

Н. М. Горобець,  
к. с.-г. н., доцент, доцент кафедри менеджменту і права,  
Дніпровський державний аграрно-економічний університет  
ORCID ID: 0000-0001-5032-2903

Н. К. Дьяченко,  
старший викладач кафедри вищої математики,  
Дніпровський державний аграрно-економічний університет  
ORCID ID: 0000-0002-8506-9204

DOI: 10.32702/2306-6814.2019.13.30

## ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНІ ПІДХОДИ ДО ОПТИМІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ

N. Gorobets,  
PhD, associate professor of management and law  
N. Diachenko,  
Senior Lecturer, Department of Mathematics, Dnipro State Agrarian and Economic University

### ECONOMIC AND MATHEMATICAL APPROACHES TO OPTIMIZATION OF AGRICULTURAL ENTERPRISES 'PRODUCTION PROGRAM

*У статті розглянуто питання моделювання економічних процесів виробничої діяльності сільськогосподарського підприємства. Проведено оптимізацію виробничої структури галузі рослинництва підприємства шляхом економіко-математичного моделювання. Наводяться етапи моделювання виробничих процесів та умови побудови моделі з урахуванням чинників ризику. Обґрунтовано доцільність застосування економіко-математичних методів для вирішення економічних задач в управлінні аграрними підприємствами. Запропоновано введення до сівозміни господарства корисної зернобобової культури – нут, що забезпечить економічну ефективність за рахунок виходу на нові ринки збуту. На практичному прикладі розглянуто оптимізацію виробничої програми сільськогосподарського підприємства з урахуванням включення до товарного портфелю нішевої культури нут. Розраховано дохід господарства шляхом побудови математичної моделі. За результатами оптимізаційних розрахунків доведено ефективність розподілу посівних площ сільськогосподарських культур та формування оптимальної сівозміни, що забезпечить більшу конкурентоспроможність аграрних підприємств.*

*The article is devoted to the consideration of general aspects of the development of an optimization economic-mathematical model of agricultural resources of agricultural enterprises. Reserves of productive potential, rational use of crop rotation and increase of economic efficiency of economic activity of agro enterprises are revealed. The characteristic conditions and factors that need to be taken into account in the development of a production program are investigated. Applied testing of mathematical calculations has been carried out for an agricultural enterprise that wants to optimize its production structure in order to ensure maximum overall profitability. Such a model can be used to analyze and identify the reserves of resource potential of enterprises of any form of ownership, for different periods of time, as well as to identify the features of strategies for increasing the economic efficiency of economic activity, not only the enterprise as a whole, but also its individual units. In addition, the constructed model can be modified both structurally and substantively. The developed of economic-mathematical model provided for the main types of activities, in particular, the crop industry, namely, the cultivation of cereals and oilseeds. It was established that increasing the profitability of agricultural producers is ensured by optimizing their production structure based on the results of economic and mathematical modeling. The expediency of making further management decisions concerning their economic development and increase of competitiveness of agricultural products on the market is substantiated. According to the results of optimization of the production structure, it is expected to increase the volumes of crop production and increase the proceeds from sales of products. It is established that the construction of optimization of the structure*

*of production will allow to determine the set of basic conditions for the implementation of the economic process in various components of the model. A systematic approach to planning the volumes of crop area of agricultural crops is proposed. The optimal correlation of sown area is established, which will allow to increase the volume of agricultural enterprise production. It has been proved that the process of modeling in the activity of agricultural enterprises enables to make optimal and effective management decisions at different stages of operation and development of the enterprise.*

*Ключові слова: економіко-математичне моделювання, оптимізація, виробнича структура, нішеві культури, сільськогосподарське виробництво, виробнича програма.*

*Key words: economic-mathematical modeling, optimization, production structure, rare cultures, agricultural production, production program.*

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

В умовах динамічних змін, що відбуваються у зовнішньому та внутрішньому середовищах функціонування сільськогосподарських підприємств, одним із напрямів підвищення економічної ефективності виробництва є формування оптимальної виробничо-галузевої структури й спеціалізації підприємства із застосуванням економіко-математичних методів. Такий підхід до вирішення проблемних питань господарювання сприяє одержанню максимальної кількості продукції з одиниці обмежених ресурсів, що позитивно позначається на фінансово-економічних показниках діяльності аграрних підприємств.

