

АНАЛІТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЗБИРАЛЬНО-ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСУ ЗЕРНОВОГО ЗБІЖЖЯ

Воронков О.А., Відокремлений структурний підрозділ «Фаховий коледж інформаційних технологій та землевпорядкування Національного авіаційного університету», Київ, Україна, voronkov.oleksii@kitz.nau.edu.ua, orcid.org/0000-0003-0955-9081

Роговський І.Л., доктор технічних наук, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна, rogovskii@nubip.edu.ua, orcid.org/0000-0002-6957-1616

ANALYTICAL PROVISIONS OF EFFICIENCY OF HARVESTING AND TRANSPORT COMPLEX OF GRAIN POSSIBILITIES

Voronkov O.A., Separate structural subdivision «Professional college of information technologies and land management of National Aviation University», Kyiv, Ukraine, voronkov.oleksii@kitz.nau.edu.ua, orcid.org/0000-0003-0955-9081

Rogovskii I.L., Doctor of Technical Sciences, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine, rogovskii@nubip.edu.ua, orcid.org/0000-0002-6957-1616

Постановка проблеми. Ефективність збирального процесу зернового збіжжя значною мірою визначається рівнем його транспортного обслуговування, що характеризується великим обсягом перевезень за короткий термін, і зокрема ефективної експлуатації автотранспортних засобів [1]. Загальний обсяг перевезень в Київській області під час жнив сягає 3 млн. тон зерна.

Високий рівень сезонності, короткий термін збирання, незадовільний технічний стан більшості автотранспортних засобів створюють великі проблеми з транспортування зерна від комбайна на зерносховище. Для забезпечення ефективного управління транспортними процесами під час перевезення зерна, необхідно користуватися науковими основами оптимізації транспортних потоків, визначення резервів скорочення витрат у системі «поле – транспорт – зерносховище», які враховують динамічність процесів, що протікають, та вихідної інформації [2]. Незважаючи на значну кількість робіт з даної тематики, на даний момент є можливості щодо підвищення ефективності використання автотранспортних засобів, удосконалення організації, планування та управління процесом перевезення. Зокрема більшість робіт пропонують різні способи перевезення зерна, вважаючи прямі перевезення автомобільним транспортом застарілими і не перспективними [3]. Але якщо вдосконалити організацію жнив, застосувати нові методи розрахунку, впровадити в даний вид перевезень нові технології, то прямі автомобільні перевезення будуть менш витратними і ефективнішими.

Підтвердженням теоретичної та практичної значущості запропонованої теми статті є відсутність сучасних методів ефективного використання автотранспортних засобів та організації прямих автомобільних перевезень зерна.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Відомо, що оцінка ефективності використання мобільних транспортних машин в агропромисловому комплексі є складним завданням, оскільки існує безліч критеріїв оцінки, а також показники, що характеризують ці критерії. Для оцінки ефективності використання мобільних транспортних машин можна застосовувати ряд показників системи критеріїв ефективності машинно-тракторного парку, ґрунтуючись на наведених у роботах [2, 4], даних. Критерії та показники оцінки ефективності використання мобільних транспортних машин, що базуються на показниках використання збирально-транспортного комплексу зернового збіжжя, представлені в табл. 1.

У той же час ряд авторів зазначає, що внаслідок наявності великої кількості різних критеріїв оцінка ефективності використання збирально-транспортного комплексу зернового збіжжя стає утрудненою. У зв'язку з цим були спроби вироблення якогось інтегрального критерію оцінки ефективності використання мобільних транспортних машин. Зокрема, були запропоновані критерії інтегральних витрат (мінімуму наведених витрат). Зазначені критерії є комплексними [5] і дозволяють вирішувати завдання оптимізації складу комплексів машин, чому присвячені роботи [2, 6].

Відомо, однак, що економічні показники оцінки ефективності збирально-транспортного комплексу зернового збіжжя призводять до нестабільних результатів, оскільки вони сильно залежать від внутрішньоекономічної ситуації в країні.

Таблиця 1 – Критерії ефективності використання збирально-транспортного комплексу
 Table 1 – Criteria for efficiency of use of harvesting and transport complex

Група критеріїв ефективності	Визначення ефективності	Показники ефективності
Технологічна	Визначається за показниками якості транспортних робіт	<ol style="list-style-type: none"> 1. Питома втрата вантажу, [од.], [%]. 2. Коефіцієнт зниження якості вантажів під час перевезення. 3. Середня швидкість перевезення вантажу [км/год]. 4. Середній час перевезення вантажу, [год], [дні]. 5. Добовий пробіг транспортного засобу [км]. 6. Частка вантажів, перевезених без ушкоджень, [од.], [%]. 7. Коефіцієнт забруднення вантажів під час перевезення.
Технічна	Визначається кількісними показниками роботи техніки на транспортних роботах	<ol style="list-style-type: none"> 1. Продуктивність, [т], [ткм]. 2. Питома витрата палива [г/кВт·год]. 3. Витрата палива [кг/год, кг/т, кг/ткм]. 4. Потужність двигуна [кВт]. 5. Вантажопідйомність, [кг], [т].
Економічна	Визначається рівнем прибутку, що дозволяє підтримувати техніку у справному стані та оновлювати парк	<ol style="list-style-type: none"> 1. Витрати на утримання та експлуатацію техніки, [грн/од. техніки]. 2. Собівартість робіт, [грн/ткм]. 3. Собівартість одержуваної продукції, [грн/од. продукції]
Екологічна	Визначається можливістю запобігання або мінімізації шкідливого впливу техніки на навколишнє середовище	<ol style="list-style-type: none"> 1. Шкідливі викиди від енергетичної установки транспортного засобу, від гідравлічних систем. 2. Ступінь ущільненості ґрунту. 3. Ступінь запиленості та загазованості на робочому місці оператора.
Соціальна	Визначається ступенем зниження захворюваності на професійні захворювання операторів збирально-транспортного комплексу	<ol style="list-style-type: none"> 1. Забезпечення безпеки операторів техніки. 2. Забезпечення комфортних умов праці.

