

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Український державний університет  
науки і технологій**

---

Кафедра «Управління експлуатаційною роботою»

**ОРГАНІЗАЦІЯ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

**НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ**

Методичні рекомендації до курсової роботи  
(частина 1)

Електронний аналог  
друкованого видання

Дніпро 2022

УДК 656.135.4

Укладачі:

*О.І. Харченко*

Експерти:

канд.техн.наук, директор ТОВ «Фірма «Н-транс» *Олександр Павловський*

канд. техн. наук, доц. *Андрій Огороков*

Рекомендовано МКФ «УПП» (протокол № 1 від 22.09.2022).

Зареєстровано НМВ УДУНТ (№ 587 від 20.12.2022)

Організація вантажних перевезень на автомобільному транспорті: методичні рекомендації до курсової роботи (частина 1) / уклад. О.І. Харченко; Укр. держ. ун-т науки і технологій. – Дніпро: УДУНТ, 2022. – 50 с.

Методичні рекомендації призначені для використання студентами безвідривної форми навчання спеціальності 275.03 «Транспортні технології на автомобільному транспорті» під час виконання курсової роботи з дисципліни «Вантажні перевезення та комерційна робота на автомобільному транспорті».

Методичні рекомендації до курсової роботи (частина 1) містять теоретичні положення, що застосовуються під час виконання курсової роботи щодо організації перевезень різних видів вантажів та виконання навантажувально-розвантажувальних робіт.

Іл. 3. Табл. 9. Бібліогр.: 5 назв.

© Харченко О. І., укладання, 2022

© Укр. держ. ун-т науки і технологій, 2022

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
ЗАВДАННЯ.....	6
1 Розробка моделі транспортної мережі.....	7
1.1 Визначення відстані між вершинами транспортної мережі.....	7
1.2 Визначення найкоротших відстаней між вантажостворюючими і вантажопоглинаючими пунктами.....	7
2 Оптимізація вантажопотоків .....	12
2.1 Складання матриць вантажопотоків.....	12
2.2 Визначення раціональних варіантів вантажопотоків .....	14
3 Вибір рухомого складу і навантажувальних механізмів .....	23
3.1 Вибір типу вантажного рухомого складу .....	23
3.2 Попередній вибір навантажувальних механізмів.....	26
3.3 Вибір рухомого складу і навантажувальних механізмів за критерієм максимального використання вантажопідйомності рухомого складу .....	27
3.4 Уточнений вибір навантажувальних механізмів і рухомого складу за критерієм мінімум собівартості переміщення вантажу .....	29
3.5 Остаточний вибір числа навантажувальних механізмів і рухомого складу.....	29
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	35
ДОДАТКИ.....	36

## ВСТУП

Перша частина курсової роботи має на меті закріпити і поглибити теоретичні знання, викладені в теоретичному курсі «Вантажні перевезення та комерційна робота на автомобільному транспорті», а також закріпити розуміння у студента технології вантажних перевезень та застосування технології для організації перевезень різних видів вантажів, виробити вміння організовувати переміщення вантажів між вантажовласниками.

Ставиться метою розвиток у студента інженерних здібностей, уміння приймати самостійні рішення при розробці конкретних транспортних завдань, навичок самостійної роботи з літературою, державними стандартами, нормативами, довідковими і іншими матеріалами.

Робота виконується у вигляді розрахунково-пояснювальної записки і креслень. Об'єм розрахунково-пояснювальної записки не повинен перевищувати 50 сторінок тексту формату А4. Графічна частина має складатися з двох листів картограми вантажопотоків – 1 лист та графіку роботи навантажувально-розвантажувального пункту – 1 лист.

Оформлена розрахункова записка здається на перевірку викладачеві, і у випадку виконання повного об'єму курсової роботи, допускається до захисту. Захист відбувається шляхом усного опитування студента по питанням самоконтролю.

За результатом опитування студент оцінюється за критеріями, що наведені у таблиці 1.

Студенти, що мають бажання отримати вищу оцінку, ніж представлені у таблиці 1 повинні виконати продовження курсової роботи, що представлена у Методичних рекомендаціях до курсової роботи (частина 2).

Без наявності пояснювальної записки студент не допускається до захисту курсової роботи і до відповідного екзамену.

Таблиця 1. Критерії оцінювання результатів навчання

Оцінка			Рівень компетентності
ECTS	бали	національна	
C	75...81	4	Студент виконав повний об'єм курсової роботи своєчасно із допущенням незначних помилок. Під час захисту показує повне розуміння технології вантажних перевезень та застосування їх для організації перевезень різних видів вантажів, показує вміння організовувати переміщення вантажів між вантажовласниками.
D	67...74	3	Студент виконав повний об'єм курсової роботи із допущенням деяких помилок. Під час захисту курсової роботи має уявлення про технології вантажних перевезень та застосування технології для організації перевезень різних видів вантажів, та показує вміння щодо організації переміщення вантажів між вантажовласниками, надає основні визначення та методи вирішення поставлених задач. Має прогалини в практичних вміннях.
E	60...66	3	Несвоєчасно виконані розділи курсової роботи, за результатами співбесіди із викладачем показує часткову несамостійність виконання. На питання під час захисту відповідає фрагментарно, однак при цьому показує часткове розуміння технології вантажних перевезень та вміння організовувати переміщення вантажів між вантажовласниками
FX	35...59	2	Студент має фрагментарні знання, що надані у методичних рекомендаціях до курсової роботи. Не володіє термінологією, оскільки понятійний апарат не сформовано. Не вміє викласти наданий матеріал. Має частково виконану пояснювальну записку до курсової роботи.
F	0...34	2	Студент не відвідував більшу частину консультацій з курсової роботи, не виконав жодного розділу з курсової роботи.

## ЗАВДАННЯ

Підставою для курсової роботи служить завдання на роботу, що видається студентові на спеціальному бланку, в якому повідомляється: тема курсової роботи; вихідні дані; перелік питань, що підлягають розробці; зміст і об'єм графічної частини роботи; дата видачі і термін закінчення.

Вихідні дані для курсової роботи студент отримує у вигляді конкретних відомостей (показників): про схему транспортної мережі; номенклатуру та обсяг виробництва вантажів у вантажостворюючих пунктах; номенклатуру та об'єм споживання вантажу у вантажопоглинаючих пунктах; характеристику дорожньої мережі.

