



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять з дисципліни

«Транспортна логістика»

для студентів спеціальності D7 «Торгівля»

першого (бакалаврського) рівня усіх форм навчання

Харків
НТУ «ХПІ»

2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять з дисципліни

«Транспортна логістика»

для студентів спеціальності D7 «Торгівля»

першого (бакалаврського) рівня усіх форм навчання

Затверджено
редакційно-видавничою
радою університету,
протокол № 1 від 19.02.2026 р.

Харків
НТУ «ХП»
2026

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Транспортна логістика» для студентів спеціальності D7 «Торгівля» першого (бакалаврського) рівня усіх форм навчання / уклад. О. Б. Білоцерківський. – Харків : НТУ «ХП», 2026. – 96 с.

Укладач О. Б. Білоцерківський

Рецензент І. І. Соснов

Кафедра підприємництва, торгівлі і логістики

ВСТУП

В умовах російської агресії та масштабного руйнування енергетичної, промислової, торговельної й транспортної інфраструктури особливої актуальності набувають завдання нарощування обсягів пасажирських і вантажних перевезень, а також підвищення економічної ефективності діяльності вітчизняних перевізників і експедиторських компаній як на внутрішньому, так і на міжнародному ринках. Транспортна логістика, як сучасна методологія оптимізації та раціональної організації вантажопотоків і їх обробки в логістичних центрах, створює умови для зростання ефективності перевезень, скорочення непродуктивних витрат та підвищення конкурентоспроможності транспортних підприємств. Її впровадження дозволяє перевізникам відповідати сучасним вимогам ринку та зростаючим очікуванням споживачів логістичних послуг. У довгостроковій перспективі розвиток логістики сприятиме фінансовому оздоровленню вітчизняних транспортних компаній у мирний час, зростанню їхнього рейтингу та розширенню обсягів перевезень на внутрішньому та зовнішньому ринках.

Навчальна дисципліна «Транспортна логістика» належить до вибірко-вих дисциплін спеціальності D7 «Торгівля».

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів системи знань і розуміння концептуальних основ транспортної логістики, як інструменту ринкової економіки, теорії і практики розвитку цього напрямку та набуття вмінь і навичок ефективного управління вантажопотоками.

Завданнями навчальної дисципліни є:

1) набуття студентами теоретичних знань з управління вантажопотоками;

2) оволодіння навичками логістичного мислення з оптимізації вантажопотоків та розроблення логістичних систем і механізмів функціонування;

3) опанування студентами практичними методами скорочення витрат підприємств на переміщення матеріальних ресурсів;

4) координація транспортного обслуговування споживачів за їх замовленнями.

Предметом навчальної дисципліни є організація й оптимізація раціональних вантажопотоків, їх обробка в спеціалізованих логістичних центрах.

Для успішного проходження курсу необхідно мати знання та практичні навички з таких дисциплін: «Основи підприємництва», «Основи логістики», «Комерційна логістика», «Логістичне обслуговування».

У результаті вивчення дисципліни студент має *знати*:

- сутність транспортної логістики та її основні завдання;
- концептуальні основи та сфери використання транспортної логістики;
- особливості транспортної продукції;
- критерії вибору видів транспорту;
- формування транспортних тарифів за видами транспорту.

У результаті вивчення дисципліни студент має *оволодіти*:

- методами проведення логістичної оцінки видів транспорту;
- прийомами визначення раціональні маршрути доставок;
- методами оптимізації транспортних процесів під час змішаних перевезень;
- навичками координації транспортних і виробничих процесів;
- основами аналізу вантажопотоків і їх розподілення.

ТЕМА 1. ВИБІР ОПТИМАЛЬНОГО ВИДУ ТРАНСПОРТУ

Мета заняття – закріплення на основі вирішення практичної ситуації методики розрахунку мінімізації загальних витрат і вибір найоптимальнішого варіанта перевезення вантажу залежно від виду транспорту й умов доставки.

Задача 1.1

Необхідно проаналізувати транспортні витрати, розглянути та проаналізувати всі можливі схеми перевезень, зазначивши задіяні ланки з урахуванням конкретної ситуації.

Розрахувати сукупні витрати за кожним можливим варіантом перевезення. Розв'язання подати у вигляді табл. 1.1. Обрати найоптимальніший варіант перевезення вантажу залежно від виду транспорту.

Розробити та обґрунтувати пропозиції щодо підвищення ефективності використання транспорту з урахуванням логістичних зв'язків підприємства зі своїми партнерами.

Методичні вказівки та порядок виконання роботи

Щоб вирішити питання про спосіб транспортування вантажу, необхідно розрахувати сукупні витрати за кожним можливим варіантом перевезення вантажу. Для цього слід розглянути всі можливі схеми перевезень, зазначивши незадіяні ділянки. Розрахунки доцільно провести в середовищі Excel та оформити у вигляді табл. 1.1, де:

Q – обсяг транспортованого вантажу, тис. т;

P_z – вартість перевезення залізницею 1 т вантажу, тис. грн;

P_a – вартість перевезення автомобілем 1 т вантажу, тис. грн;

$P_{г.в}$ – вартість перевезення залізничною гілкою відправника 1 т вантажу, тис. грн;

$P_{г.о}$ – вартість перевезення залізничною гілкою отримувача 1 т вантажу, тис. грн;

$P_{ап}$ – вартість автопідвезення від/до залізничної станції 1 т вантажу, тис. грн;

$P_{в.р}$ – вартість вантажно-розвантажувальних робіт на 1 т вантажу, тис. грн;

C_z – вартість перевезення залізницею,

$$C_z = Q \times P_z; \quad (1.1)$$

C_a – вартість перевезення автомобілем,

$$C_a = Q \times P_a; \quad (1.2)$$

$C_{г.в}$ – вартість перевезення залізничною гілкою відправника,

$$C_{г.в} = Q \times P_{г.в}; \quad (1.3)$$

$C_{г.о}$ – вартість перевезення залізничною гілкою отримувача,

$$C_{г.о} = Q \times P_{г.о}; \quad (1.4)$$

$C_{в.р}$ – вартість вантажно-розвантажувальних робіт,

$$C_{в.р} = Q \times P_{в.р}; \quad (1.5)$$

$C_{ап}$ – вартість автоперевезення від/до станції,

$$C_{ап} = Q \times P_{ап}; \quad (1.6)$$

X – обсяг вантажно-розвантажувальних робіт;

Y – обсяг автоперевезень.

Під час визначення загальних витрат розглядаємо п'ять варіантів (табл. 1.1):

I. Автомобіль – залізниця – автомобіль (АЗА). Розглянути варіанти, коли на станціях навантаження та розвантаження відбуваються безпосередньо між автомобілем і залізничним контейнером та коли використовуються складські приміщення залізничної станції.

II. Автомобіль – залізниця – залізниця (АЗЗ). Відправник підвозить товар до залізничної станції автомобілем, перевезення здійснюється залізницею, а вантажоотримувач має під'їзну залізничну гілку. Розглянути два варіанти: коли на станції відправлення товар завантажується безпосередньо у вагон та з застосуванням складу (розвантаження, навантаження).

III. Залізниця – залізниця – автомобіль (ЗЗА). Відправник має залізничну гілку, а вантажоотримувач відвозить вантаж від станції автомобілем.

Розглянути два варіанти: коли на станції отримання вантаж з вагона перевантажується на автомобіль одразу та з використанням складу (завантаження, розвантаження).

IV. Залізниця – залізниця – залізниця (ЗЗЗ). Перевезення здійснюється залізницею, а відправник і отримувач мають під'їзні залізничні гілки.

V. Автомобіль – автомобіль – автомобіль (ААА). Перевезення авто-транспортом.

Таблиця 1.1 – Розрахунки за варіантами перевезень (приклад)

№ п/п	Варіант перевезення	Вихідні дані та розрахунки за варіантами												Вартість перевезення, тис. грн
		$C_{в.р}$	$C_{ап}$	$C_{г.в}$	$C_{в.р}$	$C_{в.р}$	C_a	C_3	$C_{в.р}$	$C_{в.р}$	$C_{г.о}$	$C_{ап}$	$C_{в.р}$	
	Q , тис. т													
	Тариф, тис. грн/т													
	Вартість, тис. грн													
1	А3А	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1.1		+	+	-	+	+	-	+	+	+	-	+	+	
1.2		+	+	-	-	+	-	+	+	+	-	+	+	
1.3		+	+	-	+	+	-	+	-	+	-	+	+	
1.4		+	+	-	-	+	-	+	+	-	-	+	+	
2	А3З	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2.1		+	+	-	+	+	-	+	-	-	+	-	+	
2.2		+	+	-	-	+	-	+	-	-	+	-	+	
3	З3А	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3.1		+	-	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	
3.2		+	-	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	
4	З3З	+	-	+	-	-	-	+	-	-	+	-	+	
5	ААА	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	

* Позначкою + вказана наявність витрат у варіанті перевезень.

Завдання 1

Індивідуальні завдання для самостійної роботи за варіантами подані у табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Індивідуальні завдання для самостійної роботи за варіантами

Варіант	Значення показників						
	Q	$P_з$	P_a	$P_{Г.в}$	$P_{Г.о}$	$P_{ап}$	$P_{вр}$
1	27	4	2,3	0,42	0,35	0,2	1,5
2	13	3	2,4	0,39	0,25	0,6	1,5
3	23	2	4,6	0,3	0,22	0,3	1,5
4	29	3,5	1,2	0,35	0,37	0,5	1,5
5	33	2,2	4,2	0,4	0,35	0,4	1,5
6	36	1,8	0,3	0,26	0,21	0,3	1,5
7	12	1,6	3,2	0,13	0,2	0,6	1,5
8	19	1,9	3,4	0,17	0,6	0,7	1,5
9	38	3,9	2,5	0,32	0,35	0,2	1,5
10	17	2,8	2,2	0,4	0,24	0,8	1,5
11	24	2,2	4	0,38	0,24	0,4	1,5
12	30	3,4	3	0,24	0,32	0,5	1,5
13	15	1,8	2,8	0,21	0,22	0,4	1,5
14	20	1,2	4,6	0,2	0,3	0,3	1,5
15	18	3,2	3,4	0,15	0,36	0,5	1,5
16	26	2	4,2	0,27	0,3	0,5	1,5
17	28	3	3,2	0,24	0,34	0,4	1,5
18	32	2,6	2,4	0,35	0,24	0,5	1,5
19	25	1,6	3,6	0,41	0,2	0,3	1,5
20	22	1,4	2,2	0,32	0,22	0,4	1,5

ТЕМА 2. ТРАНСПОРТНА ЗАДАЧА ТА МЕТОДИ ЇЇ РОЗВ'ЯЗАННЯ

Мета заняття – закріплення на основі вирішення практичної ситуації методів розв'язання транспортної задачі.

2.1. Розв'язання транспортної задачі в Excel

Задача 2.1. Постачальники ($i = 1 \dots m, m = 4$) мають можливість поставити ресурси споживачам ($j = 1 \dots n, n = 5$). Нехай постачальники мають такі ресурси: $A_1 = 220$ т, $A_2 = 120$ т, $A_3 = 160$ т, $A_4 = 200$ т, разом = 700т. Потреби споживачів такі: $B_1 = 180$ т, $B_2 = 160$ т, $B_3 = 50$ т, $B_4 = 240$ т, $B_5 = 70$ т.

Транспортні витрати на поставку 1 т продукції від i -го постачальника j -му споживачу наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані до задачі 2.1

Постачальники	Споживачі				
	B1	B2	B3	B4	B5
A1	$10 \times N$	$10 \times N - 2$	$10 \times N + 9$	$10 \times N$	$10 \times N$
A2	$10 \times N + 4$	$10 \times N - 8$	$10 \times N$	$10 \times N - 15$	$10 \times N - 8$
A3	$10 \times N + 3$	$10 \times N + 7$	$10 \times N$	$10 \times N - 6$	$10 \times N$
A4	$10 \times N - 5$	$10 \times N$	$10 \times N + 7$	$10 \times N$	$10 \times N +$

Примітка: N – номер прізвища студента за списком у журналі групи.

Розв'язати задачу в Excel методом північно-західного кута.

Методичні вказівки та порядок виконання роботи

1. Розв'язання задачі в MS Excel

Під час розв'язання транспортної задачі насамперед необхідно сформулювати цільову функцію. У цьому випадку цільова функція матиме такий вигляд:

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} \times X_{ij} \rightarrow \min, \quad (2.1)$$

де Z – логістичні витрати на закупівлю товарів у постачальників та перевезення їх споживачам;

m – кількість постачальників;

n – кількість споживачів

i – номер постачальника;

j – номер споживача;

C_{ij} – транспортні витрати на перевезення одиниці товару від i -го постачальника до j -го споживача, грн;

X_{ij} – обсяг закупівель у i -го постачальника, т.

Для того, щоб розв'язати транспортну задачу, необхідно визначити обмеження. У цьому випадку обмеження будуть такими:

1) сумарні обсяги закупівель у кожного з постачальників мають дорівнювати ресурсам цих постачальників;

2) сумарний обсяг закупівель у постачальників має дорівнювати попиту споживача;

3) обсяги закупівель мають бути цілими та невід'ємними числами.

Ці обмеження у математичному вигляді записуються так:

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = N_i, \quad i = \overline{1, m}; \quad (2.2)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = b_j, \quad j = \overline{1, n}; \quad (2.3)$$

$$X_{ij} \geq 0, \quad (2.4)$$

де N_i – ресурси постачальників, т;

b_j – попит споживачів, кг.

Як приклад, розв'яжемо задачу, вихідні дані якої наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Вихідні дані до задачі

$a_i \backslash b_j$	40	50	40	20
35	3	5	4	4
70	2	1	3	3
45	3	1	4	3

Для розв'язання задачі будемо використовувати функцію MS Excel «Пошук розв'язання». Для цього спочатку введемо відомості про постачальників – їхні ресурси та транспортні тарифи (витрати на перевезення 1 т

сировини). Транспортний тариф передбачає вартість пального, що витрачається на перевезення 1 т ресурсів.

Для розв'язання задачі в середовищі MS Excel необхідно скласти таблиці (рис. 2.1) та задати значення цільової функції та обмежень (рис. 2.2).

A	B	C	D	E	F	G	H	
1				Потреби споживачів				
2		Ім'я	Споживач 1	Споживач 2	Споживач 3	Споживач 4		
3		Постачальник 1	3	5	4	4		
4		Постачальник 2	2	1	3	3		
5		Постачальник 3	3	1	4	3		
6				Потреби споживачів				
7		Запаси	40	50	40	20		
8		постачальників	=СУММ(D11:D13)	=СУММ(E11:E13)	=СУММ(F11:F13)	=СУММ(G11:G13)		
9								
10								
11	Постачальни 35	=СУММ(D11:G11)	0	0	35	0	=\$B\$11-\$C\$11	
12	Постачальни 70	=СУММ(D12:G12)	40	25	5	0	=\$B\$12-\$C\$12	
13	Постачальни 45	=СУММ(D13:G13)	0	25	0	20	=\$B\$13-\$C\$13	
14								
15			=D\$8-\$D\$9	=E\$8-\$E\$9	=F\$8-\$F\$9	=G\$8-\$G\$9	Цільова функція	
16							=СУММПРОИЗВ(D\$3:\$G\$5;D11:G13)	

Рисунок 2.1 – Відомості про постачальників, попит і транспортні витрати

Параметры поиска решения

Оптимизировать целевую функцию:

До: Максимум Минимум Значения:

Изменяя ячейки переменных:

В соответствии с ограничениями:

Сделать переменные без ограничений неотрицательными

Выберите метод решения:

Метод решения
 Для гладких нелинейных задач используйте поиск решения нелинейных задач методом ОПГ, для линейных задач - поиск решения линейных задач симплекс-методом, а для негладких задач - эволюционный поиск решения.

Рисунок 2.2 – Пошук розв'язку транспортної задачі

2. Розв'язання задачі методом північно-західного кута

Ідея методу північно-західного кута полягає в тому, що заповнення таблиці перевезень транспортної задачі починається з лівого верхнього (північно-західного) кута, без урахувань вартостей перевезень.

У клітину записують менше з двох чисел a_1 та b_1 . Далі переходять до наступної клітинки в цьому ж рядку або у стовпчику і заповнюють її і т. д. Закінчують заповнення цієї таблиці у правій нижній клітинці. У такий спосіб значення поставок будуть розташовані по діагоналі таблиці.

У результаті отримано перший опорний план, який є допустимим, оскільки всі ресурси від постачальників вивезені, потреба споживачів задоволена, а план відповідає системі обмежень транспортної задачі.

Потім із таблиці знаходять вартість перевезень на X_1 – першому опорному плані перевезень.

ТЕМА 3. ЗАДАЧА ПРО ПРИЗНАЧЕННЯ

Мета заняття – закріплення на основі вирішення практичної ситуації методики розрахунку класичних транспортних задач, зокрема задачі про призначення.

У літературі описано низку класичних транспортних задач і методів їх розв'язання:

1. **Задача про призначення.** Є n різних літаків, які потрібно розподілити між m авіалініями. Відомо, що на j -й авіалінії i -й літак приносить дохід c_{ij} . Потрібно так розподілити літаки, щоб максимізувати сумарний прибуток.

2. **Задача комівояжера.** Є міста, пронумеровані числами $0, 1, 2, \dots, n$. Виїхавши з міста 0 , комівояжер повинен об'їхати всі інші міста, побувавши в кожному з них по одному разу, і повернутися до вихідного міста. Відомі відстані між містами i і j ($i, j = 0, 1, 2, \dots, n$). Потрібно знайти найкоротший маршрут.

3. **Задача про ранець.** Тут йдеться про мандрівника, що зібрався в похід, який має упакувати в ранець різні корисні предмети n найменувань, причому може знадобитися кілька однакових предметів. Є m обмежень такого типу, як вага, обсяг, лінійні розміри і т. д. При формулюванні задачі місце ранця може зайняти бомбардувальник, трюм чи палуба корабля, складське приміщення тощо.

4. **Задача про чотири фарби.** У 1976 р. було доведено чудову теорему: будь-яку географічну мапу можна розфарбувати, використовуючи трохи більше чотирьох різних фарб. Тим самим було вирішено одну з найбільш знаменитих і старих математичних проблем. Уточнимо формулювання задачі. Задано пласку географічну мапу, де межі кожної країни є замкнутою безперервною кривою. Дві країни називаються сусідніми, якщо вони мають спільний кордон – ділянку кривої певної довжини. Потрібно так розфарбувати цю мапу чотирма кольорами, щоб сусідні країни були розфарбовані в різні кольори.

3.1. Задача про призначення

Задача 3.1. Четверо робочих можуть виконувати чотири види робіт. Вартості c_{ij} виконання i -м робочим j -ї роботи наведені в комірках діапазону A1:D4 на рис. 3.1.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	1	4	6	3			Вартість робіт=			0
2	9	10	7	9						0
3	4	5	11	7						0
4	8	7	8	5						0
5										0
6						0	0	0	0	

Рисунок 3.1 – Вихідні дані задачі про призначення

У цій таблиці рядки відповідають робочим, а стовпці – роботам.

Необхідно скласти план виконання робіт так, щоб усі роботи були виконані, кожен робочий був завантажений тільки на одній роботі, а сумарна вартість виконання всіх робіт була мінімальною.

Етапи виконання роботи

Зазначимо, що ця задача є збалансованою, тобто кількість робіт збігається з кількістю робочих. Якщо задача не збалансована, то перед початком розв’язування її необхідно збалансувати, ввівши відсутнє число фіктивних рядків або стовпців із достатньо великими штрафними вартостями робіт.

Для розв’язання даної задачі побудуємо її математичну модель. Припустимо змінна $x_{ij} = 1$, якщо i -м робочим виконується j -та робота, і $x_{ij} = 0$, якщо i -м робочим не виконується j -та робота. Тоді економіко-математична модель задачі про призначення має такий вигляд:

знайти

$$Z = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min, \quad (3.1)$$

при обмеженнях

$$\sum_{i=1}^4 x_{ij} = 1, j \in [1,4], \quad (3.2)$$

$$\sum_{j=1}^4 x_{ij} = 1, i \in [1,4], \quad (3.3)$$

$$x_{ij} \in [0,1], i \in [1,4], j \in [1,4]. \quad (3.4)$$

Для розв'язання цієї задачі за допомогою засобу **Пошук розв'язання** відведемо під невідомих діапазон комірок F2:I5. У комірку J1 введемо цільову функцію СУММПРОИЗВ(F2:I5; A1:D4), що обчислює вартість робіт. Введемо також формули (3.2), (3.3), що задають ліві частини обмежень. Потім виберемо команду **Сервіс, Пошук розв'язання (Tools, Solver)** і заповнимо діалогове вікно **Пошук розв'язання (Solver)**, що відкрилося, як показано на рис. 3.2.

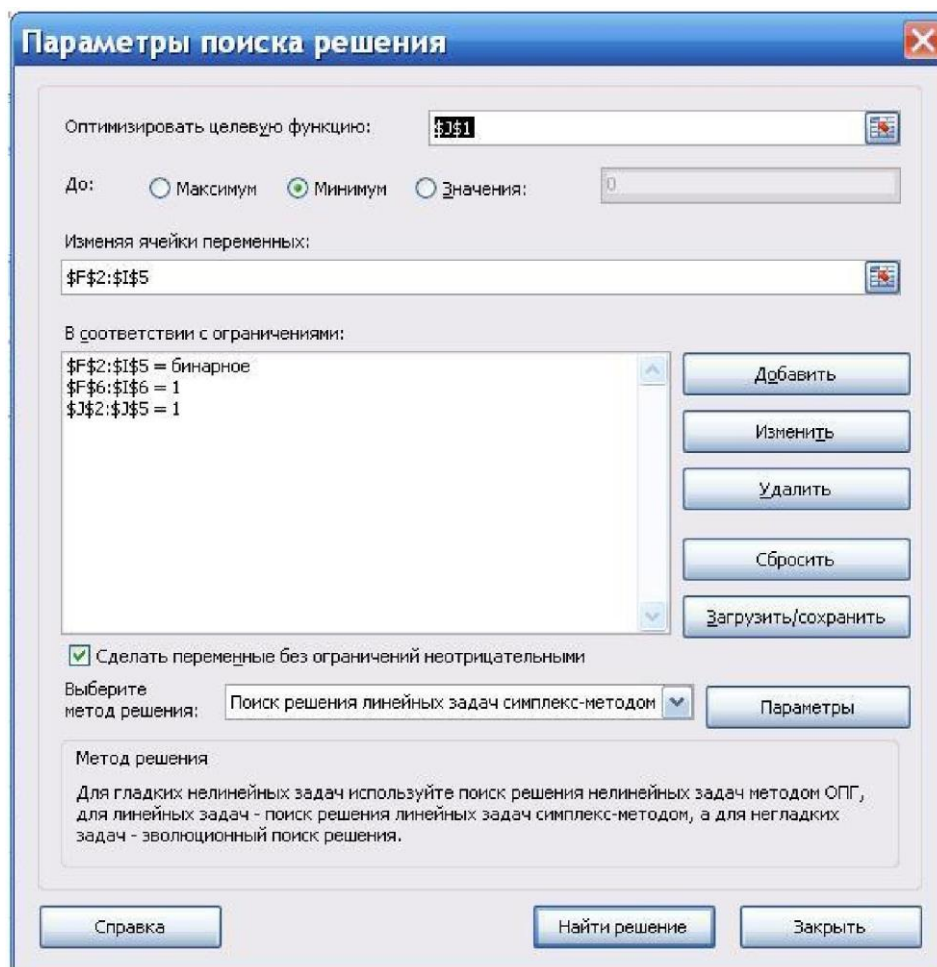


Рисунок 3.2 – Діалогове вікно **Пошук розв'язання**

Не забудьте в діалоговому вікні **Параметри пошуку розв'язання (Solver)** встановити прапорець **Лінійна модель (Assume Linear Model)**. Після натиснення кнопки **Виконати (Solve)** засіб пошуку розв'язків знайде оптимальний розв'язок, наведений на рис. 3.3.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	1	4	6	3			Вартість	робіт=		18
2	9	10	7	9		1	0	0	0	1
3	4	5	11	7		0	0	1	0	1
4	8	7	8	5		0	1	0	0	1
5						0	0	0	1	1
6						1	1	1	1	

Рисунок 3.3 – Оптимальний розв’язок задачі про призначення

Завдання 3

Є n робочих та m видів робіт. Вартість c_{ij} виконання i -м робочим j -ї роботи наведена в таблиці, де робочому відповідає рядок, а роботі – стовпець. Необхідно скласти план виконання робіт так, щоб усі роботи були виконані, кожен робочий був зайнятий тільки на одній роботі, а сумарна вартість виконання всіх робіт була мінімальною.