У зв'язку з чим пропонується використовувати енергетичний показник ефективності функціонування агрегатів на технологічних операціях [3], у тому числі і під час виконання транспортних та вантажних робіт. У цьому передбачається, що функціонування збирально-транспортного комплексу зернового збіжжя тим ефективніше, що нижчі енергетичні витрати, тобто:

$$E = E_{tr} + E_{am} + E_r + E_m + E_c + E_{tr}, E \rightarrow \min, \quad (1)$$

де E – сумарні енергетичні витрати, МДж/га;

E_{tr} – енергія, витрачена виготовлення автомобіля, трактора, сільськогосподарської машини, причепа, що припадає на 1 га, МДж/га;

E_{am} – енергія, витрачена на усунення наслідків відмов, ремонт та технічне обслуговування виготовлення автомобіля, трактора, сільськогосподарської машини, причепа, МДж/га;

E_r – енергія, витрачена на складання та розбирання збирально-транспортного комплексу, МДж/га;

E_m – енергія, витрачена на управління збирально-транспортного комплексу, МДж/га;

E_c – енергія витрачених паливно-мастильних матеріалів, МДж/га;

E_{tr} – енергія, витрачена з урожаєм через неоптимально обрану марку трактора, параметри та режими роботи збирально-транспортного комплексу, МДж/га.

У роботі [5] запропоновані такі висловлювання для оцінки енергетичної ефективності автотранспорту при виконанні робіт у сільському господарстві:

Прямі витрати енергії на 1 га для автомобіля E_{veh} :

$$E_{veh} = \alpha_p \cdot G_a \cdot H_b^{-1}, \quad (2)$$

де α_p – енергетичний еквівалент палива, МДж/кг;

G_a – кількість витраченого палива, кг;

H_b – врожайність сільськогосподарських зернових культур, кг;

Енергоємність автомобіля на 1 км пробігу E_{vh} :

$$E_{vh} = \alpha_p \cdot M_a \cdot (\alpha_{ren} + \alpha_{rep}) \cdot 10^{-5}, \quad (3)$$

де M_a – маса автомобіля, кг;

$\alpha_{ren}, \alpha_{rep}$ – відрахування на реновацію та ремонт автомобіля на 1000 км пробігу, %.

При роботі автомобіля на вивезенні врожаю пропонується також враховувати вантажопідйомність автомобіля та відстань перевезення вантажу E_v :

$$E_v = 2 \cdot E_{vh} \cdot L \cdot H_b \cdot Q_{veh}, \quad (4)$$

де L – відстань перевезення вантажу, км;

Q_{veh} – вантажопідйомність автомобіля, тон.

Справді, у загальному випадку, енергетичні показники є найбільш логічними та об'єктивними. Очевидно також, що ці критерії перспективні для варіанту ідеального планування робіт. У той самий час, реальні виробничі умови найчастіше вносять корективи у процес виробництва та вимагають у випадках ставити метою не мінімізацію енергетичних витрат, а інші завдання. З іншого боку, викликає певні труднощі енергетичних еквівалентів різних складових сумарних енергетичних витрат. У зв'язку з цим у останніх дослідженнях пропонується перед вибором критеріїв оцінки ефективності аналізувати та оцінювати виробничі умови, після чого вже призначати необхідні критерії. При цьому передбачувана схема вибору критеріїв може бути подібна до рис. 1. Неважко помітити, що у даному підході намічається певна суб'єктивізація вибору критеріїв. Крім того, за такого підходу можливе запровадження надлишкових критеріїв, які оцінюватимуть ефективність лише за певних умов (лімітованості якогось ресурсу). З урахуванням викладених положень, у цій статті показники ефективності встановлювалися з погляду ефективності технологічних процесів транспортування та ресурсозбереження при здійсненні цих процесів.

Основним критерієм ефективності була питома витрата палива (кг/т, кг/100 ткм). Як допоміжні критерії виступали продуктивність (т/год, ткм/год) збирально-транспортного комплексу і витрата палива (кг/год, л/год). Для цілей нормування витрати додатково оцінювали витрати в л/100 км шляху для порівняння з існуючими нормативами.

Економічна оцінка ефективності ґрунтувалася на розрахунку річного економічного ефекту (річної економії) у гривнях. Вибір такої системи критеріїв заснований на тому, що вони, по-перше, взаємодоповнюють, по-друге, дозволяють оцінити технологічну, технічну та економічну групи ефективності і, нарешті, є достатніми для такої оцінки.

