НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

**ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
І ГЛОБАЛЬНОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ**

ІНСТИТУТ КІБЕРНЕТИКИ ім. В.М. ГЛУШКОВА

ІНСТИТУТ ЕКОНОМІКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В ЕКОНОМІЦІ

№ 1 (10), січень-березень 2018 р.

Міжнародний науковий журнал

Заснований у липні 2014 р.
Виходить 4 рази на рік

Журнал включено до Переліку наукових фахових видань України,
в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук за напрямами фізико-математичні, технічні та економічні науки
(Наказ Міністерства освіти і науки України від 09.03.2016. № 241)

КИЇВ 2018

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор – **С.О. Довгий**, д-р фіз.-мат. наук, академік НАНУ
Заступник головного редактора – **О.М. Трофимчук**, д-р техн. наук, чл.-кор. НАНУ

Члени редколегії:

В.П. Вишневський, д-р екон. наук, акад. НАНУ
В.М. Геєць, д-р екон. наук, акад. НАНУ
Л.Ф. Гуляницький, д-р техн. наук
Ю.І. Калюх, д-р техн. наук
Ю.Г. Кривонос, д-р фіз.-мат. наук, акад. НАНУ
С.І. Левицький, д-р екон. наук
Р.М. Лепа, д-р екон. наук
О.О. Любіч, д-р екон. наук
В.О. Романов, д-р техн. наук
В.А. Пепеляєв, д-р фіз.-мат. наук
В.О. Петрухін, д-р техн. наук
С.К. Полумієнко, д-р фіз.-мат. наук
О.Г. Рогожин, д-р екон. наук
І.В. Сергієнко, д-р фіз.-мат. наук, акад. НАНУ
М.І. Скрипниченко, д-р екон. наук, чл.-кор. НАНУ
Д.В. Стефанишин, д-р техн. наук
П.І. Стецюк, д-р фіз.-мат. наук
В.О. Устименко, д-р фіз.-мат. наук

МІЖНАРОДНА РЕДАКЦІЙНА РАДА

О.М. Ведута, д-р екон. наук, проф., Росія
М. Вохозка, проф., Чешська Республіка
Р. Еспехо, проф., Великобританія
А. Крайка, проф., Польща
А. Леонард, проф., Канада
П. Миколайчак, проф., Польща
Є.О. Нурмінський, д-р фіз.-мат. наук, проф., Росія
В.М. Полтерович, д-р екон. наук, проф., акад. РАН, Росія
В.І. Суслов, д-р екон. наук, проф., чл.-кор. РАН, Росія
Ю.С. Харін, д-р фіз.-мат. наук, проф., чл.-кор. НАНБ, Білорусь
Г. Ширз, проф., Великобританія
М. Ячимович, проф., акад. ЧАНМ, Чорногорія

Рекомендовано до друку Вченою радою Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України (протокол № 3 від 21.03.2018 р.)

Журнал публікує оригінальні та оглядові статті, матеріали проблемного та дискусійного характеру, науково-практичні матеріали з питань математичного моделювання в різних сферах господарювання, інформаційного забезпечення процесу моделювання і прогнозування, розвитку кібернетичної складової і застосування сучасних програмно-апаратних засобів для математичного моделювання.

ОСНОВНІ ТЕМАТИЧНІ РОЗДІЛИ ЖУРНАЛУ

- Інформаційні технології в економіці
- Математичні та інформаційні моделі в економіці
- Аналіз, оцінка та прогнозування в економіці
- Дискусійні повідомлення

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ
03186, м. Київ, Чоколівський бульв., 13,
Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України
Телефони: (044) 245-87-97
(044) 524-22-62

Свідоцтво про реєстрацію
КВ № 20259-10659 Р від 14.07.2014

Електронна версія журналу в Інтернеті www.mmeiournal.in.ua українською, російською та англійською мовами

ЗМІСТ

ДО 100-РІЧЧЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

Трофимчук О.М., Миронцов М.Л.
Сучасні дисертаційні дослідження Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору: математичне моделювання і обчислювальні методи…….. 7

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

Качинський А.Б., Ткач В.М., Поденко А.А.
Ієрархія факторів типових сценаріїв реалізації DDOS-атак (частина II).. 31

Триснюк В.М.
Математичні моделі взаємозв'язків між показниками екологічного середовища і здоров'ям населення…… 49

Копійка О.В., Кондратюк А.Г.
Зміна бізнес-моделі управління ІТ на підприємстві у зв'язку з розвитком сервісно-орієнтованої інформаційної економіки…… 56

Тихонов Ю.Л.
Формалізація опису економічних і навчальних процесів в е-освіті за математичними залежностями типу Парето…….. 67

МАТЕМАТИЧНІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ В ЕКОНОМІЦІ

Стефанишин Д.В.
Про використання розподілу Гумбеля типу I при оцінці ризиків повеней…….. 74

Кряжич О.О., Коваленко О.В.
Деякі моделі обробки інформації у сфері управління техногенною безпекою…… 84

Кононцев С.В.
Моделювання процесів видалення сполук нітрогену з оборотної води індустріальних рибницьких господарств…… 93

Лисецький Ю.М.
Деякі аспекти побудови корпоративних інтегрованих інформаційних систем для управління підприємством…… 103

АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПРОГНОЗУВАННЯ В ЕКОНОМІЦІ

Дунаєв Б.Б., Любіч О.О.
Моделювання макроекономічних процесів…… 109

Власюк Ю.С., Стефанишин Д.В.
Про проблеми та перспективи малої гідроенергетики в Україні……. 126

Остапенко Я.О., Замота І.О.
Моделювання оптимального виробництва продукції на виробничому підприємстві…….. 139

РЕФЕРАТИ…….. 152

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ…… 159

CONTENTS

FOR THE 100th ANNIVERSARY OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE

Trofymchuk O.M., Myrontsov M.L.
Modern dissertation researches of the Institute of Telecommunications and Global Information Space: Mathematical Modeling and Computational Methods..... 7

INFORMATION TECHNOLOGY IN ECONOMY

Kachynskiy A.B., Tkach V.M., Podenko A.A.
Hierarchy of factors of DDOS-attacks typical implementation scenarios. Volume 2..... 31

Trysnuk V.M.
Mathematical models of relationships between indicators of the environmental and healthy population..... 49

Kopiika O.V., Kondratiuk A.G.
Change of the business model of management in the enterprise in connection with the development of the servo-oriented information economy..... 56

Tikhonov Yu.L.
Formalization of the description of economic and educational processes in e-learning with the use of mathematical dependences of Pareto..... 67

MATHEMATICAL AND INFORMATIONAL MODELS IN ECONOMY

Stefanyshyn D.V.
On the use of the type I Gumbel distribution to assess risks given floods..... 74

Kryazhych O., Kovalenko O.
Some models of information processing in the field of technogenical safety management 84

Konontsev S.V.
Modeling of processes of nitrogen compounds removal from circulating water at industrial fish-farming facilities..... 93

Lisetskyi Yu.M.
Certain aspects of building Corporate Integrated Information Systems for enterprise management..... 103

ANALYSIS, EVALUATION AND FORECASTING IN ECONOMY

Dunaev B.B., Lyubich A.A.
Modeling of macroeconomic processes..... 109

Vlasiuk Yu.S., Stefanyshyn D.V.
On problems and prospects of small hydropower engineering in Ukraine.... 126

Ostapenko Ya.O., Zamota I.O.
Modeling of the optimal production at a manufacturing enterprise..... 139

ABSTRACTS..... 152

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS..... 159

УДК 519.863

Я.О. ОСТАПЕНКО, І.О. ЗАМОТА

МОДЕЛЮВАННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ НА ВИРОБНИЧОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

Анотація. *Обґрунтовано доцільність застосування економіко-математичного моделювання для аналізу діяльності виробничого підприємства та прийняття оптимальних управлінських рішень. Запропоновано модель оптимізації виробництва ПАТ «Київхліб», за результатами аналізу якої визначено оптимальний обсяг виготовлення продукції за критеріями отримання максимального прибутку, рентабельності продукції, що виготовляється, та мінімізації використання ресурсів підприємства. На прикладі ПАТ «Київхліб» продемонстрована практична корисність аналізу виробничої діяльності підприємства з використанням економіко-математичного моделювання.*

Ключові слова: *економіко-математичне моделювання, оптимізаційне моделювання, оптимізація виробничих витрат, оптимальний обсяг виробництва продукції.*

Вступ

Україна інтегрована у світові товарні ринки відповідно до умов угоди входження у СОТ [1]. Відповідно, зростаючої актуальності набуває питання забезпечення конкурентоспроможності вітчизняних виробничих підприємств. В роботі В. Адамик та Г. Вербицької зазначено, що головним напрямком підвищення конкурентоспроможності виробничого підприємства, орієнтованого на кінцевого споживача (населення), є повне задоволення потреб споживачів шляхом підвищення якості випущеної продукції за прийнятними для них цінами згідно з поточним рівнем купівельної спроможності населення. Конкуренція впливає на формування попиту продукції підприємства, а обмеженість ресурсів вимагає шукати нові способи і шляхи планування виробничої програми та складання калькуляції продукції [2].

В умовах жорсткої конкуренції на внутрішньому і зовнішньому ринках харчової продукції набуває актуальності оперативне реагування підприємства харчової галузі на зміну господарської ситуації шляхом прийняття оперативних оптимальних управлінських рішень щодо обсягів виробництва та реалізації продукції, які забезпечили б достатній рівень доходу та підвищили б ефективність використання всіх видів виробничих ресурсів [3]. Виходячи з вищезазначеного, підприємство харчової промисловості має здійснювати постійний контроль за витратами та вартістю продукції, постійно працювати над зниженням собівартості, збільшувати ефективність використання ресурсів.

Для виробничого підприємства важливо визначитись, які види продукції та в якій кількості необхідно виготовляти, щоб отримати максимальний прибуток, утримати та розширити позиції на ринку, вклавшись при цьому в наявні ресурси, які бажано повністю використати. Цього можна досягти за

© Я.О. Остапенко, І.О. Замота, 2018

допомогою економіко-математичного моделювання, оскільки воно, на нашу думку, є універсальним інструментом дослідження та аналізу виробничих і господарських процесів будь-якого суб'єкта господарювання, що сприяє ефективному вирішенню завдань планування, виробництва та управління.

Метою статті є розробка та обґрунтування математичної моделі оптимізації діяльності виробничого підприємства, що функціонує в специфічних умовах української економіки з урахуванням витрат на виготовлення продукції, оптимізації ресурсів підприємства з метою отримання максимального прибутку.

Задачі статті: довести важливість застосування економіко-математичного моделювання для визначення оптимального виробництва продукції на виробничому підприємстві та прийняття оптимальних управлінських рішень; побудувати модель оптимізації виробництва, за результатами якої проаналізувати оптимальний обсяг виготовлення продукції підприємством для отримання максимального прибутку, рентабельність продукції, що виготовляється та використання ресурсів підприємства; на прикладі побудованої моделі продемонструвати ефективність аналізу виробничої діяльності підприємства з використанням економіко-математичного моделювання.

Дослідження виконане за матеріалами фінансової та бухгалтерської звітності ПАТ «Київхліб» за 2016 рік.

