

УДК 338.431.7.519.866
© 2016

С.А. НУЖНА,
кандидат економічних наук

Дніпропетровський державний
аграрно-економічний університет,
Україна

E-mail: nuzhna.s.a@dsau.dp.ua

м. Дніпропетровськ, вул. Ворошилова, 25

МАТЕМАТИЧНІ АСПЕКТИ
МОДЕЛЮВАННЯ
ТА ПЛАНУВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ
АГРОПРОМИСЛОВИХ
ПІДПРИЄМСТВ
В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Запропоновано стохастичну економіко-математичну модель аграрного підприємства, а також концепцію оптимізації процесів агровиробництва в умовах невизначеності. Отримані результати можуть бути використані для розробки планів діяльності підприємств для будь-якої природно-економічної зони. Реальні розрахунки підтверджують економічну ефективність розробленої концепції планування.

Ключові слова: економічний ризик, стохастична економіко-математична модель, аграрні підприємства, стратегічне планування, тактичне планування, критерій оптимальності, техніко-економічні показники, товарна продукція, прибуток, рентабельність.

Постановка проблеми. Аграрний сектор економіки – один з найскладніших багатогалузевих комплексів національної економіки України, який функціонує і розвивається в умовах невизначеності. Він здебільшого визначає соціально-економічний розвиток країни, рівень життя населення, його забезпечення продуктами харчування, а промисловість – сільськогосподарською сировиною. Вирішення продовольчої проблеми здійснюється переважно в аграрному секторі, а тому й мусить мати пріоритетний розвиток.

У межах України виділяються зональні АПК, що сформувалися на базі трьох основних сільськогосподарських зон з відповідною спеціалізацією сільського господарства та підприємств переробної промисловості і виробничої інфраструктури – Поліський АПК, Лісостеповий АПК, Степовий АПК, а також АПК гірських і передгірських районів Карпат [8].

Трансформація агропромислових підприємств, у 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 агропромислових підприємств. Ця невизначеність породжує економічний ризик. Отже, для врахування наслідків невизначеності в діяльності агропідприємств необхідно проводити аналіз, оцінювати та управляти економічним ризиком.

Наприкінці ХХ–на початку ХХІ ст. проведено теоретичні дослідження з ризикології, а також зроблено значний крок у напрямі практичного оцінювання ризику. Чималий внесок 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 [2, 3]. Однак в аграрному виробництві цей напрям досліджень перебуває в 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 ускладнюють процес управління в умовах невизначеності виробництвом, підвищують рівень економічного ризику. Отже, необхідно розвинути теорію економічного ризику в методологічному та концептуальному аспектах, розробляти механізми, методичні підходи та інструментарій для знаходження адекватних рішень практичних проблем виробництва в аграрних підприємствах і формуваннях [1].

Оскільки традиційні методи управління й планування не забезпечують збалансованості планів, оптимальної (раціональної) траєкторії функціонування та розвитку аграрного виробництва, тому необхідно, з урахуванням умов невизначеності, розробити сучасні інформаційні технології стратегічного і тактичного планування, ядром яких мають бути відповідні економіко-математичні моделі [5].

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

Аграрне виробництво функціонує і розвивається в умовах значної невизначеності (постійна зміна погодних умов, кон'юнктури, науково-технічного прогресу тощо). Тому й в прийнятті рішень в умовах невизначеності з урахуванням економічного ризику пропонується використовувати стохастичні економіко-математичні моделі [7].

Отже, запропонована стохастична економіко-математична модель, що описує виробничі процеси агропідприємства за невизначеності ставить задачу оптимізації структури (поєднання) галузей. Під час 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. Як критерії оптимальності використовується математичне сподівання

основних показників ефективності підприємницької діяльності: товарної продукції, прибутку і рентабельності [4].

Нехай агропідприємство володіє відповідними ресурсами, якими можна керувати за умов наявності коштів. Агропідприємство 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 $X_{iq\theta}$. Нехай $Y_{jmfk\theta}$ – планове поголів'я j ($j = 1, 2, \dots, J$) статевої 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 статевої 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.

Раціони годування тварин оптимізуємо за окремою моделлю [6]. Відомо, що частину зерна підприємство віддає на виробництво комбікормів, жом має використовуватися на спеціальних відгодівельних пунктах, соломі і частину гички доцільно відправляти на добиво тощо.

Розглядали погодний стан, за умов якого відповідно одержуємо: $\theta = 1$ – низьковрожайний рік; $\theta = 2$ – рік врожайності нижчий середньої, але вищий від низької; $\theta = 3$ – середньоврожайний рік; $\theta = 4$ – рік врожайності, вищий від середньої, але нижчий від високої; $\theta = 5$ – високоврожайний рік. На основі статистичних та експериментальних даних визначено, що ймовірність від-

повідних станів дорівнює: $P(\theta = 1) = 0,062$; $P(\theta = 2) = 0,218$; $P(\theta = 3) = 0,397$; $P(\theta = 4) = 0,258$ і $P(\theta = 5) = 0,065$.