Мета статті. Метою даної статті є вивчення аналітичних положень обґрунтування критеріїв ефективності використання збирально-транспортного комплексу збирання збіжжя. При цьому підвищення ефективності транспортного забезпечення перевезення зерна передбачається за рахунок

оптимізації кількісного складу, вантажопідйомності та зменшення шкідливого екологічного впливу автотранспортних засобів. Рішення цілісної виробничо-транспортної моделі транспортування зерна передбачається з урахуванням втрат методом відсікань.

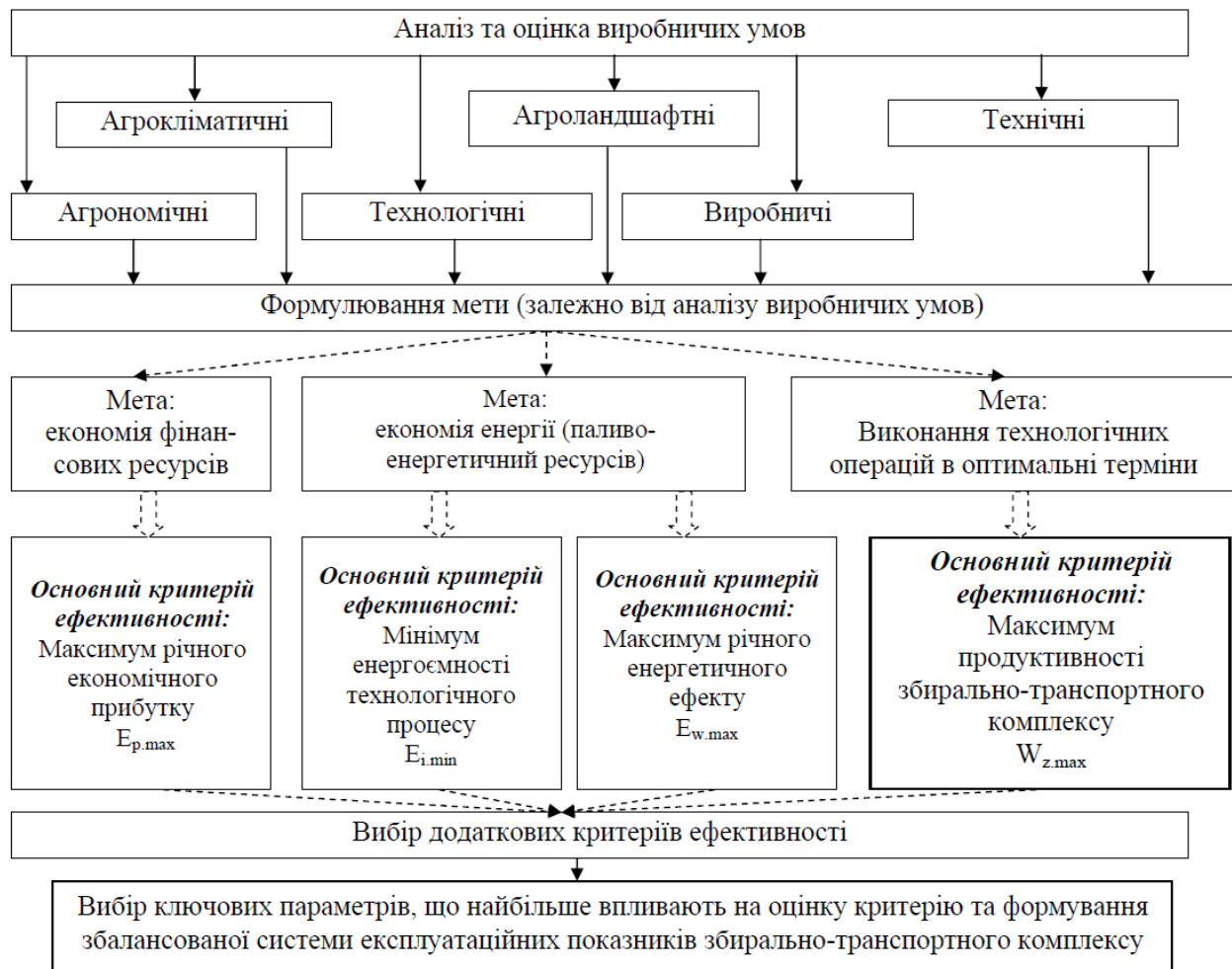


Рисунок 1 – Схема вибору критеріїв ефективності використання збирально-транспортного комплексу
Figure 1 – Scheme for selecting criteria for efficiency of use of harvesting and transport complex