Рішення курсової роботи необхідно виконувати тільки по одному варіанту (із пропонованих 25 варіантів), номер якого співпадає з номером студента в списку групи, причому схема транспортної мережі вибирається для парного поточного року виконання із завдання А (див. додаток Б) для непарного – із завдання Б. На схемі транспортної мережі зображені 25 вершин сполучених між собою транспортними зв'язками. Вершина, що відповідає номеру вибраного варіанту, видаляється з схеми разом з примикаючими транспортними зв'язками. В результаті виходить оригінальна схема транспортної мережі, що відповідає вибраному варіанту.

# 1. РОЗРОБКА МОДЕЛІ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ

## 1.1. Визначення відстані між вершинами транспортної мережі

Для визначення відстані між вантажостворюючими і вантажопоглинаючими пунктами необхідно визначити відстань між вершинами транспортної мережі. Для цього необхідно накреслити схему транспортної мережі, відповідно до Додатку Б, в масштабі 1:50000. Масштабною лінійкою або за допомогою кюрвиметра вимірюється відстань між центрами вершин.

Отримані значення довжин дуг транспортної мережі, заокруглені до цілого числа, км, проставляються над відповідними дугами транспортної мережі і заносяться в таблицю 1.1.

$$l_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{якщо } i = j; \\ l_{ij}, & \text{якщо вершина } i \text{ та } j \text{ з'єднані між собою}; \\ \infty, & \text{якщо вершина } i \text{ та } j \text{ не з'єднані між собою дугою}. \end{cases}$$

Таблиця 1.1. Відстань між вершинами транспортної мережі, км

	1	2	3	...	<i>n</i>
1					
2					
3					
...					
<i>n</i>					

1.2. Визначення найкоротших відстаней між вантажостворюючими та вантажопоглинаючими пунктами

Визначення найкоротших відстаней між вантажостворюючими та вантажопоглинаючими пунктами виконується любим математичним методом, відомим студенту. Отримані дані заносять у таблицю 1.2.

Таблиця 1.2. Найкоротші відстані між вантажостворюючими та вантажопоглинаючими пунктами

Вантажостворюючі пункти	Вантажопоглинаючі пункти			
	$B_1$	$B_2$	...	$B_n$
$A_1$				
$A_2$				
$A_3$				
.				
.				
$A_n$				

Знаходження найкоротшої відстані відноситься до класу екстремальних задач. В термінах мережевої моделі кожному маршруту  $(i, j) \in G$  мережі відповідає декілька варіантів його виконання. Математична постановка задачі має вигляд:

мінімізувати 
$$\sum_{(i,j) \in G} \sum l_{ij} \cdot x_{ij}$$

при обмеженнях

$$\sum_{(k,j) \in G} x_{kj} - \sum_{(i,k) \in G} x_{ik} = \begin{cases} 1, & k = A(\text{пункт виробництва}); \\ 0, & (\text{для всіх інших варіантів}); \\ -1, & k = B(\text{пункт споживання}). \end{cases}$$

$$x_{ij} \geq 0, \text{ для усіх } (i, j) \in G$$

Задача вирішується в наступній послідовності:

1. На попередньому кроці приймається  $y_B = 0$ , а усі інші  $y_K = \infty$ .
2. Якщо в мережі залишається хоч би одна дуга  $(i, j)$ , така, що  $y_i > l_{ij} + y_j$ , то відповідне значення  $y_i$  змінюється на  $l_{ij} + y_j$ . Таким чином, значення  $y_K$  послідовно зменшується, поки умова  $y_i - y_j \leq l_{ij}$  для усіх  $(i, j) \in G$  мережі не буде виконано для усіх дуг.

Щоб визначити найкоротший шлях для будь-якого вузла  $A$ , знаходять дугу  $(A,t)$ , для якої  $y_A - y_t = l_{At}$ . Алгоритм гарантує, що є принаймні одна така дуга. Аналогічно у вузлі  $t$  знаходять дугу  $(t,u)$  таку що  $y_t - y_u = l_{tu}$ . Продовжуючи рухатись по мережі таким чином, знаходять маршрут, що приводить, кінець кінцем, у вузол  $B$ . Математичний запис умов, яким повинні задовольняти  $y_i$ , має вигляд:

$$y_i = \min(l_{ij} + y_j) \text{ для усіх } i \neq B, \text{ де } y_B = 0$$

Роботу приведенного алгоритму можна простежити, виконуючи обчислення безпосередньо на мережі. Дорожня мережа показана на рисунку 1.1. Вона складається з безлічі вузлів або вершин і безлічі дуг та ребер, що сполучають різні пари вершин. На кожній дузі стрілками може задаватися певна орієнтація (напрямок руху автомобіля). В цьому випадку мережа називатиметься орієнтованою.

