

УДК 519.86:[334.72:63]

DOI: <https://doi.org/10.32851/2708-0366/2021.10.5>**Кавун Г.М.***старший викладач кафедри менеджменту та інформаційних технологій,  
Херсонський державний аграрно економічний університет***Kavun Halyna***State Higher Educational Institution  
Kherson State Agrarian and Economic University***ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ  
ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНУВАННЯ ВАНТАЖОПЕРЕВЕЗЕНЬ  
В АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ****ECONOMIC-MATHEMATICAL MODELS  
FOR CALCULATION OF OPTIMAL PLANNING  
OF CARGO TRANSPORTATION IN AGRICULTURAL ENTERPRISES**

*Досліджено методи та алгоритми розв'язування задач впровадження економіко-математичного моделювання оптимального планування вантажоперевезень з метою підвищення ефективності роботи аграрних підприємств в умовах розвитку ринкових відносин. Охарактеризовано загальні підходи до постановки задач перевезень неоднорідних вантажів різними видами транспорту та наведено критерії оптимальності цих задач в сучасних умовах господарювання. Показана необхідність удосконалення методів оптимізації планів вантажоперевезень, пов'язаних з побудовою моделі чотирьох індексної транспортної задачі, кінцевим результатом якої буде можливість отримати оптимальний план при заданих умовах і вести розрахунок не для всього запасу продукції, а для тієї кількості продукту, яка перевозиться із кожного пункту за одну поїздки.*

**Ключові слова:** модель, транспортна задача, оптимізаційні моделі, ефективність, оптимальний план.

*Исследованы методы и алгоритмы решения внедрения экономико-математического моделирования оптимального планирования грузоперевозок с целью с целью повышения эффективности работы аграрных предприятий в условиях развития рыночных отношений. Охарактеризованы общие подходы к постановке задачи перевозок неоднородных грузов разными видами транспорта и приведены критерии оптимальности этих задач в современных условиях хозяйствования. Показана необходимость усовершенствования методов оптимизации планов перевозок, связанных с построением модели четырех индексной транспортной задачи, конечным результатом которой будем возможность получить оптимальный план при заданных условиях и вести учет не для всего запаса продукции, а для того количества продукции, которая перевозится из каждого пункта за одну поездку.*

**Ключевые слова:** модель, система управления, оптимизационные модели, эффективность, оптимальный план.

*Methods and algorithms for solving problems of introduction of economic-mathematical modeling of optimal planning of cargo transportation in order to mathematical modeling of optimal planning of cargo transportation in order to mathematical modeling of optimal planning of cargo transportation in order to increase the efficiency of agricultural enterprises in the development of market relations are studied. The need for additional conditions for creating a model of optimal transportation of two types of cargo has been established on the basis of a number of additional conditions. The scheme of the developed economic and mathematical model for calculation of optimum distribution of cargo transportations is developed. The need for additional conditions for creating a model of optimal transportation of two types of cargo has been established on the basis of a number of additional conditions. The scheme of the developed economic and mathematical model for calculation of optimum distribution of cargo transportations is developed. The essence of improvement of methods of optimization of plans of cargo transportations connected with construction of model of four index transport problem which final result will be a poor. When*

*creating the model, it was established that there is no influence of insufficient load capacity of vehicles on the optimal distribution of work volume in tons-kilometers. Unity to receive the optimum plan under the set conditions and to conduct calculation not for all stock of production, and for that quantity of a product transported from each point is shown for one trip. The general approaches to optimization of transportation of straw and grain cargoes by the agricultural enterprises are characterized and the criteria of optimality of the received plan are resulted. The necessity of using mathematical modern methods in planning and forecasting of processes in the agricultural sector, namely the optimal transportation of products from fields to warehouses, elevators, farms, poultry farms. The growing requirements for transportation conditions that require in-depth research and calculations have also been studied. The formulation and general approach to the solution of a multi-index transport problem in general form are shown, which implies a restriction on each of the indices and observance of a number of conditions so that the problem has at least one admissible solution. The algorithm of reduction by a number of simplifying propositions of a nonlinear problem to a linear one, as well as its solutions with a minimum number of iterations, is established.*