З метою забезпечення зростання показників ефективності виробничо-економічної діяльності сільськогосподарських підприємств особливу увагу доцільно приділяти оптимізації бізнес-процесів їх виробничого менеджменту, зокрема, раціоналізації товарного портфелю підприємства за галузями рослинництва та тваринництва за умови введення інновацій, що дає змогу провести диверсифікацію та певну балансову ув'язку всередині підприємства між наявними ресурсами та запланованими обсягами виробництва сільськогосподарської продукції. На підставі економіко-математичного моделювання процесів за допомогою інформаційних технологій отримуються найбільш вірогідні висновки щодо реальних явищ, які відбуваються у виробничо-господарській діяльності аграрних підприємств. Отже, актуальність статті та постановка проблеми полягає в проведенні оптимізації виробничої структури як підґрунтя для ухвалення найбільш оптимальних управлінських рішень щодо формування та реалізації виробничих програм з урахуванням введення певних новацій задля довгострокового виживання сільськогосподарських підприємств у ринкових умовах їх господарювання.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Проблеми використання економіко-математичних підходів до моделювання та оптимізації управлінських рішень в агробізнесі розглядають у своїх наукових працях такі вітчизняні вчені: В.Я. Амбросов, В.Г. Андрійчук, О.А. Бугуцький, Н.К. Васильєва, В.В. Вітлінський, С.І. Демяненко, О.Ю. Єрмаков, О.В. Крисальний, І.І. Лукінов, В.Я. Месель-Веселяк, С.І. Наконечний, О.М. Онищенко, Б.Й. Пасхавер, С.С. Савіна, В.М. Трегобчук, М. Турченко, Л.Швайка та ін. Серед іноземних вчених, які вивчали теоретичні та методологічні аспекти програмування діяльності сільськогосподарських підприємств

за допомогою економіко-математичних методів, слід зазначити наукові роботи Р. Акоффа, Г. Армстронга, В. Вонга, П. Діксона, К. Ерроу, Л. Клейна, А. Маршала, Д. Сондерса, Д. Шовена та ін.

Разом з цим, під час формування виробничої програми сільськогосподарських підприємств недостатньо уваги, на нашу думку, приділяється обґрунтуванню плану виробництва ринковим можливостям, зокрема попиту на нішеві сільськогосподарські культури. Саме тому в сучасних кризових умовах господарювання аграрних підприємств процес оптимізації виробничої структури із залученням до товарного портфелю малопоширених рентабельних культур потребує проведення більш ґрунтовних досліджень.

## МЕТА СТАТТІ

Метою статті є обґрунтування управлінських рішень щодо доцільності введення малопоширених сільськогосподарських культур до сівозмін аграрних підприємств на підставі розрахунків економіко-математичного моделювання оптимальної виробничої програми.

## ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Зростання ефективності діяльності сільськогосподарських підприємств зумовлює необхідність оптимізації системи управління їх бізнес-процесами. Вчені зазначають, що це завдання неможливо сьогодні вирішити без використання інформаційних систем і технологій, адже зростання інформаційних потреб і розвиток інформаційних послуг передбачає нові пріоритети і вимагає використання нових методів управління.

Процес планування виробничо-фінансової діяльності сільськогосподарського підприємства при цьому полягає у розробці за допомогою інформаційних систем та технологій програми на календарний рік у відповідності до комплексу агротехнічних, зооветеринарних, техніко-технологічних та організаційно-економічних заходів, які забезпечують досягнення запланованого обсягу виробництва при найменших витратах на одиницю продукції.

Загалом планування виробництва в сільськогосподарських підприємствах являє собою точне передбачення та програмування на перспективу виробничого процесу та його результатів за відповідними етапами. Досить важливим у розробленні плану роботи підприємства є досягнення оптимальної збалансованості всіх складових, дотримання порядку та послідовності вико-

нання робіт; встановлюються терміни та відповідальні виконавці за всім спектром різноманітних операцій, які передбачені планом; визначаються джерела та розміри фінансування, а також ліміти витрат за кожним заходом, етапом та видом робіт.