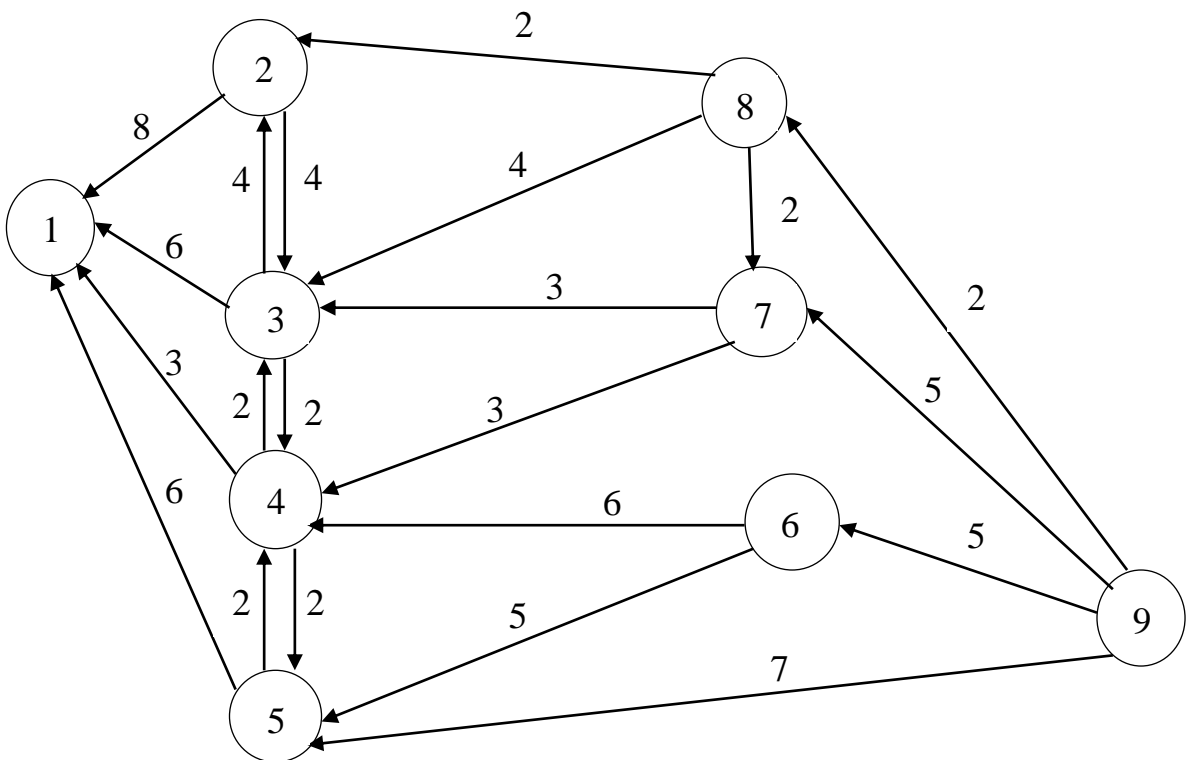


Рисунок 1.1. Мережна модель транспортної мережі

Для опису мережі необхідно пронумерувати вузли числами натурального ряду  $(1, 2, 3, 4 \dots n)$  і позначити дугу, що виходить з вузла  $i$  та входить у вузол  $j$ , парою номерів  $(i, j)$ . Послідовність дуг (без обліку їх орієнтації), що сполучає вузли  $i$  та  $j$ , буде технологічним шляхом руху автомобіля між цими вузлами. Відстань між вузлами показана на дугах. Вузол 9 є пунктом виробництва вантажу, вузол 1 – пунктом споживання.

Визначення найкоротшої відстані починається з кінцевого пункту. Поставивши 0 у вузла 1 та символ  $\infty$  біля усіх інших вузлів, знаходимо послідовно мінімальну відстань від вузлів 2,3,4,5 до вузла 1 за умовою

$$y_i = \min(l_{ij} + y_j).$$

Цю умову задовольняє вузол 4. Подальші розрахунки проводимо у наступній послідовності:

$$\begin{array}{ll} l_{4,1} + y_1 = 3 + 0 = 3 = y_4; & l_{2,1} + y_1 = 8 + 0 = 8 = y_2; \\ l_{3,4} + y_4 = 2 + 3 = 5 = y_3; & l_{8,2} + y_2 = 2 + 8 = 10; \\ l_{5,4} + y_4 = 2 + 3 = 5 = y_5; & l_{8,3} + y_3 = 4 + 5 = 9; \\ l_{6,5} + y_5 = 5 + 5 = 10; & l_{8,7} + y_7 = 2 + 6 = 8 = y_8; \\ l_{6,4} + y_4 = 6 + 3 = 9 = y_6; & l_{9,5} + y_5 = 7 + 5 = 12; \\ l_{7,4} + y_4 = 3 + 3 = 6 = y_7; & l_{9,6} + y_6 = 5 + 9 = 14; \\ l_{7,3} + y_3 = 3 + 5 = 8; & l_{9,7} + y_7 = 5 + 6 = 11; \\ l_{2,3} + y_3 = 4 + 5 = 9; & l_{9,8} + y_8 = 2 + 8 = 10 = y_9. \end{array}$$

Доказ того, що кінцеве значення дійсно визначає довжину найкоротшого шляху з вузла 9 у вузол 1, слідує негайно. Таким чином, оптимальна відстань з пункту 9 в пункт 1 складає 10 км. Маршрут руху автомобіля буде:

$$l_{AB} = l_{9,8} + l_{8,7} + l_{7,4} + l_{4,1}.$$

### **Питання для самоконтролю:**

1. Який спосіб використовується для знаходження відстаней між вершинами транспортної мережі?
2. Який метод використовується для визначення найкоротших відстаней між вантажостворюючими та вантажопоглинаючими пунктами?
3. Який вигляд має математична постановка задачі для визначення найкоротших відстаней між вантажостворюючими та вантажопоглинаючими пунктами?
4. Розказати алгоритм вирішення задачі для знаходження відстаней між вершинами транспортної мережі.

## 2. ОПТИМІЗАЦІЯ ВАНТАЖОПОТОКІВ

### 2.1. Складання матриць вантажопотоків

Завдання оптимізації вантажопотоків зводиться до визначення плану перевезень однорідних вантажів – раціонального закріплення споживачів вантажу за постачальниками. Шляхом вибору транспортних маршрутів, по яких продукція різних підприємств перевозиться на декілька кінцевих пунктів призначення.

Математична модель класичної транспортної задачі у загальному вигляді записується в наступній формі:

мінімізувати

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n l_{ij} x_{ij} \quad (2.1)$$

при обмеженнях

$$\sum_j^n x_{ij} \leq S_i, \quad i=1,2,\dots,m; \quad \sum_i^m x_{ij} \geq D_j, \quad j=1,2,\dots,n; \quad x_{ij} \geq 0 \text{ для всіх } i \text{ та } j, \quad (2.2)$$

де  $m$  – кількість постачальників;  $n$  – кількість споживачів;  $x_{ij}$  – обсяг перевезень між  $i$  та  $j$  пунктами;  $S_i$  – обмеження за пропозиціями;  $D_j$  – обмеження за попитом;  $l_{ij}$  – відстань від пункту  $i$  до пункту  $j$ .

Умову задачі можна представити наступним чином. Кожен постачальник повинен дати споживачеві стільки продукції, скільки в нього є, тобто

$$S_i = \sum_{j=1}^n x_{ij}. \quad (2.3)$$

Кожен споживач повинен отримати скільки йому необхідно, тобто

$$D_j = \sum_{i=1}^m x_{ij} . \quad (2.4)$$

Необхідно знайти такий варіант плану перевезень, щоб транспортна робота була мінімальною, тобто

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n l_{ij} x_{ij} = \min . \quad (2.5)$$

Запис рішення транспортної задачі методом потенціалів виконується в таблично-матричній формі. Сукупність усіх елементів матриці  $x_{ij}$  називається планом перевезень або розподілом постачань. Елементи матриці  $l_{ij}$  називаються показниками критерію оптимальності.

