

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

ОСНОВИ ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ

Методичні вказівки до практичних робіт для студентів спеціальності

133 – Галузеве машинобудування (магістерський рівень)

Дніпро 2023

УДК 338.47+656(075.8)

Основи транспортної логістики: методичні вказівки до практичних робіт для студентів спеціальності 133 – Галузеве машинобудування (магістерський рівень) / Уклад.: О. М. Лосіков, В. К. Сидоренко – Дніпро : Україн. держ. ун-т науки і технол., 2023. – 45 с.

Викладені методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Основи транспортної логістики», наведений порядок виконання практичних робіт, перелік та зміст практичних робіт, опис процедури виконання кожної практичної роботи, варіанти індивідуальних завдань, рекомендована література.

Призначені для студентів спеціальності 133 – Галузеве машинобудування (магістерський рівень).

Ухвалено на засіданні Групи забезпечення якості освітньої програми «Колісні та гусеничні транспортні засоби» зі спеціальності 133 – Галузеве машинобудування. Протокол № 6 від 15.03.2023р.

Друкуються за авторською редакцією.

Укладачі: Олександр ЛОСІКОВ ст. викладач.

Віктор СИДОРЕНКО ст. викладач.

Відповідальний за випуск Сергій БІЛОДІДЕНКО, д-р техн. наук, проф.

Рецензент Віктор ЄРМОКРАТЬЄВ, канд. техн. наук, доц. (ННІ ІПБТ УДУНТ)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
Практичне заняття №1	5
Практичне заняття №2	20
Практичне заняття № 3	25
Практичне заняття № 4	33
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	44

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку світової економіки значна частина логістичних операцій на шляху руху матеріального потоку від первинного джерела сировини до кінцевого споживача здійснюється із застосуванням різних транспортних засобів.

Витрати на транспортні операції становлять до 50...60% від суми загальних витрат. Транспортна логістика вирішує проблеми забезпечення технічної й технологічної спряженості учасників транспортного процесу, узгодження їх економічних інтересів.

Методичні вказівки призначені для виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Основи транспортної логістики».

Набуті практичні знання дозволять сформувати необхідні навички що до розробки оптимальних маршрутів, графіків, вибору ефективного транспортного засобу, для постачання товарів у торговельну мережу; вибору типу транспортного засобу під час перевезення вантажів; розробці маршруту руху автомобілів між розподільним пунктом товару і споживачем; складання оптимального плану перевезень.

Практичне заняття № 1

Розробка раціональних маршрутів руху транспорту

Мета: закріпити на основі вирішення тактичних ситуацій методику моделювання та розробки оптимальних маршрутів, графіків, вибору ефективного транспортного засобу для постачання товарів у торговельну мережу.

Завдання. Ви вирішуєте питання про перевезення товарів зі складу постачальника. Товар, що перевозиться автомобільним транспортом, - цукор у мішках масою 50 кг. Вантаж може перевозитися маятниковим чи кільцевим маршрутом. Необхідно визначити найоптимальніший варіант для перевезення вантажу зі складу оптово-посередницького підприємства, враховуючи, що на підприємстві автомобіль, який перевозить вантаж до пунктів призначення, має вантажопідйомність 5 т, а технічну швидкість - 25 км/год при загальному часі роботи на маршруті приблизно 7 год.

Для визначення найоптимальніших маршрутів необхідно проаналізувати їх середню довжину, кількість виконаних тонно-кілометрів, обсяг вантажу, що потребує перевезення, оптимальну вантажопідйомність автомобілів.

На основі розрахунків потрібно накреслити схеми найоптимальніших маршрутів і обґрунтувати вибраний маршрут перевезень.

Методичні вказівки.

Маршрут руху – це шлях просування автотранспорту при виконанні перевезення.

Маршрути поділяють на маятниковий та кільцевий.

Маятниковий маршрут – це маршрут, при якому шлях просування автомобіля між двома вантажними пунктами неодноразово повторюється.

Кільцевий маршрут – це просування автомобіля замкненим колом, яке об'єднує кілька отримувачів.

Їздка – це закінчений цикл транспортної роботи, який складається із завантаження автомобіля на складі, руху автомобіля з вантажем, розвантаження автомобіля в пунктах призначення і подання транспортного засобу для наступного завантаження (руху без вантажу).

Оберт – одна або кілька поїздок, причому автомобіль обов'язково повинен повертатися в початковий пункт.

Умовні позначення:

Q – обсяг перевезеного вантажу за день, т;

q – обсяг вантажу, перевезеного за один оберт, т;

Z – кількість обертів за день;

T – час роботи автомобіля за день, год.;

t_0 – час, який автомобіль витрачає на один оберт, год;

L_i – відстань між пунктами, км;

n – кількість пунктів;

V – швидкість автомобіля, км/год;

$t_{в.р.}$ – час на вантажно-розвантажувальні роботи (час на завантаження

плюс час на розвантаження), год;

p – вантажопідйомність автомобіля, т;

$k_{в.п.}$ – коефіцієнт вантажопідйомності;

f – кількість їздок за день;

L – довжина маршруту (одного повного оборту), км;

t_3 – час на завантаження, год;

t_p – час на розвантаження, год;

D – довжина маршруту за день, км.

Розв'язання:**1. Маятниковий маршрут.**

Схематичний маршрут перевезень (рис. 1.1).

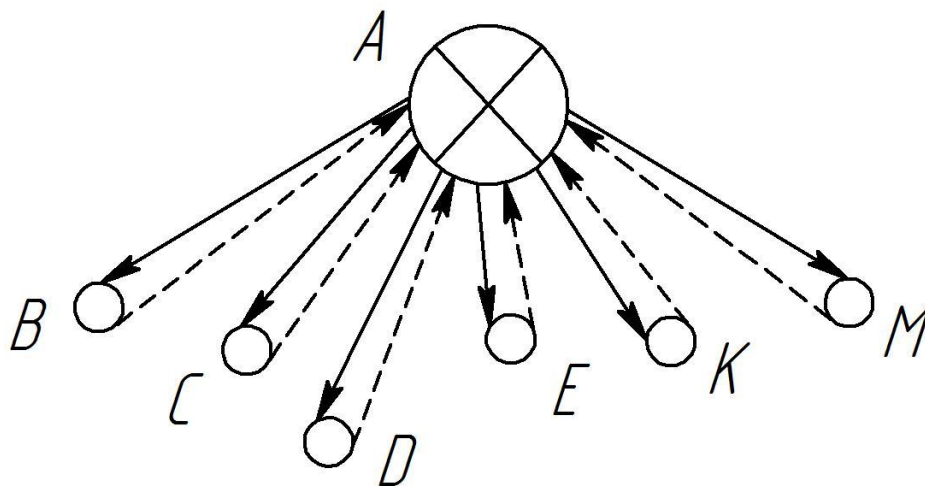


Рисунок 1.1 – Маятниковий маршрут.

1.1 Кількість перевезеного вантажу за добу.

Час, що потрібний автомобілю на один повний оберт:

$$t_0 = \sum \left(\frac{2 \times L_0}{v} + t_{\text{в.п.}} \right) \quad (1.1)$$

Кількість обертів за день:

$$Z = \frac{T}{t_0} \quad (1.2)$$

Обсяг вантажу, перевезеного за один оберт:

$$q = \sum (p \times k_{\text{в.п.}}) \quad (1.3)$$

Обсяг перевезеного вантажу за день:

$$Q = Z \times q \quad (1.4)$$

1.2 Кількість тонно-кілометрів за день (ТКМ).

Середня довжина маршруту:

$$L_{\text{сер}} = \frac{\text{ТКМ}}{(2 \times Q \times f)} \quad (1.5)$$

Кількість їздок за день:

$$f = (n - 1) \times Z \quad (1.6)$$

Довжина маршруту за день:

$$L_{\text{сер}} = Z \times \sum (2 \times L_i) \quad (1.7)$$

Кількість тонно-кілометрів за день:

$$TKM = Q \times D \quad (1.8)$$

2. Кільцевий маршрут.