**Key words:** model, control system, optimization models, economic efficiency, optimal plan.

**Постановка проблеми.** Поряд із загальною задачею оптимізації виробництва існує необхідність використання нових методів, які покращують організацію виробництва та економлять матеріальні ресурси. Економіко-математичні задачі повинні доповнювати систему моделей господарства, виявляти додаткові можливості і резерви його розвитку. Вирішення проблем транспортних перевезень в агропромисловому виробництві в використанні математичних методів суттєво підвищує ефективність існування аграрних підприємств, дозволяє їм одержувати максимально можливу рентабельність продукції в умовах кризи, підвищення ризиків та загострення конкуренції та обґрунтовувати стратегічні плани власного розвитку. Дедалі очевиднішою стає необхідність ширшого застосування надійних методів моделювання економічних процесів.

**Аналіз останніх досліджень.** Для розв'язку великої кількості економічних задач по визначенню оптимального використання ресурсів спостерігається підвищений інтерес вітчизняних науковців. Процес ефективного застосування здобутків математичного програмування в сучасних економічних дослідженнях органічно пов'язано з досягненням на попередніх етапах розвитку. Питання впровадження методів економіко-математичного моделювання в процес розрахунку оптимальних планів вантажоперевезень з метою підвищення економічної ефективності аграрного підприємства завжди є нагальним. В умовах сучасних ринкових відносин – створення нових методів економіко-математичного моделювання стає очевидним. Суттєвий внесок в дані дослідження був здійснений В. Н. Леонтєвим, В. С. Немчиновим, С. Г. Струмлініним та іншими. Подальші дослідження, розробка та впровадження моделей для оптимального планування вантажоперевезень для фермерських господарств є сучасними актуальними задачами.

**Формулювання цілей статті.** Сучасне планування вантажоперевезень в аграрних господарствах не повною мірою відповідає вимогам раціонального використання транспорту, яке може забезпечити якісне та економічно ефективне виконання необхідних перевезень в установлені строки з максимальною продуктивністю. Задачі планування перевезень різних вантажів та їх організація повинні бути поставлені таким чином, щоб значення обраного критерію оптимальності було зведено до мінімуму за умовою задоволення всіх потреб в транспортних вантажах.

**Виклад основного матеріалу.** Одними з найбільш важливих методів планування діяльності аграрних підприємств є методи економіко-математичного моделювання. Удосконалення економіко-математичних моделей – це нескінченний процес, який пов'язаний зі змінами в аграрній політиці, конкурентоспроможністю господарства, впровадження сучасних інформаційних технологій. Усе це впливає на побудову моделі та обумовлює оптимально використовувати ресурси на виробництво сільськогосподарської продукції. Одна з цих моделей є модель оптимального планування вантажоперевезень в аграрних господарствах [1].

Транспортні затрати в сільському господарстві складають 30-35% від загальних затрат на виробництво сільськогосподарської продукції. Перевозка різних видів культур від комбайнів, токів до пунктів їх переробки або зберігання – це не повний перелік основних транспортних робіт на підприємстві. Рациональне скорочення цих робіт і транспортних затрат – одна із мір підвищення продуктивності праці в сільському господарстві, що сприяє зменшенню не тільки часу на перевози вантажів а й фінансових витрат.

В результаті розв'язку задачі отримують оптимальний розподіл продукції між поставниками та споживачами.

Але дана задача показує тільки розподіл однорідного вантажу одним видом транспорту. Але на практиці зустрічають випадки, коло приходиться розв'язувати питання перевози неоднорідного вантажу різними видами транспорту. Така задача відноситься до розряду багато індексних, математично точний розв'язок яких не завжди можливий. При перевезення однорідного вантажу маємо двох індексну задачу (кожне значення невідомої величини має два індекси: поставника і та споживача  $j$ ), яка легко розв'язується в таблиці з двома входами.

Для розв'язування чотирьох індексної задачі, яка має, наприклад, такі індекси: поставник, споживач, вид вантажу, вид транспорту) прийшлося би скласти чотирьох вимірну матрицю, що практично зробити неможливо. Тому розглядають так названі «розрізи» або «перерізи»  $p$  – вимірних матриць до тих пір, поки не отримують двохвимірні матриці. за дорогою яких знаходять перший допустимий розв'язок. Покращення плану здійснюють методом ітерацій. Таким є загальний підхід до розв'язку багато індексних транспортних задач.

