

Математичне моделювання та управління діяльністю сільськогосподарських підприємств в умовах невизначеності

НУЖНА С. А.

Дніпродзержинський державний технічний університет

У статті запропоновано стохастичну економіко-математичну модель сільськогосподарського підприємства, запропонована концепція оптимізації процесів сільськогосподарського виробництва в умовах невизначеності. Отримані результати можуть бути використані для розробки планів діяльності сільськогосподарських підприємств в умовах невизначеності для будь-якої природно-економічної зони. Реальні розрахунки підтверджують економічну ефективність розробленої концепції планування.

В статье предложена стохастическая экономико-математическая модель сельскохозяйственного предприятия, предложена концепция оптимизации процессов сельскохозяйственного производства в условиях неопределенности. Полученные результаты могут быть использованы для разработки планов деятельности сельскохозяйственных предприятий в условиях неопределенности для любой природно-экономической зоны. Реальные расчеты подтверждают экономическую эффективность разработанной концепции планирования.

In the basic suggested stochastic economic-mathematic model of agricultural enterprise, the optimization concept of agricultural production processes in indefinite conditions have been worked out. The results of research obtained can be used for elaboration of activity plans of agricultural enterprises accounting economic risk for any natural economic zone in the indefinite conditions. Real calculations prove economic efficiency of planning concept developed.

Вступ. Агропромисловий комплекс - складна ієрархічна динамічна система, яка функціонує і розвивається в умовах невизначеності. Трансформація агропромислових підприємств, в тому числі сільськогосподарських, до ринкового середовища суттєво змінила соціально-економічні та правові відносини і вимагає нових підходів до процесів управління та планування виробництвом. Конкуренція, постійна мінливість кон'юнктури та погодних умов, розвиток науково-технічного прогресу – основні чинники невизначеності діяльності сільськогосподарських підприємств. Ця невизначеність породжує економічний ризик. Отже, для врахування наслідків невизначеності в діяльності сільськогосподарських підприємств необхідно проводити аналіз, оцінювати та управляти економічним ризиком.

У кінці ХХ і на початку ХХІ століть проведено теоретичні дослідження з ризикології, а також зроблено значний крок у напрямку практичного оцінювання ризику. Значний вклад у розвиток такого наукового напрямку був зроблений вченими: В.Г.Андрійчуком, А.П.Альгіним, П.І.Верченком, В.В.Вітлінським, Г.І.Великоіваненко, Ю.Б.Гермейером, В.М.Гранатуровим, Ю.М.Єрмольєвим, В.А.Кадієвським, В.А.Кардашем, О.М.Онищенком, В.В.Чепурком та іншими [1, 2]. Однак в агропромисловому комплексі цей напрямок досліджень перебуває у стадії становлення. Соціально-економічні системи АПК мають свої особливості функціонування та розвитку (мінливість погодних умов та кон'юнктури, зв'язок виробничої діяльності, з життєдіяльністю біологічних організмів тощо), що ускладнюють процес управління в умовах невизначеності виробництвом, підвищують рівень економічного ризику. Отже, необхідно розвивати теорію економічного ризику в методологічному та концептуальному аспектах, розробляти механізм, методичні підходи та інструментарій для знаходження

адекватних рішень практичних проблем виробництва у сільськогосподарських підприємствах і формуваннях.

Оскільки традиційні методи управління та планування не забезпечують збалансованості планів, оптимальної (раціональної) траєкторії функціонування та розвитку сільськогосподарського виробництва, тому необхідно, з урахуванням умов невизначеності, розробити сучасні інформаційні технології стратегічного і тактичного планування, ядром яких мають бути відповідні економіко-математичні моделі.

Однак питання побудови та практичної реалізації таких моделей, які давали б можливість планувати в умовах невизначеності, здійснювати оцінювання економічного ризику з одночасним врахуванням системних характеристик планів, не отримали належного вирішення.

Сільськогосподарське виробництво функціонує і розвивається в умовах значної невизначеності (постійна зміна погодних умов, кон'юнктури, науково-технічного прогресу тощо). Тому в прийнятті рішень стосовно цієї галузі в умовах невизначеності з урахуванням економічного ризику пропонується використовувати стохастичні економіко-математичні моделі.