Схематичний маршрут перевезень (рис. 1.2).

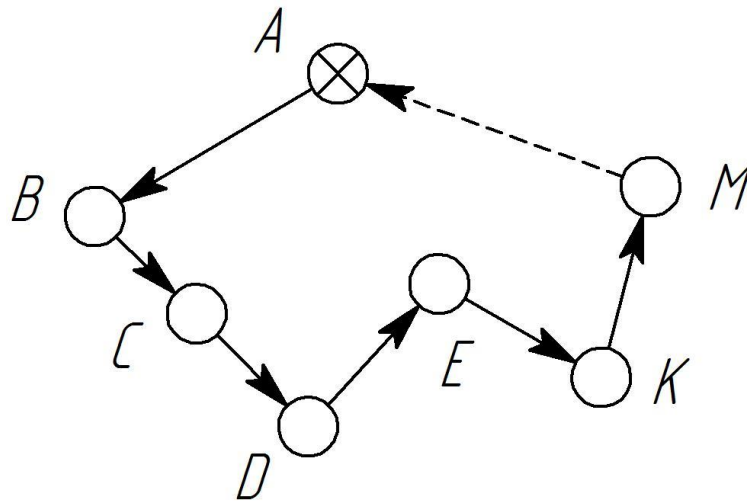


Рисунок 1.2 – Кільцевий маршрут.

2.1 Кількість перевезеного вантажу за день.

Час на один оберт автомобіля:

$$t_0 = \sum \frac{L}{V} + t_3 + \sum t_p \quad (1.9)$$

Кількість обертів за день:

$$Z = \frac{T}{t_0} \quad (1.10)$$

Обсяг перевезеного вантажу за день:

$$Q = Z \times q \quad (1.11)$$

$$q = p \times k_{\text{в.п.}(\max)} \quad (1.12)$$

2.2 Кількість тонно-кілометрів за день (ТКМ).

Середня довжина маршруту:

$$L_{\text{сер}} = \frac{\text{ТКМ}}{Q \times f} \quad (1.13)$$

$$f = Z \times n \quad (1.14)$$

Довжина маршруту за день:

$$D = Z \times \sum L_i \quad (1.15)$$

Кількість тонно-кілометрів за день:

$$\text{ТКМ} = Q \times D \quad (1.16)$$

Необхідно заповнити таблицю 1.1 за результатами розрахунків.

Таблиця 1.1 – Результати розрахунків.

№ з/п	Результати розрахунків		
Маятниковий маршрут			
1.	Кількість перевезеного вантажу за добу:		
	а) час, що потрібний автомобілю на один повний оберт;		
	б);		
2.	Кількість тонно-кілометрів за день:		
	а) середня довжина маршруту;		
	б);		
Кільцевий маршрут			
1.	Кількість перевезеного вантажу за день:		
	а) час на один оберт автомобіля;		
	б) ...;		
2.	Кількість тонно-кілометрів за день:		
	а) середня довжина маршруту;		
	б) ...;		

Індивідуальні завдання для самостійної роботи за варіантами
Вихідні дані (варіант І).

Маятниковий маршрут

№ з/п	Показник	AB	AC	AD	AE	AK	AM
1.	Відстань до пунктів призначення, км.	14	18	20	22	19	14
2.	Час на завантаження вантажу на складі, хв.	18	18	27	9	9	9
3.	Час на розвантаження вантажу в пунктах призначення, хв.	16	16	24	8	8	8
4.	Коефіцієнт використання загальної маси автомобіля.	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1

Кільцевий маршрут

№ з/п	Показник	AB	BC	CD	DE	EK	KM	MA
1.	Відстань до пунктів призначення, км.	14	20	18	16	22	14	14
2.	Час на завантаження вантажу на складі, хв.	18	-	-	-	-	-	-
3.	Час на розвантаження вантажу в пунктах призначення, хв.	16	16	24	8	8	8	-
4.	Коефіцієнт використання загальної маси автомобіля.	1	0,8	0,6	0,3	0,2	0,1	-

Вихідні дані (варіант II).

Маятниковий маршрут

№ з/п	Показник	AB	AC	AD	AE	AK	AM
1.	Відстань до пунктів призначення, км.	24	20	19	18	22	14
2.	Час на завантаження вантажу на складі, хв.	18	9	27	18	9	9
3.	Час на розвантаження вантажу в пунктах призначення, хв.	16	8	24	16	8	8
4.	Коефіцієнт використання загальної маси автомобіля.	0,2	0,1	0,3	0,2	0,1	0,1

Кільцевий маршрут

№ з/п	Показник	AB	BC	CD	DE	EK	KM	MA
1.	Відстань до пунктів призначення, км.	24	18	20	24	16	19	14
2.	Час на завантаження вантажу на складі, хв.	18	-	-	-	-	-	-
3.	Час на розвантаження вантажу в пунктах призначення, хв.	16	8	24	18	8	8	-
4.	Коефіцієнт використання загальної маси автомобіля.	1	0,8	0,7	0,4	0,2	0,1	-

Вихідні дані (варіант III).

Маятниковий маршрут

№ з/п	Показник	AB	AC	AD	AE	AK	AM
1.	Відстань до пунктів призначення, км.	22	24	19	20	18	20
2.	Час на завантаження вантажу на складі, хв.	9	18	27	9	18	9
3.	Час на розвантаження вантажу в пунктах призначення, хв.	8	16	24	8	16	8
4.	Коефіцієнт використання загальної маси автомобіля.	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,1

Кільцевий маршрут

№ з/п	Показник	AB	BC	CD	DE	EK	KM	MA
1.	Відстань до пунктів призначення, км.	22	24	17	18	14	19	20
2.	Час на завантаження вантажу на складі, хв.	18	-	-	-	-	-	-
3.	Час на розвантаження вантажу в пунктах призначення, хв.	8	16	24	8	16	8	-
4.	Коефіцієнт використання загальної маси автомобіля.	1	0,9	0,7	0,4	0,3	0,1	-

Вихідні дані (варіант IV).

Маятниковий маршрут

№ з/п	Показник	AB	AC	AD	AE	AK	AM
1.	Відстань до пунктів призначення, км.	20	18	14	19	16	22
2.	Час на завантаження вантажу на складі, хв.	18	18	9	27	9	9
3.	Час на розвантаження вантажу в пунктах призначення, хв.	16	16	8	24	8	8
4.	Коефіцієнт використання загальної маси автомобіля.	0,2	0,2	0,1	0,3	0,1	0,1

Кільцевий маршрут

№ з/п	Показник	AB	BC	CD	DE	EK	KM	MA
1.	Відстань до пунктів призначення, км.	20	16	24	16	20	18	22
2.	Час на завантаження вантажу на складі, хв	18	-	-	-	-	-	-
3.	Час на розвантаження вантажу в пунктах призначення, хв..	16	16	8	24	8	8	-
4.	Коефіцієнт використання загальної маси автомобіля.	1	0,8	0,6	0,5	0,2	0,1	-

Вихідні дані (варіант V).

Маятниковий маршрут

№ з/п	Показник	AB	AC	AD	AE	AK	AM
1.	Відстань до пунктів призначення, км.	16	20	18	24	20	14
2.	Час на завантаження вантажу на складі, хв.	18	9	27	18	9	9
3.	Час на розвантаження вантажу в пунктах призначення, хв.	16	8	24	16	8	8
4.	Коефіцієнт використання загальної маси автомобіля.	0,2	0,1	0,3	0,2	0,1	0,1

Кільцевий маршрут

№ з/п	Показник	AB	BC	CD	DE	EK	KM	MA
1.	Відстань до пунктів призначення, км.	16	22	20	18	22	16	14
2.	Час на завантаження вантажу на складі, хв.	18	-	-	-	-	-	-
3.	Час на розвантаження вантажу в пунктах призначення, хв.	16	8	24	16	8	8	-
4.	Коефіцієнт використання загальної маси автомобіля.	1	0,8	0,7	0,4	0,2	0,1	-

Вихідні дані (варіант VI).