1. Аналіз останніх досліджень і публікацій та мета статті

Фундаментальний внесок у моделювання економічних процесів зробили представники економіко-математичної школи неокласицизму: Артур Пігу ("ефект Пігу") [4], Леон Вальрас (закон загальної економічної рівноваги, теорія економічного добробуту) [5], Вільфредо Парето ("оптимум за Парето") [6], Карл Менгер (теорія граничної корисності) [7], Френсіс Еджворт ("скринька Еджворта" – модель, яка ілюструє ефективність обміну) [8]. Ними створено базовий категорійний і математичний апарат інструментарію макро- та мікроекономічного аналізу: еластичність попиту, граничний аналіз, коротко- та довгостроковий періоди, взаємозалежність ринків тощо.

Застосуванню системного аналізу та моделюванню в економіці присвячені роботи Вітлінського В.В. [9], Глушкова В.М. [10], Згуровського М.З. [11], Івахненка О.Г. [12] та ін. Значний вклад у теорію економіко-математичного моделювання галузей народного господарства в радянський і пострадянський час внесли Бакаєв О.О. [13], Ємельянов О.Ю. [14], Панченко А.І. [15], Кравченко В.М. [16], та ін. Прикладні аспекти макромоделювання викладені в роботах В. Леонтьєва [17] і Д. Уеллі [18], К. Ерроу [19] і Ж. Дебре [20], П. Діксона [21], Л. Клейна [22], В. Макарова [23], Г. Клейнера [24] та інших.

Деякі праці закордонних науковців присвячені моделюванню і в галузі бухгалтерського обліку (Нечаєв А.С. [25], Бадмаєва Н.М. [26], Гараєв Д.Р. [27]), економічного аналізу (Гумеров М.Ф. [28] Шелобаєва І.С. [29]). Необхідність та доцільність застосування економіко-математичних методів в економічному аналізі на рівні підприємств досліджували: Е. Альтман [30] Р. Ліс [31], У. Бівер [32].

Серед українських науковців мікроекономічне моделювання в своїх працях розглядали: Вітлінський В.В. (моделювання у сфері підприємництва) [33], Стрелюк О.В. (моделювання фінансово-економічної діяльності підприємства засобами лінійного програмування) [34], Чорна О.Є. (використання економіко-математичних моделей в процесі управління капіталом підприємства) [35], Фарафонова Н.В. (оптимізація використання виробничих ресурсів сільськогосподарськими підприємствами) [36] тощо.

Але, на жаль, моделювання оптимального виробництва продукції на виробничому підприємстві з прикладної точки зору є мало досліджуваним. В сучасних наукових працях здебільшого розглядаються теоретико-методологічні аспекти моделювання економічних процесів [37] та застосування економіко-математичних моделей в сільському господарстві [38].

На сьогоднішній день на діяльність українських виробничих підприємств впливає ряд негативних факторів: нестабільна політична та фінансова ситуація, брак вільних виробничих потужностей, нестача кваліфікованого виробничого персоналу, обмеженість у фінансуванні та розвитку, недосконалість законодавчо-правової бази тощо [39]. Тому виникає потреба в постійному моніторингу та аналізі виробничої діяльності для прийняття оптимальних управлінських рішень, спрямованих на забезпечення конкурентоздатності підприємства. Важливим завданням будь-якого виробничого підприємства за даних умов є пошук економіко-математичних моделей, найбільш адекватних сучасним українським реаліям господарювання, та використання результатів моделювання в плануванні і управлінні виробництвами, враховуючи при цьому різні критерії оптимальності.

2. Призначення і різновиди економіко-математичних моделей та етапи моделювання

Під економіко-математичною моделлю розуміють концентроване вираження найсуттєвіших економічних взаємозв'язків досліджуваних об'єктів (процесів) у вигляді математичних функцій, нерівностей і рівнянь [40, с. 182].

Економіко-математичні моделі, що використовуються для аналізу та прогнозування суспільно-економічних явищ та процесів, поділяються на детерміновані та стохастичні. Детерміновані моделі базуються на застосуванні лінійної алгебри. Вони поділяються на балансові моделі та моделі оптимального планування.

Основою стохастичних (факторних) моделей є закони теорії ймовірності, принцип вирівнювання статистичних рядів. Факторні моделі описують залежність рівня і динаміки певного результативного економічного показника від рівня та динаміки факторних економічних показників, які впливають на нього. Факторні моделі можуть включати різну кількість змінних величин і відповідних їм параметрів. Тому вони поділяються на однофакторні (фактором є один часовий параметр) та багатофакторні (одночасно враховують вплив декількох факторів на рівень і динаміку прогнозованого показника). Застосування економіко-математичних моделей на різних рівнях економічної діяльності дає змогу розв'язувати економічні проблеми різного рівня складності [41, с. 323]. Аналіз економічних явищ і процесів за допомогою моделювання зазвичай здійснюється у такій послідовності:

1. Постановка та формулювання економічної проблеми.
2. Вибір та опис об'єкта моделювання (залежні змінні).
3. Визначення та аналіз факторів, які впливають на залежні змінні (незалежні змінні).
4. Формування інформаційної бази моделі.
5. Побудова рівнянь економіко-математичної моделі.
6. Оцінка якості та надійності параметрів моделі та самої моделі.
7. Апробація моделі, її результатів в процесі прийняття рішень.

Для розв'язання економіко-математичної моделі застосовують певні методи відповідно до типу моделі [42, с. 154]:

– економічної кібернетики: системного аналізу, теорії управління системами тощо;

– математичної статистики, економетрики та економетрії: дисперсійного, кореляційного, регресійного, факторного, індексного аналізу тощо;

– прийняття оптимальних рішень: оптимізаційного моделювання, математичного програмування, дослідження операцій тощо;

– ринкової економіки: оптимального ціноутворення і планування, оптимального функціонування фірми, конкуренції тощо;

– експериментального вивчення економічних явищ: імітаційного моделювання.