Отже, запропонована стохастична економіко-математична модель, що описує виробничі процеси сільськогосподарського підприємства в умовах невизначеності, а саме ставиться задача оптимізації структури (поєднання) галузей. При реалізації розробленої економіко-математичної моделі виникає ряд труднощів. Перш за все практично неможливо побудувати функції розподілу ймовірностей відповідних параметрів, тому в роботі прийняті гіпотези щодо законів їх розподілу. У якості критеріїв оптимальності використовується математичне сподівання основних показників ефективності підприємницької діяльності: товарної продукції, прибутку і рентабельності.

Постановка задачі. Нехай сільськогосподарське підприємство володіє відповідними ресурсами, якими

можна керувати за умов наявності коштів. Сільськогосподарське підприємство може вирощувати I ($i=1, 2, \dots, I$) сільськогосподарських культур за Q ($q=1, 2, \dots, Q$) технологіями та за Θ ($\theta \in \Theta$) погодних умов. Сільськогосподарські культури можуть бути різних сортів, які вирощують на ріллі різної якості, під них може бути внесено різні дози органічних і мінеральних добрив, речовин захисту рослин тощо. Все це відображається відповідною технологією. Множину всіх технологій для i -ої культури позначимо через Q_i . Планову площу посіву i -ої культури, яку планують вирощувати за q -тою технологією та за θ -та погодних умов позначимо через $X_{i q \theta}$. Нехай $Y_{j m f k \theta}$ – планове поголів'я j ($j=1, 2, \dots, J$) статево-вікової групи f -ої ($f=1, 2, \dots, F$) потенційної продуктивності k -ої ($k=1, 2, \dots, K$) тваринницької галузі, які вирощують за m -тою технологією (продуктивністю) та утримують за θ -та погодних умов. Тваринництво розбивається на K ($k=1, 2, \dots, K$) галузей (велика рогата худоба, свинарство тощо). Тварини k -ої галузі j -ої статево-вікової групи можуть утримуватися за різними технологіями (продуктивностями) m ($m \in M$), які мають f ($f \in F$) потенційних варіантів продуктивності. Передбачається, що потенційні можливості тварин можуть використовуватися неповністю.

Запишемо ці критерії у формалізованому вигляді:

а) максимізація математичного сподівання товарної продукції

$$Z_1 = \sum_{\mu \in D_1} \sum_{i \in I} \sum_{q \in Q_i} \sum_{\theta \in \Theta} P(\theta) \Pi_{\mu i q \theta} a_{\mu i q \theta} X_{i q \theta} + \sum_{\mu \in D_2} \sum_{m \in M} \sum_{j \in J} \sum_{f \in F} \sum_{k \in K} \sum_{\theta \in \Theta} P(\theta) \Pi_{\mu j m f k \theta} a_{\mu j m f k \theta} Y_{j m f k \theta}, \quad (1)$$

де $X_{i q \theta}$ – площа посіву i -ої культури, яку планують вирощувати за q -тою технологією та θ -та станом погодних умов;

$Y_{j m f k \theta}$ – планове поголів'я j -ої статево-вікової групи f -ої потенційної продуктивності k -ої тваринницької галузі, які вирощують за m -тою технологією та утримують за θ -та погодних умов;

$P(\theta)$ – ймовірність θ -та погодного стану;

D_1, D_2 – відповідно множини рослинницьких і тваринницьких видів продукції;

$a_{\mu i q \theta}$ – вихід μ -ої продукції з одного гектара посіву i -ої рослинницької культури вирощеної за q -тою технологією та θ -та погодних умов;

б) максимізація математичного сподівання прибутку

$$Z_2 = \sum_{\mu \in D_1} \sum_{i \in I} \sum_{q \in Q_i} \sum_{\theta \in \Theta} P(\theta) (\Pi_{\mu i q \theta} - C_{\mu i q \theta}) a_{\mu i q \theta} X_{i q \theta} + \sum_{\mu \in D_2} \sum_{j \in J} \sum_{m \in M} \sum_{f \in F} \sum_{k \in K} \sum_{\theta \in \Theta} P(\theta) (\Pi_{\mu j m f k \theta} - C_{\mu j m f k \theta}) a_{\mu j m f k \theta} Y_{j m f k \theta}, \quad (2)$$

де $C_{\mu i q \theta}$ – собівартість одиниці μ -ої продукції від i -ої рослинницької культури, вирощеної за q -тою технологією та θ -та погодних умов;

в) максимізація математичного сподівання рентабельності

Раціонали годування тварин оптимізуємо за окремою моделлю [3]. Відомо, що частину зерна підприємство віддає на виробництво комбікормів, зом має використовуватися на спеціальних відгодівельних пунктах, солому і частину гички доцільно використовувати на добриво тощо.