Виклад основного матеріалу. Для вирішення цілих задач лінійного програмування використовується метод відсікання, який відноситься до чисельних методів дискретного програмування. Алгоритм вирішення цілісної виробничо-транспортної задачі методом відсікання полягає, у розчленуванні вихідної моделі на дві складові: виробничу та транспортну модель. При цьому як навантаження (кінцева потреба) будемо розглядати сумарний попит по кожному виду сільськогосподарської зернової культури. Відомо безліч способів вирішення транспортних завдань лінійного програмування, як у мережевій постановці, так і матричній. При вирішенні задач у матричній формі методом, що найбільш швидко призводить до оптимуму, є метод потенціалів. Потенціали це система чисел транспортної задачі, яка прописана в матриці, відповідно до кожного з рядків i та до кожного зі стовпців j . Метод потенціалів для вирішення транспортного завдання полягає у знаходженні системи потенціалів, яка для всіх клітин матриці забезпечує меншу різницю потенціалів рядка (U_i) та стовпця (V_j) або рівну вартості транспортування, за умови дотримання умови визначення мінімуму функції $V_j - U_i \leq P_{ij}$, $i = 1, \dots, m$; $j = 1, \dots, n$; а для клітинок зайнятих – різниця потенціалів рівна вартості транспортування: $V_j - U_i = P_{ij}$, $i = 1, \dots, m$; $j = 1, \dots, n$.

Виробничо-транспортні моделі є композицією двох груп моделей: транспортних та виробничих. Умовне таке комбінування моделей можна подати у вигляді графічної блок-схеми (рис. 2).

Як Π_1 і Π_2 розглядаються виробничі моделі різного типу – у варіантній постановці (з дискретними змінними) або в безперервній постановці, з фіксованою або оптимізованою структурою виробництва. Блоки T_1 і T_2 у цій блок-схемі представляють співвідношення з перевезення зерна.

Конкретне наповнення блоків залежить від економічної постановки завдання та допускає різні їх модифікації. Початковий план рішення для виробничого та транспортного завдання представлені, відповідно на рис. 3 та рис. 4.

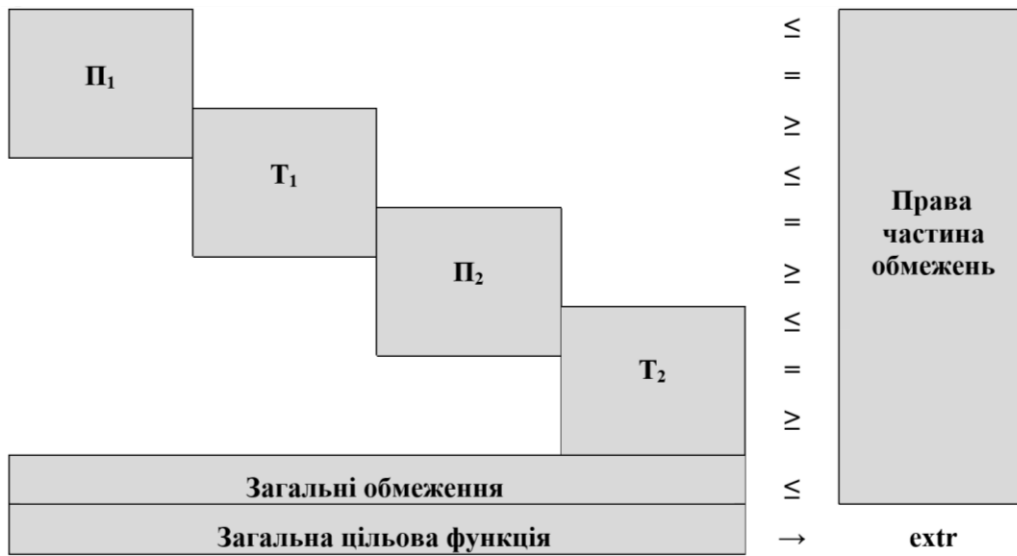


Рисунок 2 – Графічна блок-схема виробничо-транспортної ефективності використання збирально-транспортного комплексу

Figure 2 – Graphic block diagram of production and transport efficiency of harvesting and transport complex

Змінні	Z_{11}	Z_{12}	Z_{1n}	Z_{21}	Z_{22}	Z_{2n}	...	Z_{m1}	Z_{m2}	Z_{mn}		
Обмеження за випуском продукції	a_{111}	a_{112}	a_{11n}	a_{211}	a_{212}	a_{21n}	...	a_{m11}	a_{m12}	a_{m1n}	\geq	b_1
	a_{121}	a_{122}	a_{12n}	a_{221}	a_{222}	a_{22n}	...	a_{m21}	a_{m22}	a_{m2n}	\geq	b_2

	a_{1n1}	a_{1n2}	a_{1nn}	a_{2n1}	a_{2n2}	a_{2nn}	...	a_{mn1}	a_{mn2}	a_{mnn}	\geq	b_n
Обмеження за вибором не більшого одного варіанту виробництва	q_{111}	q_{112}	q_{11n}	q_{211}	q_{212}	q_{21n}	...	q_{m11}	q_{m12}	q_{m1n}	\leq	Q_1
	1			1			...	1			\leq	1
		1			1		...		1		\leq	1

Коефіцієнти цільової функції			1			1	...			1	\leq	1
	c_{11}	c_{12}	c_{1n}	c_{21}	c_{22}	c_{2n}	...	c_{m1}	c_{m2}	c_{mn}	\rightarrow	min

Рисунок 3 – План рішення виробничої моделі
Figure 3 – Solution plan of the production model

Для наочності та простоти сприйняття реалізації методу відсікання вирішемо завдання невеликої розмірності за умови:

- система полів A із пунктами виробництва $i = 1, 2, 3$;
- система зерносховищ B з пунктами споживання $j = 1, 2, 3$;
- кількість комбайнів в організації 6;
- відомі обсяги збирання, по кожному полю, од.: $a_{1r} = 5, 10, 15$; $a_{2r} = 10, 15, 20$; $a_{3r} = 10, 20, 25$;
- відомі обсяги споживання, од.: $b_{1k} = 15$; $b_{2k} = 5$; $b_{3k} = 10$;
- відомі витрати на збирання кожної групи комбайнів, з урахуванням втрат зерна від невчасного збирання, грн.:

$$c_{ik} | 50 \ 85 \ 80 \ 90 \ 130 \ 150 \ 135 \ 160 \ 190 |$$

– відомі вартість перевезень одиниці обсягу зерна від кожного поля до кожного пункту зберігання з урахуванням втрат зерна, грн.:

$$t_{ijk} | 3 \ 9 \ 6 \ 2 \ 5 \ 16 \ 5 \ 11 \ 9 |$$

– відомий обсяг зерна, що збирається одним комбайном, од.

Постачальники	Споживачі								Об'єм збіжжя, a_i	
	B_1		B_2		B_3		...	B_n		
A_1	c_{11}	x_{11}	c_{12}	x_{12}	c_{13}	x_{13}	...	c_{1n}	x_{1n}	a_1
A_2	c_{21}	x_{21}	c_{22}	x_{22}	c_{23}	x_{23}	...	c_{2n}	x_{2n}	a_2
A_3	c_{31}	x_{31}	c_{32}	x_{32}	c_{33}	x_{33}	...	c_{3n}	x_{3n}	a_3
...
A_m	c_{m1}	x_{m1}	c_{m2}	x_{m2}	c_{m3}	x_{m3}	...	c_{mn}	x_{mn}	a_m
Попит споживачів, b_j		b_1		b_2		b_3			b_n	

Рисунок 4 – План-матриця перевезення збіжжя

Figure 4 – Plan-matrix of grain transportation

Необхідно вибрати варіанти збирання полів і прикріпити до них пункти зберігання так, щоб потреби були повністю задоволені (табл. 2), а сумарні виробничо-транспортні витрати були мінімальними (табл. 3). При цьому зробимо невелике обмеження – друге поле має обов'язково входити до плану прибирання.

Таблиця 2 – Розподіл обсягів збирання та витрат на збирання по полях

Table 2 – Distribution of harvesting volumes and harvesting costs by fields

Поле №1		Поле №2		Поле №3	
a_{1r}	c_{1r}	a_{2r}	c_{2r}	a_{3r}	c_{2r}
5	50	10	85	10	80
10	90	15	130	20	150
15	135	20	160	25	190

Таблиця 3 – Обсяги споживання та транспортні витрати на доставку зерна за кожним пунктом зберігання зерна

Table 3 – Consumption volumes and transport costs for grain delivery at each grain storage point

Пункт зберігання	Об'єми споживання та транспортні витрати		
	15	5	10
№1	3	9	6
№2	2	5	16
№3	5	11	9

Крок 1. Виділяємо із загального завдання виробничий блок, як обмеження з виробництва беремо суму обсягів споживання. Визначаємо, які поля, і з якими варіантами розвитку забезпечать необхідний сумарний обсяг споживання 30 одиниць за мінімальних виробничих витрат (табл. 4).

Віднаходимо оптимальне рішення (табл. 5).

Оптимальні виробничі витрати на цій ітерації $\Pi_0 = 235$.

Крок 2. Розподіляємо об'єми виробництва $A_{i0} = \{0; 10; 20\}$ і формуємо транспортне завдання. Відповідне транспортне завдання має таке рішення (табл. 6):

Таблиця 4 – Матриця коефіцієнтів виробничого завдання за першої ітерації

Table 4 – Matrix of coefficients of production task in first iteration

Змінні	z_{11}	z_{12}	z_{13}	z_{21}	z_{22}	z_{23}	z_{31}	z_{32}	z_{33}		
Виробництво	5	10	15	10	15	20	10	20	25	\geq	30
Обмеження на вибір варіантів	1	1	1							\leq	1
				1	1	1				$=$	1
							1	1	1	\leq	1
Цільова функція	50	90	135	85	130	160	80	150	190	\rightarrow	min

Таблиця 5 – Оптимальне рішення для заданого виробничого завдання

Table 5 – The optimal solution for a given production task

Змінні	z_{11}	z_{12}	z_{13}	z_{21}	z_{22}	z_{23}	z_{31}	z_{32}	z_{33}
Коефіцієнти цільової функції	50	90	135	85	130	160	80	150	190
Значення змінних	0	0	0	1	0	0	0	1	0
Об'єми збирання	5	10	15	10	15	20	10	20	25

Таблиця 6 – План-матриця транспортного завдання

Table 6 – Plan-matrix of the transport task

Поле		Об'єми споживання та транспортні витрати			u_i
		15	5	10	
№1	0	0	0	0	3
№2	10	5	5	0	3
№3	20	10	0	10	0
v_k		5	8	9	

Транспортні витрати $T_0 = 175$.