Для аналізу виробничої діяльності підприємства, що функціонує в умовах української економіки, можна використовувати оптимізаційне моделювання, яке дозволяє знайти та обрати найкращий (оптимальний) варіант виробництва за умовою мінімізації використання ресурсів з метою отримання максимального прибутку. Умовою такого моделювання є чітке формулювання кінцевої мети аналізу, що обумовлює визначення критерію, за яким порівнюються варіанти розв’язку. Такими критеріями можуть бути: найбільший прибуток, найменші витрати виробництва, максимальне завантаження устаткування, максимальна продуктивність праці та ін.

3. Побудова оптимізаційної моделі ПАТ «Київхліб»

Дослідження виробничої та господарської діяльності підприємства є важливим етапом аналізу можливих варіантів його розвитку, що сприятиме обґрунтуванню оптимальних управлінських рішень.

Універсальним інструментом такого дослідження є оптимізаційне моделювання. Оцінка економічної ефективності діяльності виробничого підприємства здійснена на прикладі фактичних облікових даних публічного акціонерного товариства (ПАТ) «Київхліб». До складу товариства входить 6 виробничих майданчиків у м. Київ та 5 – в Київській області (мм. Бровари, Макарів, Сквира, Біла Церква та Фастів). Загальна кількість працівників – понад 4 тисячі. Завдяки тривалому досвіду і професіоналізму фахівців, здатних реалізувати кращі рецептури (зокрема традиційні), відпрацьованим технологіям виробництва та високому технічному рівню, компанія вийшла в лідери у своєму сегменті вітчизняного ринку. Наразі об’єднання випускає хлібобулочну і кондитерську продукцію під торговими марками: ТМ «Київхліб», ТМ «БКК», ТМ "БКК-преміум", ТМ «Марсель».

Підвищення економічної ефективності виробництва підприємства та виявлення резервів ресурсного потенціалу потребує подальшої оптимізації виробництва продукції та наявних виробничих ресурсів. Для цього доцільно здійснити відповідне економіко-математичне моделювання та проаналізувати його результати.

Для розв'язку моделі авторами використана програма Microsoft Excel, бо вона є доступною для будь-якого суб'єкта підприємницької діяльності, нескладна в експлуатації, малозатратна в придбанні та обслуговуванні порівняно з іншими програмними продуктами, а також не потребує додаткового навчання персоналу з навичок використання, а відповідно й додаткових витрат підприємства.

На основі показників калькуляції ПАТ«Київхліб» розроблена модель, що визначає максимально можливий прибуток підприємства за певних обмежень виробничих ресурсів. Вхідна інформація для побудови такої оптимізаційної моделі наведена в табл. 1.

Таблиця 1 – Калькуляція виробництва продукції ПАТ «Київхліб», 2016 рік

Виробнича продукція / Стаття витрат	Білий хліб, кг	Італійський хліб з родзинками, кг	Житній хліб, кг	Чорний хліб з висівками, кг	Булка францу-зька, кг	Об`єм ресурсів, кг
Сировина і матеріали, грн	10,806	17,779	17,779	17,779	17,779	653705,97
Ел/енергія на виробничі потреби, грн	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167	10020
Відрядна зарплата виробничих робітників, грн	0,562	0,562	0,562	0,562	0,562	33720
Відрахування на соціальні потреби, грн	0,147	0,147	0,147	0,147	0,147	8820
Амортизація основних фондів, грн	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	5400
Оклад виробничих робітників, грн	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	79900
ЄСВ, грн	0,349	0,349	0,349	0,349	0,349	20950
Зарплата невиробничого персоналу, грн	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	52374
ЄСВ, грн	0,228	0,228	0,228	0,228	0,228	13676,4
Ел/енергія на невиробничі потреби, грн	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	671,76
Орендна плата, грн	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	24000
Вартість, грн	20,601	30,154	16,496	19,485	21,851	

Джерело: складено авторами за [4].

Структурна модель оптимізаційної задачі за критерієм максимізації доходу від реалізації продукції має вигляд:

$$\max F = \sum_{i=1}^{n} c_i x_i$$
$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{n} a_{ji} \cdot x_i \le b_j, (j = \overline{1, m}) \\ x_i \ge 0, \qquad (i = \overline{1, n}) \end{cases}, \tag{1}$$

де:

F – дохід від реалізації продукції виробничого підприємства;

c – ціна реалізації одиниці певного (j-го) виду продукції;

x – кількість продукції певного (j-го) виду (j = 1,2, … 5);

a – норма витрат певного (i-го) виду ресурсів на виробництво (j-го) виду продукції;

b – фактичний обсяг (i-го) виду ресурсу;

n – кількість видів продукції, що виготовляється підприємством;

m – кількість наявних ресурсів, які задіяні у виробничому процесі.

Числова економіко-математична модель за зазначеними економічними показниками підприємства «Київхліб» має вигляд:

$$\max F = 20{,}601x_1 + 30{,}154x_2 + 16{,}496x_3 + 19{,}485x_4 + 21{,}851x_5$$
$$\begin{cases} 10{,}806x_1 + 17{,}779x_2 + 17{,}779x_3 + 17{,}779x_4 + 17{,}779x_5 \le 653705{,}97 \\ 0{,}167x_1 + 0{,}167x_2 + 0{,}167x_3 + 0{,}167x_4 + 0{,}167x_5 \le 10020 \\ 0{,}562x_1 + 0{,}562x_2 + 0{,}562x_3 + 0{,}562x_4 + 0{,}562x_5 \le 33720 \\ 0{,}147x_1 + 0{,}147x_2 + 0{,}147x_3 + 0{,}147x_4 + 0{,}147x_5 \le 8820 \\ 0{,}09x_1 + 0{,}09x_2 + 0{,}09x_3 + 0{,}09x_4 + 0{,}09x_5 \le 5400 \\ 1{,}33x_1 + 1{,}33x_2 + 1{,}33x_3 + 1{,}33x_4 + 1{,}33x_5 \le 79900 \\ 0{,}349x_1 + 0{,}349x_2 + 0{,}349x_3 + 0{,}349x_4 + 0{,}349x_5 \le 20950 \\ 0{,}87x_1 + 0{,}87x_2 + 0{,}87x_3 + 0{,}87x_4 + 0{,}87x_5 \le 52371 \\ 0{,}228x_1 + 0{,}228x_2 + 0{,}228x_3 + 0{,}228x_4 + 0{,}228x_5 \le 13676{,}4 \\ 0{,}012x_1 + 0{,}012x_2 + 0{,}228x_3 + 0{,}228x_4 + 0{,}228x_5 \le 671{,}76 \\ 0{,}4x_1 + 0{,}4x_2 + 0{,}4x_3 + 0{,}4x_4 + 0{,}4x_5 \le 24000 \end{cases} \tag{2}$$