Якщо допустимий план задовольняє умові (2.1), то він є оптимальним. В умові (2.1) сформульована мета завдання або її цільова функція. При рішенні завдань методом потенціалів у якості цільової функції можуть прийматися наступні показники: мінімум тонно-кілометрового пробігу, мінімум експлуатаційних витрат, мінімум провізних плат, мінімум тонно-годин транспортування та ін.

Щоб задача мала допустиме рішення, вимагається щоб загальні ресурси постачальників були б не менше загального попиту споживачів  $\sum_{i=1}^m S_i \geq \sum_{j=1}^n D_j$ , а також природним представляється і вимога невід'ємності об'єму поставок і попиту, тобто  $S_i \geq 0$ ,  $D_j \geq 0$ .

Матриці вантажопотоків складаються для кожного виду вантажу за формою, приведеною в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Вихідні данні для оптимізації вантажопотоків

Вантажостворюючі пункти	Вантажопоглинаючі пункти					Обсяг вантажу, що виробляється, $m$
	$B_1$	$B_2$	$B_3$	...	$B_n$	
$A_1$						$S_1$
$A_2$						$S_2$
·						·
·						·
·						·
$A_m$						$S_m$
Обсяг вантажу, що споживається, $m$	$D_1$	$D_2$	$D_3$	...	$D_n$	$\sum_{i=1}^m S_i \geq \sum_{j=1}^n D_j$

## 2.2. Визначення раціональних варіантів вантажопотоків

Для визначення раціональних варіантів вантажопотоків необхідно:

- сформулювати математичну модель задачі;
- вибрати спосіб складання базисного плану;
- визначити метод оптимізації базисного плану;
- показати проміжні і кінцеві результати розрахунку.

Розглянемо використання методу потенціалів на наступному прикладі:

*Задача.* З трьох вантажостворюючих пунктів  $A_1, A_2, A_3$  необхідно перевезти однорідний вантаж чотирьом споживачам  $B_1, B_2, B_3, B_4$ . Кількість вантажу в пункті  $A_1 = 300m$ , в пункті  $A_2 = 500m$ ,  $A_3 = 800m$ . Попит споживачів на цей вантаж складає,  $m$ :  $B_1 = 200$ ,  $B_2 = 350$ ,  $B_3 = 650$ ,  $B_4 = 400$ . Відстань між вантажовідправниками і вантажоодержувачами приведені в таблиці 2.2. Необхідно так закріпити споживачів за вантажовідправниками, щоб загальна транспортна робота була мінімальною (показник критерію оптимальності – відстань).

Таблиця 2.2. Відстані між вантажостворюючими і вантажопоглинаючими пунктами

Вантажостворюючі пункти	Вантажопоглинаючі пункти			
	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$
	Відстань, км			
$A_1$	11	7	9	5
$A_2$	5	13	7	8
$A_3$	3	12	5	9

Для вирішення завдання позначимо через кількість тон вантажу, яке має бути перевезене від  $i$ -го постачальника  $j$ -му споживачеві. Тоді обмеження задачі виражаться системою рівнянь (2.6), а цільова функція, що є сумою добутків відстаней на відповідний об'єм перевезень вантажу у тонах, рівнянням (2.7).

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} = 300 \quad (1)$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} = 500 \quad (2)$$

$$x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} = 800 \quad (3)$$

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} = 200 \quad (4) \tag{2.6}$$

$$x_{12} + x_{22} + x_{32} = 350 \quad (5)$$

$$x_{13} + x_{23} + x_{33} = 650 \quad (6)$$

$$x_{14} + x_{24} + x_{34} = 400 \quad (7)$$

Мінімізувати

$$11x_{11} + 7x_{12} + 9x_{13} + 5x_{14} + 5x_{21} + 13x_{22} + 7x_{23} + 8x_{24} + 3x_{31} + 12x_{32} + 5x_{33} + 9x_{34} \tag{2.7}$$

Отримана система рівнянь (2.6) є лінійно залежною, оскільки будь-яке її рівняння можна представити у вигляді лінійної комбінації інших рівнянь. Дійсно, якщо з системи рівнянь 1, 2, 3 відняти суму рівнянь 4, 5, 6, то отримаємо рівняння 7 і т. п. Число лінійно незалежних рівнянь має бути менше на одно загального числа рівнянь в системі, тобто базис системи має

бути рівний кількості рівнянь в системі обмежень за вирахуванням одиниці. Оскільки загальне число рівнянь в системі визначається сумою постачальників і споживачів, то у базисі повинно бути рівнянь

$$m + n - 1, \quad (2.8)$$

де  $m$  – число постачальників;  $n$  – число споживачів.

Для вирішення задачі методом потенціалів складається базисний план, який заноситься в таблицю, що називається матрицею.

До базисного плану пред'являються наступні вимоги: він має бути допустимим; містити  $m + n - 1$  завантажених клітин; завантажені клітини мають бути розташовані в порядку викреслюваної комбінації; бути можливо ближче до оптимального, щоб скоротити число ітерацій при подальшому рішенні.

Клітини таблиці, в яких відмічена кількість вантажу, що перевозиться від вантажовідправника до цього вантажоодержувача, називаються завантаженими. Інші клітини – не завантажені.

Базисні плани складаються багатьма способами. Як приклад в таблиці 2.3 приведений базисний план, складений способом найменшого елемента по стовпцю: по черзі в стовпцях матриці відзначаються клітини з мінімальним значенням  $a_{ij}$ , і в них заносяться постачання. Якщо при записі постачань попит по стовпцю задоволений не повністю, шукають наступний по показник  $a_{ij}$ , і так до повного задоволення попиту. Тільки після цього переходять до наступного стовпцю. Коли в стовпці два або декілька однакових за величиною мінімальних показників  $a_{ij}$ , то постачання можуть бути розміщені у будь-якому з них.

Таблиця 2.3. Базисний план, складений способом найменшого елемента по стовпцю

Вантажостворюючі пункти	Вантажопоглинаючі пункти				Разом
	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	
$A_1$	11	7	9	5	300
$A_2$	5	13	7	8	500
$A_3$	3	12	5	9	800
Разом	200	50	550	400	1600

При базисному плані, отриманому способом найменшого елемента по стовпцю (таблиця 2.3), транспортна робота складе, *ткм*:

$$200 \cdot 3 + 300 \cdot 7 + 50 \cdot 12 + 100 \cdot 7 + 550 \cdot 5 + 400 \cdot 8 = 9950.$$

Щоб відповісти на питання, чи є складений базисний план найкращим, необхідно перевірити його на оптимальність. Для цих цілей розроблені декілька методів. Найбільш широко застосовується метод потенціалів.