Маятниковий маршрут

№ з/п	Показник	AB	AC	AD	AE	AK	AM
1.	Відстань до пунктів призначення, км.	19	14	22	16	19	20
2.	Час на завантаження вантажу на складі, хв.	18	18	18	9	9	18
3.	Час на розвантаження вантажу в пунктах призначення, хв.	16	16	16	8	8	16
4.	Коефіцієнт використання загальної маси автомобіля.	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2

Кільцевий маршрут

№ з/п	Показник	AB	BC	CD	DE	EK	KM	MA
1.	Відстань до пунктів призначення, км.	19	20	18	22	24	1920	
2.	Час на завантаження вантажу на складі, хв.	18	-	-	-	-	-	-
3.	Час на розвантаження вантажу в пунктах призначення, хв.	16	16	16	8	8	8	-
4.	Коефіцієнт використання загальної маси автомобіля.	1	0,8	0,6	0,4	0,3	0,2	-

Вихідні дані (варіант VII).

Маятниковий маршрут

№ з/п	Показник	AB	AC	AD	AE	AK	AM
1.	Відстань до пунктів призначення, км.	18	20	16	19	24	20
2.	Час на завантаження вантажу на складі, хв.	9	18	27	9	9	18
3.	Час на розвантаження вантажу в пунктах призначення, хв.	16	16	24	8	8	8
4.	Коефіцієнт використання загальної маси автомобіля.	0,1	0,2	0,3	0,1	0,1	0,2

Кільцевий маршрут

№ з/п	Показник	AB	BC	CD	DE	EK	KM	MA
1.	Відстань до пунктів призначення, км.	18	22	20	18	24	16	20
2.	Час на завантаження вантажу на складі, хв.	18	-	-	-	-	-	-
3.	Час на розвантаження вантажу в пунктах призначення, хв.	8	16	24	8	8	16	-
4.	Коефіцієнт використання загальної маси автомобіля.	1	0,9	0,76	0,4	0,3	0,2	-

Вихідні дані (варіант VIII).

Маятниковий маршрут

№ з/п	Показник	AB	AC	AD	AE	AK	AM
1.	Відстань до пунктів призначення, км.	20	24	19	22	14	18
2.	Час на завантаження вантажу на складі, хв.	18	27	18	9	9	9
3.	Час на розвантаження вантажу в пунктах призначення, хв.	16	24	16	8	8	8
4.	Коефіцієнт використання загальної маси автомобіля.	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1

Кільцевий маршрут

№ з/п	Показник	AB	BC	CD	DE	EK	KM	MA
1.	Відстань до пунктів призначення, км.	20	20	17	20	24	19	18
2.	Час на завантаження вантажу на складі, хв.	18	-	-	-	-	-	-
3.	Час на розвантаження вантажу в пунктах призначення, хв.	16	24	16	8	8	8	-
4.	Коефіцієнт використання загальної маси автомобіля.	1	0,8	0,6	0,3	0,2	0,1	-

Вихідні дані (варіант ІХ).

Маятниковий маршрут

№ з/п	Показник	AB	AC	AD	AE	AK	AM
1.	Відстань до пунктів призначення, км.	18	22	14	20	19	16
2.	Час на завантаження вантажу на складі, хв.	18	18	18	9	9	18
3.	Час на розвантаження вантажу в пунктах призначення, хв.	16	16	16	8	8	16
4.	Коефіцієнт використання загальної маси автомобіля.	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2

Кільцевий маршрут

№ з/п	Показник	AB	BC	CD	DE	EK	KM	MA
1.	Відстань до пунктів призначення, км.	18	24	20	20	19	22	16
2.	Час на завантаження вантажу на складі, хв.	18	-	-	-	-	-	-
3.	Час на розвантаження вантажу в пунктах призначення, хв.	16	16	16	8	8	16	-
4.	Коефіцієнт використання загальної маси автомобіля.	1	0,8	0,6	0,4	0,3	0,2	-

Вихідні дані (варіант Х).

Маятниковий маршрут

№ з/п	Показник	AB	AC	AD	AE	AK	AM
1.	Відстань до пунктів призначення, км.	24	16	24	19	20	16
2.	Час на завантаження вантажу на складі, хв.	18	27	9	9	18	9
3.	Час на розвантаження вантажу в пунктах призначення, хв.	16	24	8	8	16	8
4.	Коефіцієнт використання загальної маси автомобіля.	0,2	0,3	0,1	0,1	0,2	0,1

Кільцевий маршрут

№ з/п	Показник	AB	BC	CD	DE	EK	KM	MA
1.	Відстань до пунктів призначення, км.	24	18	19	19	20	24	16
2.	Час на завантаження вантажу на складі, хв.	18	-	-	-	-	-	-
3.	Час на розвантаження вантажу в пунктах призначення, хв.	16	24	8	8	16	8	-
4.	Коефіцієнт використання загальної маси автомобіля.	1	0,8	0,5	0,4	0,3	0,1	-

Практичне заняття № 2

Вибір транспортного засобу для перевезення продукції

Мета: набути навичок щодо вибору типу транспортного засобу під час перевезення вантажів.

Завдання: визначити показники, що впливають на вибір типу транспортних засобів.

1 Теоретичні аспекти

Одним із показників вибору транспортного засобу може бути рівноцінна відстань перевезень. Це відстань, при якій ефективність використання транспортних засобів однакова за порівняним критерієм. Найбільш розповсюдженим є спосіб визначення рівноцінної відстані за допомогою критерію часової продуктивності транспортного засобу, тобто обсягу перевезеного вантажу за годину. Вибір оптимального типу транспортного засобу дозволяє, в першу чергу, скоротити витрати на перевезення.

Вибір типу транспортного засобу можна також визначити за собівартістю перевезення 1 км, 1 т вантажу або 1 ткм.

Розглянемо типи транспортних засобів.

Тягач – це спеціалізований колісний або гусеничний транспортний засіб, що застосовується для буксирування причепів або напівпричепів (цистерни, рефрижератори та ін.). Автомобіль-тягач із причепом (напівпричепом) називається автопоїздом.

Вантажний автомобіль із бортовим кузовом – це класичний вантажний автомобіль, що складається з кабіни і кузова на одній рамі. Найчастіше зустрічаються закритий тентом кузов.

Самоскид – це різновид саморозвантажувального автомобіля із кузовом, що нахиляється механічно, найчастіше бункерного типу. Вантажівки самоскиди застосовують для транспортування сипучих, навалювальних або інших вантажів, розвантаження яких здійснюється шляхом їхнього перекидання з кузова.

2 Умови завдання

Підприємству для перевезення вантажу необхідно визначити, який транспортний засіб доцільно використати.

Вихідні данні до розрахунку наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристика транспортних засобів та показники їхньої роботи.

№ з/п	Показник	Одиниця виміру	Значення
1	2	3	4
1.	Вантажопідйомність: а) тягач.	т	$5 + i^*$
2.	Вантажопідйомність: а) бортовий автомобіль; б) самоскид.	т	$5 + i$ $4 + 0,5 \cdot i$
3.	Технічна швидкість: а) тягач; б) бортовий автомобіль; в) самоскид.	км/год	$20 - j^{**}$ $25 - j$ $20 - j$
4.	Коефіцієнт використання пробігу	-	$0,5 + 0,05 \cdot j$
5.	Час простою під навантаження і розвантаженням: а) бортовий автомобіль; б) самоскид.	год	$0,8 - 0,05 \cdot j$ $0,5 - 0,05 \cdot j$
6.	Час, затрачуваний на перезчеплення.	год	$0,1 + 0,03 \cdot j$
7.	Відстань перевезення.	км	$30 + i$
8.	Сума змінних витрат на 1 км: а) тягач; б) бортовий автомобіль; в) самоскид.	грн/км	$3 + 0,1 \cdot j$ $2,5 + 0,1 \cdot j$ $2 + 0,1 \cdot j$

Закінчення таблиці 2.1.