Варіант 1

Робочі	Роботи				
	Робота 1	Робота 2	Робота 3	Робота 4	Робота 5
Робочий 1	3	6	2	5	11
Робочий 2	1	2	7	11	3
Робочий 3	5	12	11	9	1
Робочий 4	2	4	2	10	5

Варіант 2

Робочі	Роботи				
	Робота 1	Робота 2	Робота 3	Робота 4	Робота 5
Робочий 1	1	3	6	5	7
Робочий 2	5	2	7	8	3
Робочий 3	3	5	1	9	2
Робочий 4	6	4	2	10	5

Варіант 3

Робочі	Роботи				
	Робота 1	Робота 2	Робота 3	Робота 4	Робота 5
Робочий 1	9	4	8	5	7
Робочий 2	1	2	9	8	3
Робочий 3	3	8	1	9	2
Робочий 4	3	4	2	4	5

Варіант 4

Робочі	Роботи			
	Робота 1	Робота 2	Робота 3	Робота 4
Робочий 1	8	6	2	5
Робочий 2	5	2	9	8
Робочий 3	3	8	1	9
Робочий 4	1	4	2	3
Робочий 5	3	7	10	5

Варіант 5

Робочі	Роботи				
	Робота 1	Робота 2	Робота 3	Робота 4	Робота 5
Робочий 1	10	8	6	2	7
Робочий 2	6	2	9	8	3
Робочий 3	3	7	1	10	5
Робочий 4	9	10	2	3	4

Варіант 6

Робочі	Роботи			
	Робота 1	Робота 2	Робота 3	Робота 4
Робочий 1	9	3	2	7
Робочий 2	5	4	9	8
Робочий 3	7	8	1	10
Робочий 4	1	9	10	3
Робочий 5	2	7	8	5

Варіант 7

Робочі	Роботи				
	Робота 1	Робота 2	Робота 3	Робота 4	Робота 5
Робочий 1	9	4	6	2	10
Робочий 2	6	2	10	8	4
Робочий 3	3	7	1	10	5
Робочий 4	7	10	5	3	9

Варіант 8

Робочі	Роботи			
	Робота 1	Робота 2	Робота 3	Робота 4
Робочий 1	10	3	2	4
Робочий 2	5	9	10	8
Робочий 3	7	8	1	9
Робочий 4	11	10	9	12
Робочий 5	2	7	8	10

Варіант 9

Робочі	Роботи				
	Робота 1	Робота 2	Робота 3	Робота 4	Робота 5
Робочий 1	5	4	12	2	10
Робочий 2	6	5	10	8	4
Робочий 3	3	7	11	10	8
Робочий 4	10	1	5	11	9

Варіант 10

Робочі	Роботи			
	Робота 1	Робота 2	Робота 3	Робота 4
Робочий 1	5	12	2	7
Робочий 2	10	9	7	12
Робочий 3	7	8	11	9
Робочий 4	2	10	9	13
Робочий 5	12	7	8	3

ТЕМА 4. ЗАДАЧА КОМІВОЯЖЕРА

Мета заняття – закріплення на основі вирішення практичної ситуації методики розрахунку класичних транспортних задач, зокрема задачі комівояжера.

Задача 4.1. Комівояжер повинен об'їхати найкоротшим шляхом N міст. Дані для розрахунку наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані задачі 4.1

№	1	2	3	4
1	–	35	18	11
2	20	–	27	4
3	3	8	–	60
4	50	10	12	–

Розв'язання. Задача комівояжера полягає в тому, щоб мінімізувати цільову функцію

$$F = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^N C_{ij} \rightarrow \min, \quad (4.1)$$

де C_{ij} – вартість проїзду між містами i та j ; $i = \overline{1, N}$ – нумерація міст, з яких від'їжджають; $j = \overline{1, N}$ – нумерація міст, куди в'їжджають. Усього комівояжер має обрати оптимальний варіант серед $(N - 1)! = (4 - 1)! = 6$ маршрутів.

4.1. Метод редукції рядків та стовпців

Обираємо довільний маршрут комівояжера, наприклад $(1,3) - (3,2) - (2,4) - (4,1)$ і отримуємо значення функції мети $F_b = 18 + 8 + 4 + 50 = 80$.

Етап 1

Крок 1.1. Виконуємо редукцію рядків

У кожному рядку i помічаємо найменше значення C_{ij} і віднімаємо його від елементів даного рядку, значення C_{ij} вказуємо у стовпці A_i (табл. 4.2):

Таблиця 4.2 – Крок 1.1 алгоритму методу редукції рядків та стовпців

№	1	2	3	4	A_i
1	–	24	7	0	11
2	16	–	23	0	4
3	0	5	–	57	3
4	40	0	2	–	10

Крок 1.2. Виконуємо редукцію стовпців (табл. 4.3):

Таблиця 4.3 – Крок 1.2 алгоритму методу редукції рядків та стовпців

№	1	2	3	4	A_i
1	–	24	5	0	11
2	16	–	21	0	4
3	0	5	–	57	3
4	40	0	0	–	10
B_j	0	0	2	0	

$$F_{min1} = \sum_{i=1}^N A_i + \sum_{j=1}^N B_j = 11 + 4 + 3 + 10 + 0 + 0 + 2 + 0 = 30.$$

Очевидно, що оптимальне значення цільової функції повинно знаходитися в межах: $F_{min1} \leq F_0 \leq F_b$ або $30 \leq F_0 \leq 80$.

Крок 1.3. Визначення одного з кроків оптимального шляху

Визначаємо штрафи a_i, b_j (табл. 4.4):

Таблиця 4.4 – Крок 1.3 алгоритму методу редукції рядків та стовпців

№	1	2	3	4	A_i	$a_i = \min C_{ij}$
1	–	24	5	0	11	5
2	16	–	21	0	4	16
3	0	5	–	57	3	5
4	40	0	0	–	10	0
B_j	0	0	2	0		
b_j	16	5	5	0		

Розраховуємо для кожної нульової комірки функцію вторинного штрафу $\Phi_{ij} = a_i + b_j$ і вводимо розраховані дані в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Розрахунок функції вторинного штрафу

Нульові комірки (i, j)	(1,4)	(2,4)	(3,1)	(4,2)	(4,3)
Вторинний штраф Φ_{ij}	5	16	21*	5	5

Найбільше значення $\Phi_{ij} = 21$ вказує, що у маршрут комівояжера потрібно внести комірку (3,1). Викреслимо рядок $i = 3$ та стовпець $j = 1$ у табл. 4.4. У результаті отримаємо табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Таблиця 4.4 після редукції 3-го рядка і 1-го стовпця

№	2	3	4
1	24	5	0
2	–	21	0
4	0	0	–

Вимога: у будь-якій таблиці комівояжера повинна існувати одна заборонена комірка. Забороняємо для використання у розрахунках комірку (1,3) і отримуємо табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Визначення забороненої комірки

№	2	3	4
1	24	–	0
2	–	21	0
4	0	0	–

Етап 2

Кроки 2.1, 2.2. Виконуємо редукцію рядків та стовпців (табл. 4.8):

Таблиця 4.8 – Редукція рядків та стовпців

№	2	3	4	A'_i	$a'_i = \min C_{ij}$
1	24	–	0	0	24
2	–	21	0	0	21
4	0	0	–	0	0
B'_j	0	0	0		
b'_j	24	21	0		

$$F_{min2} = F_{min1} + \sum_{i=1}^N A'_i + \sum_{j=1}^N B'_j = 30 + 0 + 0 = 30.$$

$$F_{min2} \leq F_0 \leq F_b \text{ або } 30 \leq F_0 \leq 80.$$

Крок 2.3. Визначення ще одного з кроків оптимального шляху

За даними табл. 8 розраховуємо для кожної нульової комірки функцію вторинного штрафу $\Phi'_{ij} = a'_i + b'_j$ і вводимо розрахункові дані в табл. 4.9.

Таблиця 4.9 – Розрахунок функції вторинного штрафу

Нульові комірки (i, j)	(1,4)	(2,4)	(4,2)	(4,3)
Вторинний штраф Φ'_{ij}	24*	21	24*	21

Отримали два найбільших значення $\Phi'_{ij} = 24$. Обираємо довільно (1,4). Викреслимо рядок $i = 1$ та стовпець $j = 4$ у табл. 4.8. У результаті отримаємо табл. 4.10.

Таблиця 4.10 – Редукція 1-го рядка та 4-го стовпця

№	2	3
2	–	21
4	0	0

Забороняємо для використання комірку (4,3) і отримуємо табл. 4.11

Таблиця 4.11 – Визначення забороненої комірки

№	2	3
2	–	21
4	0	–

Далі розрахунки не виконуються, бо табл. 11 вказує маршрут завершення шляху комівояжера: (2,3) та (4,2). Таким чином маршрут комівояжера $(3,1) + (1,4) + (2,3) + (4,2) = (1,4) + (4,2) + (2,3) + (3,1)$.

$F_0 = 3 + 11 + 27 + 10 = 51$. При цьому виконується умова

$$F_{min2} \leq F_0 \leq F_b \text{ або } 30 \leq 51 \leq 80.$$

Зауваження: якщо в розглянутій задачі комівояжера не дотримується умова $F_{min} \leq F_0 \leq F_b$, то треба з самого початку зробити редукцію стовпців, а потім – редукцію рядків.

4.2. Метод усереднених коефіцієнтів

За даними попередньої задачі обчислимо середні тарифи рядків C_{pi} та стовпців C_{kj} , а також усереднені коефіцієнти $K_{ij} = C_{ij} - (C_{pi} + C_{kj})$. Результати наведемо в табл. 4.12.

Таблиця 4.12 – Розрахунок середніх тарифів рядків і стовпців, а також усереднених коефіцієнтів

№	1	2	3	4	C_{pi}
1	–	35; 5,75	18; –12,25	11; –23,75	16
2	20; –10,75	–	27; 0	4; –27,5	12,75
3	3; –33	8; –23	–	60; 23,5	17,75
4	50; 13,75	10; –21,25	12; –20,25	–	18
C_{kj}	18,25	13,25	14,25	18,75	

За найменшим значенням усередненого коефіцієнта K_{ij} обираємо комірку оптимального шляху комівояжера і записуємо її дані в табл. 4.13.

Таблиця 4.13 – Вибір комірки оптимального шляху комівояжера

Но- мер кроку	Комірка оп- тимального шляху (i,j)	K_{ij}	Початко- вий та- риф C_{ij}	Заборонені рядок i та стовпець j		Заборонена комірка (i,j)
				i	j	
1	(3,1)	–33	3	3	1	(1,3)
2	(4,2)	–12,3	10	4	2	(2,4)
3	(1,4)	–	11	–	–	–
4	(2,3)	–	27	–	–	–

Крок 2. Умовно закреслюємо рядок $i = 3$ та стовпець $j = 1$ у табл. 4.13. У результаті отримаємо табл. 4.14.

Таблиця 4.14 – Редукція 3-го рядка та 1-го стовпця

№	2	3	4	C_{pi}
1	35; 4,7	–	11; –9,3	15,3
2	–	27; 3,7	4; –11,3	10,3
4	10; –12,3	12; –8,3	–	7,3
C_{kj}	15	13	5	

$$F_{min} = 3 + 10 + 11 + 27 = 51.$$

Завдання 4

Розв'язати задачу комівояжера (табл. 4.15) методом редукції рядків та стовпців, а також методом усереднених коефіцієнтів, порівняти отримані результати.

Таблиця 4.15 – Вихідні дані до варіантів Завдання 4

№	1	2	3	4	5
1	–	N	60	$20A$	$5A$
2	$2A$	–	$4A$	80	100
3	140	150	–	$2N$	70
4	$40A$	120	70	–	N
5	$3N$	$A + 6$	$4N$	90	–

Тут N – порядковий номер прізвища студента у журналі групи:

$$A = \sqrt{N}.$$

ТЕМА 5. ЗАДАЧА ПРО РАНЕЦЬ

Мета заняття – закріплення на основі вирішення практичної ситуації методики розрахунку класичних транспортних задач, зокрема задачі про ранець.

Теоретичні відомості

Постановка задачі про ранець (про завантаження або про рюкзак)

Літак завантажується предметами n різних типів. Кожен предмет типу j дає дохід c_j тис. грн і важить a_j тонн. Вантажопідйомність літака – b тонн. Вибрати предмети, завантаження яких дозволить отримати максимальний дохід без перевищення вантажопідйомності літака.

Спочатку розглянемо задачу в загальній постановці:

$$f_1(y_1) = \max_{x_1, \dots, x_n} \{ \sum_{j=1}^n c_j x_j \}, \quad (5.1)$$

$$\sum_{j=1}^n x_j a_j \leq y_1, \quad (5.2)$$

$$x_j \geq 0 - \text{цілочислові, } j \in \overline{1, n}, \quad (5.3)$$

$$y_1 = b, \quad (5.4)$$

де c_j – дохід, що одержується від перевезення одного предмету типу j ;
 a_j – вага цього предмету; x_j – кількість предметів j -го типу (управління);
 y_1 – частина вантажопідйомності літака, виділена для 1-го предмету;
 $f_j(y_j)$ – максимальний дохід від завантаження 1-го предмету, якщо у літаку виділено y_j тонн під цей предмет; b – вантажопідйомність літака.

Для розв'язування задачі про ранець застосуємо методи динамічного програмування. **Динамічне програмування (ДП)** – метод оптимізації, пристосований до операцій, у яких процес ухвалення рішення може бути розбитий на етапи (кроки). Такі операції називаються багатокроковими. Початок розвитку ДП відноситься до 50-х років ХХ ст. Воно пов'язане з ім'ям американського математика Р. Беллмана.

Рекурентні рівняння Беллмана для процедури оберненого прогону мають вигляд (5.5), (5.6).

$$f_n(y_n) = \max_{x_n=0,1,\dots,[b/a_n]} \{c_n x_n\}, \quad (5.5)$$

$$f_j(y_j) = \max_{x_j=0,1,\dots,[b/a_j]} \{c_j x_j + f_{j+1}(y_j - a_j x_j)\}, \quad (5.6)$$

$$j = n - 1, \dots, 2, 1,$$

де y_j – частина вантажопідйомності літака, виділена для предметів $j, j + 1, \dots, n$ (стан);

$f_j(y_j)$ – максимальний дохід від вантаження предметів $j, j + 1, \dots, n$, якщо у літаку виділено y_j тонн під ці предмети;

$[b/a_j]$ – ціла частина числа b/a_j , що стоїть у квадратних дужках.

Розв'яжемо задачу про ранець за допомогою цього рекурентного рівняння.

Задача 5.1. Літак завантажується предметами 3-х різних типів. Предмет 1-го типу дає дохід 65 тис. грн і важить 2 т, 2-го типу – 80 тис. грн, 3 т, 3-го типу – 30 тис. грн, 1 т. Вантажопідйомність літака – 5 т. Вибрати предмети, завантаження яких дозволить отримати максимальний дохід без перевищення вантажопідйомності літака.

Розв'язання. Умову задачі запишемо у вигляді:

$$f_1(y_1) = \max_{x_1, x_2, x_3} \{65x_1 + 80x_2 + 30x_3\},$$

$$2x_1 + 3x_2 + x_3 \leq y_1,$$

$$x_j \geq 0 - \text{цілочислові, } y_1 = 5.$$

Розв'язання задачі складається з трьох етапів, на кожному з яких розглядаються предмети відповідного типу.

У таблицях 5.1–5.7 виконані всі обчислення, необхідні для одержання оптимального розв'язку.

Етап 3. Розглядаються предмети 3-го типу:

$$f_3(y_3) = \max_{x_3} \{30x_3\}, \max x_3 = [5/1] = 5.$$

Таблиця 5.5 – Розрахунки за 3-м етапом

y_3	$30x_3$						Оптимальний розв'язок	
	$x_3 = 0$	$x_3 = 1$	$x_3 = 2$	$x_3 = 3$	$x_3 = 4$	$x_3 = 5$	$f_3(y_3)$	x_3^*
0	0	–	–	–	–	–	0	0
1	0	30	–	–	–	–	30	1
2	0	30	60	–	–	–	60	2
3	0	30	60	90	–	–	90	3
4	0	30	60	90	120	–	120	4
5	0	30	60	90	120	150	150	5

Етап 2. Розглядаються предмети 2-го і 3-го типів:

$$f_2(y_2) = \max_{x_2} \{80x_2 + f_3(y_2 - 3x_2)\}, \max x_2 = [5/3] = 1.$$

Таблиця 5.6 – Розрахунки за 2-м етапом

y_2	$80x_2 + f_3(y_2 - 3x_2)$		Оптимальний розв'язок	
	$x_2 = 0$	$x_2 = 1$	$f_2(y_2)$	x_2^*
0	$0 + 0 = 0$	–	0	0
1	$0 + 30 = 30$	–	30	0
2	$0 + 60 = 60$	–	60	0
3	$0 + 90 = 90$	$80 + 0 = 80$	90	0
4	$0 + 120 = 120$	$80 + 30 = 110$	120	0
5	$0 + 150 = 150$	$80 + 60 = 140$	150	0

Етап 1. Розглядаються предмети 1, 2 та 3-го типів:

$$f_1(y_1) = \max_{x_1} \{65x_1 + f_2(y_1 - 2x_1)\}, \max x_1 = [5/2] = 2.$$

Таблиця 5.7 – Розрахунки за 1-м етапом

y_1	$65x_1 + f_2(y_1 - 2x_1)$			Оптимальний розв'язок	
	$x_1 = 0$	$x_1 = 1$	$x_1 = 2$	$f_1(y_1)$	x_1^*
0	$0 + 0 = 0$	–	–	0	0
1	$0 + 30 = 30$	–	–	30	0
2	$0 + 60 = 60$	$65 + 0 = 65$	–	65	1
3	$0 + 90 = 90$	$65 + 30 = 95$	–	95	1
4	$0 + 120 = 120$	$65 + 60 = 125$	$130 + 0 = 130$	130	2
5	$0 + 150 = 150$	$65 + 90 = 150$	$130 + 30 = 160$	160	2

При заданому $y_1 = 5$ оптимальним розв'язком є $x^* = (2; 0; 1)$, а сумарна вартість вантажу дорівнює 160 тис. грн.

Завдання 5

Розв'язати задачу про ранець.

Варіант	Задача	Варіант	Задача
0	$f_1(y_1) = \max_{x_1, x_2, x_3} \{30x_1 + 60x_2 + 80x_3\},$ $x_1 + 2x_2 + 3x_3 \leq y_1,$ $x_j \geq 0 - \text{цілочислові, } y_1 = 4.$	5	$f_1(y_1) = \max_{x_1, x_2, x_3} \{27x_1 + 58x_2 + 75x_3\},$ $x_1 + 2x_2 + 3x_3 \leq y_1,$ $x_j \geq 0 - \text{цілочислові, } y_1 = 9.$
1	$f_1(y_1) = \max_{x_1, x_2, x_3} \{70x_1 + 20x_2 + 40x_3\},$ $4x_1 + x_2 + 2x_3 \leq y_1,$ $x_j \geq 0 - \text{цілочислові, } y_1 = 6.$	6	$f_1(y_1) = \max_{x_1, x_2, x_3} \{65x_1 + 17x_2 + 34x_3\},$ $4x_1 + x_2 + 2x_3 \leq y_1,$ $x_j \geq 0 - \text{цілочислові, } y_1 = 8.$
2	$f_1(y_1) = \max_{x_1, x_2, x_3} \{31x_1 + 47x_2 + 14x_3\},$ $2x_1 + 3x_2 + x_3 \leq y_1,$ $x_j \geq 0 - \text{цілочислові, } y_1 = 4.$	7	$f_1(y_1) = \max_{x_1, x_2, x_3} \{28x_1 + 45x_2 + 12x_3\},$ $2x_1 + 3x_2 + x_3 \leq y_1,$ $x_j \geq 0 - \text{цілочислові, } y_1 = 6.$
3	$f_1(y_1) = \max_{x_1, x_2, x_3} \{10x_1 + 23x_2 + 28x_3\},$ $x_1 + 2x_2 + 3x_3 \leq y_1,$ $x_j \geq 0 - \text{цілочислові, } y_1 = 7.$	8	$f_1(y_1) = \max_{x_1, x_2, x_3} \{8x_1 + 20x_2 + 25x_3\},$ $3x_1 + x_2 + 2x_3 \leq y_1,$ $x_j \geq 0 - \text{цілочислові, } y_1 = 7.$
4	$f_1(y_1) = \max_{x_1, x_2, x_3} \{20x_1 + 30x_2 + 40x_3\},$ $2x_1 + 3x_2 + 4x_3 \leq y_1,$ $x_j \geq 0 - \text{цілочислові, } y_1 = 8.$	9	$f_1(y_1) = \max_{x_1, x_2, x_3} \{15x_1 + 25x_2 + 37x_3\},$ $2x_1 + 3x_2 + 4x_3 \leq y_1,$ $x_j \geq 0 - \text{цілочислові, } y_1 = 9.$

ТЕМА 6. ЗАДАЧА ПРО МАРШРУТ

Задача 6.1. Необхідно перевезти вантаж з міста A в місто B . Дорожня мережа, що сполучає ці міста, наведена на рис. 6.1.

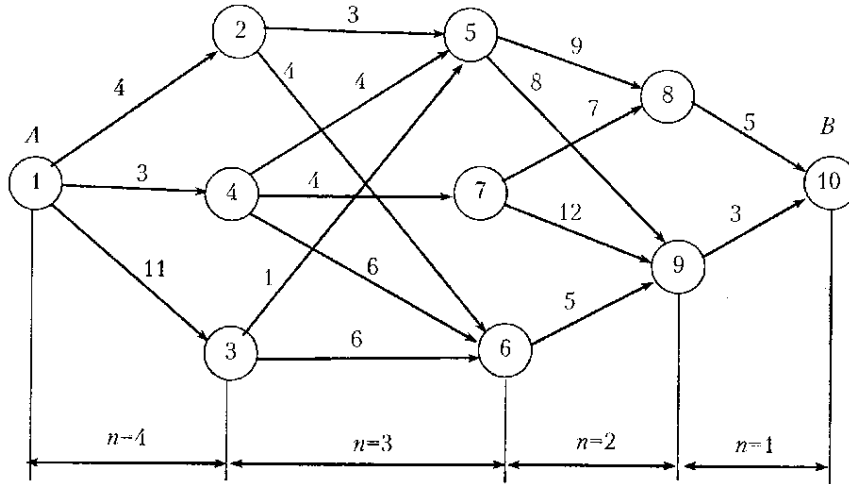


Рисунок 6.1 – Дорожня мережа

Вартість перевезення вантажу з міста s ($s = \overline{1, 9}$) в місто j ($j = \overline{2, 10}$) проставлена над відповідними дугами мережі. Необхідно знайти маршрут A і B , для якого сумарні витрати на перевезення вантажу були б найменшими.