Ідея методу потенціалів, як назвав його Л. В. Канторович, полягає в тому, що для перевірки допустимого базисного плану на оптимальність визначаються особливим чином числа, що називаються потенціалами. Головна вимога до потенціалів полягає в тому, щоб кожен показник  $a_{ij}$  в завантаженій клітині дорівнював сумі потенціалів своїх рядка і стовпця

$$a_{ij} = U_i + V_j, \quad (2.9)$$

де  $U_i$  – значення потенціалу рядка;

$V_j$  – значення потенціалу стовпця.

Певні потенціали рядків і стовпців повинні забезпечити рівність нулю значень потенціалів завантажених клітин.

Потенціали незавантажених (вільних) клітин визначаються за формулою

$$E_{ij} = a_{ij} - (U_i + V_j), \quad (2.10)$$

де  $E_{ij}$  – потенціал вільної клітини.

При рішенні задач на мінімум оптимальний варіант допустимого плану виходить у тому випадку, коли в усіх завантажених клітинах стоять нульові потенціали, а потенціали усіх вільних клітин є позитивними величинами. Наявність вільних клітин з негативними значеннями потенціалів показує, що є поліпшення варіанту рішення.

Перевіримо на оптимальність базисний план, складений способом найменшого елемента по стовпцю. Для цього матрицю доповнимо стовпцем і рядком (таблиця 2.4).

Таблиця 2.4. Перевірка на оптимальність базисний план

Вантажостворюючі пункти	Вантажопоглинаючі пункти								Разом	Потенціали рядків
	$B_1$		$B_2$		$B_3$		$B_4$			
$A_1$	+13	11	0	7	+9	9	+4	5	300	<b>0</b>
$A_2$	0	5	-1	13	0	7	0	8	500	<b>7</b>
$A_3$	0	3	0	12	0	5	+3	9	800	<b>5</b>
Разом	200		350		650		400		1600	
Потенціали стовпців	<b>-2</b>		<b>7</b>		<b>0</b>		<b>1</b>			

Поставимо в рядку  $A_1$  величину потенціалу, рівну нулю. Тоді, згідно формули (2.9), потенціал стовпця  $B_2$  дорівнюватиме 7. Потенціал рядка  $A_3$  дорівнюватиме 5, а стовпця  $B_3$  – 0 і так далі (таблиця 3.4). Потенціали незавантажених клітин знаходимо по формулі (2.9).

В результаті перевірки допустимого плану на оптимальність отримана клітина  $A_2B_2$ , що має негативний потенціал ( $E_{22} = -1$ ). Це вказує на те, що

план не оптимальний і необхідно виконати перерозподіл закріплення постачальників за споживачами, що виконується наступним чином. Будується контур (контуром називається замкнута ламана лінія, утворена прямими відрізками, кути з'єднань між якими рівні  $90^{\circ}$ ) так, щоб усі кути, окрім одного, розташовувалися в завантажених клітинах, а один кут у вільній, найбільш потенційній клітині. При дотриманні цих правил для кожної вільної (незавантаженої) клітини можна побудувати контур. Визначають позитивні (+) і негативні (–) кути контуру. Перший позитивний кут лежить в незавантаженій клітині, для якої будується контур, поряд з ним знаходяться негативні кути і так далі.

Визначається найменш завантажена клітина, зайнята негативним кутом контуру. Кількість вантажу, вказана в цій клітині, віднімається з усіх клітин з негативними кутами контуру і додається в усі клітини, зайняті позитивними кутами.

Раніше завантажені клітини, які не виявилися розташованими в кутах контуру, переносяться в матрицю нового варіанту закріплення споживачів вантажу за постачальниками без змін (таблиця 2.5).

Таблиця 2.5. Перевірка допустимого плану

Вантажостворюючі пункти	Вантажопоглинаючі пункти								Разом	Потенціали рядків
	$B_1$		$B_2$		$B_3$		$B_4$			
$A_1$	+12	11	0	7	+8	9	+3	5	300	<b>0</b>
$A_2$	0	5	0	13	0	7	0	8	500	<b>6</b>
$A_3$	0	3	+1	12	0	5	+3	9	800	<b>4</b>
Разом	200		350		650		400		1600	
Потенціали стовпців	<b>-1</b>		<b>7</b>		<b>1</b>		<b>2</b>			

Перевірка цього варіанту допустимого плану показує, що отримано оптимальний варіант, оскільки усі незавантажені клітини мають позитивні

потенціали, а потенціали завантажених клітин дорівнюють нулю. Об'єм транспортної роботи при оптимальному закріпленні постачальників за споживачами складає, *ткм*

$$200 \cdot 3 + 300 \cdot 7 + 50 \cdot 13 + 50 \cdot 7 + 600 \cdot 5 + 400 \cdot 8 = 9900.$$

При рішенні транспортних задач методом потенціалів число ітерацій можна значно скоротити за рахунок вдалішого складання первинного, базисного плану постачань. Розподіл постачань способом найменшого елемента по стовпцю або по рядку значно покращує базисний план постачань. Окрім цих прийомів, що покращують базисний план, розглянемо ще два: спосіб У.Фогеля і спосіб подвійної переваги.

*Спосіб апроксимації У. Фогеля.* На думку У. Фогеля, його спосіб може замінити у багатьох випадках методи лінійного програмування. Насправді його можна застосовувати тільки для складання базисного плану, а потім для вирішення завдання використати звичайну процедуру лінійного програмування.

При складанні базисного плану постачань способом апроксимації У.Фогеля початкові дані заносяться в таблицю, яка відрізняється від матриці методу потенціалів тим, що має додатковий рядок і стовпець різниць (таблиця 2.6).

Таблиця 2.6. Базисний план способом апроксимації

Вантажостворюючі пункти	Вантажопоглинаючі пункти				Разом	Різниця по рядкам
	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$		
$A_1$	11	7	9	5	300	2
		300				
$A_2$	5	13	7	8		
$A_3$	3	12	5	9	800	2
Разом	200	350	650	400	1600	
Різниця по стовпцям	2	5	2	3		

Процес складання базисного плану розпочинається з визначення різниць між двома найменшими елементами кожного рядка і кожного стовпця матриці.