Постановка багатоіндексної транспортної задачі в загальному вигляді припускає обмеження по кожному із індексів (наприклад, заранне відомо загальна кількість  $k$ -ої продукції, яке повинна бути доставлена  $j$ -й пункт призначення із усіх пунктів виробництва на всіх видах транспорту  $t$  і т. д.) Для такої постановки питання потрібно збереження цілого ряду умов, щоб задача мала хоча б один допустимий розв'язок.

Практичні задачі перевози вантажів рідко містять такі жорсткі обмеження. Враховуючи цю обставину, ми спробуємо отримати двовимірну матрицю не математичним, а логічним шляхом. При цьому введемо ряд спрощуючи  $x$  пропозицій, які дозволять, по-перше, привести нелінійну задачу до лінійної і, по-друге, розв'язати її з мінімальною кількістю обчислень [2].

Перейдемо до розряду конкретної задачі про знаходження оптимального плану перевози продукції двох видів із трьох пунктів відправлення в чотири пункти призначення при наявності в пунктах відправлення різних транспортних засобів. Допустимо, що транспортується зерно і солома полів в наступні пункти: елеватор, птахоферма і дві молочнотоварні ферми.

Головне припущення, яке вводимо, виявляється в тому, що всі транспортні засоби, які знаходяться в пунктах відправки, повинні виконати однакову кількість рейсів для того щоб вивести весь вантаж. В протилежному випадку задача перетворюється в нелінійну. Розуміється ця умова виконується тільки в крайніх випадках. Тим паче прийняття її дає можливість отримати оптимальний план при заданих умовах і вести розрахунок не для всього запасу продукції, а для тієї кількості, яке перевозиться із кожного пункту за одну поїздку.

А таблиці 1 приведені про запаси зерна і соломи в кожному із пунктів  $A$ ,  $B$  і  $C$ , а також кількість продукції кожного виду, яку перевозять за один рейс всіма транспортними засобами (число рейсів для простоти розрахунків будемо вважати 10).

В таблиці 2 приведені потреби кожного із пунктів 1, 2, 3 і 4 узазаної продукції із розрахунку на один рейс.

В таблиці 3 приведені відстані між пунктами виробництва і пунктами споживання

Для кожного виду вантажу треба розрізати окрему задачу, вважаючи його однорідним. Але в задачі є ще одна умова, яка не була врахована. Вона полягає в тому, що

Таблиця 1

Поля	Площа в (га)	Об'єм продукції в (т)		Об'єм вантажу за один рейс (т)	
		зерно	солома	зерно	солома
<i>A</i>	50	90	156	9,0	15,6
<i>B</i>	30	54	92	5,4	9,2
<i>C</i>	42	76	128	7,6	12,8
Всього				22,0	37,6

Таблиця 2

Пункти призначення	Потреби	
	зерно	солома
1	13,8	-
2	5,2	6,0
3	1,3	14,4
4	1,7	17,2
Всього	22,0	37,6

Таблиця 3

Пункти виробництва	Пункти призначення			
	1	2	3	4
<i>A</i>	20	2	1	5
<i>B</i>	15	4	4	3
<i>C</i>	13	2	2	3

в пунктах *A*, *B* і *C* маються транспортні засоби різної вантажопідйомності. Виходячи з цього, треба раціонально і правильно розподілити транспортні засоби для перевезення вантажу по його тоннажності. Результати розподілу подані в таблиці 4 [3].

Пункти, де у наявності декілька видів транспорту, подамо у вигляді підпунктів.

Розв'язок транспортної задачі перевезення соломи поданий в таблиці 5, так щоб сумарний об'єм робіт був мінімальним.

В таблиці 6 показаний оптимальний план перевезення зерна.

Одержані плани перевезень соломи і зерна можна вважати оптимальними тільки при наявності ряду додаткових умов. Основні з них такі: 1) весь об'єм продукції може бути вивезено з кожного поля за однаково число рейсів;

2) споживачу без різниці від якого поставника він отримає вантаж;

3) поля і пункти перевезень не , в яких продукція використовується, з'єднані дорогами з необмеженою пропускнуою можливістю;

4) час і кошторис перевезень не грають ролі [4; 5].