1	2	3	4
9.	Сума постійних витрат на 1 автомобіле-годину: а) тягач; б) бортовий автомобіль; в) самоскид.	грн/автогод	$5 - 0,1*j$ $5 - 0,1*j$ $6 - 0,1*j$
10.	Заробітна плата водія за одну їздку: а) тягач; б) бортовий автомобіль; в) самоскид.	грн/їздка	$35 + i$ $30 + i$ $35 + j$
11.	Тривалість однієї їздки а) тягач; б) бортовий автомобіль; в) самоскид.	год	$(30+i)/(25-j)$ $(30+i)/(20-j)$ $(30+i)/(20-j)$
12.	Транспортна робота за одну їздку	ткм/їздка	$(30 + i)*5$

* і – остання цифра студентського квитка.

** j – передостання цифра студентського квитка.

3 Етапи виконання завдання.

а) визначити рівноцінну відстань перевезень при використанні тягача з причепом та бортового автомобіля;

б) визначити рівноцінну відстань перевезень при використанні самоскида і бортового автомобіля;

в) обрати тип транспортного засобу за собівартістю перевезення;

г) зробити висновки.

4 Методичні вказівки

1. Рівноцінна відстань перевезень при використанні тягача з причепом та бортового автомобіля розраховується за наступною формулою:

$$l_p^t = \frac{\beta \times V_{ta} \times V_{tt} \times (q_t \times t_{pr} - q_a \times t_{pc})}{q_a \times V_{ta} - q_t \times V_{tt}} \quad (2.1)$$

де β – коефіцієнт використання пробігу;

V_{ta}, V_{tt} – технічна швидкість бортового автомобіля і тягача відповідно, км/год;

q_a, q_t – вантажопідйомність бортового автомобіля і тягача відповідно, т;

t_{pr} – час простою бортового автомобіля під навантаження і розвантаженням, год;

t_{pc} – час, затрачуваний на перезчеплення, год.

Отримане значення відстані порівнюють із відстанню перевезення:

1) якщо відстань перевезення (l_e) менше рівноцінної, тобто $l_e < l_p^t$ то слід використати тягач; якщо $l_e > l_p^t$, то обираємо бортовий автомобіль;

2) якщо при визначенні рівноцінної відстані у знаменнику отримали від'ємне значення – обираємо тягач, оскільки $q_t \times V_{tt} > q_a \times V_{ta}$ якщо від'ємне значення у чисельнику – бортовий автомобіль.

2. Рівноцінна відстань перевезень при використанні бортового автомобіля і самоскиду розраховується за наступною формулою:

$$l_p^s = \beta \times V_{ts} \times \left(\frac{q_a \times \Delta t}{\Delta q} - t_{pr} \right) \quad (2.2)$$

де V_{ts} – технічна швидкість самоскиду, км/год;

Δt – різниця у часі навантаження бортового автомобіля і самоскиду, год;

Δq – різниця у вантажопідйомності бортового автомобіля і самоскиду, т.

Отримане значення відстані порівнюють із відстанню перевезення: якщо

відстань перевезення менше рівноцінної, тобто $l_e < l_p^s$, то слід використати самоскид; якщо $l_e > l_p^s$ то обираємо бортовий автомобіль.

3. Розрахувати собівартість 1 ткм перевезення для бортового автомобіля, тягача та самоскида. Обрати оптимальний тип транспортного засобу за цим критерієм. Собівартість 1 ткм розраховується за такою формулою:

$$C_{tkm} = \frac{(C_{zm} \times l_e + C_{post} \times t_e + C_{zp})}{P_e} \quad (2.3)$$

де C_{zm} – сума змінних витрат на 1 км, грн/км;

C_{post} – сума постійних витрат на 1 автомобіле-годину, грн./автогод;

t_e – тривалість однієї їздки, год;

C_{zp} – заробітна плата водія за одну їздку, грн/їздка;

P_e – транспортна робота за одну їздку, ткм/їздка.

Практичне заняття № 3
Розробка маршруту руху автомобілів між розподільним пунктом
товару споживачем

1 Теоретичні відомості

Маршрутом у перевезеннях називають послідовність, що чергується, пунктів навантаження та розвантаження, через які повинен проходити автомобіль під час роботи.

Звичайно маршрут зв'язують із поняттям змінно-добового завдання. Однак у загальному випадку складання маршруту не еквівалентно складанню завдання. Маршрут може бути частиною завдання, один маршрут може використовуватися для формування декількох завдань, нарешті, завдання може бути сформульоване без вказівки маршруту. Функціонально маршрут – це характеристика завдання.

Складання маршрутів є одним з етапів виробітку завдань. Завдання складання маршрутів можуть вирішуватися оперативно безпосередньо перед виробітком завдань.

Із усієї різноманітності особливо виділено два типи: маятникові маршрути, у яких фігурують тільки по одному пункту завантаження та розвантаження, і кільцеві маршрути, у яких після кожної навантаженої їздки міняють пункти навантаження і розвантаження.

Інші маршрути звичайно називають змішаними. Основна мета складання раціональних маршрутів перевезень масових вантажів полягає в досягненні максимального коефіцієнта використання пробігу автомобілів. Для цього використовують методи розв'язку транспортного завдання лінійного програмування.

При маршрутизації перевезень масових вантажів міняють порядок проходження автомобілів після розвантаження під наступне навантаження для того, щоб їх загальний пробіг без вантажу був найменший.

Виділимо основні етапи маршрутизації перевезень: створення мережі найкоротших відстаней; розв'язок транспортного завдання на мінімум пробігу; визначення маршрутів перевезень різних вантажів у тому самому рухомому складі.

Для розв'язку завдання маршрутизації необхідна наступна інформація: адреси відправників і одержувачів; кількість і найменування вантажу, який потрібно перевезти; відстані між усіма відправниками та одержувачами.

2 Методика й приклад розрахунків

Дана наступна заявка на перевезення вантажів (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Заявка на перевезення вантажів.

Постачальник	Споживач	Найменування вантажу	Кількість вантажу, т	Кількість їздок
A_1	B_1	Асфальт	75	15
A_2	B_2	Цемент	50	10
	B_3	Цемент	100	20
A_3	B_4	Гравій	150	30
A_4	B_5	Цегла	50	10

Скласти маршрути перевезень вантажу. Вантажі перевозяться в одну зміну на автомобілях-самоскидах КамАЗ-5320.

Схема перевезень виглядає в такий спосіб (рис. 3.1 автотранспортне підприємство позначене буквою Г).

Визначення кількості їздок.

Кількість їздок у таблиці визначається розподілом кількості вантажу на вантажопідйомність використовуваного автомобіля (у нашому випадку 5 т). Слід зазначити, що при перевезеннях вантажу, який не забезпечує повного використання вантажопідйомності автомобіля, для розрахунків кількості їздок слід урахувати коефіцієнт використання вантажопідйомності.

Одержання оптимального розподілу порожніх їздок.

На підставі даних про відстані між пунктами і кількості їздок вирішують транспортне завдання на мінімум пробігу без вантажу.

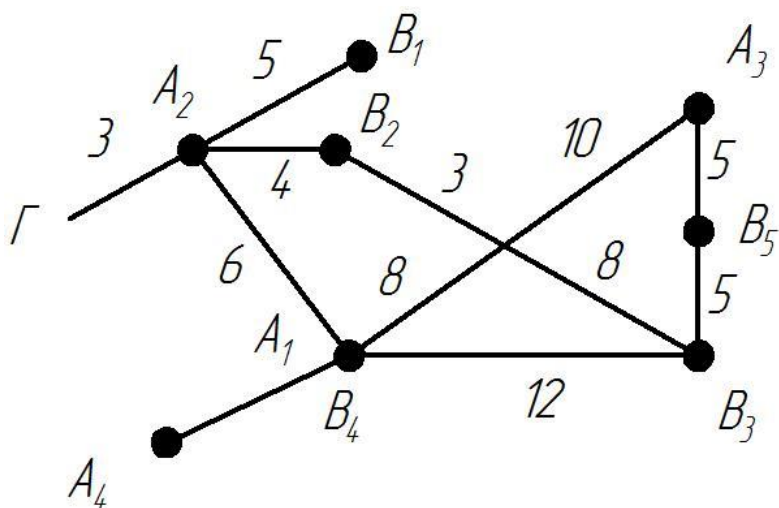


Рисунок 3.1 – Схема перевезень.