Моделювання економічних процесів сільськогосподарського виробництва починається з розробки економіко-математичної моделі, яка відбувається в певній послідовності:

- 1) постановка завдання та обґрунтування критерію оптимальності;
- 2) розроблення структурної математичної моделі;
- 3) збір та опрацювання вихідної інформації;
- 4) побудова розгорнутої матриці завдань;
- 5) розв'язання задачі за допомогою ЕОМ;
- 6) аналіз одержаних результатів.

Останнім часом все більше приділяється уваги до проблеми управління виробничим ризиком у сфері аграрного виробництва, що обумовлено нагальною потребою щодо розробки ефективного механізму обґрунтування виробничої програми підприємства із застосуванням математичних розрахунків. Постановку завдання оптимальної виробничої програми з урахуванням пріоритетних чинників ризику, таких як погодні умови, інфляція та зміна реалізаційної ціни на продукцію, можна сформулювати наступним чином: виходячи із сукупності умов, необхідно визначити таку виробничу програму, яка забезпечить сільськогосподарському підприємству максимальний прибуток.

Водночас модель має відповідати певним умовам:

- розміри сільськогосподарських угідь не мають перевищувати площ, які є в наявності;
- посів сільськогосподарських культур має проводитися на підставі розроблених сівозмін;
- кормова база має повністю задовольняти потреби тварин у кормах з урахуванням їх продуктивності;
- виробничі та матеріальні ресурси підприємства мають певний ліміт;
- техніко-економічні показники повинні враховувати погодні, фінансово-економічні та виробничі ризики;
- прибуток, на який очікує підприємство, повинен бути максимальним.

З метою обґрунтування виробничої програми з урахуванням чинників ризику визначену задачу можна вирішити за деякими критеріями:

- мінімум матеріально-грошових витрат;
- максимум прибутку від реалізованої продукції.

Для складання числової економіко-математичної моделі визначеної задачі необхідно підготувати та опрацювати велику кількість вхідної інформації: посівні площі сільськогосподарських культур; їх врожайність; потреба рослин у різних елементах живлення; кількість тварин за видами; кормова цінність; потреба тварин в різних видах кормів; потреба підприємства в добривах, регуляторах росту рослин, пестицидах для забезпечення запланованої врожайності та продуктивності тощо.

Проведемо оптимізацію виробничої програми досліджуваного сільськогосподарського підприємства. Як метод дослідження можливих варіантів тактики господарської діяльності щодо забезпечення оптимізації виробничої програми підприємства було використано еко-

номіко-математичне моделювання, оскільки: по-перше, повністю реалізується принцип системного підходу; по-друге, вирішується проблема реалізації багатоваріантної постановки задачі; по-третє, існує можливість оперативного коригування досліджуваних параметрів відповідно до зміни внутрішніх та зовнішніх факторів, що впливають на досліджуване підприємство.

У зв'язку з цим обґрунтовується можливість оптимізації структури посівів для досягнення максимуму прибутку в господарській діяльності та підвищення економічної ефективності виробничо-економічної діяльності сільськогосподарського підприємства.

Побудова економіко-математичної моделі оптимізації структури виробництва дозволить визначити сукупність основних умов реалізації економічного процесу в різних складових моделі: обмеження по продукції та ресурсах, способи виробництва, варіанти використання ресурсів з точки зору витрат та ефективності.

Важливою умовою правильної побудови економіко-математичної моделі є обґрунтування критерію оптимальності рішення. Критерієм оптимальності в розробленій економіко-математичній задачі є максимізація прибутку, що дозволить об'єднати дві методики дослідження в одну, оскільки вихідні умови для моделі були сформовані на основі концепції максимізації; а також, враховуючи цільову спрямованість досліджень — досягнення прибутковості для забезпечення та підвищення ефективності виробничого менеджменту шляхом запровадження до товарного портфелю досліджуваного сільськогосподарського підприємства нової нішевої зернобобової культури — нут.