Розглядали погодний стан, за умов якого відповідно одержуємо: $\theta=1$ – низьковрожайний рік; $\theta=2$ – рік врожайності нижчий середньої, але вищий від низької; $\theta=3$ – середньо врожайний рік; $\theta=4$ – рік врожайності вищий від середньої, але нижчий високої, $\theta=5$ – високоврожайний рік. На основі статистичних та експериментальних даних визначено, що ймовірність відповідних станів дорівнює: $P(\theta=1)=0,081$; $P(\theta=2)=0,213$; $P(\theta=3)=0,386$; $P(\theta=4)=0,258$ і $P(\theta=5)=0,062$.

Включимо в економіко-математичну модель сільськогосподарського підприємства залежності, які описують процес формування системних характеристик (маневреність, інерційність, економічний ризик тощо).

В якості критеріїв оптимальності використаємо максимізацію математичного сподівання товарної продукції, прибутку та рентабельності, як відношення прибутку до собівартості.

$\Pi_{\mu i q \theta}$ – ціна одиниці μ -ої продукції, яка одержана від вирощеної i -ої рослинницької культури за q -тою технологією та θ -та погодних умов;

$a_{\mu j m f k \theta}$ – вихід μ -ої продукції протягом року від однієї голови j -ої статево-вікової групи f -ої потенційної продуктивності k -ої тваринницької галузі, які вирощують за m -тою технологією та θ -та погодних умов;

$\Pi_{\mu j m f k \theta}$ – ціна одиниці μ -ої продукції, одержаної від j -ої статево-вікової групи f -ої потенційної продуктивності k -ої тваринницької галузі, які вирощують за m -тою технологією та θ -та погодних умов;

$C_{\mu j m f k \theta}$ – собівартість одиниці μ -ої продукції, одержаної від j -ої статево-вікової групи f -ої потенційної продуктивності k -ої тваринницької галузі, які вирощують за m -тою технологією та θ -та погодних умов;

$$Z_3 = Z_2 / \left(\sum_{\mu \in D_1} \sum_{i \in I} \sum_{q \in Q_i} \sum_{\theta \in \Theta} P(\theta) C_{\mu i q \theta} a_{\mu i q \theta} X_{i q \theta} + \sum_{\mu \in D_2} \sum_{j \in J} \sum_{m \in M} \sum_{f \in F} \sum_{k \in K} \sum_{\theta \in \Theta} P(\theta) C_{\mu j m f k \theta} a_{\mu j m f k \theta} Y_{j m f k \theta} \right), \quad (3)$$

За наступних умов:

1) використання ресурсів

$$\sum_{i \in I} \sum_{q \in Q_i} a_{s i q \theta} X_{i q \theta} + \sum_{j \in J} \sum_{m \in M} \sum_{f \in F} \sum_{k \in K} a_{s j m f k \theta} Y_{j m f k \theta} \leq A_{s \theta} \quad (s \in S, \theta \in \Theta), \quad (4)$$

де $a_{s i q \theta}$ - норма витрат s -го ресурсу на один гектар посіву i -ої рослинницької культури, вирощеної за q -тою технологією та θ -та станом погодних умов;

продуктивності k -ої тваринницької галузі, які вирощують за m -ою технологією та θ -та станом погодних умов; $A_{s \theta}$ - обсяг s -го ресурсу за θ -та станом погодних умов;

$a_{s j m f k \theta}$ - норма витрат s -го ресурсу на одну тварину j -ої статево-вікової групи f -ої потенційної

2) виконання умов сівзміни (маневреність посівними площами сільськогосподарських культур)

$$\begin{aligned} & \sum_{i \in I_1} \sum_{q \in Q_{I_1}} X_{i q \theta} + \sum_{i \in I_1} \sum_{j \in J} \sum_{m \in M} \sum_{f \in F} \sum_{k \in K} a_{i j m f k \theta} Y_{j m f k \theta} \leq \\ & \leq \sum_{i \in I_2} \sum_{q \in Q_{I_2}} X_{i q \theta} + \sum_{i \in I_2} \sum_{j \in J} \sum_{m \in M} \sum_{f \in F} \sum_{k \in K} a_{i j m f k \theta} Y_{j m f k \theta} \leq \dots \\ & \dots \leq \sum_{i \in I_n} \sum_{q \in Q_{I_n}} X_{i q \theta} + \sum_{i \in I_n} \sum_{j \in J} \sum_{m \in M} \sum_{f \in F} \sum_{k \in K} a_{i j m f k \theta} Y_{j m f k \theta}, \quad (\theta \in \Theta) \end{aligned} \quad (5)$$