Розв’язання. Для розв’язування задачі про маршрут застосуємо методи динамічного програмування. Розіб’ємо всю множину вершин (міст) на підмножини. У першу підмножину включимо початкову вершину 1. У другу – вершини, у які входять дуги, що виходять із вершини 1. У третю – вершини, в які входять дуги, що виходять із вершин другої підмножини. Таким чином, продовжуючи розбивку далі, одержимо 5 підмножин: $\{1\}$, $\{2, 3, 4\}$, $\{5, 6, 7\}$, $\{8, 9\}$, $\{10\}$. Очевидно, що довільний маршрут з міста 1 у місто 10 містить рівно чотири дуги, кожна з яких сполучає вершини, які належать відповідним підмножинам. Отже, процес розв’язування задачі (знаходження оптимального маршруту) розбивається на чотири етапи. На першому етапі приймається рішення, через яке місто, що належить другій підмножині, везти вантаж з міста 1. На другому етапі необхідно визначити, через яке місто третьої підмножини везти вантаж з деякого міста, що належить другій підмножині й т. ін.

Перенумеруємо етапи від кінцевої вершини мережі до початкової (рис. 6.1) і введемо позначення: n – номер кроку ($n = 1, 2, 3, 4$); $f_n(s)$ – мінімальні витрати

на перевезення вантажу з міста s до кінцевого міста, якщо до кінцевого міста залишилося n кроків; $j_n(s)$ – номер міста, через яке необхідно їхати з міста s , щоб досягти $f_n(s)$; c_{sj} – вартість перевезення вантажу з міста s у місто j .

Тут всі позначення мають важливе змістовне навантаження: f визначає цільову функцію, s – стан системи (номер міста), індекс n несе динамічну інформацію про те, що з міста s до кінцевого міста залишилося n кроків.

Припустимо, що вантаж доставлений у місто 10. Отже, число кроків, що залишилися, дорівнює нулю ($n = 0$) і $f_n(s) = f_0(10) = 0$, оскільки вантаж з міста 10 везти не потрібно. Розглянемо останній крок ($n = 1$) та обчислимо для нього значення функції. Очевидно, що в місто 10 вантаж може бути доставлений або з міста 8, або з міста 9. Обчислимо витрати на перевезення для цих двох станів:

$$f_1(9) = c_{9,10} + f_0(10) = 3 + 0 = 3, s = 9, j_1(9) = 10.$$

Для того, щоб здійснити розрахунок для $n = 2$, висунемо гіпотезу про місце знаходження вантажу: 1-ша гіпотеза – вантаж перебуває в місті 5, 2-га гіпотеза – вантаж перебуває в місті 6, 3-тя гіпотеза – вантаж перебуває в місті 7.

З міста 5 у місто 10 вантаж можна провезти або через місто 8, або через місто 9. Тому оптимальний маршрут з міста 5 знайдемо з виразу

$$f_2(5) = \min_j [c_{58} + f_1(8); c_{59} + f_1(9)] = \min(9 + 8, 8 + 3) = 11.$$

Тут $s = 5$ й $j_2(5) = 9$. Тобто умовно-оптимальний маршрут проходить через місто 9. Аналогічно знаходимо значення функції для $s = 6$ й $s = 7$:

$$f_2(6) = c_{69} + f_1(9) = 8, f_2(7) = \min_j [c_{78} + f_1(8); c_{79} + f_1(9)] = 12.$$

Всі обчислення зручно виконувати в таблицях. Розрахунки першого [$n = 1, c_{sj} + f_0(j)$] й другого етапів розміщені в табл. 6.1 і табл. 6.2 відповідно.

$$f_0(10) = 0.$$

Таблиця 6.1 – Розрахунки першого етапу

s	j		
	10	$f_1(s)$	$j_1(s)$
8	5 + 0	5	10
9	3 + 0	3	10

Таблиця 6.2 – Розрахунки другого етапу

s	j			
	8	9	$f_2(s)$	$j_2(s)$
5	9 + 5	8 + 3	11	9
6	–	5 + 3	8	9
7	7 + 5	12 + 3	12	8

Розрахунки для третього $[n = 3, c_{sj} + f_2(j)]$ та четвертого кроків $[n = 4, c_{sj} + f_3(j)]$ наведені в табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – Розрахунки третього етапу

s	j				
	5	6	7	$f_3(s)$	$j_3(s)$
2	3 + 11	4 + 8	–	12	6
3	1 + 11	6 + 8	–	12	5
4	4 + 11	6 + 8	4 + 12	14	6

Таблиця 6.4 – Розрахунки четвертого етапу

s	j				
	2	3	4	$f_4(s)$	$j_4(s)$
1	4 + 12	11 + 12	3 + 14	16	2

Висновок: рухаючись від таблиці 6.4 до таблиці 6.1, визначимо оптимальний маршрут $\mu = (1-2-6-9-10)$, витрати на перевезення вантажу по якому становлять $f_4(1) = 4 + 4 + 5 + 3 = 16$.

Завдання 6

Необхідно перевезти вантаж з міста A в місто B . Мережу доріг, що сполучають ці міста, наведено на рис. 6.2. Вартість перевезення вантажу з міста s ($s = \overline{1, 6}$) в місто j ($j = \overline{2, 7}$) проставлена над відповідними дугами мережі. Необхідно знайти маршрут між A і B , для якого сумарні витрати на перевезення вантажу були б найменшими (N – номер прізвища студента у журналі групи: $N = 1 \div 10$).

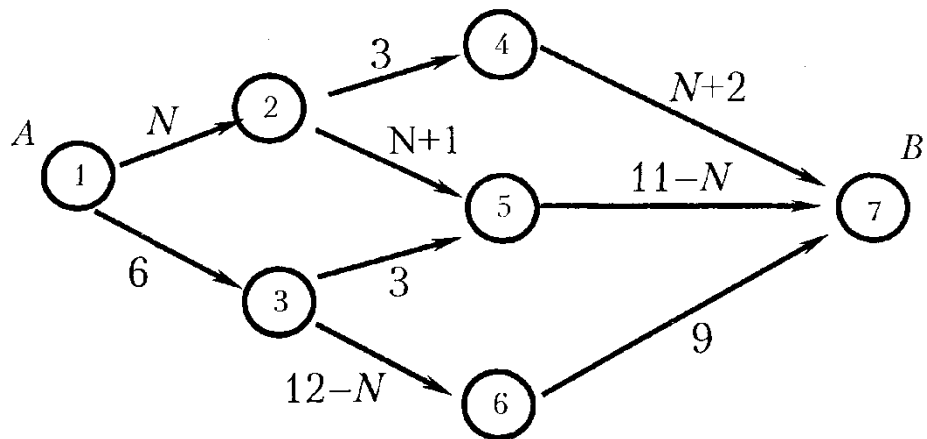


Рисунок 6.2 – Дорожня мережа

ТЕМА 7. РОЗРАХУНОК ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ РІЗНИХ ВИДІВ ТРАНСПОРТУ

Мета заняття – набути необхідні навички для розрахунку техніко-експлуатаційних показників різних видів транспорту.

Залізничний транспорт

1) Коефіцієнт використання вантажності залізничного вагона

$$K^{ВВЗВ} = \frac{M^{ФВ}}{g^{ЗВ}}, \quad (7.1)$$

де $M^{ФВ}$ – маса фактично перевезеного вантажу у вагоні;
 $g^{ЗВ}$ – вантажність залізничного вагона.

2) Коефіцієнт місткості залізничного вагона

$$K^{МЗВ} = \frac{V^{ФВ}}{V^{ЗВ}}, \quad (7.2)$$

де $V^{ФВ}$ – об'єм фактично перевезеного у вагоні вантажу;
 $V^{ЗВ}$ – місткість залізничного вагона.

3) Технічна норма завантаження вагона:

для критих вагонів:

$$ТНЗ^{КВ} = V^{ЗВ} K^{МЗВ} \beta, \quad (7.3)$$

де β – щільність вантажу, т/м³;
для відкритих вагонів:

$$ТНЗ^{ВВ} = (V^{ФВ} + V^{ШВ}) \beta, \quad (7.4)$$

де $V^{ШВ}$ – об'єм «шапки» вантажу.

Автомобільний транспорт

1) Статичний коефіцієнт використання вантажності автомобіля при декількох поїздках

$$K^{СВА} = \frac{\sum_{i=1}^{n^П} M_i^{ФВ}}{g^А n^П}, \quad (7.5)$$

де $M_i^{ФВ}$ – маса фактично перевезеного вантажу автомобілем за i -ту поїздку;

$g^А$ – вантажність автомобіля;

$n^П$ – кількість поїздок (ходок) автомобіля за час роботи в наряді

$$n^П = t^Н / t^{Па}, \quad (7.6)$$

де $t^Н$ – час роботи автомобіля в наряді;

$t^{па}$ – час поїздки автомобіля.

2) Динамічний коефіцієнт використання вантажності автомобіля при декількох поїздках

$$K^{два} = \frac{\sum_{i=1}^{n^п} M_i^{фв} \overline{l}_i^{пв}}{g^a \sum_{i=1}^{n^п} \overline{l}_i^{пв}}, \quad (7.7)$$

де $\overline{l}_i^{пв}$ – середня відстань i -ї поїздки автомобіля з вантажем.

3) Коефіцієнт використання пробігу

$$K^{впа} = \frac{l^{пв}}{l^{зпа}}, \quad (7.8)$$

де $l^{пв}$ – пробіг завантаженого автомобіля;

$l^{зпа}$ – загальний пробіг автомобіля

$$l^{зпа} = \sum l^0 + \sum l^{пв} + \sum l^х, \quad (7.9)$$

де l^0 – нульовий пробіг автомобіля (від місця стоянки до місця першого завантаження, від місця останнього завантаження до місця стоянки);

$l^х$ – холостий пробіг автомобіля (без вантажу).

4) Середня відстань перевезення вантажів

$$\overline{l}^{пв} = \frac{\sum_{i=1}^{n^п} M_i^{фв} \overline{l}_i^{пв}}{\sum_{i=1}^{n^п} M_i^{фв}}, \quad (7.10)$$

5) Продуктивність (виробіток) автомобіля за час роботи на маршруті

$$Q^a = g^a K^{сва} n^п. \quad (7.11)$$

6) Транспортна робота автомобіля за час роботи на маршруті:

$$W^a = g^a K^{сва} n^п l^{пв}. \quad (7.12)$$

7) Кількість автомобілів для перевезення заданої величини вантажів ($M^{пв}$):

$$N^a = \frac{M^{пв}}{Q^a}. \quad (7.13)$$

Задача 7.1. Для перевезення 60 т промислових вантажів використовується критий залізничний вагон вантажністю 65 т і місткістю 90 м³. Об'єм вантажу, що перевозиться, складає 62 м³, а його щільність дорівнює 0,75 т/м³. Необхідно визначити коефіцієнт використання вантажності, місткості та технічну норму завантаження залізничного вагона.

Етапи виконання задачі 7.1

1. Розрахувати коефіцієнт використання вантажності залізничного вагона.
2. Розрахувати коефіцієнт місткості залізничного вагона.
3. Розрахувати технічну норму завантаження критого вагона.

Задача 7.2. Автомобіль вантажністю 5 т здійснив за зміну три поїздки: за першу він перевіз 4 т вантажу на відстань 40 км, за другу – 3 т на відстань 20 км і за третю поїздку – 5 т на відстань 30 км. Необхідно визначити статичний коефіцієнт використання вантажності автомобіля за кожної поїздки, а також статичний і динамічний коефіцієнти використання вантажності автомобіля за зміну.

Етапи виконання задачі 7.2

1. Розрахувати статичні коефіцієнти використання вантажності автомобіля за 1-ї, 2-ї та 3-ї поїздки.

2. Розрахувати статичний коефіцієнт використання вантажності автомобіля за зміну.

3. Розрахувати динамічний коефіцієнт використання вантажності автомобіля за зміну.

Задача 7.3. Автомобіль за день здійснив чотири поїздки. Характеристики пробігів за цих поїздок наведені у табл. 7.1. Визначити пробіг автомобіля за день, коефіцієнти використання пробігу автомобіля за день і за кожної поїздки.

Таблиця 7.1 - Характеристики пробігів автомобіля за день

Номер поїздки	Пробіг з вантажем, км	Порожній пробіг, км
1	35	20
2	50	30
3	30	10
4	25	15
Нульовий пробіг	Перший – 10	Другий – 8

Етапи виконання задачі 7.3

1. Розрахувати загальний пробіг автомобіля за день.

2. Розрахувати коефіцієнт використання пробігу за день.

3. Розрахувати коефіцієнти використання пробігу за 1-ї, 2-ї, 3-ї та 4-ї поїздки.

Задача 7.4. Визначити середню відстань перевезення вантажів автомобілем, якщо відомо, що за першу поїздку перевезено 10 т на відстань 25 км, за другу – 8 т на відстань 40 км, за третю – 12 т на відстань 15 км і за четверту поїздку – 15 т на відстань 10 км.

Задача 7.5. Визначити кількість автомобілів для перевезення 600 т вантажів першого класу (статичний коефіцієнт використання вантажності автомобіля дорівнює 1,0), якщо для перевезення використовується автомобіль вантажністю 5 т, час у наряді – 8 год., а час на одну поїздку складає 4 год.

Етапи виконання задачі 7.5

1. Розрахувати кількість поїздок за час роботи в наряді.
2. Розрахувати виробіток автомобіля за час роботи в наряді.
3. Розрахувати кількість автомобілів для перевезення заданого об'єму вантажів.

Завдання 7 (всі варіанти)

Задача 1

Для перевезення 55 т промислових вантажів використовується критий залізничний вагон вантажністю 60 т і місткістю 80 м^3 . Об'єм вантажу, що перевозиться, складає 68 м^3 , а його щільність дорівнює $0,85 \text{ т/м}^3$. Необхідно визначити коефіцієнт використання вантажності, місткості та технічну норму завантаження залізничного вагона.

Задача 2

Автомобіль вантажністю 5 т здійснив за зміну три поїздки: за першу він перевіз 5 т вантажу на відстань 50 км, за другу – 3,5 т на відстань 30 км і за третю поїздку – 2,5 т на відстань 15 км. Необхідно визначити коефіцієнт статичного використання вантажності автомобіля за кожної поїздки, а також коефіцієнти статичного і динамічного використання вантажності автомобіля за зміну.

Задача 3

Автомобіль за день здійснив чотири поїздки. Характеристики пробігів за цих поїздок наведені у табл. 7.2. Визначити пробіг автомобіля за день, коефіцієнти використання пробігу автомобіля за день і кожну поїздку.

Таблиця 7.2 – Характеристики пробігів автомобіля за день

Номер поїздки	Пробіг з вантажем, км	Порожній пробіг, км
1	55	30
2	40	25
3	30	15
4	20	10
Нульовий пробіг	Перший – 15	Другий – 12

Задача 4

Обчислити середню відстань перевезення вантажів автомобілем, якщо відомо, що за першу поїздку перевезено 20 т на відстань 35 км, за другу – 15 т на відстань 20 км, за третю – 8 т на відстань 55 км і за четверту поїздку – 5 т на відстань 40 км.

Задача 5

Визначити кількість автомобілів для перевезення 800 т вантажів першого класу (коефіцієнт статистичного використання вантажності автомобіля дорівнює 1,0), якщо для перевезення використовується автомобіль вантажністю 10 т, час у наряді – 8 год., а час на одну поїздку складає 2 год.

ТЕМА 8. МАРШРУТИЗАЦІЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Мета заняття – набути необхідні навички для розрахунку основних техніко-економічних показників роботи автомобіля на маятникових та кільцевих маршрутах.

Короткі теоретичні відомості

Маршрут руху – це шлях прямування автомобіля при здійсненні перевезень. Маршрути поділяються на маятникові та кільцеві.

Маятниковий – це маршрут, при якому шлях прямування між двома пунктами (постачальник – споживач, споживач – постачальник) повторюється кілька разів.

Кільцевий – це маршрут руху автомобіля по замкнутому контуру, що з'єднує декілька пунктів (споживачів чи постачальників).

Перелік показників, необхідних для розрахунку роботи автомобіля на маршрутах, подано у табл. 8.1.

Таблиця 8.1 – Показники для розрахунку роботи автомобіля на маршрутах

Найменування та вимірність показника	Позначення показника
1	2
Час завантаження автомобіля, год.	t^3
Час розвантаження автомобіля, год.	t^p
Відстань поїздки автомобіля з вантажем, км	$l^{пв}$
Відстань поїздки автомобіля з вантажем j -го споживача, км	$l^{пв}_j$
Відстань поїздки автомобіля без вантажу (холоста поїздки), км	l^x
Відстань першого нульового пробігу, км	l^0_1
Відстань другого нульового пробігу, км	l^0_2
Технічна швидкість автомобіля, км/год.	U^m
Час роботи автомобіля в наряді, год.	t^h
Час роботи автомобіля на маршруті, год.	t^m
Вантажність автомобіля, т	g^a

Закінчення таблиці 8.1

1	2
Маса вантажу, що розвантажується чи завантажується у j -го споживача	$M_j^{пв}$
Статистичний коефіцієнт використання вантажності автомобіля за i -ту поїзду	$K_i^{сва}$
Загальна довжина кільцевого маршруту, км	$L^{км}$
Маса вантажу, що підлягає перевезенню, т	$M^в$
Час заїзду до j -го пункту призначення на кільцевому маршруті	$t_j^{зп}$
Встановлений термін вивезення вантажів зі складу	D

Типові схеми маятникових маршрутів показані на рис. 8.1.

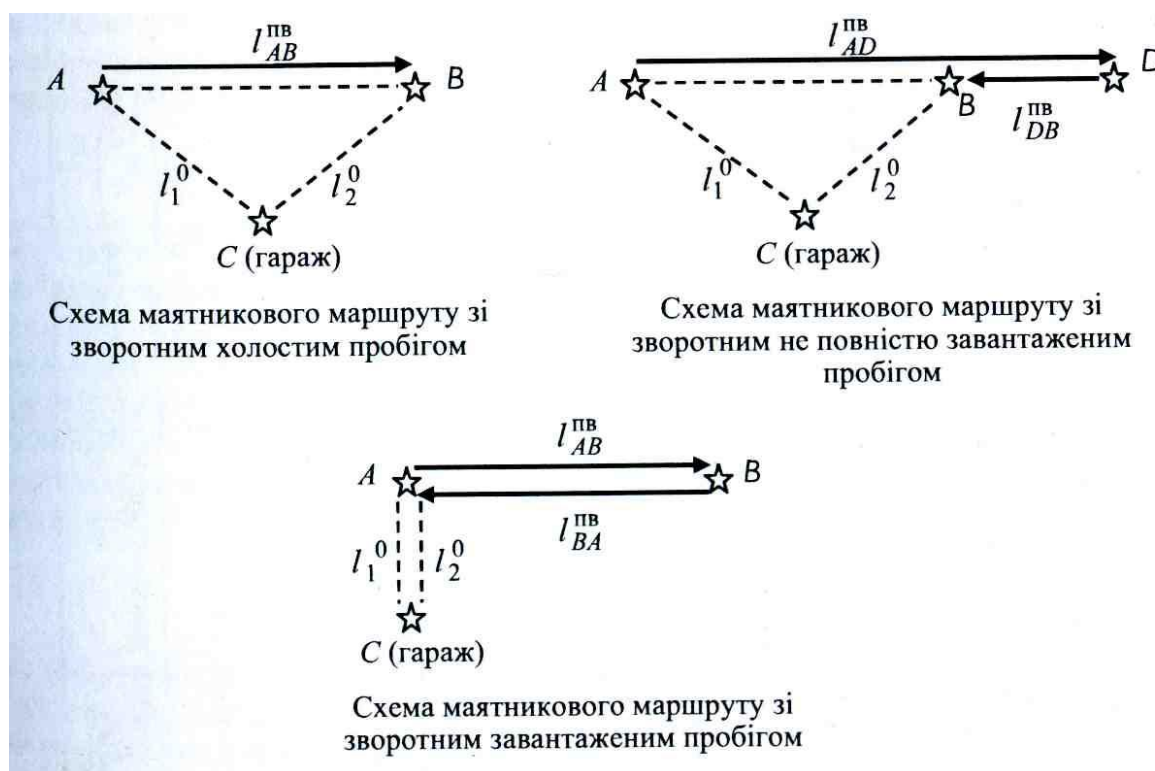


Рисунок 8.1 – Типові схеми маятникових маршрутів

Розрахунок основних техніко-економічних показників роботи автомобіля на маятникових маршрутах при перевезенні однорідного вантажу показаний в табл. 8.2.