Вирощування нуту є привабливою бізнес-ідеєю з декількох причин: висока рентабельність цієї нішевої культури; урізноманітнення сівозмін та, як наслідок, покращання фітосанітарного стану полів й ґрунтів; диверсифікація виробництва, як спосіб зменшення фінансово-господарських ризиків підприємства та страхування на випадок неврожаю основних культур у господарстві.

Зауважимо на тому, що всі сільськогосподарські культури, з урахуванням запропонованого нуту, передбачають укладення контрактної угоди за відповідними каналами збуту. На нашу думку, стратегія розподілу продукції "під замовлення" значно полегшить виробничо-збутову діяльність досліджуваного господарства. Вихідні дані для розв'язку економіко-математичної задачі наведені в таблиці 1.

Загальна посівна площа становить — 1332 га, причому нут може займати не більше 100 га (за даними проекту), а такі сільськогосподарські культури, як ріпак і соняшник не більше, ніж по 200 га.

Перелік умов задачі в числовій моделі логічно виходить з її математичної моделі, постановки завдання та інформації про специфіку сільськогосподарського підприємства.

Критерієм оптимальності є максимум виручки від реалізації сільськогосподарської продукції.

Модель складається з погоджених між собою блоків показників, кожен з яких відповідає певній системі пошукових невідомих та обмежень. За результатами процесу моделювання розроблено математичну модель задачі, що складається з системи лінійних обмежень, і є задачею лінійного програмування.

**Таблиця 1. Вихідні дані до оптимізації виробничої програми**

Показник	Кукурудза	Пшениця	Ячмінь	Ріпак	Соняшник	Нут
Урожайність, ц/га	30	31	30	24	18	20
Ціна, грн за 1 ц	410	450	415	1060	1026	2000
Обсяг контрактної угоди, ц	5000	11253	12000	4800	3600	2000

Цільова функція при цьому має вигляд:  
 $Z = 12300 x_1 + 13950 x_2 + 12450 x_3 + 25440 x_4 + 18486 x_5 + 40000 x_6 \rightarrow \max$ .

Отже, за змінні визначено:

- $x_1$  — посівна площа під кукурудзу, га;
- $x_2$  — посівна площа під пшеницю, га;
- $x_3$  — посівна площа під ячмінь, га;
- $x_4$  — посівна площа під ріпак, га;
- $x_5$  — посівна площа під соняшник, га;
- $x_6$  — посівна площа під нут, га.

Дотримуючись економічного змісту, всі введені змінні прийматимуть тільки невід'ємні значення:

$$x_1 \geq 0; x_2 \geq 0; x_3 \geq 0; x_4 \geq 0; x_5 \geq 0; x_6 \geq 0.$$

Економіко-математична модель має такі обмеження:

- $30x_1 \geq 5000$ ,
- $31x_2 \geq 11253$ ,
- $30x_3 \geq 12000$ ,
- $24x_4 \geq 4800$ ,
- $18x_5 \geq 3600$ ,
- $20x_6 \geq 2000$ .

Обмеження за земельними ресурсами опишемо як:

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 \leq 1332,$$

$$x_6 \leq 100,$$

$$x_4 \leq 200,$$

$$x_5 \leq 200.$$

Таким чином, за моделлю оптимізації виробничої програми треба знайти такі невід'ємні значення змінних, що задовольняють обмеження-нерівності та надають цільовій функції максимальне значення.

Для визначення оптимального плану оптимізації виробничої програми сільськогосподарського підприємства використаємо засоби програми MS Excel. Одержаний план із максимальним загальним доходом від реалізації зібраного врожаю наведено в таблиці 2.