Формуємо додаткові обмеження відсікання і розраховуємо праву частину обмеження:

$$ПЧ = П_0 + T_0 - \sum_{k=1}^3 (b_k \cdot v_k) - \varepsilon$$

В якості ε беремо 1 (підстановка змінних у ліву частину відсікання дає значення, що відрізняється на велику величину). І так, сума функціоналів $П_0 + T_0 = 235 + 175 = 410$ од.

$$\sum_{k=1}^3 (b_k \cdot v_k) = 5 \times 35 + 8 \times 5 + 9 \times 10 = 205 \rightarrow ПЧ = 410 - 205 - 1$$

Коефіцієнти відсікання (табл. 7) при цьому рівні $z_{ir} = c_{ir} - a_{ir} \times u_i$.

Таблиця 7 – Коефіцієнти відсікання для першої ітерації

Table 7 – Clipping coefficients for the first iteration

$C=\{c_{ir}\}$	50	90	135	85	130	160	80	150	190		
$A=\{a_{ir}\}$	5	10	15	10	15	20	10	20	25		
$U=\{u_i\}$	3	3	3	3	3	3	0	0	0	ПЧ	
$(C-UA) Z \leq ПЧ$	35	60	90	55	85	100	80	150	190	\leq	204

Переходимо до наступної ітерації, повторюючи крок 1 та крок 2.

Серед знайдених виробничих та транспортних планів є пара рішень, з найменшими сумарними виробничо-транспортними витратами (табл. 8).

Таким чином, оптимальне рішення (табл. 9) було досягнуто (табл. 10) на останній ітерації (рис. 4). Як бачимо з графіка (рис. 4), виробничі витрати мінімальні за першої ітерації (235 од.), але з допомогою найвищих витрат за перевезення зерна (175 од.) даний план виробничо-транспортних витрат є найгіршим. У третій же ітерації найвищі виробничі витрати, але витрати на транспортування набагато менші ніж в інших ітераціях, таким чином даний план виробничо-транспортного завдання є найбільш оптимальним.

Таблиця 8 – Виробничо-транспортні витрати за ітераціями

Table 8 – Production and transport costs by iterations

Ітерація	Π	T	$\Pi+T$
№1	235	175	410
№2	240	145	385
№3	250	115	365

Якщо навіть вирішити задачу невеликої розмірності, отримані результати наочно показують, що знайдене оптимальне рішення дозволяє значно покращити економічні показники системи. У розглянутому прикладі економічні витрати скоротилися на 10% проти першого плану перевезень.

Таблиця 9 – Оптимальне вирішення виробничого завдання

Table 9 – The optimal solution to tproduction problem

Змінні	z_{11}	z_{12}	z_{13}	z_{21}	z_{22}	z_{23}	z_{31}	z_{32}	z_{33}
Значення змінних	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Об'єми збирання	5	10	15	10	15	20	10	20	25

Таблиця 10 – Розв'язання транспортного завдання

Table 10 – Solving the transport problem

Поле		Об'єми споживання та транспортні витрати			u_i
		15	5	10	
№1	10	0	0	10	0
№2	20	15	5	0	0
№3	0	0	0	0	0
v_k		5	2	5	