Для розв’язання даної оптимізаційної задачі застосований спеціальний програмний модуль – розв’язувач Excel Solver (у русифікованій версії – «Поиск решения»), оскільки результат його розрахунків має інтерпретуватися і як розв'язок математичної задачі оптимізації, і як управлінське рішення, сформоване за результатами модельних обчислень. Цей модуль (надбудова) реалізує основні оптимізаційні моделі трьома чисельними методами для розв'язання задач лінійної, цілочислової й нелінійної оптимізації. Вища версія Excel 2007/2010/2013 доповнена генетичним алгоритмом еволюційного моделювання (результати розрахунку в табл. 2).

Таблиця 2 – Результати розв'язку моделі

Невідомі	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	Значення ЦФ		
Значення невідомих	48983,57	6996,428	0	0	0	1220080,853		
Коефіцієнти ЦФ	20,601	30,154	16,496	19,485	21,851			
	Коефіцієнти системи обмежень					ліва частина	знак	права частина
Обмеження 1	10,806	17,779	17,779	17,779	17,779	653705,97	≤	653705,97
Обмеження 2	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167	9348,66	≤	10020
Обмеження 3	0,562	0,562	0,562	0,562	0,562	31460,76	≤	33720
Обмеження 4	0,147	0,147	0,147	0,147	0,147	8229,06	≤	8820
Обмеження 5	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	5038,2	≤	5400
Обмеження 6	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	74453,4	≤	79900
Обмеження 7	0,349	0,349	0,349	0,349	0,349	19537,02	≤	20950
Обмеження 8	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	48702,6	≤	52374
Обмеження 9	0,228	0,228	0,228	0,228	0,228	12763,44	≤	13676,4
Обмеження 10	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	671,76	≤	671,76
Обмеження 11	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	22392	≤	24000

Джерело: авторські розрахунки.

Таблиця 2 містить наступну інформацію.

Рекомендована для виготовлення кількість продукції, кг:

x_1 – «Білий хліб»;

x_2 – «Італійський хліб з родзинками»;

x_3 – «Житній хліб»;

x_4 – «Чорний хліб з висівками»;

x_5 – «Булка французька»

Коефіцієнти цільової функції (ЦФ) – вартість виготовленої продукції за видами.

Коефіцієнти системи обмежень за нумерацією – витрати на виготовлення продукції (грн):

1 – сировина і матеріали;
2 – ел/енергія на виробничі потреби;
3 – відрядна зарплата виробничих робітників;
4 – відрахування на соціальні потреби;
5 – амортизація основних фондів;
6 – оклад виробничих робітників;
7 – єдиний соціальний внесок від окладу виробничих робітників;
8 – зарплата невиробничого персоналу;
9 – ЄСВ від зарплати невиробничого персоналу;
10 – ел/енергія на невиробничі потреби;
11 – орендна плата.

Ліва частина – понесені витрати на виробництво продукції за умови її виготовлення в рекомендованій кількості.

Права частина – максимально наявний на виробництві обсяг ресурсів.

За результатами розв'язку моделі отримано, що для досягнення максимального річного прибутку (1 220 080,853 грн) за рік ПАТ «Київхліб» має випускати 48 983,57 кг білого хліба та 6996,428 кг італійського хліба з родзинками. При цьому житній хліб, чорний хліб з висівками та булка французька є нерентабельними через низьку ціну їх реалізації. Такий результат є черговим підтвердженням того, що критично важливі для соціального забезпечення населення виробництва не можуть мати цільовою функцією своєї діяльності максимізацію прибутку.

4. Аналіз використання ресурсів та рентабельності продукції на ПАТ «Київхліб» за результатами двоїстої моделі

Для аналізу використання ресурсів на підприємстві пропонуємо параметризувати та розв'язати двоїсту модель наступного вигляду:

$$\min Z = \sum_{j=1}^{m} b_j y_j$$
$$\begin{cases} \sum_{j=1}^{n} a_{ij} y_j \geq c_i, \quad (i = \overline{1,n}) \\ y_j \geq 0, \quad (j = \overline{1,m}) \end{cases} \tag{3}$$

де: Z – виробничі витрати ресурсів підприємства;

y_j – ціна одиниці певного виду ресурсу (j = 1,2,3, … 11);

a – норма витрат певного виду ресурсів на виробництво певного виду продукції;

b – фактичний обсяг певного виду ресурсу;

n – кількість видів продукції, що виготовляється підприємством;

m – кількість наявних ресурсів, які задіяні у виробничому процесі.