Якщо звернутись до умови і припустити, що один і видів транспорту може перевезти за один рейс не 12,8 тонн соломи, а тільки 6,4 тонни. В цьому випадку недостатня вантажопідйомність транспорту не впливає на розподіл вантажу, якщо в якості критерію оптимальності вибрано об'єм роботи в тонна-кілометрах. В інших задачах, де мінімізується час перевезень або сумарні витрати, першу умову необхідно виконувати для всіх ти для розв'язку їх методами лінійного програмування [5].

Друга умова – загальна для всіх транспортних задач. Якщо деякі споживачі вимагають їм поставити продукцію визначених поставників, то цих поставників із матриці

Таблиця 4

Пункти виробництва	Пункти під виробництва	Пункти призначення				Запаси	
		1	2	3	4	зерно	солома
<i>A</i>	<i>A'</i>	14,1	1,4	0,7	3,6	-	7,5
	<i>A''</i>	20	2	1	5	9,0	8,1
<i>B</i>	<i>B'</i>	10,7	2,9	2,9	2,1	-	3,0
	<i>B''</i>	15	4	4	3	1,8	6,2
	<i>B'''</i>	9,0	2,4	2,4	1,8	3,6	-
<i>C</i>	<i>C''</i>	13	2	2	3	7,6	12,8

Таблиця 5

Пункти виробництва	Пункти під виробництва		Пункти споживачів			
			2	3	4	Всього
<i>A</i>		$\begin{matrix} v \\ u \end{matrix}$	1,4	0,7	2,4	
	<i>A'</i>	0	1,4 1,2	0,7 6,3	3,6	7,5
	<i>A''</i>	-0,3	2,0	1,0 8,1	5,0	8,1
<i>B</i>	<i>B'</i>	-2,2	2,9	2,9 3,0	2,1	3,0
	<i>B''</i>	-3,3	4,0	4,0 1,8	3,0 4,4	6,2
<i>C</i>	<i>C''</i>	-3,3	2,0	2,0	3,0 12,8	12,8
<i>Всього</i>			6,0	14,4	17,2	37,6

Таблиця 6

Пункти виробництва	Пункти під виробництва		Пункти споживачів				
			1	2	3	4	Всього
<i>A</i>		$\begin{matrix} v \\ u \end{matrix}$	20,0	2,0	1,0	5,0	
	<i>A'</i>	0	20,0 0,8	2,0 5,2	1,0 1,3	5,0 1,7	9,0
<i>B</i>	<i>B'</i>	5,0	15,0 1,8	4,0	4,0	3,0	1,8
	<i>B''</i>	11,0	9,0 3,6	2,4	2,4	1,8	3,6
<i>C</i>	<i>C''</i>	7,0	13,0 7,6	2,0	2,0	3,0	7,6
<i>Всього</i>			13,8	5,2	1,3	1,7	22,0

виключають, а потужності указаних поставників зменшують на величину рівну поставкам виключеним споживачів.

Розглянемо третю умову. Сумарний розподіл може містити значні об'єми перевезень по дорогах менш коротким, але низької якості, і, можливо, вираш у відстані буде досягнутий ціною більших затрат. в таких випадках більш правильним був би розв'язок на мінімум не тонна, кілометрової роботи, а сумарних затрат.

На практиці нерідко буває, що пропускна можливість окремих ділянок доріг обмежена. В наслідок чого неможливо перевезти за один рейс від деякого поставника до споживача ту кількість вантажу, яке передбачено оптимальним планом. В таких випадках дану матрицю прийдеється змінити. Попит споживача указують в розмірі реальної пропускної можливості, причому коефіцієнти цільової функції залишаються як і раніше.

Додатково вводять споживача, попит якого приймається рівним різниці між реальним попитом і заниженням, який указано в умові.

Четверта умова дійсна тільки для даної постановки транспортної задачі. Якщо час або вартість перевезень не повинні перевищувати визначеної величини то їх вводять в умову задачі в якості обмежень. це сильно може ускладнити задачу, так як її не можна вже розв'язати розподільним методом. а приходиться використовувати симплексний метод.

Але можливий і другий шлях розв'язку розподільним методом, але з іншою цільовою функцією [6; 7].