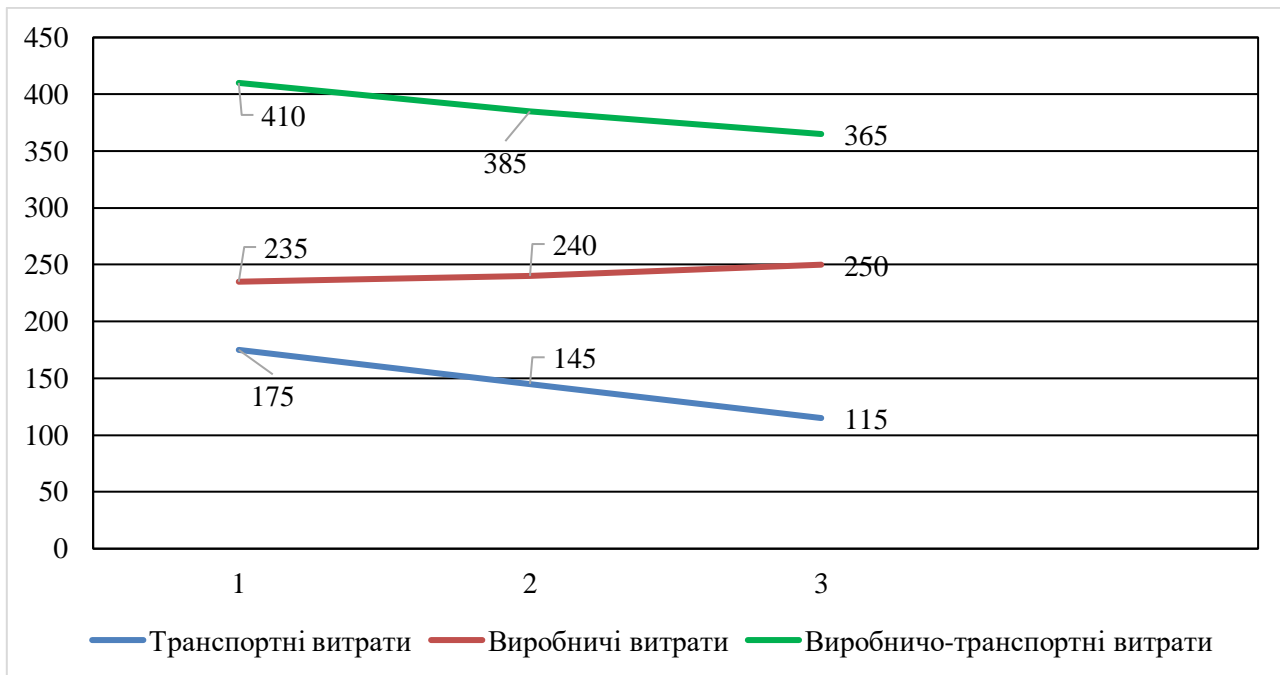


Рисунок 4 – Графік зміни витрат на ітерації

Figure 4 – Graph of changes in iteration costs

Висновки. За результатами проведених розрахунків, можна підсумувати, що підвищення ефективності транспортного забезпечення перевезення зерна можливе за рахунок оптимізації кількісного складу, вантажопідйомності та зменшення шкідливого екологічного впливу автотранспортних засобів. Рішення цілісної виробничо-транспортної моделі транспортування зерна доцільно здійснювати з урахуванням втрат методом відсікань.

Для вирішення цілих задач лінійного програмування доцільно використовувати метод відсікання, який відноситься до чисельних методів дискретного програмування. Алгоритм вирішення цілісної виробничо-транспортної задачі методом відсікання полягає, у розчленуванні вихідної моделі на дві складові: виробничу та транспортну модель. При цьому як навантаження або кінцева потреба розглядається, як сумарний попит по кожному виду сільськогосподарської зернової культури.

Підтверджено, що виробничі витрати мінімальні за першої ітерації (235 од.), але за допомогою найвищих витрат за перевезення зерна (175 од.) даний план виробничо-транспортних витрат є найгіршим. У третій же ітерації найвищі виробничі витрати, але витрати на транспортування набагато менші ніж в інших ітераціях, таким чином даний план виробничо-транспортного завдання є найбільш оптимальним. Якщо навіть вирішити задачу невеликої розмірності, отримані результати наочно показують, що знайдене оптимальне рішення дозволяє значно покращити економічні показники системи. У розглянутому прикладі економічні витрати скоротилися на 10% проти першого плану перевезень.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Smil, V. Improving efficiency and reducing waste in our food system, *Journal of Integrative Environmental Sciences*, 2020, Vol. 1, No. 1, pp.17–26.
2. Hodges, R.J., Buzby, J.C. and Bennett, B. Post-harvest losses and waste in developed and less developed countries: opportunities to improve resource use, *The Journal of Agricultural Science*, 2011, Vol. 149, No. S1, pp.37–45.
3. Parfitt, J., Barthel, M. and Macnaughton, S. Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050, *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 2010, Vol. 365, No. 1554, pp.3065–3081.
4. Begum, E.A., Hossain, M.I. and Papanagiotou, E. Economic analysis of post-harvest losses in food grains for strengthening food security in northern regions, *International Journal of Applied Research in Business Administration and Economics*, 2012, July, Vol. 1, No. 3. Article No. 06, pp.56–65.
5. Kumar, D. and Kalita, P. Reducing post-harvest losses during storage of grain crops to strengthen food security in developing countries, *Foods*, 2017, Vol. 6, Nos. 1/8, pp.1–22.
6. Caixeta-Filho, J.V. Losses in the transportation of fruit and vegetables: a case study, *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 2019, Vol. 2, No. 3, pp.325–341.

REFERENCES

1. Smil, V. (2020). Improving efficiency and reducing waste in our food system, *Journal of Integrative Environmental Sciences*, Vol. 1, No. 1, pp.17–26.
2. Hodges, R.J., Buzby, J.C. and Bennett, B. (2011). Post-harvest losses and waste in developed and less developed countries: opportunities to improve resource use, *The Journal of Agricultural Science*, Vol. 149, No. S1, pp.37–45.
3. Parfitt, J., Barthel, M. and Macnaughton, S. (2010). Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050, *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 2010, Vol. 365, No. 1554, pp.3065–3081.
4. Begum, E.A., Hossain, M.I. and Papanagiotou, E. (2012). Economic analysis of post-harvest losses in food grains for strengthening food security in northern regions, *International Journal of Applied Research in Business Administration and Economics*, 2012, July, Vol. 1, No. 3. Article No. 06, pp.56–65.
5. Kumar, D. and Kalita, P. (2017). Reducing post-harvest losses during storage of grain crops to strengthen food security in developing countries, *Foods*, Vol. 6, Nos. 1/8, pp.1–22.
6. Caixeta-Filho, J.V. (2019). Losses in the transportation of fruit and vegetables: a case study, *International Journal of Logistics: Research and Applications*, Vol. 2, No. 3, pp.325–341.

РЕФЕРАТ

Воронков О.А. Аналітичні положення ефективності роботи збирально-транспортного комплексу зернового збіжжя / О.А. Воронков, І.Л. Роговський // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науковий журнал. – К.: НТУ, 2022. – Вип. 1 (51).