За показниками калькуляції ПАТ «Київхліб» модель має вигляд:

$$\begin{aligned} \min Z = {} & 653705{,}9y_1 + 10020y_2 + 33720y_3 + 8820y_4 + 5400y_5 + 79900y_6 + 20950y_7 \\ & + 52374y_8 + 13676{,}4y_9 + 671{,}76y_{10} + 24000y_{11} \\ & 10{,}806y_1 + 0{,}167y_2 + 0{,}562y_3 + 0{,}147y_4 + 0{,}09y_5 + 1{,}33y_6 + 0{,}349y_7 + \\ & 0{,}87y_8 + 0{,}228y_9 + 0{,}012y_{10} + 0{,}4y_{11} \geq 20{,}601 \\ & 17{,}779y_1 + 0{,}167y_2 + 0{,}562y_3 + 0{,}147y_4 + 0{,}09y_5 + 1{,}33y_6 + 0{,}349y_7 + \\ & 0{,}87y_8 + 0{,}228y_9 + 0{,}012y_{10} + 0{,}4y_{11} \geq 30{,}154 \\ & 17{,}779y_1 + 0{,}167y_2 + 0{,}562y_3 + 0{,}147y_4 + 0{,}09y_5 + 1{,}33y_6 + 0{,}349y_7 + \\ & 0{,}87y_8 + 0{,}228y_9 + 0{,}012y_{10} + 0{,}4y_{11} \geq 16{,}496 \\ & 17{,}779y_1 + 0{,}167y_2 + 0{,}562y_3 + 0{,}147y_4 + 0{,}09y_5 + 1{,}33y_6 + 0{,}349y_7 + \\ & 0{,}87y_8 + 0{,}228y_9 + 0{,}012y_{10} + 0{,}4y_{11} \geq 19{,}485 \\ & 17{,}779y_1 + 0{,}167y_2 + 0{,}562y_3 + 0{,}147y_4 + 0{,}09y_5 + 1{,}33y_6 + 0{,}349y_7 + \\ & 0{,}87y_8 + 0{,}228y_9 + 0{,}012y_{10} + 0{,}4y_{11} \geq 19{,}485 \\ & 17{,}779y_1 + 0{,}167y_2 + 0{,}562y_3 + 0{,}147y_4 + 0{,}09y_5 + 1{,}33y_6 + 0{,}349y_7 + \\ & 0{,}87y_8 + 0{,}228y_9 + 0{,}012y_{10} + 0{,}4y_{11} \geq 21{,}851 \end{aligned} \tag{4}$$

Розрахунки за цією моделлю здійснені засобами Microsoft Excel (результати в табл. 3).

Таблиця 3 – Результат розв'язку моделі з оптимізації витрат виробництва

невідомі	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7	y_8	y_9	y_{10}	y_{11}	Значення ЦФ		
значення невідомих	1,369999	0	0	0	0	0	0	0	0	483,0663	0	1220080,853		
коефіцієнти ЦФ	653706	10020	33720	8820	5400	79900	20950	52374	13676,4	671,76	24000			
коефіцієнти системи обмежень												ліва частина	знак	права частина
обмеження 1	10,806	0,167	0,562	0,147	0,09	1,33	0,349	0,87	0,228	0,012	0,4	20,601	≥	20,601
обмеження 2	17,779	0,167	0,562	0,147	0,09	1,33	0,349	0,87	0,228	0,012	0,4	30,154	≥	30,154
обмеження 3	17,779	0,167	0,562	0,147	0,09	1,33	0,349	0,87	0,228	0,012	0,4	30,154	≥	16,496
обмеження 4	17,779	0,167	0,562	0,147	0,09	1,33	0,349	0,87	0,228	0,012	0,4	30,154	≥	19,485
обмеження 5	17,779	0,167	0,562	0,147	0,09	1,33	0,349	0,87	0,228	0,012	0,4	30,154	≥	21,851

Джерело: авторські розрахунки.

Таблиця 3 містить наступну інформацію:

Значення невідомих – перевитрати ресурсів :

y_1 – сировина і матеріали;

y_2 – електроенергія на виробничі потреби;

y_3 – відрядна зарплата виробничих робітників;

y_4 – відрахування на соціальні потреби;

y_5 – амортизація основних фондів;

y_6 – оклад виробничих робітників;

y_7 – єдиний соціальний внесок від окладу виробничих робітників;

y_8 – зарплата невиробничого персоналу;

y_9 – ЄСВ від зарплати невиробничого персоналу;

y_{10} – електроенергія на невиробничі потреби;

y_{11} – орендна плата.

Коефіцієнти системи обмежень – витрати на виробництво продукції:

1 – «Білий хліб»;

2 – «Італійський хліб з родзинками»;

3 – «Житній хліб»;

4 – «Чорний хліб з висівками»;

5 – «Булка французька»

Ліва частина – понесені витрати на виготовлення продукції.

Права частина – вартість виготовленої продукції.

За результатами розв'язку моделі отримано, що збільшення витрат сировини і матеріалів на 1 грн призводить до збільшення обсягу виробництва на 1,37 грн, витрат електроенергії на виробничі потреби – на 483,067 грн. Всі інші ресурси маємо в надлишку, тому їх збільшення до жодної зміни цільової функції не призведе.

Для визначення рентабельності продукції отримані значення *y* підставляються у систему обмежень двоїстої задачі. Результати наведені в табл. 4.

Таблиця 4 – Рентабельність продукції ПАТ «Київхліб» за результатами моделювання

Вид продукції	Вартість продукції за калькуляцією, грн	Вартість продукції за моделюванням, грн	Порівняння з результатами моделювання	Рентабельність продукції
Білий хліб	20,601	20,601	=	рентабельна
Італійський хліб з родзинками	30,154	30,154	=	рентабельна
Житній хліб	30,152	16,496	>	нерентабельна
Чорний хліб з висівками	30,154	19,485	>	нерентабельна
Булка французька	30,154	21,851	>	нерентабельна

Джерело: авторські розрахунки.

Показники табл. 4 підтверджують, що для ПАТ «Київхліб» за заданих витрат на виробництво виготовлення продукції «Житній хліб», «Чорний хліб з висівками» та «Булка французька» є нерентабельним. Тому доцільно зменшити випуск зазначених сортів хліба. Для максимізації прибутку підприємство має збільшити випуск білого хліба та італійського хліба з родзинками.