Таблиця 8.2 – Розрахунки техніко-економічних показників роботи автомобіля на маятникових маршрутах

Найменування техніко-економічного показника	Маятниковий маршрут зі зворотним холостим пробігом	Маятниковий маршрут зі зворотним не повністю завантаженим пробігом	Маятниковий маршрут зі зворотним завантаженим пробігом
Час обороту автомобіля на маршруті, год.	$t^{об} = t^3 + t^{пв} + t^p + t^x = t^3 + \frac{l_{AB}^{пв}}{U^т} + t^p + \frac{l_{BA}^x}{U^т}$	$t^{об} = t^3 + t^{пв} + t^p + t^3 + t^{пв} + t^p + t^x = t^3 + \frac{l_{AD}^{пв}}{U^т} + t^p + t^3 + \frac{l_{DB}^{пв}}{U^т} + t^p + \frac{l_{BA}^x}{U^т}$	$t^{об} = t^3 + t^{пв} + t^p + t^3 + t^{пв} + t^p = t^3 + \frac{l_{AB}^{пв}}{U^т} + t^p + t^3 + \frac{l_{BA}^{пв}}{U^т} + t^p$
Кількість оборотів за час роботи автомобіля на маршруті	$n^{об} = \frac{t^м}{t^{об}} = \frac{t^н - (\frac{l_1^0 + l_2^0}{U^т})}{t^{об}}$	$n^{об} = \frac{t^м}{t^{об}} = \frac{t^н - (\frac{l_1^0 + l_2^0}{U^т})}{t^{об}}$	$n^{об} = \frac{t^м}{t^{об}} = \frac{t^н - (\frac{l_1^0 + l_2^0}{U^т})}{t^{об}}$
Кількість поїздок автомобіля за час роботи на маршруті	$n^{п} = n^{об}$	$n^{п} = 2n^{об}$	$n^{п} = 2n^{об}$
Виробіток автомобіля за час роботи на маршруті, т	$Q^a = g^a K^{сва} n^{п}$	$Q^a = g^a n^{об} (K_{AD}^{сва} + K_{DB}^{сва})$	$Q^a = g^a K^{сва} n^{п}$
Транспортна робота автомобіля за час роботи на маршруті, ткм	$W^a = g^a K^{сва} n^{п} l_{AB}^{пв}$	$W^a = g^a n^{об} (K_{AD}^{сва} l_{AD}^{пв} + K_{DB}^{сва} l_{DB}^{пв})$	$W^a = g^a K^{сва} n^{п} l_{AB}^{пв}$
Кількість автомобілів, потрібних для виконання об'єму перевезень	$N^a = \frac{M^a}{Q^a D}$	$N^a = \frac{M_{AD}^a + M_{DB}^a}{Q^a D}$	$N^a = \frac{M_{AB}^a + M_{BA}^a}{Q^a D}$
Добовий пробіг автомобіля, км	$l^{дп} = n^{об} (l_{AB}^{пв} + l_{BA}^x) + (l_1^0 + l_2^0) - l_{BA}^x$	$l^{дп} = n^{об} (l_{AD}^{пв} + l_{DB}^{пв} + l_{BA}^x) + (l_1^0 + l_2^0) - l_{BA}^x$	$l^{дп} = n^{об} (l_{AB}^{пв} + l_{BA}^{пв}) + (l_1^0 + l_2^0)$
Коефіцієнт використання пробігу	$K^{впа} = \frac{n^{об} l_{AB}^{пв}}{l^{дп}}$	$K^{впа} = \frac{n^{об} (l_{AD}^{пв} + l_{DB}^{пв})}{l^{дп}}$	$K^{впа} = \frac{n^{об} (l_{AB}^{пв} + l_{BA}^{пв})}{2l^{дп}}$

Схема кільцевого розвізного маршруту показана на рис. 8.2

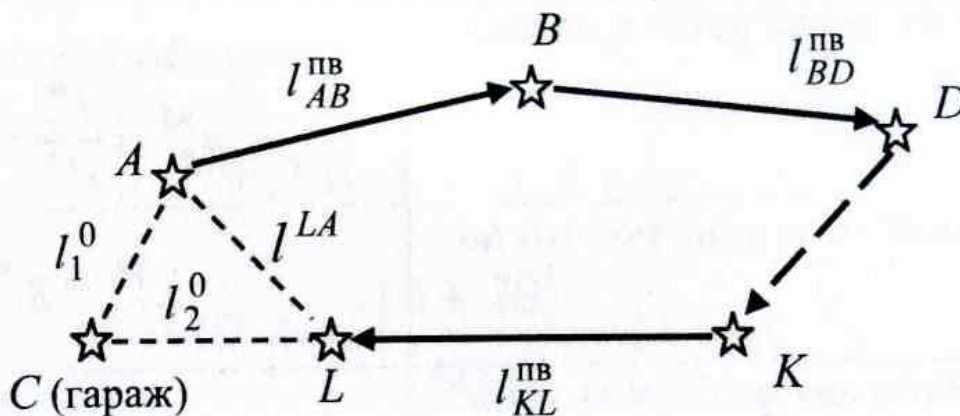


Рисунок 8.2 – Схема кільцевого розвізного маршруту

Розрахунок техніко-економічних показників роботи автомобіля на кільцевому маршруті подано у табл. 8.3, при цьому кільцевий маршрут складається із m ділянок, що утворюють схему руху автомобілів між одним постачальником і $(m-1)$ споживачами (розвізний маршрут) або між $(m-1)$ постачальниками і одним споживачем (збиральний маршрут).

Таблиця 8.3 – Розрахунки техніко-економічних показників роботи автомобіля на кільцевому маршруті

Найменування техніко-економічного показника	Кільцевий маршрут
Час обороту автомобіля на кільцевому розвізному маршруті при постійній швидкості руху, год.	$t^{об} = t^3 + \sum_{j=1}^{m-1} t_j^{пв} + \sum_{j=1}^{m-1} t_j^{зпнп} + \sum_{j=1}^{m-1} t_j^p + t^x =$ $= t^3 + \frac{L^{км}}{U^т} + \sum_{j=1}^{m-1} t_j^{зпнп} + \sum_{j=1}^{m-1} t_j^p$
Час обороту автомобіля на кільцевому розвізному маршруті при постійній швидкості руху, якщо час на заїзди та час розвантаження в кожному пункті отримання вантажів постійні величини, год.	$t^{об} = t^3 + \frac{L^{км}}{U^т} + (m-1)t^{зпнп} + (m-1)t^p$
Час обороту автомобіля на кільцевому збиральному маршруті при постійній швидкості руху, год.	$t^{об} = \sum_{j=1}^{m-1} t_j^{зпнп} + \sum_{j=1}^{m-1} t_j^3 + \sum_{j=1}^{m-1} t_j^{пв} + t^p + t^x =$ $= \sum_{j=1}^{m-1} t_j^{зпнп} + \sum_{j=1}^{m-1} t_j^3 + \frac{L^{км}}{U^т} + t^p$
Час обороту автомобіля на кільцевому збиральному маршруті при постійній швидкості руху, якщо час на заїзди та час розвантаження в кожному пункті отримання вантажів постійні величини, год.	$t^{об} = (m-1)t^{зпнп} + (m-1)t^3 + \frac{L^{км}}{U^т} + t^p$
Кількість оборотів за час роботи автомобіля на маршруті	$n^{об} = \frac{t^м}{t^{об}} = \frac{t^м - (\frac{l_1^0 + l_2^0}{U^т})}{t^{об}}$
Виробіток автомобіля за день роботи на маршруті, т	$Q^a = g^a n^{об} \sum_{j=1}^{m-1} K_j^{сва}$
Транспортна автомобілям за день роботи на маршруті, т·км	$W^a = n^{об} \sum_{j=1}^{m-1} M_j^в \cdot K_j^{сва} \cdot l_j^{пв}$
Кількість автомобілів, потрібних для виконання об'єму перевезень за встановлений термін	$N^a = \frac{M^в}{Q^a \cdot D}$
Добовий пробіг автомобіля, км	$l^{дп} = n^{об} L^{км} + (l_1^0 + l_2^0) - l^x$
Коефіцієнт використання пробігу	$K^{впа} = \frac{n^{об} \sum_{j=1}^{m-1} l_j^{пв}}{l^{дп}}$

Задача 8.1. Підприємство-виробник здійснює доставку виробленої продукції на розподільний склад дистрибутивної мережі з використанням автомобільного транспорту, що базується у гаражі на відстані 10 км від підприємства та 20 км від розподільного складу. Автомобілі працюють на маятниковому маршруті зі зворотним холостим пробігом. Вантажність одного автомобіля 5 т, відстань поїздки автомобіля з вантажем та без вантажу – 40 км, час простою автомобіля під завантаженням – 0,6 год, під розвантаженням – 0,4 год, технічна швидкість автомобіля дорівнює 50 км/год, час роботи автомобіля в наряді 10 год. Установлений термін вивезення продукції зі складу підприємства – 5 дн. Визначити основні техніко-економічні показники роботи автомобілів для перевезення 320 т вантажу другого класу, тобто статичний коефіцієнт використання вантажності автомобіля становить 0,8.

Етапи виконання задача 8.1

1. Розрахувати час обороту автомобіля на маршруті.
2. Розрахувати кількість оборотів за час роботи автомобіля на маршруті.
3. Округлити кількість оборотів до цілого числа.
4. Перерахувати час роботи автомобіля на маршруті та в наряді у зв'язку із округленням кількості оборотів.
5. Розрахувати кількість поїздок автомобіля за час роботи на маршруті.
6. Розрахувати виробіток автомобіля за час роботи на маршруті.
7. Розрахувати транспортну роботу автомобіля за час роботи на маршруті.
8. Розрахувати кількість автомобілів, потрібних для виконання обсягу перевезень на маршруті.
9. Розрахувати добовий пробіг автомобіля.
10. Розрахувати коефіцієнт використання пробігу.

Задача 8.2. У дистрибутивній мережі з головного розподільного складу здійснюється доставка товарів магазинам-споживачам з використанням автомобільного транспорту, що базується в гаражі на відстані 5 км від місця розташування складу. Автомобілі працюють на кільцевому розвізному маршруті, що включає 5 магазинів, причому останній на маршруті магазин

розташований на відстані 10 км від гаражу. Схема маршруту показана на рис. 8.3.

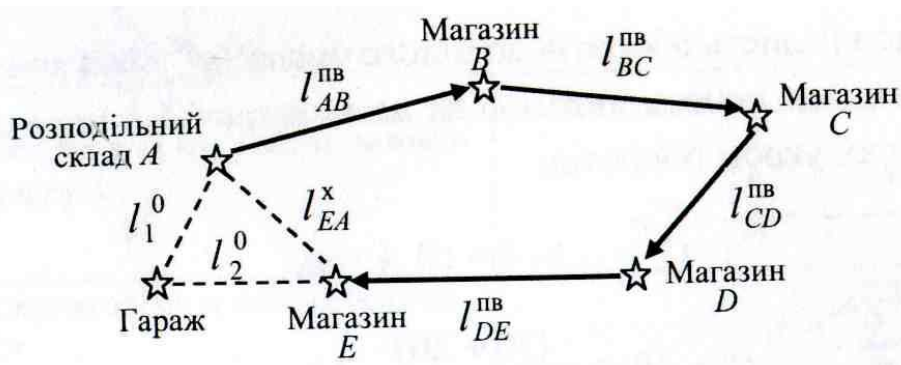


Рисунок 8.3 – Схема кільцевого розвізного маршруту

Вантажність одного автомобіля 10 т, час простою автомобіля під завантаженням на розподільному складі – 1 год., час роботи автомобіля в наряді – 12 год., час заїзду до магазину-споживача дорівнює 0,1 год. Установлений термін вивезення вантажів зі складу – 30 днів. Відстані між магазинами, об'єми вантажу, що розвантажуються в кожному пункті призначення, час розвантаження, статичні коефіцієнти використання вантажності та технічні швидкості руху автомобіля (різні дорожні умови на окремих ділянках маршруту) подані в табл. 8.4.

Таблиця 8.4 – Характеристики окремих ділянок кільцевого розвізного маршруту

Ділянка маршруту	Відстань між пунктами, км	Маса вантажу, що розвантажуються в пункті призначення, т	Час розвантаження, год	Статичний коефіцієнт використання вантажності	Технічна швидкість, км/год
<i>AB</i>	40	2	0,4	1,0	40
<i>BC</i>	15	3	0,6	0,8	30
<i>CD</i>	20	2,5	0,5	0,6	40
<i>DE</i>	30	2,5	0,5	0,4	45
<i>EA</i>	25				50
Перший нульовий пробіг	5				30
Другий нульовий пробіг	10				30

Визначити основні техніко-економічні показники роботи автомобілів на кільцевому розвізному маршруті для вивезення з розподільного складу 10080 т вантажу.

Етапи виконання задачі 8.2

1. Розрахувати час обороту автомобіля на маршруті.
2. Розрахувати кількість оборотів за час роботи автомобіля на маршруті.
3. Округлити кількість оборотів до цілого числа.
4. Перерахувати час роботи автомобіля на маршруті та в наряді у зв'язку із округленням кількості оборотів.
5. Розрахувати виробіток автомобіля за день роботи на маршруті.
6. Розрахувати транспортну роботу автомобіля за день роботи на маршруті.
7. Розрахувати кількість автомобілів, потрібних для виконання об'єму перевезень на маршруті.
8. Розрахувати добовий пробіг автомобіля.
9. Розрахувати коефіцієнт використання пробігу на маршруті.

Завдання 8

Варіанти 1, 5

Підприємство-виробник здійснює доставку виробленої продукції на розподільний склад дистрибутивної мережі з використанням автомобільного транспорту, що базується в гаражі на відстані 6 км від підприємства та 12 км від розподільного складу. Автомобілі працюють на маятниковому маршруті зі зворотним холостим пробігом (рис. 8.4).

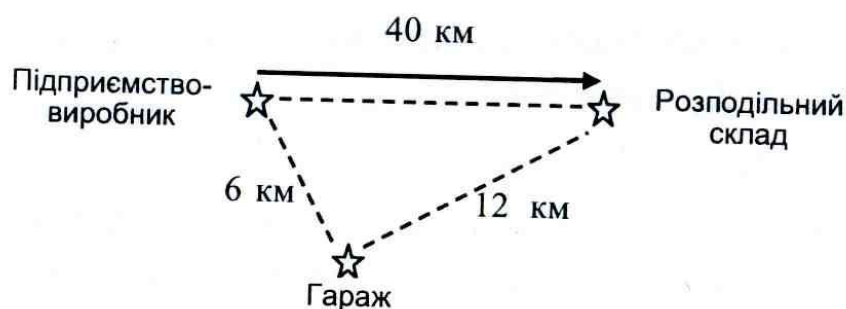


Рисунок 8.4 – Схема маятникового маршруту зі зворотнім холостим пробігом

Вантажність одного автомобіля 5 т, відстань поїздки автомобіля з вантажем та без вантажу – 40 км, час простою автомобіля під завантаженням – 0,5 год, під розвантаженням – 0,4 год., технічна швидкість автомобіля дорівнює 40 км/год, час роботи автомобіля в наряді 14 год. Визначити основні техніко-економічні показники роботи автомобілів для перевезення 960 т вантажу другого класу, тобто статичний коефіцієнт використання вантажності автомобіля становить 0,8. Термін вивезення продукції 10 дн.

Варіанти 2, 6

Підприємство-виробник здійснює доставку виробленої продукції на розподільний склад дистрибутивної мережі, що знаходиться на відстані 50 км, з використанням автомобільного транспорту, який базується в гаражі на відстані 7 км від підприємства-виробника та 9 км від торговельного центру. Повертаючись зі складу, автомобілі доставляють вантажі до торговельного центру, що знаходиться на шляху між розподільним складом та підприємством-виробником на відстані 20 км від складу. Автомобілі працюють на маятниковому маршруті зі зворотним не повністю завантаженим пробігом (рис. 8.5).

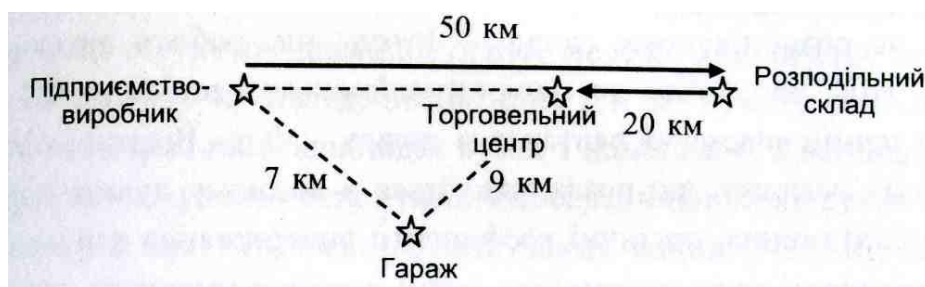


Рисунок 8.5 – Схема маятникового маршруту зі зворотним не повністю завантаженим пробігом

Вантажність одного автомобіля 10 т, час простою автомобіля під завантаженням – 0,5 год, під розвантаженням – 0,2 год, технічна швидкість автомобіля дорівнює 40 км/год, час роботи автомобіля в наряді 12 год. Визначити основні техніко-економічні показники роботи автомобілів для перевезення 580 т вантажу з підприємства та 260 т вантажу з розподільного складу. Статичний коефіцієнт використання вантажності автомобіля на ділянці підприємство–склад дорівнює 0,8, а склад–торговельний центр – 0,6.

Варіанти 3, 7

Між залізничною станцією та морським портом, відстань між якими складає 40 км, здійснюється доставка вантажів з використанням автомобільного транспорту, що базується в гаражі на відстані 4 км від залізничної станції. Автомобілі працюють на маятниковому маршруті зі зворотним вантажним пробігом (рис. 8.6).

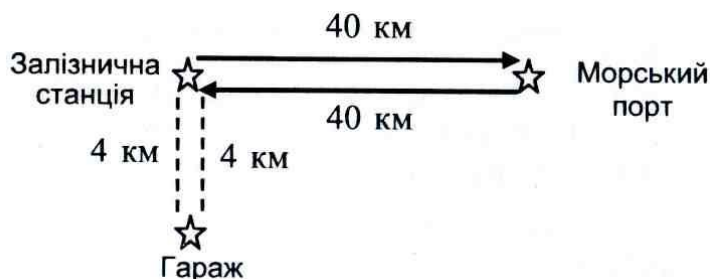


Рисунок 8.6 – Схема маятникового маршруту зі зворотним завантаженим пробігом

Вантажність одного автомобіля 10 т, час простою автомобіля під завантаженням – 0,8 год, під розвантаженням – 0,5 год, технічна швидкість автомобіля дорівнює 50 км/год, час роботи автомобіля в наряді 10 год. Визначити основні техніко-економічні показники роботи автомобілів для перевезення 5760 т вантажу другого класу залізничної станції та такого ж обсягу вантажу з морського порту. Статичний коефіцієнт використання вантажності автомобіля становить 0,8.

Варіанти 4, 8

У дистрибутивній мережі з головного розподільного складу здійснюється доставка товарів магазинам-споживачам з використанням автомобільного транспорту, що базується в гаражі на відстані 5 км від місця розташування складу. Автомобілі працюють на кільцевому розвізному маршруті, що включає 5 магазинів, причому останній на маршруті магазин розташований на відстані 10 км від гаражу. Схема маршруту показана на рис. 8.7.

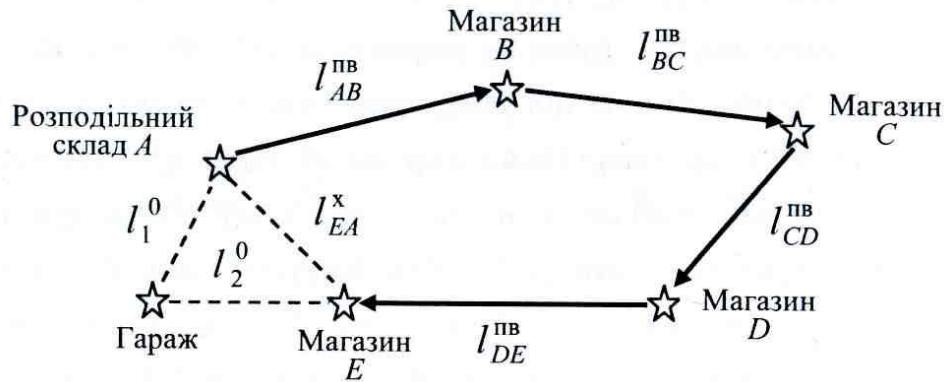


Рисунок 8.7 – Схема кільцевого розвізного маршруту

Вантажність одного автомобіля 10 т, час простою автомобіля під завантаженням на розподільному складі – 1 год, час роботи автомобіля в наряді – 12 год, час заїзду до магазину-споживача дорівнює 0,1 год. Установлений термін вивезення вантажів зі складу – 30 дн. Відстані між магазинами, об’єми вантажу, що розвантажуються в кожному пункті призначення, час розвантаження, статичні коефіцієнти використання вантажності та технічні швидкості руху автомобіля (різні дорожні умови на окремих ділянках маршруту) подані в табл. 8.5.

Таблиця 8.5 – Характеристики окремих ділянок кільцевого розвізного маршруту

Ділянка маршруту	Відстань між пунктами, км	Маса вантажу, що розвантажуються в пункті призначення, т	Час розвантаження, год	Статичний коефіцієнт використання вантажності	Технічна швидкість, км/год
<i>AB</i>	40	2	0,4	1,0	40
<i>BC</i>	15	3	0,6	0,8	30
<i>CD</i>	20	2,5	0,5	0,6	40
<i>DE</i>	30	2,5	0,5	0,4	45
<i>EA</i>	25				50
Перший нульовий пробіг	5				30
Другий нульовий пробіг	10				30

Визначити основні техніко-економічні показники роботи автомобілів на кільцевому розвізному маршруті для вивезення з розподільного складу 10080 т вантажу.

ТЕМА 9. ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ МАРШРУТІВ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ

Мета заняття – закріплення на основі вирішення практичної ситуації методики визначення оптимальних маршрутів перевезення вантажів.

Теоретичні відомості

Структура будь-якої дистрибутивної мережі може бути подана у вигляді графа $G(N, M)$, де N – кількість вузлів, які відображають ланки дистрибутивної мережі (постачальників, посередників, споживачів), M – кількість дуг, що зв'язують вузли графа і відображають можливі шляхи сполучення між ланками дистрибутивної мережі. Вузли графа мають бути пронумеровані, при цьому порядок нумерації не має значення. Кожна дуга графа має відповідну вагу (b_{ij}), яка може характеризувати відстань, тривалість, транспортну роботу та вартість перевезення вантажів між суміжними i -м вузлом та j -м вузлом графа (безпосередньо зв'язаними ланками дистрибутивної мережі).

Пошук оптимальних маршрутів перевезення вантажів від заданого пункту (географічного місця розташування ланки) до усіх інших пунктів дистрибутивної мережі полягає у визначенні мінімальних за вибраним критерієм шляхів від вузла-джерела до усіх інших вузлів графа. Ця процедура спрямована на визначення мінімального значення ваги кожного вузла графа, яке і буде відображати довжину мінімального шляху у від заданого вузла-джерела до даного вузла.

Процедура здійснюється за алгоритмом:

1. Вузлу-джерелу, від якого здійснюється пошук мінімальних шляхів, надається вага $w_i = 0$, яка вважається постійною. Усім іншим вузлам графа встановлюється вага $w_j = \infty, j = \overline{1, N}, j \neq i$.

2. Обчислюються значення ваги усіх вузлів, суміжних (тобто, які з'єднані тільки однією дугою) з вузлом-джерелом, за формулою

$$w_j = w_i + b_{ij}, \quad (9.1)$$

де w_j – вага суміжного j -го вузла;

w_i – вага вузла-джерела (в першому випадку вона дорівнює 0).

3. Для кожного суміжного вузла перевіряється нерівність

$$w_j > w_i + b_{ij}, \quad (9.2)$$

де w_j – старе значення ваги суміжного j -го вузла; $w_i + b_{ij}$ – нове значення ваги j -го вузла. Якщо нерівність виконується, то старе значення ваги j -го вузла змінюється на нове значення ваги, в протилежному разі залишається старе значення ваги (тобто більша величина завжди замінюється на меншу).

4. Серед усіх вузлів графа вибирається вузол, який має найменше значення ваги. Це мінімальне значення ваги фіксується як постійне, а сам вузол стає наступним вузлом-джерелом.

5. Далі алгоритм повторюється з п. 2. При цьому зафіксовані мінімальні значення ваги не змінюються, а вузли, що їх отримали, виключаються із подальшого розгляду.

Вказана процедура перерахунку значень ваги вузлів графа здійснюється до тих пір, поки хоча б для одного і з вузлів виконується нерівність, що наведена в п. 3, тобто доки останній вузол графа не отримає мінімального значення ваги. Значення ваги вузлів графа у цьому випадку дорівнюють довжинам мінімальних шляхів від первинного вузла-джерела до інших вузлів графа.

Задача 9.1. Визначити оптимальні маршрути перевезення вантажів від підприємства-виробника до посередників та кінцевих споживачів продукції. Граф, що відображає структуру дистрибутивної мережі, яка зв'язує всіх учасників процесу товароруку наведений на рис. 9.1, де пункту розташування підприємства-виробника відповідає вузол з номером 1, а всі інші вузли графа з номерами від 2 до 7, відображають пункти розташування посередників та кінцевих споживачів.