Так, в стовпці  $B_1$  мінімальний елемент дорівнює 3 в клітині  $A_3B_1$ . Елемент, що йде за ним за величиною, рівний 5, знаходиться в клітці  $A_2B_1$ . Різниця між ними дорівнює 2. Ця та інші різниці по рядках і стовпцях записані в таблицю 2.6.

Потім з усіх різниць стовпців і рядків вибирається найбільша. У нашому прикладі це цифра 5 в стовпці  $B_2$ . Клітина з найменшою відстанню (при рішенні задачі на мінімум), що розташована в рядку або стовпці, яка має найбільшу різницю, завантажується максимально можливою кількістю вантажу (з урахуванням потреби вантажопоглинаючого і можливості вантажостворюючого пунктів).

У нашому прикладі, записавши максимальне постачання в клітину  $A_1B_2$  у кількості 300 т, виключаємо показники критерію оптимальності по цьому рядку оскільки потужність постачальника  $A_1$  повністю вичерпана, і знову визначаємо різниці між найменшими елементами по рядках і стовпцях матриці (таблиця 2.7).

Таблиця 2.7. Варіант допустимого плану

Вантажостворюючі пункти	Вантажопоглинаючі пункти				Разом	Різниця по рядкам
	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$		
$A_2$	5	13	7	8	500	2
$A_3$	3 200	12	5	9	800	2
Разом	200	350	650	400	1600	
Різниця по стовпцям	2	1	2	1		

Якщо виявляється декілька однакових різниць, що мають максимальне значення (у нашому прикладі стовпці  $B_1$ ,  $B_3$  та рядки  $A_2$ ,  $A_3$ ), то в стовпцях або рядках, що відповідають їм, знаходять і завантажують сідлову точку. Сідловою точкою називають клітину таблиці, відстань якої має найменше

значення (при рішенні задачі на мінімум) з усіх відстаней її рядка і стовпця або найбільше значення при рішенні задачі на максимум.

Якщо число завантажених клітин при складанні базисного плану виявиться менше, ніж  $m+n-1$ , то бракуюче число клітин завантажують нулями. Завантажувати слід ті клітини, які лежать на перетині рядків і стовпців, що не мають потенціалів, з рядками або стовпцями, для яких потенціали вже визначені і мають найменші значення показника критерію оптимальності.

### **Питання для самоконтролю:**

1. Яке завдання оптимізації вантажопотоків?
2. Який вигляд має математична модель класичної транспортної задачі у загальному вигляді?
3. Назвіть умови транспортної задачі, що розглядалася під час виконання другого розділу.
4. За яким критерієм вирішувалася транспортна задача?
5. Що називається планом перевезень під час вирішення транспортної задачі?
6. Який план називається базисним?
7. Який план називається оптимальним?
7. Який метод використовувався для визначення раціональних варіантів вантажопотоків?
8. Розкажіть алгоритм методу потенціалів.

### **3. ВИБІР РУХОМОГО СКЛАДУ І НАВАНТАЖУВАЛЬНИХ МЕХАНІЗМІВ**

#### **3.1. Вибір типу вантажного рухомого складу**

Нині, як правило, кожне автотранспортне підприємство здійснює перевезення широкої номенклатури вантажів, по різних маршрутах (при різній довжині їздки з вантажем), по дорогах різної категорії і стану (з різною технічною швидкістю), при широкому діапазоні зміни часу простою під навантажувально-розвантажувальними роботами і використання пробігу.

Певне поєднання умов організації перевезень вимагає використання певної моделі рухомого складу, яка забезпечує максимальну продуктивність і мінімальну собівартість перевезень. Велика кількість марок парку рухомого складу АТП підвищує ефективність перевізного процесу, одночасно призводить до ускладнення і удорожчання утримання, технічного обслуговування і поточного ремонту автомобілів.

Враховуючи, що рухомий склад АТП складається з суми рухомого складу перевізних комплексів, що входять в АТП, а останні організуються не випадково, а з певною метою для перевезень конкретних вантажів в конкретних умовах, рухомий склад повинен відповідати цим умовам.

При виборі типу рухомого складу необхідно керуватися тим, щоб рухомий склад автомобільного транспорту найбільшою мірою відповідав: природно-кліматичним умовам; характеру і структурі вантажопотоку; об'ємній вазі і партійності вантажу; дорожнім умовам; забезпеченню максимальної швидкості і безпеки руху; забезпеченню мінімальних витрат, пов'язаних з перевезенням вантажів.

Основним чинником, що обумовлює вантажопідйомність транспортних засобів, являється маса вантажу, що перевозиться, і розміри одноразових відправок.