У таблиці 3.2 представлений результат розв'язку завдання, при якому забезпечується мінімальний порожній пробіг усіх автомобілів.

Таблиця 3.2 – Результат розв'язку завдання.

Постачальник	Споживач					Кількість їздок
	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	
A ₁	11	10	12	0	15	15
A ₂	0 15	4 10	15 0	6 5	20	30
A ₃	22	13	10 20	18	5 10	30
A ₄	16	15	17	5 10	22	10
Кількість їздок	15	10	20	30	10	85

У пунктах В автомобілі розвантажуються. За даними отриманої таблиці дивляться, скільки порожніх їздок повинні зробити автомобілі з пунктів В в пункти А.

3 Складання маршрутів

На наступному етапі розв'язку завдання маршрутизації в отриману таблицю оптимального розподілу порожніх їздок додають навантажені їздки та складають таблиці 3.3 (кількість навантажених їздок у ній зазначене в дужках).

Таблиця 3.3 – Навантажені їздки.

Постачальник	Споживач					Кількість їздок
	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	
A ₁	11 (15)	10	12	0 15	15	15
A ₂	0 15	4 10 (10)	15 0(20)	6 5	20	30
A ₃	22	13	10 20	18 (30)	5 10	30
A ₄	16	15	17	5 10	22 (10)	10
Кількість їздок	15	10	20	30	10	85

3.1 Складання маятників маршрутів

На підставі тих кліток, де є значення навантажених і порожніх їздок, становлять маятникові маршрути, кількість їздок по яких дорівнює найменшій цифрі. Так, у клітці A₂B₂ отриманий маятниковий маршрут № 1: A₂B₂B₂A₂ з десятьма обертами (рис. 3.2). Ця кількість виключається з подальшого розгляду.

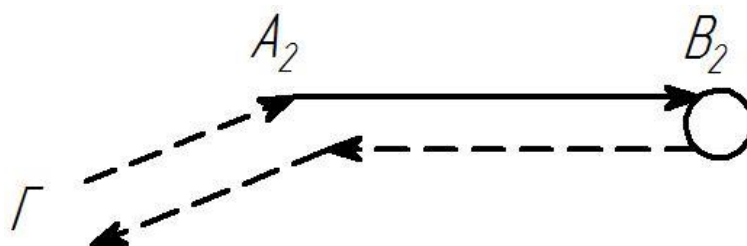


Рисунок 3.2 – Маятниковий маршрут № 1.

3.2 Складання кільцевих маршрутів

Після знаходження всіх маятникових маршрутів у таблиці будують чотирикутні контури, усі вершини яких лежать у завантажених клітках, причому вершини з навантаженими їздками повинні чергуватися з вершинами з порожніми їздками. Кількість обертон на маршруті визначається найменшим числом у вершинах контуру.

Так, у таблиці складено два такі кільцеві маршрути: маршрут № 2: $A_2B_3B_3A_3A_3B_4B_4A_2$ з п'ятьма обертами (рис. 3.3), маршрут № 3: $A_3B_4B_4A_4A_4B_5B_5A_3$ з десятьма обертами (рис. 3.4). Обрані їздки із кліток таблиці виключають.

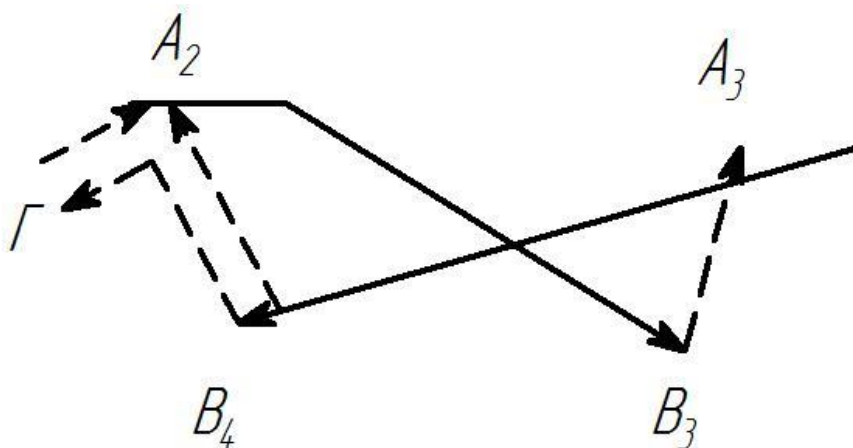


Рисунок 3.3 – Кільцевий маршрут № 2.

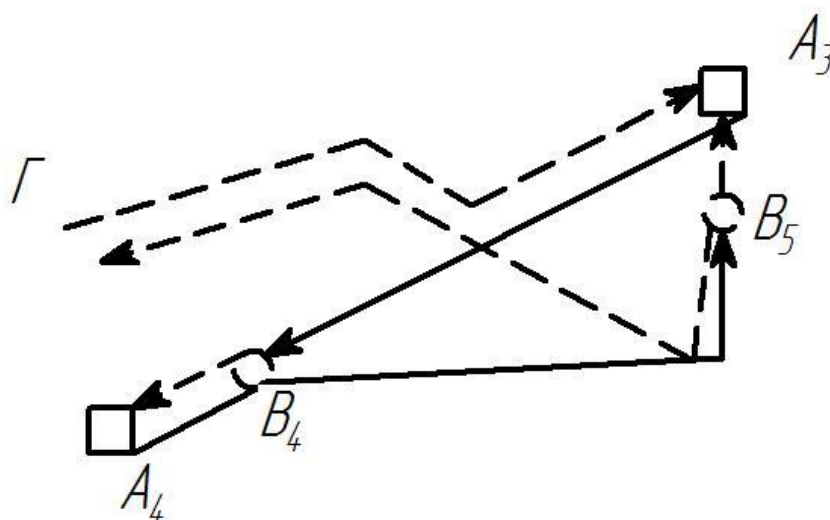


Рисунок 3.4 – Кільцевий маршрут № 3.

Після побудови всіх чотирикутних контурів будують контури із шістьма кутами (табл. 3.4). Таким чином, отриманий маршрут № 4: $A_1B_1B_1A_2A_2B_3B_3A_3A_3B_4B_4A_1$ з 15 обертами (рис. 3.5).

Таблиця 3.4.

Постачальник	Споживач				
	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
A_1	11 (15)	10	12	0 -15	15
A_2	5 15	4 10	15 (15)	6	20
A_3	22	13	10 15	18 (15)	5
A_4	10	15	17	5	22

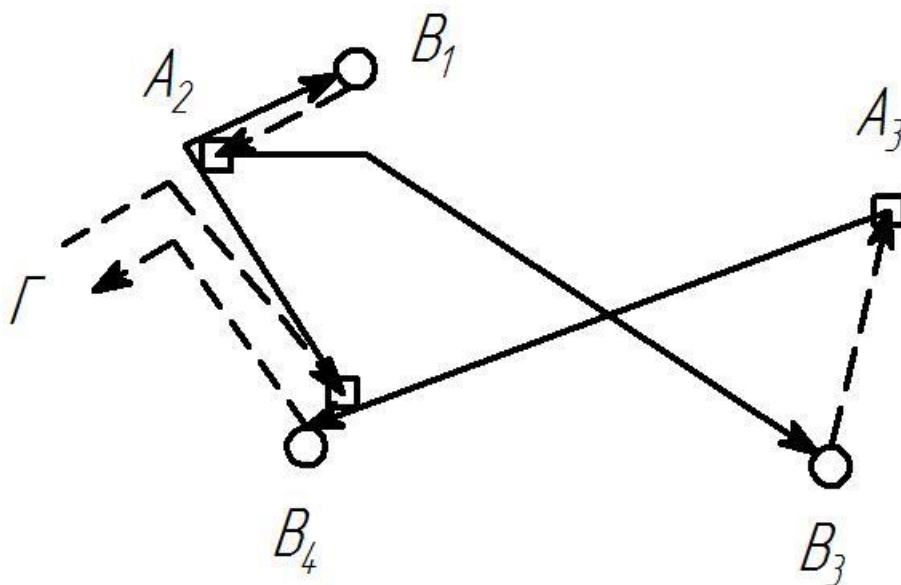


Рисунок 3.5 – Маршрут № 4.

