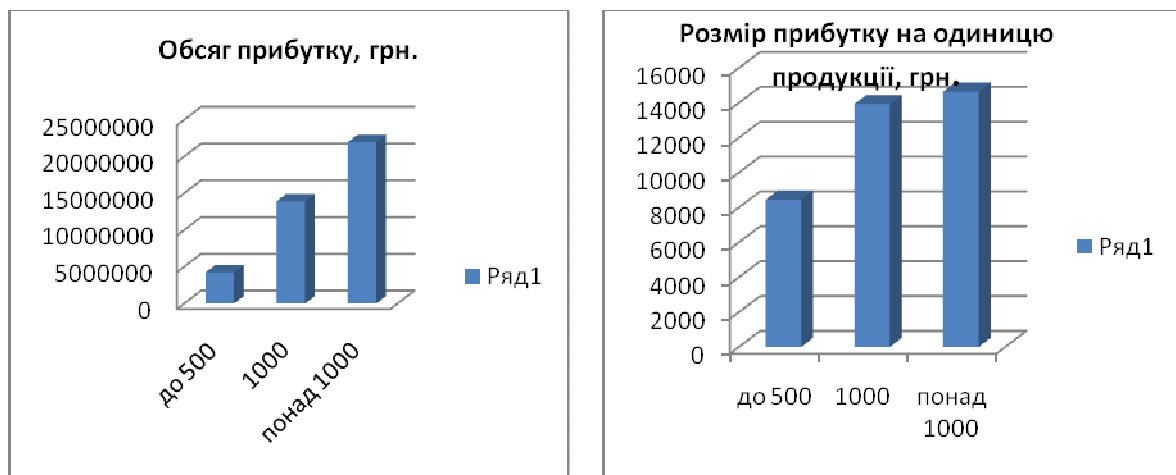


Рис. 4. Порівняння розміру прибутку в розрізі господарств м'ясного скотарства

Розв'язок економіко-математичної моделі показав, що на економічну ефективність виробництва м'яса яловичини здійснює суттєвий вплив розмір ферми та концентрація поголів'я великої рогатої худоби (табл. 6).

Економічна ефективність виробництва м'яса яловичини при різній концентрації поголів'я *

Показник	Розмір ферми, скотомісць		
	500	1000	3000
Поголів'я худоби на дорощуванні і відгодівлі, гол.	475	965	2925
Приріст живої маси всього, ц	1662	3378	10238
Реалізація м'яса яловичини (у живій вазі), ц	1900	3860	11700
Собівартість 1 ц реалізованої продукції, грн.	1533,0	1481,7	1430,4
Отримано валового прибутку, грн.:			
на 1 скотомісце	871,7	1083,5	1294,8
на 1 ц реалізованої продукції	229,4	280,7	332,0
на 100 грн. використаних коштів	251,7	312,8	373,8
на 100 грн. основних і оборотних активів	83,9	93,8	130,3
Окупність капіталу, років	5,7	4,6	3,8
Дохідність на 1 грн. витрат	1,15	1,19	1,23

* розрахунок здійснено для середньодобових приростів маси тварин 800 г

Найвищу ефективність господарювання може забезпечити розмір ферми на 3000 скотомісць, який дасть змогу отримати прибутку з розрахунку на скотомісце – 1294,8 грн, рентабельність ведення галузі – 23,2 %, термін окупності – 3,8 років.

Висновки з даного дослідження. Отже, розраховано оптимальний варіант розміру середньодобового приросту у розрізі вікових груп, на основі імітаційного моделювання. Встановлено, що максимальний прибуток можна отримати за рахунок масштабу виробництва: чисельності поголів'я і високих середньодобових приростів живої маси тварин. Використання пропонованої моделі на основі реальних числових даних в розрізі суб'єктів господарювання галузі дозволяє обґрунтовано прийняти рішення про структуру товарного виробництва.

Література

1. Аграрний сектор: моделі управління: Монографія / П.М. Макаренко, Н.К. Васильєва, Г.В. Довбиш та інші. – Суми: Довкілля, 2006. – 438 с.
2. Андреєва М. Управлінські процеси як об'єкт математичного моделювання / М. Андреєва // Науковий вісник Національного аграрного університету. – 2004. – № 76. – С. 341–344.
3. Васильєва Н. К. Математичні моделі інноваційного розвитку в аграрній економіці: Монографія / Н. К. Васильєва. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2007. – 348 с.
4. Гатаулин А. М. Математическое моделирование экономических процессов в сельском хозяйстве / А. М. Гатаулин, Г. В. Гаврилов. – М. : Агропромиздат, 1990. – 432 с.
5. Гитис Л. Х. Кластерный анализ в задачах классификации, оптимизации и прогнозирования / Л. Х. Гитис. – М. : Изд-во Моск. горн. ун-та, 2001. – 104 с.
6. Іващук О. Т. Економіко-математичне моделювання в аграрному менеджменті: навч. посіб. / О. Т. Іващук. – Тернопіль: Економічна думка, 2009. – 232 с.
7. Малярець Л. М. О математических моделях в структурном анализе капитала предприятия / Л. М. Малярець // Технічний прогрес та ефективність виробництва: Вісник Харківського державного політехнічного університету: зб. наук. праць. – 2000. – Випуск 122. – В 4 ч. Ч. 2. – С. 244–248.
8. Мінухін С. В. Моделювання управління бізнес-процесами підприємства: стратегічний аспект / С. В. Мінухін // Актуальні проблеми економіки. – 2007. – № 10. – С. 156–164.
9. Олефір В. К. Деякі питання застосування регресійно-кореляційного аналізу в економічних дослідженнях / В. К. Олефір // Науковий вісник Національного аграрного університету. – 2004. – № 76. – С.137–140.
10. Тимохин В. Н. Методология моделирования экономической динамики : монография / Тимохин В. Н.; научн. ред. проф. Ю.Г. Лысенко. – Донецк: ООО "Юго-Восток, Лтд.", 2007. – 269 с.
11. Шевченко Ю. І. Економіко-математичне моделювання стосовно виробничих систем / Ю. І. Шевченко // Формування ринкових відносин в Україні. – 2010. – №8. – С. 62–65.