У даній статті розглядається використання методологічних положень методу відсікань для вирішення цілісної виробничо-транспортної моделі транспортування зерна з урахуванням втрат. Розрахунку проведенні із врахуванням реального виробничого циклу транспортування зернового збіжжя для умов агропромислових підприємств.

Об'єкт дослідження – процес управління виробничого транспортування зернового збіжжя.

Мета роботи – вивчення особливостей прийняття рішень, а саме прикладне застосування методу відсікань в умовах реального виробничого циклу перевезення з поля зернового збіжжя.

Метод дослідження – метод відсікань, еквівалентності, класифікаційних фасетних та ієрархічних ознак, матриць.

Ситуацію змодельована за досягнення підвищення ефективності транспортного забезпечення перевезення зерна передбачається за рахунок оптимізації кількісного складу, вантажопідйомності та зменшення шкідливого екологічного впливу автотранспортних засобів.

Рішення цілісної виробничо-транспортної моделі транспортування зерна передбачається з урахуванням втрат методом відсікань.

Надано рекомендації щодо застосування покровоного алгоритму застосування запропонованих аналітичних положень обґрунтування критеріїв ефективності використання збирально-транспортного комплексу збирання збіжжя. Наведено відповідні розрахунки і прокоментовано отримані результати, за яким навіть вирішення задачі невеликої розмірності, наочно показують, що знайдене оптимальне рішення дозволяє значно покращити економічні показники системи.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МЕТОД ВІДСІКАНЬ, КРИТЕРІЇ ЕФЕКТИВНОСТІ, ТРАСПОРТНО-ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕС, ЗБІЖЖЯ, АГРОПРОМИСЛОВИЙ КОМПЛЕКС.

ABSTRACT

Voronkov O.A., Rogovskii I.L. Analytical Provisions of Efficiency of Harvesting and Transport Complex of Grain Possibilities. Transportation Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific journal. – Kyiv: National Transport University, 2022. – Issue 1 (51).

This article considers the use of methodological provisions of the method of cutting to solve a holistic production and transport model of grain transportation, taking into account losses. The calculation is carried out taking into account the actual production cycle of grain transportation for the conditions of agro-industrial enterprises.

The object of research is the process of managing the production transportation of grain.

The purpose of the work is to study the peculiarities of decision-making, namely the applied application of the method of cutting in the conditions of the real production cycle of transportation from the field of grain grain.

The research method is the method of clippings, equivalence, classification facets and hierarchical features, matrices.

The situation is modeled by achieving an increase in the efficiency of transport of grain transportation is provided by optimizing the quantitative composition, load capacity and reducing the harmful environmental impact of vehicles.

The decision of the integral production and transport model of grain transportation is provided taking into account losses by the method of cutting.

Recommendations for the application of a step-by-step algorithm for the application of the proposed analytical provisions to substantiate the criteria for the effectiveness of the use of harvesting and transport complex of grain harvesting. Relevant calculations are given and the obtained results are commented on, according to which even the solution of the problem of small dimension clearly shows that the found optimal solution allows to significantly improve the economic performance of the system.

KEY WORDS: CUTTING METHOD, CRITERIA OF EFFICIENCY, TRANSPORT AND PRODUCTION PROCESSES, GRAINS, AGRICULTURAL COMPLEX.

АВТОРИ:

Воронков Олександр Андрійович, Відокремлений структурний підрозділ «Фаховий коледж інформаційних технологій та землевпорядкування Національного авіаційного університету», викладач, голова циклової комісії транспортних технологій, e-mail: voronkov.oleksii@kitz.nau.edu.ua, тел. +38(099)0007242, Україна, м. Київ, вул. Дружківська, 6, к 45, orcid.org/0000-0003-0955-9081

Роговський Іван Леонідович, доктор технічних наук, професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України, завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка, e-mail: rogovskii@nubip.edu.ua, тел. +38(098)440-52-83, Україна, 01041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 12в, к. 208, orcid.org/0000-0002-6957-1616

AUTHORS:

Voronkov Oleksiy Andriyovych, Separate structural subdivision «Professional College of Information Technologies and Land Management of the National Aviation University», lecturer, chairman of the cycle commission of transport technologies, e-mail: voronkov.oleksii@kitz.nau.edu.ua, tel. +380990007242, Ukraine, Kyiv, Druzhkivska Str., 6, room 45, orcid.org/0000-0003-0955-9081

Rogovskii Ivan Leonidovych, Doctor of Technical Sciences, Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Head of the Department of Technical Service and Engineering Management named after MP Momotenko, e-mail: rogovskii@nubip.edu.ua tel. +38 (098) 440-52-83, Ukraine, 01041, Kyiv, street Heroes of Defense, 12v, room 208, orcid.org/0000-0002-6957-1616

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Поліщук Володимир Петрович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри транспортних систем та безпеки дорожнього руху, Київ, Україна.

Загурський Олег Миколайович, доктор технічних наук, професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України, професор кафедри транспортних технологій та засобів у АПК, Київ, Україна.

REVIEWERS:

Polishchuk V.P., Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Head of the Department of Transport Systems and Road Traffic Safety, Kyiv, Ukraine.

Zagursky Oleh Mykolayovych, Doctor of Technical Sciences, Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Professor of the Department of Transport Technologies and Means of Agriculture, Kyiv, Ukraine.