Висновки

Обґрунтовано та доведено важливість застосування економіко-математичного моделювання для визначення оптимального виробництва продукції на виробничому підприємстві з метою прийняття оптимальних управлінських рішень. Побудовано модель оптимізації виробництва, за результатами якої проаналізовано оптимальний обсяг виготовлення продукції для отримання максимального прибутку, а також рентабельність продукції, що виготовляється, та використання ресурсів. На прикладі побудованої моделі продемонстровано ефективність аналізу виробництва підприємства з використанням економіко-математичного моделювання.

Для розв’язку оптимізаційних моделей середнього рівня складності, до якого належить і запропонована нами модель, доцільно використовувати універсальну комп’ютерну програму, доступну пересічному користувачеві: табличний процесор Microsoft Excel, зокрема, його спеціальний програмний модуль – розв’язувач Excel Solver («Поиск решения», «Пошук рішень»), що призначений для розв’язування задач лінійного програмування.

Технологія оптимізаційного моделювання в Excel, що розглядається, може бути застосована до практично необмеженого спектра оптимізаційних задач й стати стандартним засобом аналізу, формування й прийняття управлінських рішень, розгорнутим на звичайному ПК, обладнаному пакетом

програм MS Office, що є в Україні стандартним засобом електронного документообігу.

Вирішення подібних задач в Microsoft Excel реалізовано як пошук значення параметра функції, що відповідає конкретному значенню функції. Оскільки за допомогою Excel можна вирішувати будь-які системи рівнянь з одним невідомим. Можливо також знаходити значення кількох параметрів, що забезпечують отримання попередньо заданого результату, та максимально чи мінімально можливе значення. За допомогою інструменту «Пошук рішення» у Excel можливо вирішувати як лінійні задачі (задачі лінійного, цілочисельного і стохастичного програмування), так і нелінійні (задачі нелінійного програмування).

Економічна ефективність здійснення такого моделювання на виробничому підприємстві продемонстрована на методичному прикладі ПАТ «Київхліб». За показниками калькуляції підприємства побудовано та проаналізовано оптимізаційну модель, яка відображує ефективність використання виробничих ресурсів та рентабельність продукції, що виготовляється.

Згідно з результатами розв'язку складеної моделі, щоб отримати максимальний прибуток у 1220 млн грн, підприємству необхідно збільшити випуск білого хліба та італійського хліба з родзинками. Інші види продукції є нерентабельними. Причому збільшення випуску цієї продукції потребуватиме збільшення виробничих витрат матеріальних ресурсів у категоріях «сировина і матеріали» та, особливо, «електроенергія на виробничі потреби». Причому виготовлення нерентабельних видів соціально значимої продукції можливо лише в обсягах, витрати на які перекриваються сумою чистого прибутку від реалізації рентабельної продукції.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Про ратифікацію Протоколу про вступ України до Світової організації торгівлі: Закон України від 10 квітня 2008 р. N 250-VI // Відомості Верховної Ради України. – 2008. – № 23. – С. 612.
2. В. Адамик. Оцінка конкурентоспроможності підприємств / В. Адамик, Г. Вербицька // Вісник ТНЕУ № 1, 2008 р., С. 71.
3. Е. І. Сакс. Впровадження бізнес планування на підприємствах харчової промисловості як напрям підвищення їх ефективності / Е. І. Сакс // Ефективна економіка – 2013 р. – №7 – [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.m.nayka.com.ua/?op=1&j=efektyvna-ekonomika&s=ua&z=2207
4. Пигу А. Экономическая теория благосостояния. / А. Пигу. – М.: Прогресс, 1985. – С. 6.
5. Walras L. Elements of pure economics, or The theory of social wealth. Homewood (111.), 1954. (Translated by W. Jaffe from the Definitive ed.).
6. Парето Вильфредо. Компедиум по общей социологии / Государственный ун-т Высшая школа экономики / А. А. Зотов (пер. с ит.). – 2-е изд. – М. : Издательский дом ГУ ВШЭ, 2008. – 512 с. – Перевод изд.: Compendio di sociologia generale / Vilfredo Pareto. Firenze, 1920.
7. Карл Менгер. Основания политической экономии [Електронний ресурс]: Электронная библиотека Экономика 2000. – Режим доступу: http://e2000.kyiv.org/biblioteka/index.shtml.
8. J. Greedy, FY. Edgeworth, Pioneers of Modern Economics in Britain, D.P. O'Brien and J.R. Presley (eds.) (Macmillan, 1981).