**Таблиця 2. План оптимізації виробничої програми в підприємстві**

Значення	Площі посіву						Ліва частина	Знак	Права частина
	x1	x2	x3	x4	x5	x6			
	166,67	365,33	400	200	200	100			
Обмеження									
Назва	Коефіцієнти						Ліва частина	Знак	Права частина
Контракт за кукурудзою	30	0	0	0	0	0			
Контракт за пшеницею	0	31	0	0	0	0	1125,33	>=	11253
Контракт за ячменем	0	0	30	0	0	0	12000	>=	12000
Контракт за ріпаком	0	0	0	24	0	0	4800	>=	4800
Контракт за соняшником	0	0	0	0	18	0	3600	>=	3600
Контракт за нутом	0	0	0	0	0	20	2000	>=	2000
Загальна площа посіву	1	1	1	1	1	1	1432	<=	1432
Межа посівної площі нуту	0	0	0	0	0	1	100	<=	100
Межа посівної площі соняшнику	0	0	0	0	1	0	200	<=	200
Межа посівної площі ріпаку	0	0	0	1	0	0	200	<=	200
Критерій оптимальності									
Назва	Коефіцієнти						Розрахункове значення		
Загальний дохід	12300	13950	12450	25440	18468	40000	24908000	→	Max

У результаті оптимізації виробничої програми отримано зростання загального доходу підприємства. Звідси доведено, що керівництву досліджуваного сільськогосподарського підприємства доцільно звернути увагу на нарощування прибутку через розширення сівозміни шляхом впровадження до галузі рослинництва нової сільськогосподарської культури — нут, а також збільшувати обсяги реалізації рослинницької продукції за рахунок оптимізації виробничої програми шляхом зниження собівартості.

У таблиці 3 представлено основні показники ефективності галузі за умови проведення оптимізації. Загальний дохід сільськогосподарського підприємства складатиме 24908,0 тис. грн, водночас площі посіву таких культур, як кукурудза, пшениця, ячмінь, ріпак, соняшник та нут складатимуть відповідно 166,67; 365,33; 400; 200; 200; 100 га.

Підвищення економічної ефективності сільськогосподарського підприємства передбачає збільшення обсягів виробництва продукції рослинництва і зростання виручки від реалізації продукції. Тому пропонується системний підхід щодо планування обсягів площ сільськогосподарських культур, а також щодо оптимального вибору культур, які будуть введені до сівозміни господарства. За таких умов у результаті впровадження запропонованих заходів буде досягнуте оптимальне співвідношення посівних площ, що дозволить збільшити обсяги сільськогосподарського виробництва. Отже, за рахунок оптимізації посівних площ товарних рослинницьких культур приріст прибутку, одержаний від виробничо-збутової діяльності досліджуваного сільськогосподарського підприємства, складе 61,1 % або 2335,0 тис. грн, що дозволить збільшити рівень рентабельності на 6,2 в.п.

Таким чином, використання оптимізаційних розрахунків, отриманих на підставі розробленої економіко-математичної моделі, дозволить аграрним підприємствам своєчасно ухвалювати управлінські рішення щодо розподілу посівних площ та формувати оптимальну сівозміну із включенням до неї малопоширених рентабельних видів сільськогосподарських культур.

**Таблиця 3. Економічна оцінка ефективності діяльності підприємства в результаті оптимізації його виробничої структури**

Показник	2018	Проект (2020)	Проект до 2018	
			+,-	%
Припадає на 100 га с.-г. угідь, тис. грн: – основних фондів	76,8	78,6	1,8	102,3
– виробничих витрат	440,7	482,3	41,6	109,4
Одержано на 100 га с.-г. угідь, тис. грн: – валової продукції	1307,8	1607,2	299,4	122,9
– товарної продукції	1300,1	1779,1	479	136,8
Одержано валової продукції: – на одну люд.-год., грн	460,9	566,5	105,6	122,9
– на одного робітника, тис. грн	915,4	1125,0	209,6	122,9
– на 1 грн основних фондів, грн	17,0	20,9	3,9	122,9
Припадає на 1 га ріллі: – виробничих витрат, тис. грн	4,63	7,6	2,97	164,1
Виручка від реалізації продукції, тис. грн	18201,4	24908,0	6706,6	136,8
Повна собівартість продукції, тис. грн	14378,1	18749,7	4371,6	130,4
Прибуток, тис. грн	3823,3	6158,3	2335	161,1
Рівень рентабельності, %	26,6	32,8	6,2 в.п.	