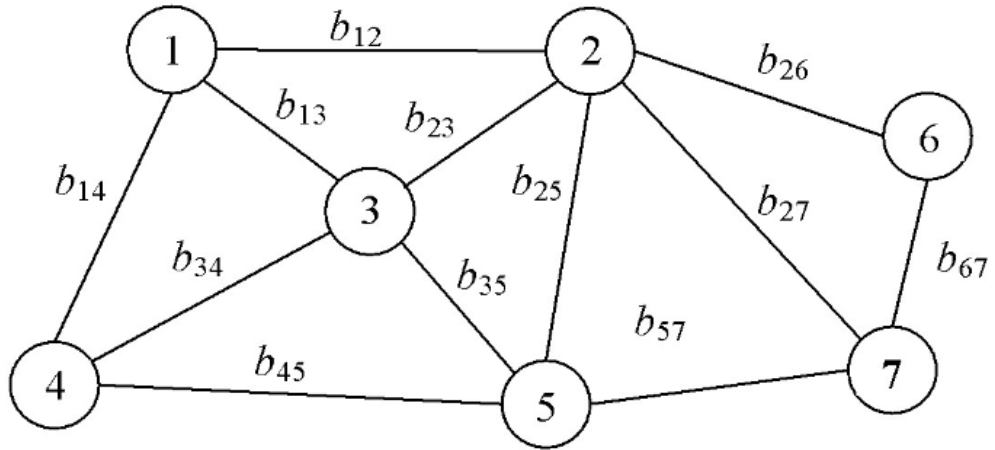


Рисунок 9.1 – Граф дистрибутивної мережі

Відстані між пунктами розташування ланок дистрибутивної мережі подані у табл. 9.1.

Таблиця 9.1 – Відстані між ланками дистрибутивної мережі, км

Вузли	1	2	3	4	5	6	7
1	0	15	14	8	–	–	–
2	15	0	6	–	20	7	16
3	14	6	0	5	7	–	–
4	8	–	5	0	16	–	–
5	–	20	7	16	0	–	8
6	–	7	–	–	–	0	6
7	–	16	–	–	8	6	0

Будуємо матрицю визначення мінімальних шляхів (рис. 9.2).

Номери вузлів:	1	2	3	4	5	6	7
Значення	0	∞	∞	∞	∞	∞	∞
ваги	0	15	14	8	∞	∞	∞
вузлів	0	15	13	8	24	∞	∞
графа	0	15	13	8	20	∞	∞
	0	15	13	8	20	22	31
	0	15	13	8	20	22	28
	0	15	13	8	20	22	28

Рисунок 9.2 – Матриця визначення мінімальних шляхів

Пояснення до матриці визначення довжини мінімальних шляхів відповідно до алгоритму розв'язання задачі:

1) Вузлу 1 надається вага 0, яка фіксується як постійна. Усім іншим вузлам графа встановлюється вага ∞ .

2) Визначаємо вагу вузлів, суміжних з вузлом 1:

$w_2 = w_1 + b_{12} = 0 + 15 = 15$, порівнюємо старе значення ваги з новим значенням ваги вузла 2 ($\infty > 15$) – отже, вузол 2 змінює значення ваги на 15;

$w_3 = w_1 + b_{13} = 0 + 14 = 14$, порівнюємо старе значення ваги з новим значенням ваги вузла 3 ($\infty > 14$) – отже, вузол 3 змінює значення ваги на 14;

$w_4 = w_1 + b_{14} = 0 + 8 = 8$, порівнюємо старе значення ваги з новим значенням ваги вузла 4 ($\infty > 8$) – отже, вузол 4 змінює значення ваги на 8.

Вибираємо найменше значення ваги серед вузлів, що ще не мають постійного мінімального значення ваги, і фіксуємо його як постійне. Це вага вузла 4, яка дорівнює 8. Отже, **вузол 4** стає наступним вузлом-джерелом.

3) Визначаємо вагу вузлів, суміжних з вузлом 4, при цьому вузол 1 вже не розглядається, тому що має постійне мінімальне значення ваги:

$w_3 = w_4 + b_{34} = 8 + 5 = 13$, порівнюємо старе значення ваги з новим значенням ваги вузла 3 ($14 > 13$) – отже, вузол 3 змінює значення ваги на 13;

$w_5 = w_4 + b_{45} = 8 + 16 = 24$, порівнюємо старе значення ваги з новим значенням ваги вузла 5 ($\infty > 24$) – отже, вузол 5 змінює значення ваги на 24.

Вибираємо найменше значення ваги серед вузлів, що ще не мають постійного мінімального значення ваги, і фіксуємо його як постійне. Це вага вузла 3, яка дорівнює 13. Отже, **вузол 3** стає наступним вузлом-джерелом і т.д.

Процедура пошуку довжини мінімальних шляхів від вузла 1 до усіх інших вузлів графа за наведеним вище алгоритмом продовжується, доки всі вузли не отримають постійні мінімальні значення ваги. Останній рядок матриці показує значення довжин мінімальних шляхів від вузла 1 до кожного із вузлів графа.

Для ідентифікації отриманих оптимальних маршрутів від вузла 1 до будь-якого вказаного вузла графа існує **процедура покрокового просування від кінцевого вузла до вузла-джерела з перевіркою виконання рівності, яка наведена в п. 2 алгоритму.**

Покажемо роботу даної процедури на прикладі визначення оптимальних маршрутів від підприємства-виробника до кінцевого споживача, що розташований у пункті 7 (схема процедури ідентифікації оптимальних маршрутів подана на рис. 9.3).

1) Розпочинаємо процедуру перевірки від вузла 7. Для вузла 7 перевіряється виконання рівності з суміжними вузлами:

- з вузлом 6: $28 = 22 + 2$ (виконується, **вузол 6** включено до оптимального маршруту);

- з вузлом 5: $28 = 20 + 8$ (виконується, **вузол 5** включено до оптимального маршруту);

- з вузлом 2: $28 \neq 15 + 16$ (не виконується).

2) Від вузла 6 перевіряється виконання рівняння з суміжними вузлами:

- з вузлом 2: $22 = 15 + 7$ (виконується, **вузол 2** включено до оптимального маршруту).

3) Від вузла 5 перевіряється виконання рівняння з суміжними вузлами:

- з вузлом 2: $20 \neq 15 + 20$ (не виконується);

- з вузлом 3: $20 = 13 + 7$ (виконується, **вузол 3** включено до оптимального маршруту);

- з вузлом 4: $20 \neq 8 + 16$ (не виконується).

4) Від вузла 2 перевіряється виконання рівняння з суміжними вузлами:

- з вузлом 1: $15 = 0 + 15$ (виконується, **вузол 1** є вузлом-джерелом оптимального маршруту);

- з вузлом 3: $15 \neq 13 + 6$ (не виконується);

- з вузлом 5: $15 \neq 20 + 20$ (не виконується).

5) Від вузла 3 перевіряється виконання рівняння з суміжними вузлами:

- з вузлом 1: $13 \neq 0 + 14$ (не виконується);

- з вузлом 4: $13 = 8 + 5$ (виконується, **вузол 4** включено до оптимального маршруту).

6) Від вузла 4 перевіряється виконання рівняння з суміжними вузлами:

- з вузлом 1: $8 = 0 + 8$ (виконується, **вузол 1** є вузлом-джерелом оптимального маршруту).

Таким чином, мінімальними за довжиною шляхами між вузлами 1 і 7 (довжина 28 км) є шляхи, що включають такі вузли:

$$1 - 4 - 3 - 5 - 7;$$

$$1 - 2 - 6 - 7.$$

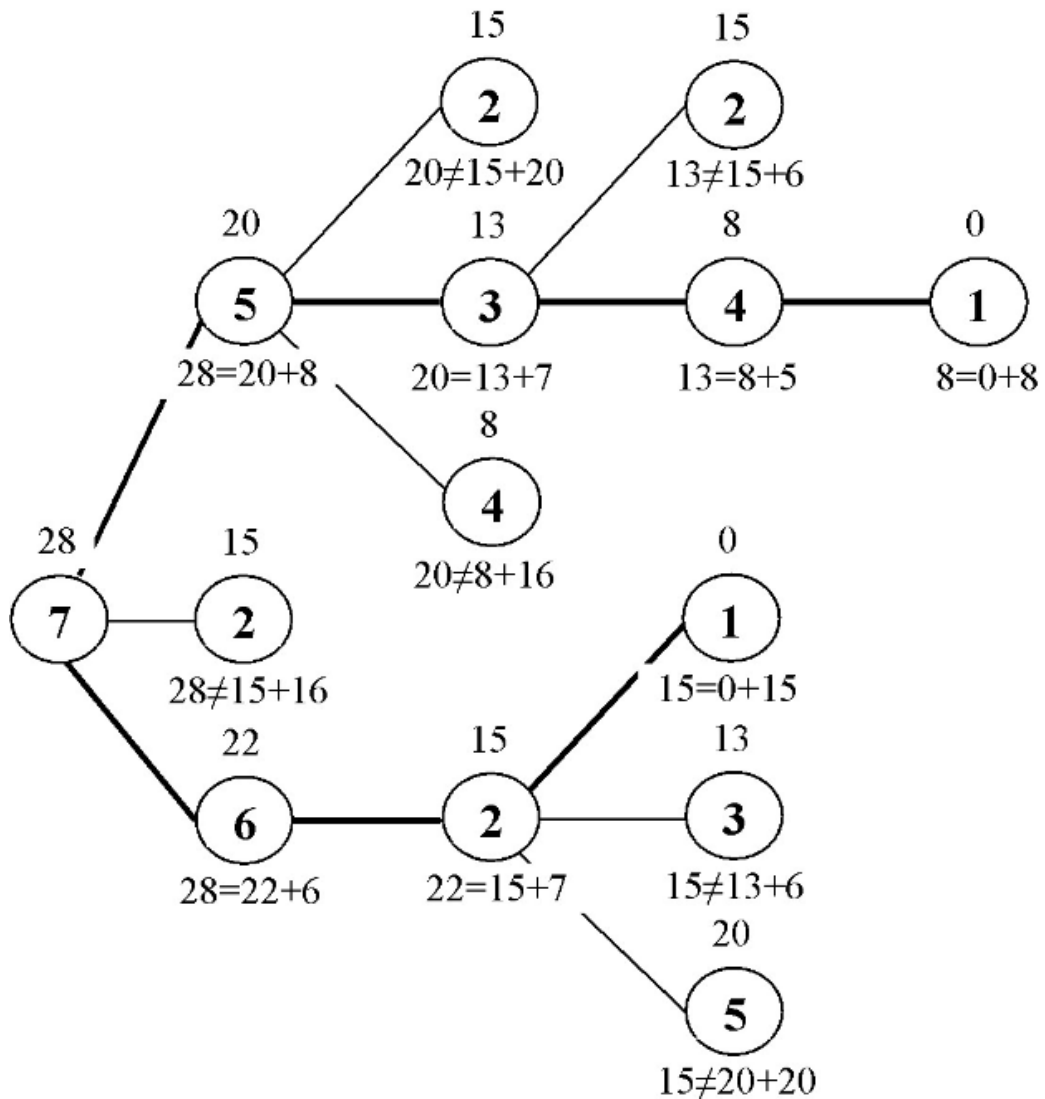


Рисунок 9.3 – Схема процедури ідентифікації оптимальних маршрутів між вузлами 1 і 7

Завдання 9

Визначити оптимальні маршрути перевезення вантажів від підприємства-виробника до посередників та кінцевих споживачів продукції. Граф, що відображає структуру дистрибутивної мережі, яка зв'язує всіх учасників процесу товароруку наведений на рис. 9.4, де пункту розташування підприємства-виробника відповідає вузол з номером 4, а всі інші вузли графа відображають пункти розташування посередників та кінцевих споживачів.

Відстані між пунктами розташування ланок дистрибутивної мережі подані в табл. 9.2.

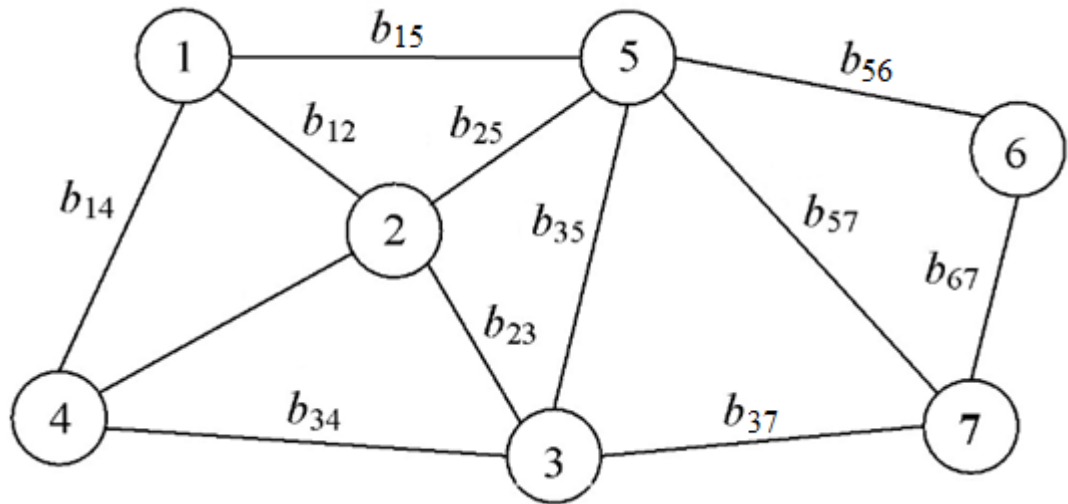


Рисунок 9.4 – Граф дистрибутивної мережі

Таблиця 9.2 – Відстані між ланками дистрибутивної мережі, км

Вузли	1	2	3	4	5	6	7
1	0	4	–	10	18	–	–
2	4	0	6	15	12	–	–
3	–	6	0	20	6	–	16
4	10	15	20	0	–	–	–
5	18	12	6	–	0	14	11
6	–	–	–	–	14	0	5
7	–	–	16	–	11	5	0

Указати оптимальні маршрути від підприємства-виробника до кінцевого споживача, що розташований у пункті 6.

ТЕМА 10. ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРІАНТУ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ РІЗНИМИ ВИДАМИ ТРАНСПОРТУ

Мета заняття – закріплення на основі вирішення практичної ситуації методики розрахунку на доставку вантажів різними видами транспорту.

Теоретичні відомості

Загальні витрати на доставку вантажів включають постійні та змінні витрати:

$$V^{дв} = V^п + V^{зм}M^{пв}, \quad (10.1)$$

де $V^п$ – постійні витрати на доставку вантажів;

$V^{зм}$ – змінні витрати на доставку вантажів з розрахунку на одиницю маси вантажу;

$M^{пв}$ – маса вантажів, що підлягають перевезенню.

З урахуванням вантажності транспортних засобів, що здійснюють перевезення вантажів, доцільно визначати витрати з розрахунку на одиницю задіяного транспортного засобу, незалежно від ступеня його завантаження:

$$V^{дв} = \text{округлверх} \left(\frac{M^{пв}}{g^a} \right) V^{по} + V^{зм}M^{пв}, \quad (10.2)$$

де округлверх – функція, що округлює число до цілого завжди в більший бік;

$V^{по}$ – постійні витрати на доставку вантажів з розрахунку на один транспортний засіб;

g^a – вантажність одного транспортного засобу (автомобіля, вагона, літака).

Задача 10.1. Компанії необхідно вибрати найбільш раціональні варіанти доставляння різних партій вантажів масою в 50, 150 і 300 т при наявності трьох можливих варіантів розв'язання даної проблеми, що передбачають використання різних видів транспорту: автомобільного, залізничного і повітряного.

Характеристики видів транспорту подані у табл. 10.1.

Таблиця 10.1 – Характеристики видів транспорту

Вид транспорту	Вантажність одного транспортного засобу, т	Постійні витрати з розрахунку на один транспортний засіб на одну доставку, тис. грн	Змінні витрати з розрахунку на 1 т вантажу, тис. грн
Автомобільний	10	1,0	0,2
Залізничний	60	8,0	0,15
Повітряний	150	10,0	0,3

Етапи виконання задачі 10.1

1. Розрахувати загальні витрати на доставку партії вантажів вагою у 50 т:
 - 1.1. автомобільним транспортом;
 - 1.2. залізничним транспортом;
 - 1.3. повітряним транспортом.
2. Розрахувати загальні витрати на доставку партії вантажів вагою у 150 т:
 - 2.1. автомобільним транспортом;
 - 2.2. залізничним транспортом;
 - 2.3. повітряним транспортом.
3. Розрахувати загальні витрати на доставку партії вантажів вагою у 300 т:
 - 3.1. автомобільним транспортом;
 - 3.2. залізничним транспортом;
 - 3.3. повітряним транспортом.
4. Для порівняння ефективності використання для доставки вантажів різних видів транспорту звести всі отримані результати до табл. 10.2 та зробити висновки.

Таблиця 10.2 – Порівняльний аналіз витрат на доставку вантажів різними видами транспорту, тис. грн

Вид транспорту	Величина партії перевезення вантажів, т		
	50	150	300
Автомобільний			
Залізничний			
Повітряний			

Завдання 10

Компанії необхідно вибрати найкращий варіант доставки різних партій вантажів масою у $(50 + N)$, $(150 + 5 \cdot N)$ і $(300 + 10 \cdot N)$ т за наявності трьох можливих варіантів розв'язання даної проблеми, що передбачають використання різних видів транспорту: автомобільного, залізничного і повітряного. Характеристики видів транспорту подані у табл. 10.3.

Таблиця 10.3 – Характеристики видів транспорту

Вид транспорту	Вантажність одного транспортного засобу, т	Постійні витрати з розрахунку на один транспортний засіб на одну доставку, тис. грн	Змінні витрати з розрахунку на 1 т вантажу, тис. грн
Автомобільний	10	$1,0 + 0,1 \cdot N$	0,2
Залізничний	60	$8,0 - 0,1 \cdot N$	$0,15 - 0,003 \cdot N$
Повітряний	150	$10,0 - 0,1 \cdot N$	$0,3 - 0,005 \cdot N$

Тут N – номер прізвища студента в журналі групи, $N = \overline{1, 10}$.

ТЕМА 11. ПЛАНУВАННЯ МАРШРУТУ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ ПРИ ЗМІШАНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ

Мета заняття – закріплення на основі вирішення практичної ситуації методики планування маршруту доставки вантажів при змішаних перевезеннях.

Теоретичні відомості

Транспортний процес при змішаних перевезеннях складається із послідовної доставки вантажів різними видами транспорту і проміжного перевантаження. Для планування змішаних перевезень застосовуються мережеві моделі. Основним матеріалом для мережевого планування є структурна таблиця комплексу робіт, яка містить:

- перелік елементарних робіт;
- перелік робіт, на які спираються елементарні роботи;
- час виконання кожної роботи;
- вартість виконання роботи.

Мережевий графік, що описує транспортний процес доставки вантажів при змішаних перевезеннях, має певні особливості:

- роботи на мережевому графіку зображуються дугами, причому кожній дузі присвоюється тільки одне значення показників часу t_{ij} та вартості c_{ij} виконання відповідної роботи (i, j) , де подія i передуює події j ;
- вузли графіка відображають події, що відповідають моментам завершення робіт, причому кожний i -й вузол може мати одне або декілька значень показників часу T_i і вартості C_i , що визначаються як сума довжин дуг за цими показниками, які в нього входять:

$$T_i = t_{0,k} + t_{k,k+1} + \dots + t_{i-2,j-1} + t_{i-1,j}; \quad (11.1)$$

$$C_i = c_{0,k} + c_{k,k+1} + \dots + c_{i-2,j-1} + c_{i-1,j}. \quad (11.2)$$

Для умовно першої події мережевого графіку ці показники мають нульові значення: $T_i = 0$, $C_i = 0$. Кількість значень показників T_i і C_i залежить від кількості альтернативних варіантів доставки вантажів;

- розрахунок показників часу та вартості маршрутів доставки вантажів не потребують визначення раннього і пізнього строків виконання кожної роботи;

• вибір варіанта маршруту доставки вантажів здійснюється шляхом їхнього порівняння на основі найбільш вагомого показника (часового або вартісного). У випадку, коли показники оцінки за важливістю однакові, то ефективність доставки оцінюють за критеріями прийняття рішення, при цьому, якщо результати діяльності мають затратний характер (час, вартість), доцільно орієнтуватися на мінімальні значення показників. Найбільш відомими критеріями прийняття рішення є критерії Лапласа, Вальда, Севіджа і Гурвіца, що дозволяють приймати рішення за умови невизначеності на основі аналізу матриці можливих результатів, рядки якої відповідають можливим діям R_j (варіантам доставки вантажів), колонки – можливим станам «природи» S_i (критеріям доставки), а елементи матриці є результатами їх оцінки O_{ji} (рис. 11.1).

	S_1	S_2	...	S_i	...	S_n
R_1	O_{11}	O_{11}	...	O_{11}	...	O_{11}
R_2	O_{11}	O_{11}	...	O_{11}	...	O_{11}
\vdots	\vdots			\vdots		\vdots
R_j	O_{11}	O_{11}	...	O_{11}
\vdots	\vdots			\vdots		\vdots
R_m	O_{11}	O_{11}	...	O_{11}

Рисунок 11.1 – Матриця можливих результатів

Критерій Лапласа ґрунтується на припущенні, що ймовірність виникнення будь-якої умови у процесі прийняття рішення є однаковою, і розраховується як

$$W = \min \left\{ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n O_{ji} \right\}. \quad (11.3)$$

Мінімаксий критерій Вальда ґрунтується на принципі найбільшої обережності. Розрахунок критерію полягає у виборі в кожному рядку матриці максимального значення оцінки, а потім серед них – найменшого значення

$$W = \min_j \max_i \{O_{ji}\}. \quad (11.4)$$

Критерій Севіджа використовує матрицю ризиків, елементи якої r_{ji} розраховуються як різниця між найкращим значенням та значеннями O_{ji} в колонці i .

$$r_{ji} = O_{ji} - \min_j \{O_{ji}\}. \quad (11.5)$$

Оптимальне рішення при цьому відповідає найменшому ризику в найбільш несприятливій ситуації:

$$W = \min_j \max_i \{r_{ji}\}. \quad (11.6)$$

Критерій Гурвіца встановлює баланс між випадками крайнього оптимізму і песимізму шляхом зважування цих двох способів поведінки відповідними ваговими коефіцієнтами $(1 - p)$ і p , де $0 \leq p \leq 1$:

$$W = \min_j \left[p \min_i O_{ji} + (1 - p) \max_i O_{ji} \right]. \quad (11.7)$$

Значення коефіцієнта p визначається в залежності від схильності особи, яка приймає рішення, до песимізму чи оптимізму. При відсутності ярко вираженої схильності, як правило, вибирається значення $p = 0,5$. Застосування критеріїв прийняття рішення вимагає однакової вимірності показників, що утворюють матрицю можливих результатів. Для цього слід перейти від абсолютних до відносних показників шляхом подання їх як частки від одиниці, яка відповідає мінімальному чи максимальному значенню показника.

Задача 11.1. Компанії необхідно доставити вантаж масою у 20 т з пункту A до пункту B . Існують три можливі варіанти маршрутів доставки, характеристика яких подана в табл. 11.1.

Таблиця 11.1 – Характеристика варіантів маршрутів доставки

№ маршруту	Вид маршруту	Види транспорту
1	$A - B$ (транзитний)	Автомобільний
2	$A - D - B$ (з використанням перевалочного пункту D)	Залізничний + автомобільний
3	$A - C - B$ (з використанням складу тимчасового зберігання у пункті C)	Морський + автомобільний

Мережевий графік схем доставки вантажу від пункту A до пункту B показаний на рис. 11.2.