**Висновки з проведеного дослідження.** Отже, в умовах реальної конкуренції економіко-математичне моделювання є дієвим інструментом для вироблення практичних рекомендацій оптимізації вантажоперевезень. Важливою умовою подальшого їх планування є необхідність розв'язку задач на різні критерії, так як дозволяє встановити нижню границю кожного з них, що приведе до значної економії. Використання цих критеріїв дозволяє ефективніше використовувати вантажоперевезення, що досить важливо в умовах ринкової економіки. Слід враховувати при побудові економіко-математичних моделей транспортної задачі залежність перевезень від природно-кліматичних умов, рівень попиту на сільськогосподарську продукцію, тісний зв'язок економічних та соціальних аспектів сільськогосподарського виробництва, сезонність виробництва.

#### Список використаних джерел:

1. Савченко О.Г., Кавун Г.М., Валько Н.В., Кузьмич Л.В. Оптимізаційні методи і моделі. Херсон : ТОВ «Айлайт», 2014. 430 с.
2. Івашук О.Т. Економіко-математичне моделювання. Тернопіль : ТНЕУ, 2008. 704 с.
3. Лобода О.М. Актуальні проблеми ідентифікації та моделювання структури управління підприємством. *Наука й економіка*. 2015. № 3. С. 130–134.
4. Гагаулін А.М. Економіко-математичні методи в плануванні сільськогосподарського виробництва. Київ : Вища школа, 2000. 260 с.
5. Вітлінський В.В. Аналіз, моделювання та управління економічним ризиком. Київ : КНЕУ, 2000. 292 с.
6. Лобода О.М., Димов В.С. Моделі та методи інформаційних технологій управління аграрного сектору економіки за допомогою достатніх умов оптимальності. *Проблеми інформаційних технологій*. Херсон, 2018. Вип. 01(023). С. 104–110.
7. Domaratskiy E.O., Bazaliy V.V., Domaratskiy O.O., Dobrovol'skiy A.V., Kyrychenko N.V. and Kozlova O.P. Influence of Mineral Nutrition and Combined Growth Regulating Chemical on Nutrient Status of Sunflower. *Indian Journal of Ecology*. 2018. Vol. 45. Issue 1. P. 126–129.

#### References:

1. Savchenko O.H., Kavun H.M., Valko N.V., Kuzmich L.V. (2014) Optymizatsiyni metody i modeli [Optimization Methods and Models]. Kherson: Ailight LLC, 430 p.
2. Ivashchuk O.T. (2008) Ekonomiko-matematychnе modelyuvannya [Economic and Mathematical Modeling]. Ternopil: TNEU, 704 p.

3. Loboda O.M. (2015) Aktual'ni problemy identyfikatsiyi ta modelyuvannya struktury upravlinnya pidpryyemstvom [Actual Problems of Identification and Modeling of Enterprise Management Manufacturing]. *Science and Economics*, no. 3, pp. 130–134.
  4. Hataulin A.M. (2000) Ekonomiko-matematychni metody v planuvanni sil's'kohospodars'koho vyrobnytstva [Economic and Mathematical Methods in Agricultural Production Planning]. Kyiv: Higher School, 260 p.
  5. Vitlinsky V.V. (2000) Analiz, modelyuvannya ta upravlinnya ekonomichnym ryzykom [Analysis, Modeling and Management of Economic Risk]. Kyiv: KNEU, 292 p.
  6. Loboda O.M., Dymov V.S. (2018) Modeli ta metody informatsiynykh tekhnolohiy upravlinnya ahrahnoho sektoru ekonomiky za dopomohoyu dostatnikh umov optymal'nosti [Models and methods of information technologies of management of economy's agrarian sector with the help of optimality's sufficient conditions]. *Problems of information technology*, issue 01(023), pp. 104–110.
  7. Domaratskiy E.O., Bazaliy V.V., Domaratskiy O.O., Dobrovol'skiy A.V., Kyrychenko N.V. and Kozlova O.P. (2018) Influence of Mineral Nutrition and Combined Growth Regulating Chemical on Nutrient Status of Sunflower. *Indian Journal of Ecology*, vol. 45, issue 1, p. 126–129.
-