Процес повторюється до повного виключення всієї кількості їздок із таблиці.

4 Варіанти завдань

Варіант вибирається студентом по номеру в списку.

Автотранспортне підприємство одержало наступну заявку на перевезення вантажів (табл. 3.5).

Таблиця 3.5 – Заявка на перевезення вантажів.

Постачальник	Споживач	Найменування вантажу	Кількість вантажу, т
A ₁	B ₁	Вугілля	X ₁
A ₂	B ₂	Цемент	X ₂
	B ₃	Цемент	X ₃
A ₃	B ₄	Гравій	X ₄
A ₄	B ₅	Пісок	X ₅

Відстані між пунктами (км) задані наступною матрицею:

$$D = \begin{matrix} & d_{11} & d_{13} & d_{13} & d_{14} & d_{15} \\ d_{21} & d_{22} & d_{23} & d_{24} & d_{25} \\ d_{31} & d_{32} & d_{33} & d_{34} & d_{35} \\ d_{41} & d_{42} & d_{43} & d_{44} & d_{45} \end{matrix}$$

При перевезеннях використовується автомобіль ЗІЛ ММЗ-555. Скласти маршрути перевезень вантажів, використовуючи варіанти, представлені нижче.

1. $X' = (30, 20, 40, 50, 20)$

$$D = \begin{matrix} 22 & 20 & 25 & 2 & 31 \\ 20 & 10 & 30 & 15 & 40 \\ 40 & 25 & 21 & 40 & 12 \\ 35 & 32 & 38 & 12 & 45 \end{matrix}$$

2. $X' = (18, 9, 22, 28, 10)$

$$D = \begin{matrix} 10 & 9 & 12 & 0 & 18 \\ 8 & 6 & 16 & 8 & 23 \\ 21 & 13 & 11 & 21 & 7 \\ 20 & 21 & 18 & 9 & 24 \end{matrix}$$

2. $X' = (58, 26, 60, 88, 28)$

$$D = \begin{matrix} 30 & 32 & 41 & 0 & 58 \\ 25 & 15 & 28 & 24 & 66 \\ 62 & 40 & 35 & 61 & 21 \\ 50 & 56 & 62 & 27 & 72 \end{matrix}$$

3. $X' = (18, 15, 22, 28, 12)$

$$D = \begin{matrix} 14 & 13 & 12 & 0 & 22 \\ 8 & 6 & 21 & 8 & 23 \\ 21 & 13 & 11 & 21 & 7 \\ 20 & 21 & 18 & 9 & 24 \end{matrix}$$

$$4. X' = (9, 14, 15, 19, 10)$$

$$D = \begin{matrix} & 6 & 5 & 7 & 0 & 10 \\ & 8 & 4 & 8 & 5 & 12 \\ 12 & 6 & 6 & 12 & 4 & \\ 10 & 12 & 10 & 5 & 13 & \end{matrix}$$

$$5. X' = (30, 20, 45, 54, 18)$$

$$D = \begin{matrix} & 18 & 19 & 25 & 10 & 36 \\ & 20 & 13 & 33 & 18 & 48 \\ 42 & 25 & 24 & 42 & 15 & \\ 38 & 40 & 38 & 20 & 50 & \end{matrix}$$

$$6. X' = (24, 20, 45, 54, 20)$$

$$D = \begin{matrix} & 24 & 20 & 22 & 2 & 28 \\ & 20 & 10 & 30 & 15 & 40 \\ 40 & 25 & 21 & 40 & 12 & \\ 35 & 30 & 34 & 12 & 40 & \end{matrix}$$

$$7. X' = (35, 28, 46, 50, 20)$$

$$D = \begin{matrix} & 21 & 18 & 12 & 10 & 31 \\ & 20 & 10 & 30 & 15 & 40 \\ 40 & 25 & 21 & 40 & 12 & \\ 41 & 32 & 38 & 12 & 39 & \end{matrix}$$

Практичне заняття № 4

Складання оптимального плану перевезень

1. Складання оптимального плану перевезень

1.1 Варіанти завдань

Варіанти завдань до практичного заняття наведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Варіанти завдань.

Передостання цифра залікової книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
№ завдання	1	2	3	4	5	6	2	3	4	5

Є три пункти поставки однорідного вантажу A_1 ; A_2 ; A_3 і п'ять пунктів споживання цього вантажу B_1 ; B_2 ; B_3 ; B_4 ; B_5 . У пунктах A_1 ; A_2 ; A_3 перебуває вантаж a_1 ; a_2 ; a_3 відповідно. Вантаж необхідно доправити в пункти B_1 ; B_2 ; B_3 ; B_4 ; B_5 у кількості b_1 ; b_2 ; b_3 ; b_4 ; b_5 відповідно. Відстані між пунктами задані матрицею, км:

$$D = \begin{pmatrix} d_{11} & d_{12} & d_{13} & d_{14} & d_{15} \\ d_{21} & d_{22} & d_{23} & d_{24} & d_{25} \\ d_{31} & d_{32} & d_{33} & d_{34} & d_{35} \end{pmatrix}$$

Знайти опорний план закріплення споживачів за постачальниками однорідного вантажу за умови мінімізації загального пробігу автомобіля методами Фогеля й потенціалів. Зрівняти отримані результати.

$$1. A^T = (a_1; a_2; a_3) = (200; 250; 200);$$

$$B^T = (b_1; b_2; b_3; b_4; b_5) = (190; 100; 120; 110; 130)$$

$$B = \begin{pmatrix} 28 & 27 & 18 & 27 & 24 \\ 18 & 26 & 27 & 32 & 21 \\ 27 & 33 & 23 & 31 & 34 \end{pmatrix}$$

$$2. A^T = (a_1; a_2; a_3) = (350; 200; 300)$$

$$B^T = (b_1; b_2; b_3; b_4; b_5) = (170; 140; 200; 195; 145)$$

$$B = \begin{pmatrix} 22 & 14 & 16 & 28 & 30 \\ 19 & 17 & 26 & 36 & 36 \\ 37 & 30 & 31 & 39 & 41 \end{pmatrix}$$

$$3. A^T = (a_1; a_2; a_3) = (300; 250; 200)$$

$$B^T = (b_1; b_2; b_3; b_4; b_5) = (110; 170; 120; 150; 200)$$

$$B = \begin{pmatrix} 4 & 8 & 13 & 2 & 7 \\ 9 & 4 & 11 & 9 & 17 \\ 3 & 16 & 10 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$4. A^T = (a_1; a_2; a_3) = (350; 330; 270)$$

$$B^T = (b_1; b_2; b_3; b_4; b_5) = (210; 170; 220; 150; 200)$$

$$B = \begin{pmatrix} 3 & 12 & 9 & 1 & 7 \\ 2 & 4 & 11 & 2 & 10 \\ 7 & 14 & 12 & 5 & 8 \end{pmatrix}$$

$$5. A^T = (a_1; a_2; a_3) = (200; 450; 250)$$

$$B^T = (b_1; b_2; b_3; b_4; b_5) = (100; 125; 325; 250; 100)$$

$$B = \begin{pmatrix} 5 & 8 & 7 & 10 & 3 \\ 4 & 2 & 2 & 5 & 6 \\ 7 & 3 & 5 & 9 & 9 \end{pmatrix}$$

$$6. A^T = (a_1; a_2; a_3) = (200; 175; 225)$$

$$B^T = (b_1; b_2; b_3; b_4; b_5) = (100; 130; 80; 190; 100)$$

$$B = \begin{pmatrix} 5 & 7 & 4 & 2 & 5 \\ 7 & 1 & 3 & 1 & 10 \\ 2 & 3 & 6 & 8 & 7 \end{pmatrix}$$

1.2. Методика й приклад розрахунків

Метод потенціалів.