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

Як критерії оптимальності використаємо максимізацію математичного сподівання товарної продукції, прибутку та рентабельності як відношення прибутку до собівартості.

Запишемо ці критерії у формалізованому вигляді:

а) максимізація математичного сподівання товарної продукції

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

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 статевовікової групи f -ої потенційної продуктивності k -ої тваринницької галузі, яке 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 -ою технологією та θ -та погодних умов;

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

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

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

б) максимізація математичного сподівання прибутку

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

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

в) максимізація математичного сподівання рентабельності

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

За таких умов:

1) використання ресурсів

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

$(s \in S, \theta \in \Theta),$

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;

$a_{s j m f k \theta}$ – норма витрат s -го ресурсу на одну тварину j -ої статевовікової групи f -ої потенційної продуктивності k -ої тваринницької галузі, яку вирощують за m -ою технологією та θ -та погодних умов;

$A_{s \theta}$ – обсяг s -го ресурсу за θ -та станом погодних умов;

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

$$\begin{aligned} & \sum_{i \in I} \sum_{q \in Q} X_{i q \theta} + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{m \in M} \sum_{f \in F} \sum_{k \in K} a_{i j m f k \theta} Y_{j m f k \theta} \leq \\ & \leq \sum_{i \in I_2} \sum_{q \in Q_2} X_{i q \theta} + \sum_{i \in I_2} \sum_{j \in J} \sum_{m \in M} \sum_{f \in F} \sum_{k \in K} a_{i j m f k \theta} Y_{j m f k \theta} \leq \dots \\ & \dots \leq \sum_{i \in I_n} \sum_{q \in Q_n} X_{i q \theta} + \sum_{i \in I_n} \sum_{j \in J} \sum_{m \in M} \sum_{f \in F} \sum_{k \in K} a_{i j m f k \theta} Y_{j m f k \theta}, \end{aligned} \quad (5)$$

$(\theta \in \Theta)$

де I_{k+1} – множина сільськогосподарських культур, які є попередником для відповідної множини культур I_k ; $Q_{I_{k+1}}$ – множина технологій, за якими вирощуються відповідні види сільськогосподарських культур; $a_{ijmfk\theta}$ – площа посіву i -ої культури, урожай з якої використовується протягом року в раціоні однієї голови j -ої статевої групи f -ої потенційної продуктивності k -ої тваринницької галузі, яку вирощують за m -ою технологією та θ -та станом погодних умов;

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

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

$(i \in D_3, \theta \in \Theta)$

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

D_3 – множина сільськогосподарських культур, на які встановлюються обмеження, наприклад соняшник, льон тощо;

4) врахування інерційності рослинницьких культур

$$\sum_{q \in Q_i} X_{iq\theta} = \sum_{q \in Q_i} X_{iq,\theta+1}, \quad (7)$$

$(i \in I, \theta \in \Theta - 1)$

5) врахування маневреності структури стада

$$\sum_{m \in M} \sum_{f \in F} Y_{jmfk\theta} - B_{jk\theta} \sum_{j \in J} \sum_{m \in M} \sum_{f \in F} Y_{jmfk\theta} \leq 0, \quad (8)$$

$(j \in J; k \in K; \theta \in \Theta)$

де $B_{jk\theta}$ – частина тварин j -ої статевої групи k -ої тваринницької галузі за θ -та станом погодних умов;

6) врахування інерційності тваринницьких галузей

$$\sum_{m \in M} \sum_{f \in F} Y_{jmfk\theta} = \sum_{m \in M} \sum_{f \in F} Y_{jmfk,\theta+1}, \quad (9)$$

$(j \in J; k \in K; \theta \in \Theta - 1)$

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

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

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

де $M_n \in M$, M_n – підмножина технологій, яка відповідає утриманню тварин з групи потенційної продуктивності в групі двох нижчих рівнів;

8) обмеження за розмахом (економічним ризиком) товарної продукції

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

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

9) обмеження за розмахом (економічним ризиком) прибутку

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

де $Z_{2\theta}$, Z_{21} – відповідно максимальний та мінімальний обсяги прибутку за найкращих та найгірших погодних умов; R_2 – нормативний розмах прибутку;

10) невід'ємність змінних

$$X_{iq\theta} \geq 0, Y_{jmfk\theta} \geq 0, \quad (13)$$

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

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 агропідприємств. Цю модель використовуємо для аналізу та управління (планування) техніко-економічних процесів аграрного виробництва за умов невизначеності (економічного ризику).

За допомогою економіко-математичної моделі (1)–(13) на основі даних у різних погодних умовах досліджується невизначеність аграрного виробництва в Поліссі України по трьох критеріях оптимальності (максимізація товарної продукції, прибутку та рентабельності) – п'ятнадцять варіантів планів. У табл. 1 наведені техніко-економічні показники оптимальних планів за різних погодних умов (критерій оптимальності – максимізація прибутку).