де I_{k+1} - множина сільськогосподарських культур, яка є попередником для відповідної множини культур I_k ;

D_3 - множина сільськогосподарських культур, за якими встановлюються обмеження, наприклад, соняшник, льон тощо;

$Q_{I_{k+1}}$ - множина технологій, за якими вирощуються відповідні види сільськогосподарських культур;

4) врахування інерційності рослинницьких культур

$a_{i j m f k \theta}$ - площа посіву i -ої культури, урожай з якої використовується протягом року в раціоні однієї голови j -ої статево-вікової групи f -ої потенційної продуктивності k -ої тваринницької галузі, які вирощують за m -ою технологією та θ -та станом погодних умов;

$$\sum_{q \in Q_i} X_{i q \theta} = \sum_{q \in Q_i} X_{i q, \theta+1}, \quad (i \in I, \theta \in \Theta - 1) \quad (7)$$

3) площі посіву окремих рослинницьких культур (маневреність площами посіву окремих культур)

$$\begin{aligned} & Y_{j m f k \theta} - \\ & - \sum_{m \in M} \sum_{f \in F} B_{j k \theta} \sum_{j \in J} \sum_{m \in M} \sum_{f \in F} Y_{j m f k \theta} \leq 0, \quad (j \in J; k \in K; \theta \in \Theta) \end{aligned} \quad (8)$$

$$\bar{B}_{i \theta} \leq \sum_{q \in Q_i} X_{i q \theta} + \sum_{j \in J} \sum_{m \in M} \sum_{f \in F} \sum_{k \in K} a_{i j m f k \theta} Y_{j m f k \theta} \leq B_{i \theta}, \quad (i \in D_3, \theta \in \Theta) \quad (6)$$

де $B_{j k \theta}$ - частка тварин j -ої статево-вікової групи k -ої тваринницької галузі за θ -та станом погодних умов;

де $\bar{B}_{i \theta}, B_{i \theta}$ - відповідно мінімальна і максимальна допустима площа посіву i -ої культури за θ -та станом погодних умов;

6) врахування інерційності тваринницьких галузей

$$\begin{aligned} & Y_{j m f k \theta} = \\ & \sum_{m \in M} \sum_{f \in F} \sum_{m \in M} \sum_{f \in F} Y_{j m f k, \theta+1}, \quad (i \in I, k \in K, \theta \in \Theta - 1) \end{aligned} \quad (9)$$

7) врахування маневрування продуктивністю шляхом переведення тварин з групи потенційної продуктивності у групу двох нижчих рівнів

$$\sum_{m \in M_n} Y_{j m f k \theta} - Y_{j m f k \theta} = 0, \quad (10)$$

$$(j \in J, m \in M, f \in F, k \in K, \theta \in \Theta),$$

де $M_n \in M$, M_n - підмножина технологій, яка відповідає утриманню тварин з групи потенційної продуктивності у групу двох нижчих рівнів;

8) обмеження по розмаху (економічному ризику) товарної продукції

$$Z_{1\Theta} - Z_{11} \leq R_1 \quad (11)$$

де $Z_{1\Theta}$, Z_{11} - відповідно максимальний та мінімальний обсяг товарної продукції за найкращих та найгірших погодних умов; R_1 - нормативний розмах товарної продукції;

9) обмеження по розмаху (економічному ризику) прибутку

$$Z_{2\Theta} - Z_{21} \leq R_2 \quad (12)$$

де $Z_{2\Theta}$, Z_{21} - відповідно максимальний та мінімальний обсяг прибутку за найкращих та найгірших погодних умов; R_2 - нормативний розмах прибутку;

10) невід'ємність змінних

$$X_{i q \theta} \geq 0, Y_{j m f k \theta} \geq 0,$$

$$(i \in I, q \in Q_i, j \in J, m \in M, f \in F, k \in K, \theta \in \Theta) \quad (13)$$

Отже, критерії оптимальності (1)-(3) з обмеженнями (4)-(13) адекватно описують техніко-економічні процеси та явища виробництва сільськогосподарської продукції, є стохастично-лінійною економіко-математичною моделлю сільськогосподарських підприємств. Цю модель використаємо для аналізу та управління (планування) техніко-економічних процесів сільськогосподарського виробництва за умов невизначеності (економічного ризику).