**ВИСНОВКИ**

Отже, на підставі проведеної оптимізації виробничої структури досягається ефективне функціонування виробничого менеджменту сільськогосподарського підприємства. Управлінські рішення щодо доцільності введення малопоширених сільськогосподарських культур до сівозмін аграрних підприємств є більш обґрунтованими та виваженими за умови підкріплення розрахунками, зробленими на підставі економіко-математичного моделювання оптимальної виробничої програми. Опрацювання прикладних аспектів оптимального планування виробничо-збутової діяльності аграрних підприємств та процедурні питання щодо проведення оптимізаційних розрахунків, як одного із економічних інструментів розробки стратегій, підвищать їх рівень ефективності та конкурентоспроможності. В цьому ракурсі наступні дослідження будуть пов'язані з розробкою механізму стратегічного управління виробничо-економічною та збутовою діяльністю сільськогосподарських підприємств в умовах кризи за допомогою відповідного інструментарію стратегічного планування та методів системного програмування в агробізнесі.

**Література:**

1. Бродський Ю.Б. Економіко-математична модель оптимізації виробничої структури високотоварних сільськогосподарських підприємств / Ю.Б. Бродський, В.Є. Данкевич // ВІСНИК ЖДТУ. — 2011. — № 1. — С. 180—183.
2. Довба І.В. Особливості оптимізації управління бізнес-процесами підприємства та методи їх удосконалення [Електронний ресурс] / І.В. Довба, С.Ю. Сойма. // Науковий вісник Мукачівського державного університету. Серія: Економіка та суспільство. — 2016. — № 6. — С. 130—133.
3. Дороженко Л.І. Сутність оптимізації витрат із застосуванням економіко-математичних методів / Л.І. Дороженко // Науковий вісник Херсонського державного університету. — 2014. — Вип. 6. Ч. 5. — С. 228—231.
4. Єгунов Ю.А. Сучасні підходи до моделювання оптимальної виробничої програми промислового підприємства / Ю.А. Єгунов // Вісник соціально-еко-

номічних досліджень. Збірник наукових праць. Одес. держ. екон. ун-т. — Одеса: ОДЕУ, — 2008. — Вип. 31. — С. 88—94.

5. Сердюк В.Б. Застосування економіко-математичних методів для розв'язання економічних задач / В.Б. Сердюк. // Економічний часопис. — 2014. — № 1. — С. 70—73.
6. Чупріна М.О. Використання ІТ-інструментів для оптимізації управління бізнес-процесами підприємств України / М.О. Чупріна, І.А. Шеховцова // Економічний вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". — 2016. — № 13. — С. 324—329.

**References:**

1. Brods'kyj, Yu. B. and Dankevych, V. Ye. (2011), "Economic-mathematical model of optimization of the production structure of high-value agricultural enterprises", VISNYK ZhDTU, vol. 1, pp. 180—183.
2. Dovba, I. V. and Sojma, S. Yu. (2016), "Features of optimization of management of business processes of the enterprise and methods of their improvement", Naukovyj visnyk Mukachivs'koho derzhavnoho universytetu, serija: Ekonomika ta suspil'stvo. [Online], vol. 6, available at: [http://economyandsociety.in.ua/journal/6\\_ukr/22.pdf](http://economyandsociety.in.ua/journal/6_ukr/22.pdf) (Accessed 30 June 2019).
3. Dorozhenko, L.I. (2014), "The essence of cost optimization with the use of economic and mathematical methods", Naukovyj visnyk Khersons'koho derzhavnoho universytetu, vol. 6, no. 5, pp. 228—231.
4. Yehupov, Yu.A. (2008), "Modern approaches to modeling the optimal production program of an industrial enterprise", Visnyk sotsial'no-ekonomichnykh doslidzhen'. Zbirnyk naukovykh prats' ODEU, vol. 31, pp. 88—94.
5. Serdiuk, V. B. (2014), "Application of economic and mathematical methods for solving economic problems", Ekonomichnyj chasopys, vol. 1, pp. 70—73.
6. Chuprina, M. O. and Shekhovtsova, I.A. (2016), "Use of IT tools to optimize the management of business processes in Ukrainian enterprises", Ekonomichnyj visnyk Natsional'noho tekhnichnoho universytetu Ukrainy "Kyivs'kyj politekhnichnyj instytut, vol. 13, pp. 324—329. *Стаття надійшла до редакції 01.07.2019 р.*