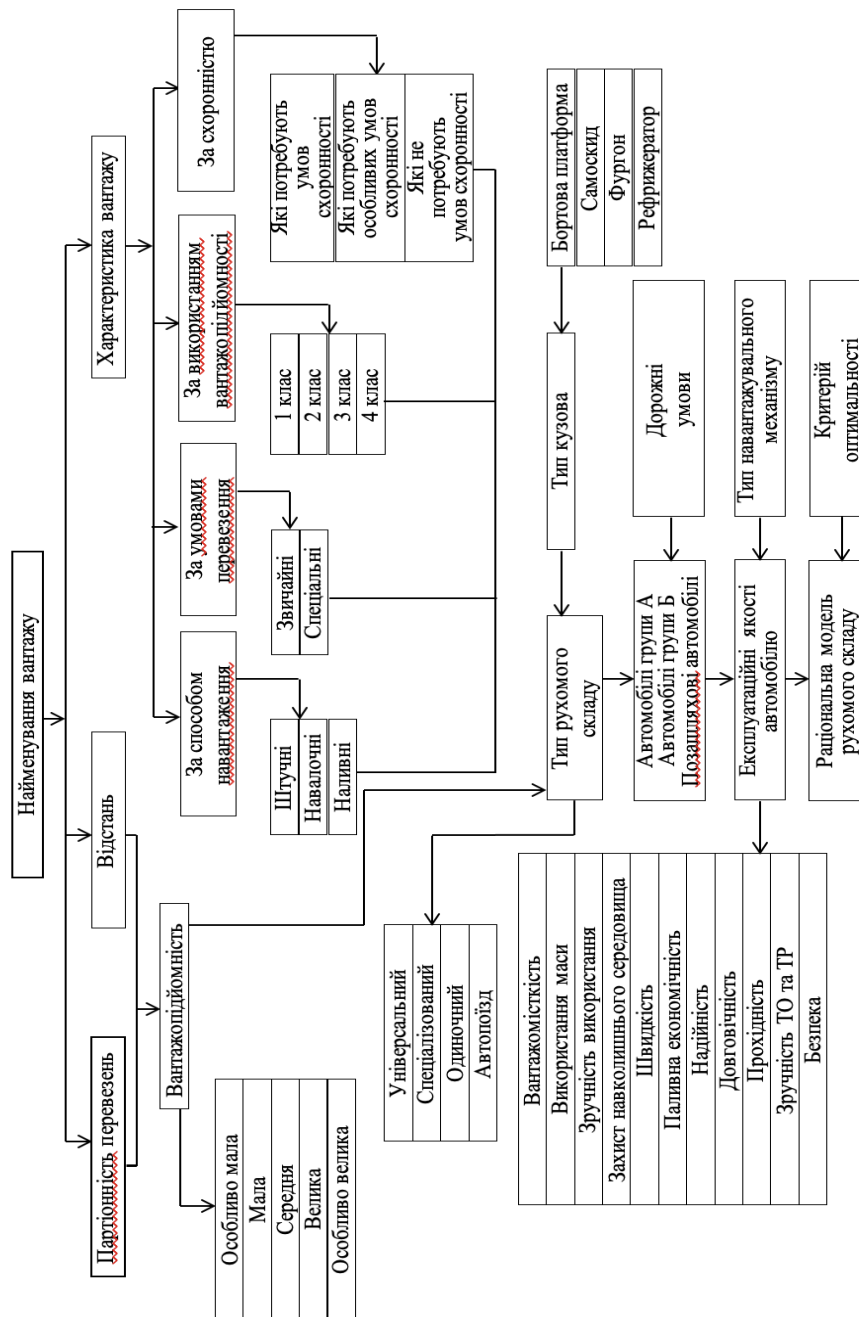
На рисунку 3.1 наведено схему вибору рухомого складу. Основою для вибору рухомого складу для перевезення конкретного вантажу є об'єм перевезень, відстань транспортування та характеристика вантажу.

Вибрана розмірна група автомобілів по вантажопідйомності має бути перевірена на їх відповідність дорожнім умовам.

До групи А відносяться АТС, у яких осьова маса, що доводиться на найбільш навантажену вісь, складає від 6 *t* до меж дорожніх обмежень, до групи Б – у яких осьова маса, що доводиться на найбільш навантажену вісь, не перевищує 6 *t*. АТС групи А призначені для експлуатації на дорозі 1, 2 і 3-й категорії, а також на дорогах 4-ої категорії, посиленій під осьовий навантаження 10 *t*; АТС групи Б – для експлуатації на дорогах усіх категорій.

Уточнивши розмірну групу автомобіля по відповідності дорожнім умовам, раціональну величину вантажопідйомності АТС визначають по їх відповідності навантажувальним засобам. Остаточна модель рухомого складу визначається на основі економічних розрахунків.

На рисунку 3.2 приведена блок-схема алгоритму вибору навантажувальних механізмів і рухомого складу, яка є конкретним планом роботи студента, що передбачає наступну послідовність роботи.



Рисунк 3.1. Схеа вибору рухомого складу



Рисунок 3.2. Алгоритм вибору навантажувальних механізмів та рухомого складу

### 3.2. Попередній вибір навантажувальних механізмів

Критерієм попереднього вибору навантажувальних механізмів є необхідна продуктивність. Технічна продуктивність навантажувача визначається з

$$W_{mn} = \frac{3600 \cdot V_{\kappa} \cdot K_{нк} \cdot \varepsilon}{t_{цн}}, \quad (3.1)$$

де  $W_{mn}$  – технічна продуктивність навантажувача,  $m/год$ ;  $V_{\kappa}$  – місткість ковша навантажувача (екскаватора),  $m^3$ ;  $K_{нк}$  – коефіцієнт наповнення ковша;  $\varepsilon$  – об’ємна маса вантажу,  $m/m^3$ .

Мінімальне число навантажувачів

$$M_x = \frac{G \cdot K_{\zeta a}}{D_{pz} \cdot T \cdot W_{en}} \quad (3.2)$$

де  $M_x$  – число навантажувачів,  $од.$ ;  $G$  – кількість вантажу, що навантажується,  $m$ ;  $K_{\zeta a}$  – коефіцієнт нерівномірності прибуття автомобілів вантаження. На цьому етапі розрахунків  $K_{\zeta a}$  приймається рівним 1,0;  $D_{pz}$  – кількість робочих днів на рік;  $T$  – робочий час навантажувача за зміну (за винятком часу на обідню перерву (0,5 год) та прийом-здавання зміни (0,25 год на одну операцію)),  $год$ ;  $W_{en}$  – експлуатаційна продуктивність навантажувача,  $m/год$ .

$$W_{en} = W_{mn} \cdot \eta_e, \quad (3.3)$$

де  $\eta_e$  – коефіцієнт використання навантажувача (приймається рівним 0,7).

Необхідне число навантажувачів приймається від 1 до 3. Як виняток, при відповідному обґрунтуванні, може бути і більше. Мета цього рівня – визначити можливі моделі навантажувальних механізмів, що забезпечують навантаження заданих об’ємів перевезень вантажів.

3.3. Вибір рухомого складу і навантажувальних механізмів за критерієм максимального використання вантажопідйомності рухомого складу

Визначивши моделі навантажувальних механізмів, здатних виконати заданий об’єм навантажувальних робіт, необхідно визначити можливі моделі

рухомого складу для перевезення вантажу. Вважається, що при перевезенні сипких будівельних матеріалів статичний коефіцієнт використання вантажопідйомності автомобіля має бути в межах  $0,9 < \gamma_c < 1,1$ .

Число ковшів, що навантажуються в кузов автомобіля, визначається:

$$m = \frac{V_a}{V_k \cdot K_{нк}} \text{ та } m = \frac{q_n}{V_k \cdot K_{нк} \cdot \varepsilon}, \quad (3.4)$$

де  $m$  – число ковшів, занурюваних в автомобіль, од.;  $V_a$  – місткість кузова автомобіля,  $m^3$ ;  $q_n$  – вантажопідйомність автомобіля,  $t$ .