З покращенням погодних умов поліпшуються значення економічних показників. Отримані результати підтверджують, що дані

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

Показник	Погодний стан				
	$\theta = 1$	$\theta = 2$	$\theta = 3$	$\theta = 4$	$\theta = 5$
Товарна продукція, тис. грн	3659	5461	7422	9896	10541
Прибуток, тис. грн	380	1008,5	1521	2314	2953
Рентабельність, %	10,9	17,3	21,4	23	27,3

господарської діяльності агропідприємств змінюються в значних інтервалах і залежать від мінливості (стану) погоди. Така ситуація породжує невизначеність прийняття рішення стосовно плану виробництва продукції.

Техніко-економічні показники виробництва агропідприємства здебільшого залежать від мінливості погоди, а також від критерію оптимізації. Оскільки неможливо з достатньою точністю передбачити стан погоди на плановий період, то недоцільно під час розробки планів орієнтуватися на один із варіантів погодних умов, навіть якщо він є найбільш ймовірним (табл. 2). Аналіз отриманої інформації показує, що третій варіант плану за всіма показниками поступається першому і другому. Порівнюючи останні два варіанти планів, бачимо, що другий поступається першому за товарною продукцією, але значно переважає за прибутком та рентабельністю. Однак очевидно, що перший варіант плану перевищує за товарною продукцією, другий варіант тільки на 763 тис. грн., що становить 9,74% першого плану. Отже, другий варіант плану за техніко-економічними показниками має

значні переваги перед першим. Отримані техніко-економічні показники оптимальних планів дають можливість оцінити ступінь економічного ризику будь-якого показника.

Нині можна виокремити цілу низку математичних теорій, які доречно використовувати для формалізації невизначеної інформації й вимірювання ризику: багатозначна логіка, теорія похибок, теорія інтервальних середніх, теорія суб'єктивних ймовірностей, теорія нечітких множин, теорія нечітких мір й інтервалів.

Окремі показники ступеня ризику обчислюють у відносних або абсолютних величинах. Велике значення для оцінки ступеня ризику має вибір економічних показників, за варіацією, мінливістю, швидкістю змін яких судять про міру ризику. Необхідно, щоб ці показники відображали економічну сутність результатів оцінювання, управління, рішення та були адекватними щодо обраних цілей.

Кількість показників ступеня ризику в економіці весь час зростає й зростатиме надалі через багатогранність ризику. Тому є сенс продовжувати наукові дослідження в даній сфері.

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

Показник	Максимальний критерій оптимальності		
	товарна продукція, перший варіант	прибуток, другий варіант	рентабельність, третій варіант
Товарна продукція, тис. грн	7833	7070	7541
Собівартість, тис. грн	6845	5421	6052
Прибуток, тис. грн	988	1649	1489
Рентабельність, %	14,4	30,4	24,6

Висновки

Отже, в результаті досліджень розглянуто оцінювання ступеня ризику, спираючись на варіацію чи середньоквадратичне відхилення.

Аналіз варіантів, розрахованих за моделлю, підтверджує, що застосування економіко-математичних методів дає строго обґрунтовану інформацію для планування

агровиробництва і є досить ефективним.

У результаті застосування такого підходу моделювання зменшується економічний ризик та пом'якшується негативний вплив погодних умов, створюється структура виробництва, яка в умовах невизначеності найкращим чином була б пристосована до можливих змін.

Бібліографія

1. Васильєва Н.К. Методи й моделі оптимізації в економіці: навчальний посібник / Н.К. Васильєва. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2008. – 142 с.

2. Вітлінський В.В. Ризикологія в економіці та підприємстві: монографія / В.В. Вітлінський, Г.І. Великоіваненко. – К.: КНЕУ, 2004. – 480 с.

3. Вітлінський В.В. Аналіз, моделювання та управління економічним ризиком: навч.-метод. посібник / В.В. Вітлінський, П.І. Верченко. – К.: КНЕУ, 2000. – 292 с.

4. Келюх О.О. Інформаційні технології економічної оптимізації розрахунку параметрів рослинництва / О.О. Келюх // Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. – 2016. – № 2. – С. 130–135.

5. Макаренко П.М. Інноваційне забезпечення конкурентоспроможності інтегрованих структур АПК / П.М. Макаренко, Н.К.

Васильєва // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2005. – № 3(38). – С. 134–137.

6. Наконечний С.І. Погодний ризик АПК: адаптивне моделювання, економічне зростання та прогнозування / С.І. Наконечний, С.С. Савіна. – К.: ДЕМІУР, 1998. – 162 с.

7. Нужна С.А. Математичне моделювання системних характеристик сільськогосподарських підприємств та об'єднань. / С.А. Нужна // Питання прикладної математики і математичного моделювання: збірник наук. праць Дніпропетровського національного університету. – 2012. – С. 219–229.

8. Самарець Н.М. Сучасний стан діяльності сільських домогосподарств в Україні / Н.М. Самарець // Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. – 2016. – № 1. – С. 83–88.

Рецензент – доктор економічних наук,
професор Н.К. Васильєва