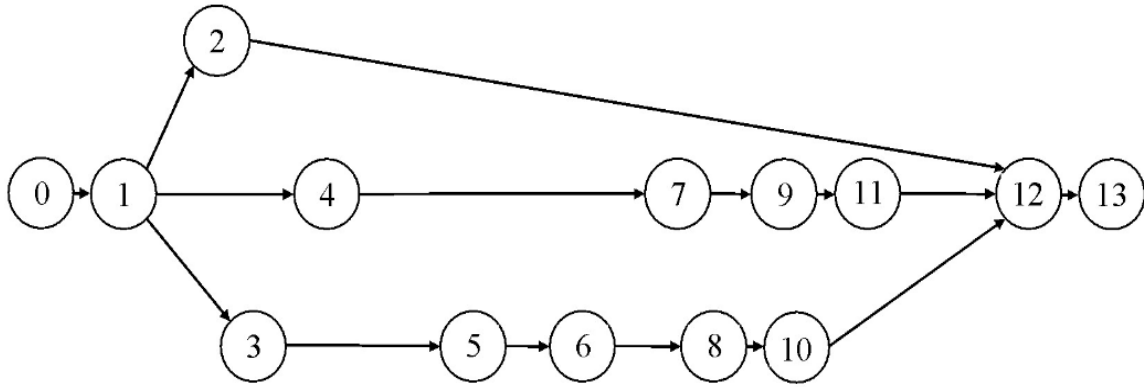


Рисунок 11.2 – Мережевий графік схем доставки вантажів

Характеристики комплексу робіт, що включені до мережевого графіку, подані в табл. 11.2.

Таблиця 11.2 – Характеристики робіт з доставки вантажу

№ події		Перелік робіт	Вартість, тис. грн	Тривалість, дн
<i>i</i>	<i>j</i>			
0	1	Комплектування вантажу, оформлення перевізних документів	0,5	1
1	2	Завантаження на автомобільний транспорт	0,5	1
1	3	Завантаження на морський транспорт	0,8	3
1	4	Завантаження на залізничний транспорт	0,8	2
3	5	Доставка морським транспортом до пункту <i>C</i>	6,0	4
5	6	Розвантаження вантажу з морського транспорту на склад	0,8	2
4	7	Доставка залізничним транспортом до пункту <i>D</i>	5,0	7
6	8	Розміщення вантажу на складі	1,0	3
7	9	Розвантаження вантажу з залізничного транспорту на перевалочний пункт	0,8	2
8	10	Завантаження на автомобільний транспорт	0,5	1
9	11	Завантаження на автомобільний транспорт	0,5	1
2	12	Доставка автомобільним транспортом до пункту <i>B</i>	7,0	15
10	12	Доставка автомобільним транспортом до пункту <i>B</i>	1,5	3
11	12	Доставка автомобільним транспортом до пункту <i>B</i>	1,0	2
12	13	Розвантаження вантажу з автомобільного транспорту	0,5	1

Необхідно вибрати оптимальний варіант доставки вантажу за критеріями Лапласа, Вальда, Севіджа і Гурвіца.

Розв'язання

Загальна тривалість та вартість комплексу робіт з доставки вантажів складає:

□ за першим маршрутом:

$$T_{13}^1 = 1 + 1 + 15 + 1 = 18 \text{ дн.};$$

$$C_{13}^1 = 0,5 + 0,5 + 7,0 + 0,5 = 8,5 \text{ тис. грн};$$

□ за другим маршрутом:

$$T_{13}^2 = 1 + 2 + 7 + 2 + 1 + 2 + 1 = 16 \text{ дн.};$$

$$C_{13}^2 = 0,5 + 0,8 + 5,0 + 0,8 + 0,5 + 1,0 + 0,5 = 9,1 \text{ тис. грн};$$

□ за третім маршрутом:

$$T_{13}^3 = 1 + 3 + 4 + 2 + 3 + 1 + 3 + 1 = 17 \text{ дн.};$$

$$C_{13}^3 = 0,5 + 0,8 + 6,0 + 0,8 + 1,0 + 0,5 + 1,5 + 0,5 = 11,6 \text{ тис. грн};$$

Найбільш вигідним за показником часу доставки вантажів є маршрут 2 ($T_{13}^2 = 16$ дн.), за показником вартості доставки – маршрут 1 ($C_{13}^1 = 8,5$ тис. грн).

Для порівняння варіантів маршрутів доставки за критеріями прийняття рішення приведемо показники до відносного вигляду шляхом ділення показників певного виду на найменше їхнє значення. Результати розрахунків часу і вартості доставки вантажів в абсолютному і відносному вигляді показані в табл. 11.3.

Таблиця 11.3 – Абсолютні та відносні показники доставки вантажів за різними варіантами маршрутів

№ маршруту	Схема доставки	Час доставки		Вартість доставки	
		абсолютна величина, дн.	відносне значення	абсолютна величина, тис. грн.	відносне значення
1	0,1,2,12,13	18	1,125	8,5	1,0
2	0,1,4,7,9,11,12,13	16	1,0	9,1	1,0706
3	0,1,3,5,6,8,10,12,13	17	1,0625	11,6	1,3647

Використовуючи дані з табл. 11.3, проведемо розрахунок критеріїв прийняття рішення та визначимо порядок вибору оптимального варіанту доставки вантажів:

1) критерій Лапласа (розраховуємо середньоарифметичне значення і вибираємо найменше значення):

- маршрут 1: $W = \frac{1}{2}(1,125 + 1,0) = 1,0625;$

- маршрут 2: $W = \frac{1}{2}(1,0 + 1,0706) = 1,0353;$

- маршрут 3: $W = \frac{1}{2}(1,0625 + 1,3647) = 1,2136$;

2) критерій Вальда (вибираємо найбільше значення в кожному рядку, а потім серед них найменше):

- маршрут 1: 1,125;
- **маршрут 2: 1,0706;**
- маршрут 3: 1,3647;

3) критерій Севіджа (розраховуємо ризики і вибираємо найменше значення ризику в кожному рядку, а потім серед них найменше):

- маршрут 1: $r_{11} = 1,125 - 1,0 = 0,125, r_{12} = 1,0 - 1,0 = 0 \rightarrow 0,125$;
- **маршрут 2: $r_{21} = 1,0 - 1,0 = 0, r_{22} = 1,0706 - 1,0 = 0,0706 \rightarrow 0,0706$;**
- маршрут 3: $r_{31} = 1,0625 - 1,0 = 0,0625, r_{32} = 1,3647 - 1,0 = 0,3647 \rightarrow 0,3647$;

4) критерій Гурвіца (розраховуємо суму добутоків найменшого і найбільшого значень на коефіцієнт довіри $p = 0,3$ (превалює оптимістична оцінка), а потім вибираємо серед них найменше значення):

- маршрут 1: $0,3 \cdot 1,0 + (1 - 0,3) \cdot 1,125 = 1,0875$;
- **маршрут 2: $0,3 \cdot 1,0 + (1 - 0,3) \cdot 1,0706 = 1,0495$;**
- маршрут 3: $0,3 \cdot 1,0625 + (1 - 0,3) \cdot 1,3647 = 1,2741$.

Результати розрахунків критеріїв прийняття рішення та їх оптимальні значення наведені у табл. 11.4.

Таблиця 11.4 – Вибір варіантів маршрутів доставки вантажів за критеріями прийняття рішення

№ маршруту	Критерій Лапласа	Критерій Вальда	Критерій Севіджа	Критерій Гурвіца ($p = 0,3$)
1	1,0625	1,125	0,125	1,0875
2	1,0353	1,0706	0,0706	1,0495
3	1,2136	1,3647	0,3647	1,2741
Мінімальне значення	1,0353	1,0706	0,0706	1,0495

Таким чином, оптимальним варіантом маршруту доставки вантажів з пункту *A* до пункту *B* є маршрут 2, у якому доставка здійснюється з пункту *A* за допомогою залізничного транспорту з використанням перевалочного пункту *D* і подальшою доставкою вантажів автомобільним транспортом до пункту *B*.

Завдання 11

Компанії необхідно доставити вантаж масою у 20 т з пункту *A* до пункту *B*. Існують три можливі варіанти маршрутів доставки, характеристика яких надана у табл. 11.5.

Таблиця 11.5 – Характеристика варіантів маршрутів доставки

№ маршруту	Вид маршруту	Види транспорту
1	<i>A – B</i> (транзитний)	Автомобільний
2	<i>A – D – B</i> (з використанням перевалочного пункту <i>D</i>)	Залізничний + автомобільний
3	<i>A – C – B</i> (з використанням складу тимчасового зберігання у пункті <i>C</i>)	Морський + автомобільний
4	<i>A – F – B</i> (з використанням складу тимчасового зберігання у пункті <i>F</i>)	Повітряний + автомобільний

Мережевий графік схем доставки вантажу від пункту *A* до пункту *B* показаний на рис. 11.3.

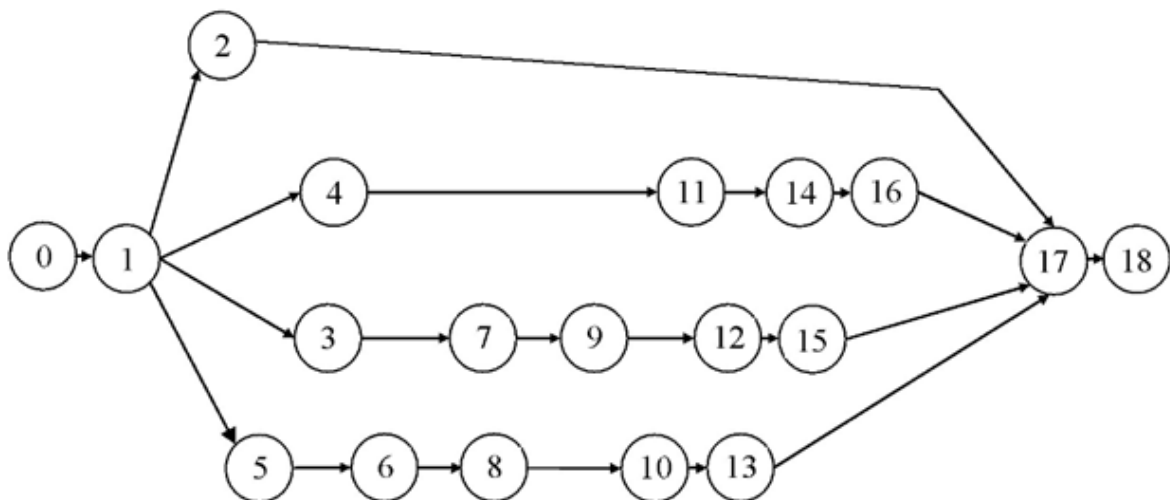


Рисунок 11.3 – Мережевий графік схем доставки вантажів

Характеристики комплексу робіт, що включені до мережевого графіку доставки вантажу від пункту *A* до пункту *B* за різними маршрутами, які відрізняються використанням різних видів транспорту, подані у табл. 11.6.

Таблиця 11.6 – Характеристики робіт з доставки вантажу від пункту *A* до пункту *B*

№ події		Перелік робіт	Вартість, тис. грн	Тривалість, дн
<i>i</i>	<i>j</i>			
0	1	Комплектування вантажу, оформлення перевізних документів	0,5	1
1	2	Завантаження на автомобільний транспорт	0,5	1
1	3	Завантаження на морський транспорт	0,8	3
1	4	Завантаження на залізничний транспорт	0,8	3
1	5	Завантаження на повітряний транспорт	0,6	2
5	6	Доставка повітряним транспортом до пункту <i>F</i>	5,0	2
3	7	Доставка морським транспортом до пункту <i>C</i>	6,0	4
6	8	Розвантаження вантажу з повітряного транспорту на склад у пункті <i>F</i>	0,8	2
7	9	Розвантаження вантажу з морського транспорту на склад у пункті <i>C</i>	0,8	2
8	10	Розміщення вантажу на складі у пункті <i>F</i>	2,0	3
4	11	Доставка залізничним транспортом до пункту <i>D</i>	4,5	7
9	12	Розміщення вантажу на складі у пункті <i>C</i>	1,0	3
10	13	Завантаження на автомобільний транспорт	0,5	1
11	14	Розвантаження вантажу з залізничного транспорту на перевалочний пункт	0,8	2
12	15	Завантаження на автомобільний транспорт	0,5	1
14	16	Завантаження на автомобільний транспорт	0,5	1
2	17	Доставка автомобільним транспортом до пункту <i>B</i>	7,0	15
13	17	Доставка автомобільним транспортом до пункту <i>B</i>	1,7	4
15	17	Доставка автомобільним транспортом до пункту <i>B</i>	1,5	3
16	17	Доставка автомобільним транспортом до пункту <i>B</i>	1,0	2
17	18	Розвантаження вантажу з автомобільного транспорту	0,5	1

Необхідно вибрати оптимальний варіант доставки вантажу пункту *A* до пункту *B* за критеріями Лапласа, Вальда, Севіджа і Гурвіца.

ТЕМА 12. ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТ НА ДОСТАВКУ РІЗНИХ ВАНТАЖІВ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ У ВИПАДКУ СПІЛЬНОГО ПЕРЕВЕЗЕННЯ

Мета заняття – закріплення на основі вирішення практичної ситуації методики визначення витрат на доставку різних вантажів автомобільним транспортом у випадку спільного перевезення.

Задача 12.1. Розв’язання низки логістичних задач потребує правильної оцінки витрат на транспортування продукції. Процедура розрахунку цих витрат дещо ускладнюється у випадку, коли, наприклад, в одному автомобілі перевозиться декілька видів вантажу.

Відомі характеристики транспортування двох видів товарів зі складу до магазину в одному автомобілі (табл. 12.1).

Необхідно за індивідуальним варіантом вихідних даних розрахувати витрати, що припадають окремо на перевезення кожного з вантажів.

Таблиця 12.1 – Характеристика транспортування

Автомобіль		Вантаж				Транспортні витрати $C_{тр.Σ}$, грн
вантажопідйомність $Q_{ном}$, т	вантажомісткість $V_{ном}$, м ³	печиво		напої		
		маса $M_{ф.1}$, т	об’єм $V_{ф.1}$, м ³	маса $M_{ф.2}$, т	об’єм $V_{ф.2}$, м ³	
20	80	14	70	5	10	4000

12.1. Розрахунок транспортних витрат за допомогою коефіцієнта використання вантажопідйомності автомобіля

Розрахункова маса відправки i -го вантажу

$$M_{р.i} = \frac{M_{ф.i}}{K_{в.в.с.i}}, \quad (12.1)$$

де $M_{ф.i}$ – фактична маса відправки даного товару (вихідні дані), т;

$K_{в.в.с.i}$ – статичний коефіцієнт використання вантажопідйомності автомобіля для даного вантажу,

$$K_{в.в.с.i} = \frac{M_{max.i}}{Q_{ном}}, \quad (12.2)$$

де $M_{max.i}$ – максимальна маса даного товару, яку можливо завантажити в автомобіль, т;

$Q_{\text{ном}}$ – номінальна вантажопідйомність автомобіля (вихідні дані), т.

Для знаходження $M_{\text{max},i}$ треба перевірити умову

$$\rho_i \cdot V_{\text{ном}} \leq Q_{\text{ном}}, \quad (12.3)$$

де ρ_i – густина (маса 1 м³) вантажу, т/м³;

$V_{\text{ном}}$ – номінальна вантажомісткість автомобіля (вихідні дані), м³;

$Q_{\text{ном}}$ – номінальна вантажопідйомність автомобіля (вихідні дані), т;

$$\rho_i = \frac{M_{\text{ф},i}}{V_{\text{ф},i}}, \quad (12.4)$$

де $V_{\text{ф},i}$ – фактичний об'єм відправки даного товару (вихідні дані), м³.

Якщо умова (12.3) виконується, приймаємо

$$M_{\text{max},i} = \rho_i \cdot V_{\text{ном}}, \quad (12.5)$$

а якщо умова (12.3) не виконується, приймаємо

$$M_{\text{max},i} = Q_{\text{ном}}. \quad (12.6)$$

Використовуючи вирази (12.3) – (12.6), знайдемо $M_{\text{max},i}$ для розглянутих у задачі 12.1 вантажів (табл. 12.1).

Припустимо, що сумарна розрахункова маса перевезеного вантажу, т,

$$M_{\text{р},\Sigma} = \sum_{i=1}^N M_{\text{р},i}, \quad (12.7)$$

де N – кількість перевезених найменувань товару.

Показник «розрахункова маса відправки» враховує як характеристику маси вантажу, так і характеристику його об'єму. Це дозволяє скласти пропорцію

$$\frac{C_{\text{тр},\Sigma}}{M_{\text{р},\Sigma}} = \frac{C_{\text{тр},i}}{M_{\text{р},i}}, \quad (12.8)$$

де $C_{\text{тр},\Sigma}$ – сумарні витрати, пов'язані зі спільним транспортуванням вантажів усіх найменувань (вихідні дані).

З пропорції (12.8) знайдемо витрати, що падають на перевезення i -го вантажу, грн,

$$C_{\text{тр},i} = \frac{C_{\text{тр},\Sigma} \cdot M_{\text{р},i}}{M_{\text{р},\Sigma}}. \quad (12.9)$$

12.2. Розрахунок транспортних витрат за допомогою коефіцієнта використання вантажомісткості автомобіля

Введемо позначення:

$V_{\phi,i}$ – фактичний об'єм відправки даного товару, м³;

$K_{в.вм.i}$ – коефіцієнт використання вантажомісткості автомобіля;

$V_{р.i}$ – розрахунковий об'єм відправки, м³.

Тоді розрахунковий об'єм відправки визначається як:

$$V_{р.i} = \frac{V_{\phi,i}}{K_{в.вм.i}}, \quad (12.10)$$

а коефіцієнт використання вантажомісткості автомобіля:

$$K_{в.вм.i} = \frac{\text{Максимальний об'єм товару, м}^3, \text{ який може бути завантажений в автомобіль}}{\text{Вантажомісткість автомобіля}}. \quad (12.11)$$

Припустимо, що сумарний розрахунковий об'єм відправки для вантажів, м³,

$$V_{р.\Sigma} = \sum_{i=1}^N V_{р.i}, \quad (12.12)$$

де N – кількість перевезених найменувань товару.

Оскільки, як і «розрахункова маса відправки», показник «розрахунковий об'єм відправки» враховує масову і об'ємну характеристики вантажу, що дозволяє визначити витрати на перевезення кожного з найменувань, використовуючи пропорцію:

$$\frac{C_{тр.\Sigma}}{V_{р.\Sigma}} = \frac{C_{тр.i}}{V_{р.i}}, \quad (12.13)$$

де $C_{тр.\Sigma}$ – сумарні витрати, пов'язані зі спільним транспортуванням вантажів усіх найменувань (вихідні дані).

З пропорції (12.13) знайдемо витрати, що падають на перевезення i -го вантажу, грн,

$$C_{тр.i} = \frac{C_{тр.\Sigma} \cdot V_{р.i}}{V_{р.\Sigma}}. \quad (12.14)$$

Завдання 12

Задача 12.1. Необхідно за індивідуальним варіантом вихідних даних (табл. 12.2) розрахувати витрати, що припадають окремо на перевезення кожного з вантажів, двома методами та порівняти результати між собою.

Таблиця 12.2 – Індивідуальні вихідні дані до задачі з визначення витрат на доставку різних вантажів у випадку їх спільного перевезення

Варіант	Автомобіль		Вантаж 1			Вантаж 2			Витрати $C_{тр,Σ}$, грн
	$Q_{ном, т}$	$V_{ном, м^3}$	назва	$M_{ф,1, т}$	$V_{ф,1, м^3}$	назва	$M_{ф,2, т}$	$V_{ф,2, м^3}$	
1	20	82	цемент	11	4	мінвата	3	72	3000
2	16	55	плитка керамічна	6	4	труби ПВХ	3	45	3500
3	24	90	фарба	8	12	фриз декоративний	2	70	4000
4	15	46	гіпсокартон	5	7	шпалери	8	34	4500
5	24	85	панелі MDF	10	4	пінополіуретан	4	78	5000
6	20	87	плита OSB	7	12	утеплювач	1	72	3000
7	24	96	труби поліпропіленові	4	15	пінополістирол	2	79	3500
8	22	82	провід електричний	5	4	світильники	8	75	4000
9	20	120	панелі ПВХ	6	17	мінвата	4	100	4500
10	22	68	фарба	8	12	шпалери	12	50	5000
11	20	97	фітинги	7	4	труби ПВХ	4	70	3000
12	20	120	плитка керамічна	9	6	пінополістирол	2,5	100	3500
13	15	46	плита OSB	4	7	фриз декоративний	1	35	4000
14	24	85	гіпсокартон	8	10	пінополіуретан	4	70	4500
15	20	87	пиломатеріали	6	9	утеплювач	1	75	5000
16	24	96	фарба	5	8	мінвата	3	85	3000
17	15	46	цемент	6	2	утеплювач	0,75	40	3500
18	16	55	провід електричний	3	2	світильники	5	50	4000
19	22	82	труби поліпропіленові	6	23	шпалери	16	50	4500
20	24	90	пиломатеріали	9	14	утеплювач	1	70	5000

Задача 12.2. Компанія здійснює перевезення автомобілями двох видів товарів (товари A і B), які відрізняються за вагово-об'ємними параметрами: товар A – 1 м^3 важить $(500 + 10 \cdot N)$ кг, товар B – 1 м^3 важить $(200 + 10 \cdot N)$ кг, де N – номер прізвища студента в журналі групи.

Перевезення виконуються однотипними автомобілями вантажопідйомністю 20 т та вантажомісткістю 80 м^3 .

Очевидно, що найбільш економічно вигідними за витратами будуть такі перевезення, за яких вантажівки будуть максимально завантажені як за вагою, так і за об'ємом. Якщо розглядати крайні варіанти, тобто перевозити товари A і B окремо, то вантажівки будуть недовантажені або за масою, або за об'ємом. Отже, товари необхідно змішувати в одному вантажному автомобілі.

Завдання 1: визначити оптимальні частки товарів у вантажівці.

Завдання 2: визначити частку транспортних витрат, що припадають на товар A та на товар B за умови оптимального завантаження транспортного засобу. Врахувати параметри маси та об'єму перевезеного вантажу.

ТЕМА 13. ПРОГНОЗУВАННЯ КІЛЬКОСТІ КОНТЕЙНЕРІВ ДЛЯ КЛІЄНТА З ВИКОРИСТАННЯМ РІВНЯННЯ ТРЕНДУ

Мета заняття – закріплення на основі вирішення практичної ситуації методики прогнозування кількості контейнерів для клієнта з використанням рівняння тренду.

Задача 13.1. Відомі статистичні дані про середню кількість контейнерів, що вивозяться протягом місяця одним із клієнтів автотранспортного підприємства, за останні п'ять років.

Необхідно:

- 1) за індивідуальним варіантом вихідних (статистичних) даних побудувати графік фактичної зміни середньомісячного попиту на контейнери у часі;
- 2) побудувати лінію тренд (графік теоретичної зміни попиту на контейнери у часі);
- 3) спрогнозувати середньомісячний попит клієнта на контейнери у наступному (шостому) році.

13.1 Виведення рівняння тренду

Розглянемо чисельний приклад за вихідними даними, що наведені у перших двох графах таблиці 13.1.