Обчислювальний алгоритм методу потенціалів розглянемо на прикладі розв'язку конкретного завдання при кріплення пунктів відправлення $i=1,3$ до пунктів призначення $j_1=4$.

Для транспортного завдання існує кілька методів відшукування початкового плану (опорного розв'язку):

- а) метод північно-західного кута;
- в) метод мінімальної вартості;
- с) метод подвійної переваги і т. д.

Вихідні дані завдання наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Вихідні дані.

Постачальник	Споживач				
	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	Запаси
A ₁	1	2	3	4	60
A ₂	4	3	2	0	80
A ₃	0	2	2	1	100
Потреба	40	60	80	60	240

Початковий план можна скласти одним з перерахованих вище методів. Скористаємося найбільш простим методом – методом північно-західного кута. Відповідно до цього методу завантаження кліток (розподіл обсягів пунктів відправлення по пунктах призначення) починається з верхньої лівої клітки («північно-західна» частина таблиці) і триває вниз і вправо (по діагоналі). За зазначеним правилом завантажуюмо першу клітку $(i-j)=(1-1)$ з умови:

$$x_{11} = \min\{a_1; b_1\} = \min\{60; 40\} = 40.$$

Таким чином, перший пункт призначення завантажений, а перший пункт відправлення має залишки вантажу $\Delta = 60 - 40 = 20$, які й розподіляємо на другий пункт призначення:

$$x_{12} = \min\{\Delta a_1; b_2\} = \min\{20; 60\} = 20; \Delta b_2 = 40.$$

Продовжуючи аналогічним образом, одержуємо:

$$x_{22} = \min\{a_2; \Delta b_2\} = \min\{80; 40\} = 40; \Delta a_2 = 40$$

і т. д.

Результати початкового плану представлено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Результати початкового плану.

Постачальник	Споживач					
	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	Запаси	α_i
A ₁	1 40 ↑ p	2 20 3	3	4	60	0
A ₂	4	3 p 40	3 2 40	0	80	1
A ₃	(+) 0 3	2	2 p 40	1 60	100	1
Необхідність	40	60	80	60	240	
β_j	1	2	1	0		

У процесі розв'язку після кожної ітерації (у тому числі й після одержання припустимого розв'язку) по завантажених клітках перевіряється виконання умови:

$$N = m + n - 1 \quad (4.1)$$

У нашому прикладі $m = 3$, $n = 4$, а число завантажених кліток рівно 6, тобто відповідає умові (4.1):

$$N = m + n - 1 = 3 + 4 - 1 = 6.$$

Значення цільової функції за результатами розрахунків припустимого плану:

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} \times x_{ij} \quad (4.2)$$

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} \times x_{ij} = 1 \times 40 + 2 \times 20 + 3 \times 40 + 2 \times 40 + 1 \times 60 = 420 \text{ у.од.}$$

Розрахунки потенціалів виконують по завантажених клітках, для яких повинна виконуватися наступна рівність:

$$\alpha_i + \beta_j = c_{ij} \quad (4.3)$$

де α_i – потенціал i -го рядка;

β_j – потенціал j -го стовпця.

Обчислюючи потенціали по вираженню (4.2), ухвалюємо для першого рядка $\alpha_1 = 0$. Використовуючи завантажені клітки $(i-j)=(1-1), (1-2)$ одержуємо:

$$\alpha_1 + \beta_1 = c_{11} = 0 + \beta_1 = 1; \beta_1 = 1;$$

$$\alpha_1 + \beta_2 = c_{12} = 0 + \beta_2 = 2; \beta_2 = 2.$$

Далі по завантажених клітках (2-2), (2-3) визначаємо інші потенціали:

$$\alpha_2 + \beta_2 = 3; \alpha_2 + 2 = 3; \alpha_2 = 1;$$

$$\alpha_2 + \beta_3 = 2; 1 + \beta_3 = 2; \beta_3 = 1.$$

Результати розрахунків потенціалів представлено в таблиці 4.3. Перевіряють план на оптимальність по незавантажених клітках з використанням нерівності:

$$\alpha_i + \beta_j \leq c_{ij} \quad (4.4)$$

Якщо для незавантажених кліток умова (4.4) виконується, то план оптимальний. По таблиці 4.3 здійснюємо перевірку початкового плану на оптимальність:

$$\begin{aligned}(i-j) &= (1-3), 0+1 \leq 3; \\(i-j) &= (1-4), 0+0 \leq 4; \\(i-j) &= (2-1), 1+1 \leq 4; \\(i-j) &= (2-4), 1+0 > 0, \Delta c_{24} = 1; \\(i-j) &= (3-1), 1+1 > 0, \Delta c_{31} = 2; \\(i-j) &= (3-2), 1+2 > 2, \Delta c_{32} = 1.\end{aligned}$$

Отже, по трьом кліткам умова (4.4) не виконується, отже, початковий план вимагає поліпшення. Характеристики Δc_{ij} показують розмір економії транспортних витрат на одиницю перевезеного вантажу. У нашому прикладі найбільшу економію можна одержати по клітці $(i-j) = (3-1)$, де $\Delta c_{31} = 2 \geq \{\Delta c_{24}; \Delta c_{23}\}$. Отже, клітку (3-1) необхідно завантажити за рахунок перерозподілу ресурсів з інших завантажених кліток. У таблиці клітку (3-1) позначаємо знайомий (+), тому що тут у початковому плані перебуває вершина максимальної неоптимальності.

Контур перерозподілу ресурсів становлять за наступними правилами:

а) цей контур представляє замкнений багатокутник з вершинами в завантажених клітках, за винятком клітки з вершиною максимальної неоптимальності й ланками, що лежать уздовж рядків і стовпців матриці;

б) ламана лінія повинна бути зв'язаною в тому розумінні, що з будь-якої її вершини можна потрапити в будь-яку іншу вершину по ланках ламаного ланцюга (по рядкові або по стовпцю);

в) у кожній вершині контуру зустрічаються тільки дві ланки, одне з них розташовується по рядкові, інше – по стовпцю;

г) число вершин контуру парне, усі вони в процесі перерозподілу діляться на, що завантажуються, що й розвантажуються;

д) у кожному рядку (стовпці) є дві вершини: одна -, що завантажуються, інша, що розвантажуються.

У цій клітці намічаємо одну з вершин контуру й далі за вищевикладеними правилами будуємо контур, вершини якого будуть перебувати в клітках (3-1)-(1-1)-(1-2)-(2-2)-(2-3)- (3-3). Вершини контуру послідовно підрозділяємо на, що

завантажуються – з, що й розвантажуються – р, починаючи з вершини максимальної неоптимальності (+) (табл. 4.3).

Перерозподіл ресурсів по контуру здійснюється з метою одержання оптимального плану. У процесі перерозподілу ресурсів по контуру відповідно до умови незаперечності змінних x_{ij} жодне із цих значень не повинне перетворитися в негативне число. Тому аналізують тільки клітки, позначені знайомий р, з яких вибирають клітку з мінімальним обсягом перевезень. У нашому прикладі:

$$x_{\min} = \min\{40; 40; 40\} = 40.$$

Отже, клітки (1-1), (2-2), (3-3) повністю розвантажуються. У клітці (1-2) завантаження збільшується на 40 і досягає 60, у клітці (2-3) завантаження складе $40+40 = 80$, і клітка (3-1) завантажиться на 40. Перевіряємо умову (1). У нашому прикладі $m = 3$, $n = 4$, а число завантажених кліток рівно 4, тобто умова не виконується $6 \neq 4$. У процесі перерозподілу ресурсів відбулося повне розвантаження трьох кліток, а ми повинні звільнити тільки одну клітку. У цьому випадку впливає що у дві клітки треба проставити нулі (нульовий ресурс) і вважати їх умовно завантаженими. Наприклад, у клітки (1-1) і (3-3) проставимо нульовий ресурс.