За допомогою економіко-математичної моделі (1)-(13) на основі даних за різних погодних умов досліджується невизначеність сільськогосподарського виробництва у Лісостепу України за трьома критеріями оптимальності (максимізація товарної продукції, прибутку та рентабельності) – п'ятнадцять варіантів планів. У табл. 1 приведені техніко-економічні показники оптимальних планів за різних погодних умов (критерій оптимальності – максимізація прибутку).

З покращенням погодних умов поліпшуються значення економічних показників. Дані табл. 1 також підтверджують, що результати господарської діяльності сільськогосподарських підприємств змінюються у значних інтервалах в залежності від мінливості (стану) погоди. Така ситуація породжує невизначеність прийняття рішення стосовно плану виробництва продукції.

Техніко-економічні показники виробництва сільськогосподарського підприємства у значній мірі

найбільш ймовірним). У табл. 2 приведені техніко-економічні показники варіантів оптимальних планів за різними критеріями з одночасним урахуванням всіх погодних станів.

Таблиця 1 Техніко-економічні показники оптимальних планів за різними погодних умов при використанні критерію максимізації прибутку від реалізації виробленої продукції

Показник	Погодні стани				
	$\theta=1$	$\theta=2$	$\theta=3$	$\theta=4$	$\theta=5$
Варіанти планів	6	7	8	9	10
Товарна продукція, тис. грн	4975,0	6679,0	8517,0	10066,0	11681,0
Прибуток, тис. грн	462,0	1109,0	1887,0	2667,0	3573,0
Рентабельність, %	10,2	19,9	28,5	36,1	44,1

Таблиця 2 Техніко-економічні показники варіантів оптимальних планів за різними критеріями з одночасним урахуванням всіх погодних станів

Показник	Критерії оптимальності		
	Максимум товарної продукції	Максимум прибутку	Максимум рентабельності
	1 варіант	2 варіант	3 варіант
Товарна продукція, тис. грн	8237	7711	7781
Собівартість, тис. грн	7232	5927	6187
Прибуток, тис. грн	1005	1784	1594
Рентабельність, %	13,89	30,10	25,76

У цій таблиці маємо техніко-економічні показники 1, 2 і 3 варіантів планів. Аналіз інформації цієї таблиці показує, що 3-й варіант плану за всіма показниками поступається 2-й і 3-й. Порівнюючи останні два варіанти планів, бачимо, що 2-й поступається 1-ому за товарною продукцією, але значно переважає за прибутком та рентабельністю. З цих двох варіантів планів можна за методикою П. Верченка, побудувати компромісний план. Однак, в даному випадку, при розгляді кращих трьох варіантів плану очевидно, що 1-й варіант плану перевищує за товарною продукцією, 2-й варіант тільки на 526 тис. грн., що складає 6,39% 1-ий плану. Отже, 2-й варіант плану за техніко-економічними показниками має значні переваги

економічного ризику будь-якого показника.

точно передбачити стан погоди на плановий період, то не доцільно при розробці планів орієнтуватися на один із варіантів погодних умов (навіть, якщо він є

Висновок

В результаті досліджень розглянуто оцінювання ступеня ризику, спираючись на варіацію чи середньоквадратичне відхилення. Якщо в якості центру розсіювання значень економічного показника використовується мода чи медіана, то рівень ризику визначається середньозваженим моди чи медіани відповідного відхилення, а також модальної чи медіанної варіації та середньоквадратичного відхилення відповідних показників. Крім цього, в якості оцінювання ризику може використовуватися середньогеометричне, коефіцієнт асиметрії, коефіцієнт ексцесу, семіваріація та семіквадратичне відхилення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вітлінський В. В. Ризикологія в економіці та підприємстві : моногр. / В. В. Вітлінський, Г. І. Великоіваненко. — К. : КНЕУ, 2004. — 480 с.
2. Вітлінський В. В. Аналіз, моделювання та управління економічним ризиком : навч.-метод. посіб. для самост. вивч. дисц. / В. В. Вітлінський, П. І. Верченко. — К. : КНЕУ, 2000. — 292 с.
3. Наконечний С. І. Погодний ризик АПК : адаптивне моделювання, економічне зростання та прогнозування / С. І. Наконечний, С. С. Савіна. — К. : ДЕМІУР, 1998. — 162 с.