Таблиця 13.1 – Вихідні дані та результати розрахунку сум для визначення коефіцієнтів рівняння тренду

Порядковий номер року i	Кількість контейнерів Q_i^ϕ	Результати розрахунків				
		i^2	i^3	i^4	$Q_i^\phi \cdot i$	$Q_i^\phi \cdot i^2$
1	6					
2	5					
3	3					
4	6					
5	8					
$\Sigma i = 15$	$\Sigma Q = 28$	$\Sigma i^2 =$	$\Sigma i^3 =$	$\Sigma i^4 =$	$\Sigma Q_i =$	$\Sigma Q_i^2 =$

У прогнозуванні існує поняття «тренд» (від англ. *trend* – тенденція, напрям), яке визначає основну тенденцію зміни часового ряду.

Використаємо рівняння тренду для нашої задачі:

$$Q_i = a_1 + a_2 \cdot i + a_3 \cdot i^3, \quad (13.1)$$

де Q_i – середньомісячна кількість контейнерів у розглядуваному i -му році, шт.;

a_1, a_2, a_3 – шукані коефіцієнти;

i – порядковий номер розглядуваного року.

Для визначення коефіцієнтів a_i скористаємося методом найменших квадратів:

$$a_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta_0}; a_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta_0}; a_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta_0}, \quad (13.2)$$

де $\Delta_0, \Delta_1, \Delta_2, \Delta_3$ – визначники 3-го порядку вигляду

$$\Delta_0 = \begin{vmatrix} N & \sum i & \sum i^2 \\ \sum i & \sum i^2 & \sum i^3 \\ \sum i^2 & \sum i^3 & \sum i^4 \end{vmatrix}; \Delta_1 = \begin{vmatrix} \sum Q & \sum i & \sum i^2 \\ \sum Qi & \sum i^2 & \sum i^3 \\ \sum Qi^2 & \sum i^3 & \sum i^4 \end{vmatrix};$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} N & \sum Q & \sum i^2 \\ \sum i & \sum Qi & \sum i^3 \\ \sum i^2 & \sum Qi^2 & \sum i^4 \end{vmatrix}; \Delta_3 = \begin{vmatrix} N & \sum i & \sum Q \\ \sum i & \sum i^2 & \sum Qi \\ \sum i^2 & \sum i^3 & \sum Qi^2 \end{vmatrix}, \quad (13.3)$$

де N – кількість точок динамічного ряду (кількість розглянутих років без урахування прогнозованого), $N = 5$;

$\sum i, \sum i^2, \sum i^3, \sum i^4, \sum Q, \sum Qi, \sum Qi^2$ – підсумкові результати з табл. 13.1.

Для розрахунку величини визначника 3-го порядку скористаємося правилом Саррюса, згідно з яким до визначника припишемо два перших стовпці та знайдемо суму добутків елементів діагоналей. Присвоївши доданкам діагоналей, що проходять «зліва – вправо – униз», знак «+», а «справа – вліво – униз» — знак «-», отримаємо:

Для шостого року ордината лінії тренду $Q_6 = 12,6$. З округленням приймаємо кількість контейнерів у прогнозованому році – 13 шт.

Висновок. За результатами розрахунків прогнозується, що у наступному році клієнтом буде вивезено 13 контейнерів.

Завдання 13

Індивідуальні вихідні дані за варіантами для розв’язання задачі наведені у таблиці 13.2.

Таблиця 13.2 – Індивідуальні вихідні дані до задачі з прогнозування кількості контейнерів

Варіант	Середньомісячна кількість контейнерів за роками Q_i^ϕ , шт					Варіант	Середньомісячна кількість контейнерів за роками Q_i^ϕ , шт				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	8	7	10	8	11	11	5	4	6	7	6
2	9	9	12	10	11	12	10	8	8	10	11
3	12	10	9	9	11	13	8	7	7	9	9
4	11	10	10	9	11	14	6	5	4	6	4
5	6	8	7	7	9	15	7	6	4	4	5
6	9	12	11	9	10	16	11	12	10	9	10
7	15	14	16	14	15	17	9	12	10	11	11
8	12	14	16	15	14	18	6	7	8	8	7
9	10	10	12	11	11	19	5	7	5	4	5
10	8	7	8	9	7	20	12	15	15	12	14

ТЕМА 14. ВИБІР ПЕРЕВІЗНИКА МЕТОДОМ ІНТЕГРАЛЬНОЇ ОЦІНКИ

Мета заняття – закріплення на основі вирішення практичної ситуації методики вибору перевізника методом інтегральної оцінки.

Задача 14.1. Відомі оцінки, які дали експерти трьом посередникам (перевізникам) *A, B, C* за певними критеріями (показниками (табл. 14.1)). Показники з 1-го по 4-й (надійність, тариф, загальний час доставки, фінансова стабільність) є кількісними, а з 5-го по 8-й (частота сервісу, схоронність вантажу, кваліфікація персоналу, готовність до переговорів) – якісними. Для оцінок якісних показників уведено скорочення:

- в. – відмінно;
- д.д. – дуже добре;
- д. – добре;
- з. – задовільно.

Таблиця 14.1 – Показники (критерії) для оцінки перевізника

Критерій	Ранг критерію	Оцінка		
		Фірма <i>A</i>	Фірма <i>B</i>	Фірма <i>C</i>
1 Надійність ¹⁾	1	0,84	0,85	0,95
2 Тариф, грн/км	2	0,75	0,8	0,82
3 Загальний час доставки ²⁾ , %	4	20	10	15
4 Фінансова стабільність ³⁾	6	6	8	7
5 Частота сервісу	7	д.	д.д.	з.
6 Схоронність вантажу	3	д.д.	з.	в.
7 Кваліфікація персоналу	5	д.д.	в.	д.
8 Готовність до переговорів ⁴⁾	8	д.д.	д.	д.
Примітки	1) Імовірність доставки «точно в строк». 2) Можливе відхилення від планової тривалості перевезення, %. 3) Умовна оцінка за 10-бальною шкалою. 4) Маються на увазі переговори про зміну тарифу			

Кожному показнику (критерію) відповідає ранг i – порядковий номер у ряду розміщення показників від найбільш значущого до найменш значущого (визначається експертами для конкретних виробничих умов):

$$i = 1, 2, \dots, N, \quad (14.1)$$

де N – кількість урахованих показників.

Необхідно за індивідуальним варіантом вихідних даних вибрати одного з трьох запропонованих вантажоперевізників, використавши метод інтегральної оцінки.

14.1. Визначення оцінок кількісних критеріїв

Слід урахувати, що прийняті показники мають різну значущість у загальній характеристиці посередника, тому введемо коефіцієнт вагомості W_i . Він показує, яка частка припадає на кожного з показників за умови, що сума часток (з похибкою округлення) дорівнює 1 ($\sum_{i=1}^N W_i = 1$).

Ваговий коефіцієнт i -го показника для експоненціальної залежності

$$W_i = \Delta_x \cdot e^{-x_i}, \quad (14.2)$$

де Δ_x – інтервал, що розраховується з урахуванням кількості показників і розмаху значень x , прийmemo $\Delta_x = 0,5$;

e – основа натурального логарифму, $e = 2,718$;

x_i – середина i -го інтервалу,

$$x_i = \frac{\Delta_x}{2} + \Delta_x \cdot (i - 1). \quad (14.3)$$

Виконавши розрахунки, знаходимо вагові коефіцієнти для кількісних критеріїв і заносимо їх до табл. 14.2.

Для кожного параметра визначається еталон – максимальне або мінімальне (найкраще з точки зору впливу на загальну оцінку) значення показника серед пропонованих перевізників.

Якщо за еталон прийнято найбільше значення, то значення показника кожного перевізника ділиться на нього. Наприклад, щодо показника «надійність» (табл. 14.1) еталоном буде значення для фірми С (0,95 max).

Таблиця 14.2 – Розрахунок кількісних оцінок показників

Критерій	Ваговий коефіцієнт W_i	Еталон	Оцінка ¹⁾		
			Фірма А	Фірма В	Фірма С
Надійність	0,389	0,95 max	$\frac{0,88}{0,328}$	$\frac{0,89}{0,347}$	$\frac{1}{0,390}$
Тариф, грн/км	0,236	0,75 min	$\frac{1}{0,236}$	$\frac{0,94}{0,222}$	$\frac{0,91}{0,215}$
Загальний час доставки, %	0,087	10 min	$\frac{0,5}{0,044}$	$\frac{1,0}{0,087}$	$\frac{0,67}{0,058}$
Фінансова стабільність	0,032	8,0 max	$\frac{0,75}{0,024}$	$\frac{1,0}{0,032}$	$\frac{0,88}{0,028}$
Сумарна кількісна оцінка з урахуванням W_i			0,632	0,688	0,691
Примітка 1) У чисельнику – оцінки, розраховані з урахуванням еталонних значень; у знаменнику – те саме з урахуванням вагових коефіцієнтів					

Тоді, розділивши значення показників на еталон, будемо мати оцінки: фірма А: $0,84/0,95 = 0,88$; фірма В: $0,85/0,95 = 0,89$; фірма С: $0,95/0,95 = 1$.

Якщо за еталон прийнято найменше значення, то воно ділиться на значення показника для кожного перевізника. Наприклад, щодо показника «загальний час доставки» (табл. 14.1) еталоном буде значення для фірми В (10 min). Тоді, розділивши еталон на значення показників, отримаємо: фірма А: $10/20 = 0,5$; фірма В: $10/10 = 1$; фірма С: $10/15 = 0,67$. Отримані оцінки заносимо у табл. 14.2 (чисельники).

Визначаємо оцінки з урахуванням вагових коефіцієнтів. Наприклад, для показника «загальний час доставки»: фірма А: $0,5 \cdot 0,087 = 0,044$; фірма В: $1 \cdot 0,087 = 0,087$; фірма С: $0,67 \cdot 0,087 = 0,058$. Отримані оцінки заносимо у табл. 14.2 (знаменники). Складаємо їх для кожної фірми та сумарні оцінки заносимо в останній рядок табл. 14.2.

14.2. Визначення оцінок якісних критеріїв

За аналогією з попереднім підрозділом визначимо вагові коефіцієнти для якісних критеріїв за формулами (14.2), (14.3).

Виконавши аналогічні розрахунки, знаходимо вагові коефіцієнти для решти критеріїв і заносимо їх до табл. 14.3.

Таблиця 14.3 – Розрахунок якісних оцінок показників

Критерій	Ваговий коефіцієнт W_i	Оцінка ¹⁾		
		Фірма А	Фірма В	Фірма С
Частота сервісу	0,019	$\frac{0,783}{0,015}$	$\frac{0,912}{0,017}$	$\frac{0,530}{0,010}$
Схоронність вантажу	0,143	$\frac{0,912}{0,130}$	$\frac{0,530}{0,076}$	$\frac{0,976}{0,140}$
Кваліфікація персоналу	0,053	$\frac{0,912}{0,048}$	$\frac{0,976}{0,052}$	$\frac{0,783}{0,041}$
Готовність до переговорів	0,012	$\frac{0,912}{0,011}$	$\frac{0,783}{0,009}$	$\frac{0,783}{0,009}$
Сумарна якісна оцінка з урахуванням W_i		0,204	0,154	0,200
Примітка. 1. У чисельнику – оцінки на шкалі бажаності; у знаменнику – те саме з урахуванням вагових коефіцієнтів				

Для розрахунку якісних оцінок зазвичай використовується функція бажаності у вигляді експоненціальної залежності:

$$a_i = e^{(-e^{-y_i})}, \quad (14.4)$$

де y_i – значення i -го параметра на кодованій шкалі ($y_i = 0, 1, \dots, 4$).

Для зручності в табл. 14.4 наведені готові граничні і середні значення функції бажаності, розраховані за формулою (14.4).

Таблиця 14.4 – Відповідність якісних оцінок стандартним оцінкам на шкалі бажаності

Інтервал на кодованій шкалі	Якісна оцінка	Оцінка на шкалі бажаності	
		діапазон	середнє значення
більше 3 до 4	відмінно (в.)	більше 0,951 до 1	0,976
більше 2 до 3	дуже добре (д.д.)	більше 0,873 до 0,951	0,912
більше 1 до 2	добре (д.)	більше 0,692 до 0,873	0,783
від 0 до 1	задовільно (з.)	більше 0,368 до 0,692	0,530

Наприклад, показник «частота сервісу» експерти оцінили так (табл. 14.1): фірма А – «добре» (д.); фірма В – «дуже добре» (д.д.); фірма С – «задовільно» (з.). Згідно з табл. 14.4 цим оцінкам відповідають середні

значення оцінок на шкалі бажаності: фірма *A*: 0,783; фірма *B*: 0,912; фірма *C*: 0,530. Заносимо ці значення у табл. 14.3 (чисельники).

Помноживши оцінки на коефіцієнт вагомості, отримаємо: фірма *A*: $0,783 \cdot 0,019 = 0,015$; фірма *B*: $0,912 \cdot 0,019 = 0,017$; фірма *C*: $0,530 \cdot 0,019 = 0,01$. Результати заносимо у знаменники табл. 14.3, а підсумувавши їх для кожного перевізника сумарні, заповнюємо останній рядок таблиці.

14.3. Визначення інтегральних оцінок перевізників

Інтегральні оцінки знайдемо, склавши сумарну кількісну оцінку (останній рядок табл. 14.2) і сумарну якісну оцінку (останній рядок табл. 14.3) для кожного з перевізників: фірма *A*: $0,632 + 0,204 = 0,836$; фірма *B*: $0,688 + 0,154 = 0,842$; фірма *C*: $0,691 + 0,200 = 0,891$.

Висновок: у якості партнера обираємо фірму *C* з найвищою інтегральною оцінкою (0,891).

Завдання 14

Індивідуальні вихідні дані за варіантами для розв'язання задачі наведені у табл. 14.5.

Таблиця 14.5 – Індивідуальні вихідні дані до задачі з вибору перевізника методом інтегральних оцінок

Варіант	1 Надійність			2 Тариф, грн/км			3 Загальний час доставки, %			4 Фінансова стабільність			5 Частота сервісу			6 Збереженість вантажу			7 Кваліфікація персоналу			8 Готовність до переговорів										
	Ранг	Перевізник			Ранг	Перевізник			Ранг	Перевізник			Ранг	Перевізник			Ранг	Перевізник			Ранг	Перевізник										
		A	B	C		A	B	C		A	B	C		A	B	C		A	B	C		A	B	C								
1	2	0,86	0,87	0,94	1	6,1	6,4	6,6	4	20	10	15	6	7	9	8	7	д.	д.д.	з.	3	д.д.	д.	з.	5	д.д.	в.	д.	8	д.	д.д.	з.
2	1	0,83	0,87	0,92	2	5,2	5,8	5,5	3	20	10	15	5	9	7	8	8	д.д.	в.	д.	4	д.	д.д.	з.	7	в.	в.	д.д.	6	д.д.	в.	д.
3	3	0,88	0,94	0,92	2	7,0	6,8	7,5	1	15	20	10	8	8	9	7	4	д.	з.	в.	5	д.д.	в.	д.	6	д.д.	з.	д.д.	7	д.	з.	в.
4	4	0,94	0,90	0,93	3	6,7	6,9	6,3	2	15	10	20	5	8	7	9	6	д.	д.д.	з.	1	д.	з.	в.	7	д.	д.д.	з.	8	д.	д.д.	з.
5	3	0,93	0,91	0,87	1	7,8	7,5	7,2	5	10	5	15	4	7	8	9	7	в.	д.	д.	2	д.	д.д.	з.	8	д.д.	д.	з.	6	в.	д.	д.
6	2	0,87	0,88	0,94	1	6,3	6,6	6,8	4	15	5	10	6	7	9	8	7	д.д.	в.	д.	3	в.	д.	д.	5	д.д.	д.	з.	8	д.д.	в.	д.
7	1	0,81	0,85	0,89	2	5,4	6,0	5,7	3	20	10	15	4	9	7	8	8	в.	в.	д.д.	5	д.д.	в.	д.	7	д.	д.д.	з.	6	в.	в.	д.д.
8	3	0,89	0,95	0,92	2	7,2	7,0	7,7	1	15	20	10	8	8	9	7	4	д.д.	з.	д.д.	5	д.	з.	в.	7	д.д.	в.	д.	6	д.д.	з.	д.д.
9	2	0,94	0,88	0,91	3	6,9	7,1	6,5	4	15	10	20	5	8	7	9	6	д.	д.д.	з.	1	д.	д.д.	з.	8	д.	з.	в.	7	д.	д.д.	з.
10	3	0,93	0,90	0,85	1	8,0	7,7	7,4	4	10	5	15	5	7	8	9	7	д.д.	д.	з.	2	в.	д.	д.	8	д.	д.д.	з.	6	д.д.	д.	з.
11	2	0,84	0,87	0,92	1	6,0	6,3	6,5	4	20	10	15	6	7	9	8	7	д.	д.д.	з.	3	д.д.	в.	д.	5	д.д.	в.	д.	8	д.	д.д.	з.
12	1	0,85	0,88	0,92	3	5,1	5,7	5,4	4	20	10	15	5	9	7	8	8	д.д.	в.	д.	2	в.	в.	д.д.	7	д.	з.	в.	6	д.д.	в.	д.
13	2	0,88	0,94	0,91	1	6,9	6,7	7,4	3	10	15	5	8	8	9	7	4	д.	з.	в.	5	д.д.	з.	д.д.	6	д.	д.д.	з.	7	д.	з.	в.
14	4	0,94	0,88	0,92	2	6,6	6,8	6,2	3	15	10	20	5	8	7	9	6	д.	д.д.	з.	1	д.	д.д.	з.	7	в.	д.	д.	8	д.	д.д.	з.
15	3	0,93	0,89	0,87	1	7,7	7,4	7,1	5	15	10	20	4	7	8	9	7	в.	д.	д.	2	д.д.	д.	з.	8	в.	в.	д.д.	6	в.	д.	д.
16	2	0,87	0,89	0,94	1	6,5	6,8	7,0	4	20	10	15	6	7	9	8	7	д.д.	в.	д.	3	д.	д.д.	з.	5	д.д.	з.	д.д.	8	д.д.	в.	д.
17	1	0,82	0,85	0,90	2	5,6	6,2	5,9	4	20	10	15	5	9	7	8	8	в.	в.	д.д.	3	в.	д.	д.	7	д.	д.д.	з.	6	в.	в.	д.д.
18	3	0,91	0,93	0,91	2	7,4	7,2	7,9	1	10	15	5	8	8	9	7	4	д.д.	з.	д.д.	5	д.д.	в.	д.	6	д.д.	д.	з.	7	д.д.	з.	д.д.
19	4	0,93	0,87	0,90	3	7,1	7,3	6,7	2	15	10	20	7	8	7	9	5	д.	д.д.	з.	1	в.	в.	д.д.	6	д.	д.д.	з.	8	д.	д.д.	з.
20	4	0,93	0,92	0,85	2	8,2	7,9	7,6	5	10	5	15	3	7	8	9	7	д.д.	д.	з.	1	д.д.	з.	д.д.	6	д.д.	в.	д.	8	д.д.	д.	з.

ТЕМА 15. СУТНІСТЬ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИТОРСЬКОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Мета заняття – вивчення особливостей транспортно-експедиторського обслуговування у контексті застосування правил «Інкотермс».

Завдання 15

На підставі вивчення правил «Інкотермс» вкажіть вірну відповідь в табл. 15.1.

Таблиця 15.1 – Тести щодо застосування правил «Інкотермс» в транспортно-експедиторському обслуговуванні

№	Тест	Вірна відповідь
1	2	3
1	Умова «Інкотермс – 2010» EXW означає: а) постачання до кордону (назва місця поставки); б) вартість і фрахт (назва порту призначення); в) франко-завод (назва місця); г) постачання зі сплатою миту	
2	Умова «Інкотермс – 2010» FCA означає: а) постачання з судна (назва порту призначення); б) франко-перевізник (назва місця призначення); в) постачання без сплати миту (назва місця призначення); г) фрахт/перевезення та страхування оплачені до (назва місця призначення)	
3	Умова «Інкотермс – 2010» FAS означає: а) франко вздовж борту судна (назва порту відвантаження); б) франко-борт (назва порту відвантаження); в) фрахт/перевезення оплачені до (назва місця призначення); г) постачання з причалу (назва порту призначення)	
4	Умова «Інкотермс – 2010» FOB означає: а) франко-завод (назва місця); б) франко-борт (назва порту відвантаження); в) фрахт/перевезення та страхування оплачені до (назва місця призначення); г) постачання до кордону (назва місця поставки)	
5	Умова «Інкотермс – 2010» CFR означає: а) постачання зі сплатою миту (назва місця призначення); б) постачання з причалу (назва порту призначення); в) фрахт/перевезення та страхування оплачені до (назва місця призначення); г) вартість і фрахт (назва порту призначення)	

Продовження табл. 15.1

1	2	3
6	<p>Умова «Інкотермс – 2010» CIF означає:</p> <p>а) фрахт/перевезення оплачені до (назва місця призначення);</p> <p>б) постачання без сплати миту (назва місця призначення);</p> <p>в) вартість, страхування та фрахт (назва порту призначення);</p> <p>г) франко-завод (назва місця)</p>	
7	<p>Умова «Інкотермс – 2010» CPT означає:</p> <p>а) франко-борт (назва порту відвантаження);</p> <p>б) фрахт/перевезення оплачені до (назва місця призначення);</p> <p>в) постачання до кордону (назва місця поставки);</p> <p>г) постачання з причалу (назва порту призначення)</p>	
8	<p>Умова «Інкотермс – 2010» CIP означає:</p> <p>а) франко вздовж борту судна (назва порту відвантаження);</p> <p>б) вартість і фрахт (назва порту призначення);</p> <p>в) постачання без сплати миту (назва місця призначення);</p> <p>г) фрахт/перевезення та страхування оплачені до (назва місця призначення)</p>	
9	<p>Умова «Інкотермс – 2010» DAT означає:</p> <p>а) постачання до терміналу (назва місця поставки);</p> <p>б) постачання з причалу (назва порту призначення);</p> <p>в) франко-борт (назва порту відвантаження);</p> <p>г) вартість і фрахт (назва порту призначення)</p>	
10	<p>Умова «Інкотермс – 2010» DAP означає:</p> <p>а) франко-борт (назва порту відвантаження);</p> <p>б) вартість, страхування та фрахт (назва порту призначення);</p> <p>в) постачання у пункті (назва порту призначення);</p> <p>г) постачання з причалу (назва порту призначення)</p>	
11	<p>Умова «Інкотермс – 2010» DEQ означає:</p> <p>а) постачання без сплати миту (назва місця призначення);</p> <p>б) постачання з причалу (назва порту призначення);</p> <p>в) франко вздовж борту судна (назва порту відвантаження);</p> <p>г) усі відповіді не правильні</p>	
12	<p>Умова «Інкотермс – 2010» DDU означає:</p> <p>а) франко-перевізник (назва місця призначення);</p> <p>б) франко-борт (назва порту відвантаження);</p> <p>в) постачання до кордону (назва місця поставки);</p> <p>г) усі відповіді не правильні</p>	
13	<p>Умова «Інкотермс – 2010» DDP означає:</p> <p>а) постачання зі сплатою миту (назва місця призначення);</p> <p>б) постачання з причалу (назва порту призначення);</p> <p>в) вартість, страхування та фрахт (назва порту призначення);</p> <p>г) постачання без сплати миту (назва місця призначення)</p>	

Продовження табл. 15.1

1	2	3
14	<p>Умови «Інкотермс – 2010», за якими продавець тільки надає товар покупцю на своєму заводі або складі і не несе відповідальності за його навантаження, тобто має мінімальний ризик, а всі витрати й ризики, пов'язані з доставкою товару в місце призначення, несе покупець, – це</p> <p>а) С-умови; б) F-умови; в) E-умови; г) D-умови</p>	
15	<p>Умови «Інкотермс – 2010», за якими обов'язки продавця передбачають доставку товару перевізнику, зазначеному покупцем, – це:</p> <p>а) F-умови; б) E-умови; в) D-умови; г) C-умови</p>	
16	<p>Умови «Інкотермс – 2010», за якими продавець укладає договір перевезення товару, але без ризиків загибелі та пошкодження товару, – це:</p> <p>а) E-умови; б) C-умови; в) D-умови; г) F-умови</p>	
17	<p>Міжнародна торговельна палата вперше видала зведення міжнародних правил із тлумачення торговельних термінів у:</p> <p>а) 1953 році; б) 1980 році; в) 1936 році; г) 1924 році</p>	
18	<p>Умови «Інкотермс» залежно від розподілу відповідальності, витрат і ризиків між продавцем та покупцем поділяються на групи, од.:</p> <p>а) 2; б) 4; в) 6; г) 8</p>	
19	<p>Відповідно до класифікації термінів «Інкотермс – 2010» група E-умов має назву:</p> <p>а) основне перевезення не оплачено; б) прибуття; в) відправлення; г) основне перевезення оплачено</p>	

Закінчення табл. 15.1

1	2	3
20	Відповідно до класифікації термінів «Інкотермс – 2010» група F-умов має назву: а) основне перевезення не оплачено; б) прибуття; в) основне перевезення оплачено; г) відправлення	
21	Відповідно до класифікації термінів «Інкотермс – 2010» група C-умов має назву: а) прибуття; б) основне перевезення оплачено; в) відправлення; г) основне перевезення не оплачено	
22	Відповідно до класифікації термінів «Інкотермс – 2010» група D-умов має назву: а) відправлення; б) прибуття; в) основне перевезення оплачено; г) основне перевезення не оплачено	
23	Умови «Інкотермс – 2010», за якими продавець доставить товар, очищений у митному відношенні, перевізнику до названого покупцем місця, – це: а) франко-перевізник; б) франко вздовж борту судна; в) франко-борт; г) франко-завод	
24	Умови «Інкотермс – 2010», за якими продавець виконав постачання, коли товар розміщений вздовж борту судна на причалі у зазначеному порту відвантаження, – це: а) франко-перевізник; б) франко-завод; в) франко-борт; г) франко вздовж борту судна	
25	Умови «Інкотермс – 2010», за якими продавець виконав постачання, коли товар перейшов через поручні судна в названому порту відвантаження, – це: а) франко-перевізник; б) франко-борт; в) вартість і фрахт; г) франко вздовж борту судна	

ТЕМА 16. КОНТЕЙНЕРИЗАЦІЯ ВАНТАЖІВ ТА МАРКУВАННЯ ПРОДУКЦІЇ

Мета заняття – вивчення засад контейнеризації вантажів і маркування продукції.