Одержання нового плану (ітерації) здійснюється в тому ж порядку, який був розглянутий:

а) по завантажених клітках (відповідно до нового завантаження) обчислюються потенціали α_i і β_j ;

б) по незавантажених клітках проводиться перевірка плану на оптимальність;

Перебуває вершина максимальної не оптимальності й будується новий контур перерозподілу, і так далі до тих пір, поки не буде знайдений оптимальний розв'язок, що задовольняє нерівності (4.3).

За результатами першої ітерації маємо:

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} \times x_{ij} = 2 \times 60 + 2 \times 80 + 1 \times 60 + 0 \times 40 = 340 \text{ у.од.}$$

Нижче наведені розрахунки по другій ітерації (табл. 4.4) і оптимальний план.

Таблиця 4.4 – розрахунки по другій ітерації і оптимальний план.

Постачальник	Споживач					
	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	Запаси	α_i
A ₁	1 0	2 60	3	4	60	0
A ₂	4	3	3 р 80	0 3 ⊕	80	-1
A ₃	0 40	2	2 3 0	1 р 60	100	-1
Необхідність	40	60	80	60	240	
β_j	1	2	1	0		

Пошук потенціалів:

$$\begin{aligned}
 \alpha_1 + \beta_1 &= 1; 0 + \beta_1 = 1; \beta_1 = 1; \\
 \alpha_1 + \beta_2 &= 2; 0 + \beta_2 = 1; \beta_2 = 1; \\
 \alpha_2 + \beta_3 &= 2; \alpha_2 + 3 = 2; \alpha_2 = -1; \\
 \alpha_3 + \beta_1 &= 0; \alpha_3 + 1 = 0; \alpha_3 = -1; \\
 \alpha_3 + \beta_3 &= 2; -1 + \beta_3 = 2; \beta_3 = 3; \\
 \alpha_3 + \beta_4 &= 1; -1 + \beta_4 = 1; \beta_4 = 2.
 \end{aligned}$$

Перевірка на оптимальність:

$$\begin{aligned}
 (i-j) &= (1-3), 0+3 \leq 3; \\
 (i-j) &= (1-4), 0+2 < 4; \\
 (i-j) &= (2-1), 1-1 < 4;
 \end{aligned}$$

$$(i - j) = (2 - 4), 2 - 1 < 3;$$

$$(i - j) = (2 - 2), 2 - 1 < 3;$$

$$(i - j) = (2 - 4), 2 - 1 > 0.$$

Клітку (2-4) необхідно завантажити.

Відповідно до перерозподілу ресурсів по контуру одержуємо таблицю, для якої знову розраховуємо потенціали α_i і β_j , і послідовність обчислень повторюється (табл. 4.5).

Таблиця 4.5 – Послідовність обчислень.

Постачальник	Споживач					
	B_1	B_2	B_3	B_4	Запаси	α_i
A_1	1 0	2 60	3	4	60	0
A_2	4	3	2 20	0 60	80	-1
A_3	0 40	2	2 60	1	100	-1
Необхідність	40	60	80	60	240	
β_j	1	2	3	1		

Для розподілу, отриманого в таблиці, умова (4.4) виконується, отже, план оптимальний. Транспортні витрати за оптимальним планом:

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} \times x_{ij} = 1 \times 0 + 2 \times 60 + 2 \times 40 + 0 \times 60 + 0 \times 40 + 2 \times 60 = 280 \text{ у.од.}$$

Таким чином, побудовою початкового плану й наступними розрахунками двох ітерацій отриманий оптимальний розв'язок по прикріпленню пунктів відправлення вантажів до пунктів призначення.

Метод Фогеля.

Метод потенціалів дозволяє за кінцеве число кроків (ітерацій) знайти оптимальний план, отже, бажане, щоб перший опорний план був ближче до оптимального. Спосіб одержання опорного плану, запропонований американським ученим У. Фогелем, дозволяє знайти «практично» оптимальний

план. Знайдений план або збігається з оптимальним, або незначно від нього відрізняється.

Метод Фогеля розглянемо на прикладі того ж завдання.

Процес починається з визначення різниць між двома найменшими елементами кожного рядка й кожного стовпця.

Знайдені різниці показують, наскільки більше будуть витрати, якщо у відповідному стовпці (або рядку) поставка буде записана не в клітку, де перебуває мінімальний у цьому стовпці (рядку) елемент, а в клітку, де перебуває елемент, що впливає за ним по величині.

Там, де різниця виявляється найвищою й, отже, де будуть найбільші втрати розраховуючи на одиницю продукції, якщо поставка попадає не на найменший елемент, там, мабуть, і потрібно в першу чергу зробити поставку.

Якщо запаси в рядку або потребі в стовпці вичерпані, то даний рядок або даний стовпець викреслюються з подальшого розгляду. Потім проводиться наступний крок ітерації в тій же послідовності (таблиця 4.6).

Таблиця 4.6.

Постачальник		Споживач				Різниця по строкам				
		B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	Запаси	1	2	3	4
A ₁		1	2 60	3	4	60	1	1	-	-
A ₂		4	3	2 20	0 60	80	2	1	-	-
A ₃		0 40	2	2 60	1	100	1	1	1	2
Необхідність		40	60	80	60	240				
Різниця по стовбцям	1	1	1	1	1					
	2	1	1	1	-					
	3	4	-	1	-					
	4	-	-	1	-					

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} \times x_{ij} = 2 \times 60 + 2 \times 20 + 0 \times 60 + 0 \times 40 + 0 \times 40 + 2 \times 60 = 280 \text{ у.од.}$$

У цьому випадку результати знаходження опорного плану збіглися із планом оптимальним.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна література:

1. Сокур І. М., Транспортна логістика : навч. пос. [для студ. вищ. навч. закл.] / І. М. Сокур, Л. М. Сокур, В. В. Герасимчук – К. : Центр учбової літератури, 2009. – 222 с.
2. Глогусь О.О. Логістика : навч. посібник – Тернопіль : Економічна думка 1998. – 166 с.
3. Гурч Л. М. Логістика : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. – К.: ДП «Видавничий дім «Персонал», 2008. — 560 с.
4. Алькема В. Г. Логістика. Теорія та практика : навчальний посібник. / В. Г. Алькема, О. М. Сумець. – К.: «Видавничий дім «Професіонал», 2008. – 272 с.

Допоміжна література:

1. Зеркалов Д. В. Транспорта система України. – К.: Основа, 2006. – 704 с. Довідник.
2. Донченко О. О. Міжнародні перевезення, опорний конспект лекцій. – К. : Видавничий центр КНЕТЕУ, 2004. – 110 с.
3. Логістика : навч. посіб. / О. М. Тридід, Г. М. Азаренкова, С. В. Мішина, І. І. Борисенко. – К. : Знання. 2008. – 566 с.

Інформаційні ресурси в Інтернеті:

1. Бібліотечно-інформаційні ресурси – [книжковий фонд](#), періодика та фонди на [електронних носіях](#) наукової бібліотеки УДУНТ. <https://library.diit.edu.ua/uk>.

ОСНОВИ ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ

Методичні вказівки до практичних робіт для студентів спеціальності
133 – Галузеве машинобудування (магістерський рівень)

Підписано до друку 12.05.2023. Формат 60х84 1/16. Папір друк. Друк плоский.
Облік.-вид. арк. 0,86. Умов.-друк. арк. 2,62. Замовлення № 40.

Свідоцтво суб'єкта видавничої поліграфії ДК 7709 від 14.12.2022

Український державний університет науки і технологій
49010, м. Дніпро, вул. Лазаряна, 2

Редакційно-видавничий відділ УДУНТ