9. Вітлінський В.В. Аналіз, оцінка і моделювання економічного ризику – К.: Деміург, 1996. – 212 с.
10. Глушков В. М. Моделирование развивающихся систем / В. М. Глушков, Г555 В. В. Иванов, В. М. Яненко. – М. : Наука, 1983. – 350 с.
11. Згуровский, М. Системный анализ: Проблемы, методология, приложения [Текст] / М. Згуровский, Н. Панкратова. – К. : Наук. думка, 2005. – 743 с.
12. Ивахненко А.Г. Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем / А.Г. Ивахненко. – К.: Наук. думка, 1982. – 296 с.
13. Бакаєв О.О. Макроеконометричне моделювання економічного розвитку України: монографія / О.О. Бакаєв, Т.Г. Кравченко, Т.А. Маукмінова; // За заг. ред. О.О. Бакаєва, Т.А. Маукмінової. – К.: 2004. – 124 с.
14. Ємельянов О.Ю. Моделі оптимізації фінансового плану інвестиційної діяльності підприємства // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин (зб. наук, праць). – К.: КДТУБА, 1998. – Випуск 4. – С. 90–97.
15. Алєксєєв А. А. Модель визначення інтегрального показника інвестиційної привабливості підприємства / А. А. Алєксєєв, А. І. Панченко // Мат. машини і системи. – 2004. – № 4. – С. 157–163.
16. Кравченко В. М. Математические модели определения параметров функционально законченных элементов комплекса / В. М. Кравченко, А. К. Семенченко, О. Е. Шабаев // Систем. технології. - Д., 1999. – Вип. 7. – С. 77–81.
17. Леонтьев В.В. Межотраслевая экономика: Пер. с англ. / Автор предисл. и науч. ред. А.Г. Гранберг. – М.: ОАО издательство «Экономика», 1997. – 479 с.
18. Уэлли Дж. Прикладные модели общего равновесия // Панорама экономической мысли конца XX столетия / Ред. Д. Гринэуэй, М. Блини, И. Стюарт: В 2 т. – СПб., 2002. – Т. 2. – С. 776–794.
19. Arrow K. J., Debreu G. Existence of Equilibrium for a Competitive Economy // Econometrica. 1954. V. 25. 265–2.
20. Неоклассическая экономическая теория – Жерар Дебре [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.rosreferat.ru/economy/847.htm.
21. Диксон П. Бизнес – бренды: Стратегическое моделирование. – М.:Эксмо, 2005.
22. Клейн Л.Р. Проект ЛИНК // Экономика и математические методы. – Том 12. – 1977. – №3. – С. 29–34.
23. Макаров В.В. Математическое моделирование периодических процессов и систем химической техологии / В.В. Макаров. – М.:МХТИ, 1984. – 48 с.
24. Клейнер Г.Б. Концепция реформирования предприятий в рыночной экономике / Г.Б. Клейнер // Проблемы моделирования развития производственных систем: Сборник материалов – М.: ЦЭМИ РАН, 1999. – С. 60–67.
25. Нечаев А.С. Бухгалтерские стандарты по учету амортизации основных средств как инструмент моделирования результата : Автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. экон. наук : (08.00.12) / Нечаев Андрей Сергеевич ; [Байкал. гос. ун-т экономики и права]. – Иркутск, 2002. – 23 с.: ил. – Библиогр.: с. 23.
26. Бадмаева Ц. Н. Модели бухгалтерского баланса в финансовом анализе сельскохозяйственного предприятия: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. экон. наук: спец. 08.00.12 «Бухгалтерский учет, контроль и анализ хозяйственной деятельности» / Ц. Н. Бадмаева. – Санкт-Петербург – Пушкин, 2003. – 20 с.
27. Гараев Д.Р. Модели взаимодействия и сосуществования систем бухгалтерского учета и налогообложения / Д.Р. Гараев // [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.dissercat.com/content/modeli-vzaimodeistviya-i-sosushchestvovaniya-sistem-bukhgalterskogo-ucheta-i-nalogooblozheni#ixzz2BB FQH8UB.
28. Гумеров М.Ф. Сравнительная оценка экономического анализа и экономико-математического моделирования как феноменов экономической науки / М.Ф. Гумеров // Экономический анализ:терия и практика – 2014. – № 30(381) – С. 56–64.

29. Шелобаева И.С. Анализ применяемости экономико-математических методов в деятельности банков. // Новые информационно-компьютерные технологии в образовании: Матер, обл. межвуз. Науч.-практ. конф. Тула, 2001. – С. 195–197.
30. Altman E.I. Financial Ratios, Discriminant Analysis and the Prediction of Corporate Bankruptcy // The Journal of Finance. – 1968. – №4. – P. 589–609.
31. Модель Лиса [Електронний ресурс]. – Режим доступу: – http://afdanalyse.ru/.
32. Модели прогнозирования риска финансовой несостоятельности хозяйствующего субъекта. Модель Бивера [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://borzak.ucoz.ua/publ/teoreticheskie_materialy.
33. Вітлінський В. В., Матвійчук А. В. Зміна парадигми в сучасній теорії економіко-математичного моделювання // Економіка України.– 2007.– № 11.– С. 35-43.
34. Моделювання фінансово-економічної діяльності підприємства засобами лінійного програмування [Текст] / О. В. Стрелюк // Проблеми науки. – 2013. – № 9(153). – С. 28–38.
35. Чорна О. Є. Використання економіко-математичних моделей у процесі управління капіталом підприємства / О. Є Чорна, Г. А. Шипіцина // Бізнес Інформ. – 2012. – № 4. – С. 46–49.
36. Фарафонова, Н. В. Оптимізація використання виробничих ресурсів сільськогосподарськими підприємствами / Н. В. Фарафонова // Економічний часопис. – XXI. – 2012. – №1–2. – С. 36-39.
37. Базась М. Ф. Моделювання економічних процесів та прийняття управлінських рішень / М. Ф. Базась // Журнал Бізнес. – 2013. – № 12. – С. 33–39.
38. Домаскіна М. А. Застосування економіко-математичного моделювання для планування сільськогосподарського виробництва / М. А. Домаскіна // Бізнес-навігатор. – 2014. – № 1. – С. 172–176.
39. Литвинюк О.П. Оцінка факторів конкурентоспроможності підприємств хлібопекарської промисловості [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/12372/1/1-8.pdf.
40. Магас Т.Є. Класи економіко-математичних моделей та їх застосування / Т.Є. Магас // Збірник наукових праць ВНАУ: Серія: Економічні науки – 2011. – №1. – С. 182–190.
41. Остапенко Я.О. Економіко-математичне моделювання як інструментарій прогнозування: теоретичний аспект / Я.О. Остапенко // International Scientific - Practical Conference Modern Transformation of Economics and Management in the Era of Globalization: Conference Proceedings. January 29, 2016. Klaipeda: Baltija Publishing. P. 321–323.
42. Клименко О.В. Економіко-математичне моделювання в системі управління фінансовою діяльністю підприємства / О.В. Клименко, А.М. Брезіцька // Сучасні проблеми економіки та підприємництво. – 2014. – №14. – С. 153–157.

Стаття надійшла до редакції 16.01.2018.