Теоретичні відомості

Вантажний контейнер – це одиниця транспортного обладнання багаторазового використання, призначена для перевезення та короткочасного зберігання вантажів без проміжних перевантажень, зручна для механізованого навантаження та розвантаження, завантаження й вивантаження (внутрішній об'єм дорівнює 1 м³ і більше).

Згідно з Митним кодексом України, **контейнер** – це транспортне обладнання (клітка, знімна цистерна або подібний засіб), що:

а) становить повністю або частково закриту ємність, призначену для поміщення в неї вантажів;

б) має постійні характеристики і завдяки цьому є достатньо міцним, щоб слугувати для багаторазового використання;

в) спеціально сконструйоване для полегшення перевезення вантажів одним або кількома видами транспорту без проміжного перевантаження;

г) сконструйоване у такий спосіб, щоб полегшити його перевантаження, зокрема з одного виду транспорту на інший;

ґ) сконструйоване у такий спосіб, щоб його можна було легко завантажувати та розвантажувати;

д) що має внутрішній об'єм не менше.

Відповідно до стандарту ISO 830 під вантажним контейнером розуміється предмет транспортного устаткування:

- що має постійний характер, і в силу цього досить міцний, щоб бути придатним для багаторазового використання;

- спеціальної конструкції, що дозволяє здійснювати перевезення вантажів одним або декількома видами транспорту без проміжного перевантаження вантажів;

- оснащений пристосуваннями, що дозволяють здійснювати його перевантаження, зокрема передачу з одного виду транспорту на інший;

- виготовлений так, щоб максимально полегшити процеси його завантаження/розвантаження.

Контейнери класифікуються за чотирма основними ознаками: *призначення, конструкція, величина маси брутто та нетто, сфера застосування.*

За призначенням контейнери поділяються на *універсальні*, призначені для перевезення тарно-штучних вантажів, і *спеціалізовані*, призначені для перевезення сипучих матеріалів, рідких, рефрижераторних, газоподібних та інших вантажів.

Універсальні контейнери – це загальне визначення, яке застосовується для всіх типів контейнерів, призначених для перевезення широкої номенклатури різних штучних вантажів, що не вимагають особливих умов під час перевезення та зберігання за винятком захисту від атмосферних впливів.

Універсальні контейнери, які перевозяться на рухливому складі всіх основних видів транспорту, залежно від маси брутто поділяються на *три категорії*:

1. великотоннажні масою брутто 10 т і більше;
2. середньотонажні масою брутто від 3 до 10 т;
3. малотоннажні масою брутто менш 3 т.

Типи й основні розміри великотоннажних універсальних контейнерів регламентовані стандартом ISO 668 «Вантажні контейнери. Зовнішні розміри і максимальна маса брутто».

Спеціалізовані контейнери призначені для перевезення рідких, сипучих, газоподібних вантажів і вантажів, які швидко псуються. Розрізняють такі *види спеціалізованого контейнера*:

- СК-1 – контейнер для сипучих вантажів, що не злежуються;
- СК-2 – контейнер для в'язких пластичних вантажів, що злежуються;
- СК-3 – контейнер для тарно-штучних вантажів;
- СК-4 – контейнер для рідких вантажів;
- СК-5 – рефрижераторні контейнери для швидкопсувних вантажів;
- МК – м'які контейнери (із прогумованої тканини для хімічних матеріалів).

Позначення контейнерів:

УУК – уніфікований універсальний контейнер (УУК-3; УУК-5; УУК-10).

АУК – автомобільний універсальний контейнер (АУК-0,625; АУК-1, 250).

За конструкцією контейнери поділяються на криті та відкриті, водонепроникні й негерметичні, металеві та з полімерних матеріалів з металевим каркасом.

За величиною маси бруто та нетто контейнери поділяються відповідно до рекомендованих ISO (Міжнародною організацією по стандартизації) фіксованих величинах.

За сферою застосування контейнери поділяються на міжнародні, магістральні, допущені до перевезення на одному або декількох видах транспорту усередині однієї держави, внутрішньозаводські.

Контейнери завантажують та розвантажують через двері, наявні в одній з торцевих стін. Після завантаження контейнера двері закривають на замок і на нього навішують пломбу відправника вантажу.

Маркування вантажів здійснюється відповідно до правил перевезення вантажів і в разі втрати перевізного документа є засобом визначення належності вантажу та місця його призначення.

Розрізняють *товарне, відправне, спеціальне та транспортне маркування*. Відправне, товарне та спеціальне маркування наноситься вантажовідправником, транспортне – перевізником чи його агентом.

Залежно від умов договору, маркування містить такі дані:

а) товарне – найменування товару, заводська упаковка, номер замовлення та наряду, сорт, дата виготовлення;

б) відправне – пункт відвантаження та призначення, назва відправників і отримувачів, загальне число місць, маса бруто та нетто;

в) транспортне – число місць в партії, що перевозиться по одному транспортному документу, порядковий номер вантажного місця в партії;

г) спеціальне – попереджувальні написи та маніпуляційні знаки, що передбачають спосіб поведінки з товарами у процесі його зберігання, перенавантаження, перевезення, використання.

Задача 16.1. Визначте код маркування контейнера UZUU 223456X

UA 2210

Розв'язання

Кодове позначення великотоннажного контейнера складається з 15 знаків:

4 літери латинського алфавіту та 11 арабських цифр, розташованих у послідовності, наведеній нижче:

1. кодове позначення власника – 4 великі літери латинського алфавіту, до яких входить ознака контейнера (четверта літера).
2. порядковий номер контейнера – 6 цифр;
3. контрольне число першого рядка коду – 1 цифра;
4. кодове позначення розмірів контейнера – 2 цифри;
5. кодове позначення типу контейнера – 2 цифри.

Перший рядок:

XXX X XXXXXX X (всього 11 знаків)

XXX – код власника (три великі літери латинського алфавіту), визначається за посиланням: <https://www.bic-code.org/bic-codes/>;

X – латинська літера U – ідентифікатор вантажних контейнерів;

XXXXXX – серійний номер контейнера – шість арабських цифр;

X – контрольне число – одна арабська цифра.

Другий рядок:

XX XX (всього 4 знаки)

XX – код розміру контейнера – *перший* цифровий або літерний символ означає довжину контейнера (табл. Д 1.1), *другий* цифровий або літерний символ означає ширину і висоту контейнера (табл. Д 1.2).

XX – код типу контейнера – *перший* літерний символ позначає тип контейнера; *другий* цифровий символ означає основні характеристики даного типу контейнера.

Задача 16.2. Розрахуйте контрольне число UZUU 223456X.

Розв’язання

Маркувальний код наносять на контейнери двома рядками з виділенням указаних смислових груп. Останній знак у першому рядку коду (контрольне число) призначений для контролю змісту інформації в цьому рядку під час її автоматизованої обробки.

Контрольне число визначають у такій послідовності. Кожному літерному знаку коду власника відповідає цифровий еквівалент, починаючи з числа 10 і закінчуючи числом 38, при цьому числа 11, 22, 33 виключені, оскільки кратні модулю 11. Далі кожен цифровий еквівалент і кожен цифру порядкового номера контейнера послідовно множать на ваговий коефіцієнт, що дорівнює від 2^0 до 2^n

у порядку зростання ступеня 2 на одиницю. Одержані таким чином добутки цифрових еквівалентів, помножені на їхні вагові коефіцієнти, підсумовують, і суму цих добутків ділять на модуль 11. Залишок, отриманий у результаті ділення, є контрольним числом (знаком). Номери, які під час розрахунку контрольного знаку дають у залишку число 10, використовувати для позначення контейнера не слід, оскільки значення контрольного знаку 0 виходить при залишку 10 і при залишку 0. Цифрові еквіваленти літерних знаків латинського алфавіту для кодового позначення власника наведені в табл. 16.1.

Таблиця 16.1 – Цифрові еквіваленти

Літера	Цифрове еквівалентне значення	Літера	Цифрове еквівалентне значення	Цифрове й еквівалентне значення*
<i>A</i>	10	<i>N</i>	25	0
<i>B</i>	12	<i>O</i>	26	1
<i>C</i>	13	<i>P</i>	27	2
<i>D</i>	14	<i>Q</i>	28	3
<i>E</i>	15	<i>R</i>	29	4
<i>F</i>	16	<i>S</i>	30	5
<i>G</i>	17	<i>T</i>	31	6
<i>H</i>	18	<i>U</i>	32	7
<i>I</i>	19	<i>V</i>	34	8
<i>J</i>	20	<i>W</i>	35	9
<i>K</i>	21	<i>X</i>	36	–
<i>L</i>	23	<i>Y</i>	37	–
<i>M</i>	24	<i>Z</i>	38	–

*Серійний номер і його еквівалентне значення ідентичні.

Зауваження. Еквівалентні значення 11, 22, 33 пропускаються, оскільки вони кратні модулю 11.

Ваговий коефіцієнт

Кожне цифрове еквівалентне значення, визначене за табл. 16.1, має бути послідовно помножене на ваговий коефіцієнт у діапазоні від 2^0 до 2^9 . Ваговий коефіцієнт 2^0 відноситься до першої літери коду власника і далі послідовно збільшується до 2^9 для останньої цифри серійного номера. Кожен цифровий еквівалент, визначений відповідно до табл. 16.1, слід помножити на коефіцієнт від 2^0 до 2^3 . Кожну цифру порядкового номера контейнера слід помножити на ваговий коефіцієнт від 2^4 до 2^9 , причому першу цифру порядкового номера множать на 2^4 ,

другу на 2^5 і так далі до останньої, яку множать на 2^9 . Суму отриманих добутків ділять на модуль 11. Контрольний знак слід визначати за значенням залишку, наведеного в табл. 16.2.

Таблиця 16.2 – Контрольне число за значенням залишку

Залишок	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Контрольне число	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

Примітка. Для усунення появи дублікату у вигляді значення 0, одержуваного від залишку 10, так і від залишку 0, не рекомендується використовувати серійні номери з залишком 10.

Приклад обчислення контрольного числа для великотоннажного контейнера наведено у табл. 16.3.

Таблиця 16.3 – Приклад обчислення контрольного числа для задачі 16.2

Код власника і порядковий номер контейнера	U	Z	U	U	2	2	3	4	5	6
Значення цифрових еквівалентів	32	38	32	32	2	2	3	4	5	6
Вагові коефіцієнти	2^0	2^1	2^2	2^3	2^4	2^5	2^6	2^7	2^8	2^9
Добутки цифрових еквівалентів і вагових коефіцієнтів	32	76	128	256	32	64	192	512	1280	3072
Сума всіх добутків	5644									
Частка від ділення суми на модуль 11 і залишок	513					1				
Контрольне число	1									

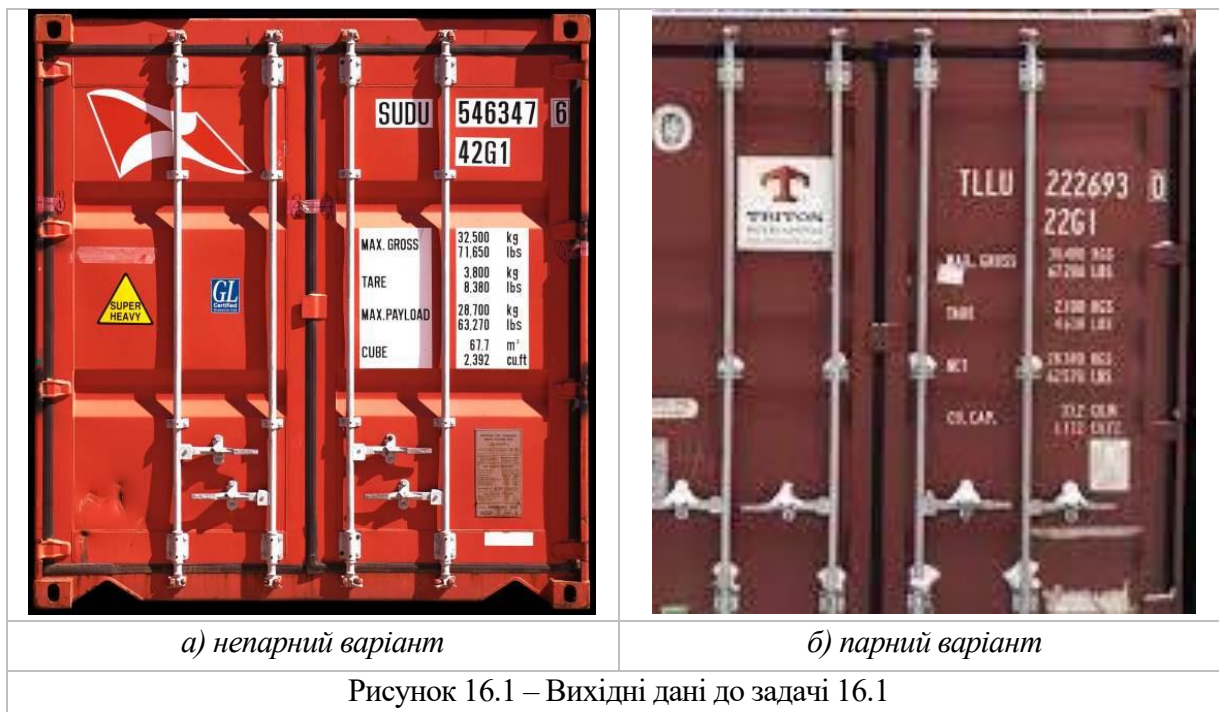
Таким чином, номер цього контейнера з контрольним знаком має бути записаний в такий спосіб **UZU U 223456 1**.

Завдання 16

Задача 16.1

1. Для свого варіанту вихідних даних (рис. 16.1) визначити маркувальний код контейнера, за кодом знайти:

- країну власності та власника контейнера;
- типорозмір контейнера;
- наявність паза для укладання шасі напівпричепа в основі;
- тип та конструктивні особливості контейнера.



2. Розрахувати контрольне число, результати розрахунку записати до таблиці (див. табл. 16.3) та перевірити його з числом на маркуванні.

Задача 16.2 (всі варіанти)

Визначити маркувальний код контейнерів, заданих у табл. 16.4.

Таблиця 16.4 – Вихідні дані до задачі 16.2

№ п/п	Країна, до якої належить контейнер	Власник	Типорозмір			Тип	Конструктивні особливості	Наявність паза	Серійний номер
			довжина	ширина	висота				
1	х	Latvian shipping lines	6058	2438	2591	20 DC	Термічний контейнер, що охолоджується, з машинним охолодженням	є	123147
2	Угорщина	х	УУК-5У			Середньотоннажні	Закритий контейнер з примусовою вентиляцією, механічна вентиляційна система, розташована всередині контейнера	х	1753008

ДОДАТКИ

Додаток 1. Позначення коду розміру

Таблиця Д 1.1 – Перший символ коду розміру

Довжина контейнера в			Символ коду
міліметрах	футах	дюймах	
2 991	10		1
6 058	20		2
9 125	30		3
12 192	40		4
Резервний			5–9
7 150			<i>A</i>
7 315	24		<i>B</i>
7 430	24	6	<i>C</i>
7 450	–		<i>D</i>
7 820	–		<i>E</i>
8 100	–		<i>F</i>
12 500	41		<i>G</i>
13 106	43		<i>H</i>
13 600	–		<i>K</i>
13 716	45		<i>L</i>
14 630	48		<i>M</i>
14 935	49		<i>N</i>
16 154	–		<i>P</i>
Резервний			<i>R</i>

Таблиця Д 1.2 – Другий символ коду розміру

Висота контейнера в			Символ коду		
			ширина контейнера в мм		
міліметрах	футах	дюймах	2 438	> 2 438 і ≤ 2 500	> 2 500
2 438	8	–	0, 1*	–	–
2 591	8	6	2, 3*	<i>C</i>	<i>L</i>
2 743	9	–	4, 5*	<i>D</i>	<i>M</i>
2 895	9	6	5	<i>E</i>	<i>N</i>
> 2 895	> 9	6	6, 7*	<i>F</i>	<i>P</i>
1 295	4	3	8	–	–
≤ 1 219	≤ 4	–	9	–	–

*Цифри **1, 3, 5, 7** після коми позначають наявність паза для укладання шасі напів-причепа в основу контейнера.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Білоцерківський О. Б., Брінь П. В., Замула О. О., Ширяєва Н. В. Логістика : навч. посіб. Харків : НТУ «ХП», 2010. 152 с.
2. Сокур І. М., Сокур Л. М., Герасимчук В. В. Транспортна логістика : навч. посіб. : для студ. вищ. навч. закл. Київ : Центр учбової літератури, 2009. 222 с.
3. Крамаренко І. С., Надточій І. І., Маркова Є. Ю. Транспортна логістика : навч. посіб. Миколаїв : Іліон, 2024. 240 с.
4. Зіміна Л. І., Харсун Л. Г. Транспортна логістика : навч. посіб. Київ : ДТЕУ, 2024. 380 с.
5. Функціональна логістика : методичні рекомендації до лабораторних робіт : для студ. спец. 073 «Менеджмент» першого (бакалаврського) рівня / уклад. Колодізева Т. О. Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2017. 47 с.
6. Методичні вказівки до виконання практичних занять з дисципліни «Логістичне обслуговування» : для студ. спец. D7 «Торгівля» першого (бакалаврського) рівня усіх форм навчання / уклад. Білоцерківський О. Б. Харків : НТУ «ХП», 2025. 92 с.
7. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Комерційна логістика» : для студ. спец. D7 «Торгівля» першого (бакалаврського) рівня усіх форм навчання / уклад. Білоцерківський О. Б. Харків : НТУ «ХП», 2025. 116 с.
8. Сисоєв В. В., Сисоєв Д. В. Практикум з логістики : навч. посіб. Харків : Вид-во «Підручник НТУ «ХП»», 2011. 144 с.
9. Методичні вказівки до практичних занять і самостійної роботи з дисципліни «Методи транспортної логістики» : для студ. спец. 8.090214 «Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини та обладнання» (магістри) усіх форм навчання / уклад. Козар Л. М. Харків : УкрДАЗТ, 2013. 32 с.
10. Білоцерківський О. Б., Кремса О. Р. Застосування логістичного підходу у матеріально-технічному забезпеченні енергопостачальної компанії. *Вісник Національного технічного університету «ХП» (економічні науки)*. 2024. № 3. С. 33–38.
11. Білоцерківський О. Б., Гудименко В. П., Момотков І. С. Управління асортиментом та просуванням товарів в умовах ринкових трансформацій. *Український економічний часопис*. 2025. № 9. С. 7–13.
12. Білоцерківський О. Б., Гудименко В. П., Христофорова О. М. Технології Індустрії 4.0 в складській логістиці : інноваційні рішення та ефекти впровадження. *Наукові перспективи = Scientific Perspectives*. 2025. № 5 (59). С. 694–710.

ЗМІСТ

Вступ.....	3
Тема 1. Вибір оптимального виду транспорту.....	5
Тема 2. Транспортна задача та методи її розв'язання.....	9
Тема 3. Задача про призначення.....	13
Тема 4. Задача комівояжера.....	19
Тема 5. Задача про ранець.....	25
Тема 6. Задача про маршрут.....	29
Тема 7. Розрахунок техніко-експлуатаційних показників роботи різних видів транспорту.....	33
Тема 8. Маршрутизація автомобільних перевезень.....	38
Тема 9. Визначення оптимальних маршрутів перевезення вантажів.....	48
Тема 10. Визначення оптимального варіанту доставки вантажів різними видами транспорту.....	55
Тема 11. Планування маршруту доставки вантажів при змішаних перевезеннях.....	58
Тема 12. Визначення витрат на доставку різних вантажів автомобільним транспортом у випадку спільного перевезення.....	66
Тема 13. Прогнозування кількості контейнерів для клієнта з використанням рівняння тренду.....	71
Тема 14. Вибір перевізника методом інтегральної оцінки.....	75
Тема 15. Сутність транспортно-експедиторського обслуговування.....	81
Тема 16. Контейнеризація вантажів та маркування продукції...	85
Додаток 1. Позначення коду розміру.....	93
Список літератури.....	94

Навчальне видання

Методичні вказівки
до практичних занять
з дисципліни «Транспортна логістика»
для студентів спеціальності D7 «Торгівля»
першого (бакалаврського) рівня усіх форм навчання

Укладач БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ Олександр Борисович

Відповідальна за випуск проф. Мащенко М. А.
Роботу до видання рекомендувала доц. Лінькова О. Ю.

В авторській редакції

План 2026 р., поз. 142

Гарнітура Times New Roman. Обсяг 4,4

Видавничий центр НТУ «ХП».

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 5478 від 21.08.2017 р.

61002, м. Харків, вул. Кирпичова, 2.

Електронне видання