Коефіцієнт використання вантажопідйомності знаходиться по формулі

$$\gamma_c = \frac{V_k \cdot K_{нк} \cdot \varepsilon \cdot m}{q_n}, \quad (3.5)$$

Результати розрахунку заносять до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Значення коефіцієнту використання вантажопідйомності автомобіля при роботі з різними навантажувачами

Модел ь авто- мобіля	Вантажо- підйом- ність, $t$	Єм- ність кузов а, $m^3$	Модель навантажувача				...	Модель навантажувача			
			Єм- ність ковша, $m^3$	Ма- са, $t$	Кіль- кість наванта- жених ківшів	$\gamma_c$		Єм- ність ковша, $m^3$	Ма- са, $t$	Кіль- кість наванта- жених ківшів	$\gamma_c$

Навантажувальні механізми і рухомий склад, що забезпечують значення коефіцієнта використання вантажопідйомності автомобіля в межах  $0,9...1,1$  залишаються для подальших розрахунків.

3.4 Уточнений вибір навантажувальних механізмів і рухомого складу за критерієм мінімум собівартості переміщення вантажу

Собівартість переміщення вантажу складається з собівартості навантажувальних робіт, транспортування і розвантажувальних робіт. Для автомобілів-самоскидів собівартість переміщення визначається як

$$\sum C = C_n \cdot M_x + C_a \cdot A_x, \quad (3.6)$$

де  $\sum C$  – сумарна собівартість переміщення, *грн/год*;  $C_n$  – собівартість використання навантажувального механізму, *грн/год*;  $C_a$  – собівартість використання автомобіля, *грн/год*;  $M_x$  – число навантажувальних механізмів, *од.*;  $A_x$  – потрібне число автомобілів, *од.*

Результати розрахунку записуються до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. Розрахункова собівартість переміщення вантажу

Модель автомобілю	Показники	Одиниці виміру	Моделі навантажувального механізму		
			Мод.1	...	Мод. n
Мод. 1	Собівартість 1 год роботи автомобілю	<i>грн/год</i>			
	Кількість автомобілів	<i>од.</i>			
	Загальна собівартість транспортування	<i>грн/год</i>			
	Собівартість 1 год роботи навантажувача	<i>грн/год</i>			
	Кількість навантажувальних механізмів	<i>од.</i>			
	Загальна собівартість навантаження	<i>грн/год</i>			
	Загальна собівартість переміщення	<i>грн/год</i>			
...	...	...			

3.5. Остаточний вибір числа навантажувальних механізмів і рухомого складу

Відомо, що процес перевезення вантажів є системою масового обслуговування, для якої характерні наступні особливості: моменти прибуття транспортних одиниць в пункти навантаження-розвантаження, як правило, не

можуть бути абсолютно точно передбачені; тривалість їх обслуговування в цих пунктах різко міняються як від виду вантажів, що перевозяться, так і від розміщення перевезень в часі; навантажувально-розвантажувальні пости мають неоднакове завантаження, і в результаті сильно завантажені проміжки часу чергуються з проміжками слабого завантаження, з'являються черги рухомого складу в очікуванні навантаження і простої навантажувальних механізмів.

Поява черг вимагає відповіді на наступні питання: скільки автомобілів стоятимуть в черзі, скільки часу автомобіль стоятиме в черзі, чекаючи навантаження (розвантаження), скільки часу навантажувальний (розвантажувальний) механізм простоюватиме в очікуванні рухомого складу, скільки автомобілів повинно працювати з цим навантажувальним механізмом. Для того, щоб відповісти на ці питання можна використати або математичний апарат теорії масового обслуговування, або моделювання. Імовірнісний підхід робить розрахунки складніше за звичайні, проте дає можливість на стадії планування отримати об'єктивні дані про використання рухомого складу і навантажувально-розвантажувальних засобів.

Щоб використати в розрахунках ймовірнісні методи, необхідно знати середні значення, середні квадратичні відхилення величин, що розглядаються і типи їх розподілу.

Чим більше значення коефіцієнта використання навантажувально-розвантажувального устаткування  $\rho = \frac{\lambda}{\mu_0}$ , тим більше простоїв рухомого складу в черзі і навпаки.

Основні формули теорії масового обслуговування з одним обслуговуючим пристроєм (постом вантаження, екскаватором і т. д.) були отримані Хінчиним і Поллачеком:

$$M(t_1) = \frac{\lambda}{\mu_0^2} \left[ \frac{\mu_0^2 D(t_0) + 1}{2(1 - \rho)} \right], \quad (3.7)$$

де  $M(t_1)$  – середній час очікування навантаження (розвантаження) за їзду, год.;  $D(t_0)$  – дисперсія часу обслуговування;  $\lambda$  – інтенсивність потоку

автомобілів, що входить;  $\mu_o$  – інтенсивність обслуговування;  $\rho$  – приведена щільність потоку автомобілів, що входить (коефіцієнт використання устаткування).

$$M(A) = \rho + \frac{\rho^2 [\mu_o^2 D(t_o) + 1]}{2(1 - \rho)}, \quad (3.8)$$

де  $M(A)$  – число автомобілів, що знаходяться в пункті навантаження (під навантаженням і в очікуванні навантаження).

При постійному часі обслуговування  $D(t_o) = 0$ , при ерланговому  $D(t_o) = \frac{1}{k\mu_o^2}$ , при експоненціальному –  $D(t_o) = \frac{1}{\mu_o^2}$ . При цьому можна відмітити два характерних, крайніх випадки. Перший, коли час обслуговування постійний, тобто  $D(t_o) = 0$ . В цьому випадку

$$M(t_1) = \frac{\rho^2}{2\lambda(1 - \rho)}. \quad (3.9)$$

Другий випадок, коли час обслуговування має експоненціальний розподіл, тобто  $D(t_o) = \frac{1}{\mu_o^2}$ . При цьому

$$M(t_1) = \frac{\rho^2}{\lambda(1 - \rho)}, \quad (3.10)$$

тобто у два рази більше, ніж у першому випадку. Експоненціальний розподіл часу обслуговування є не найгіршим випадком, з яким доводиться мати справу насправді. Є два типи ситуацій, в яких затримки навантаження триваліші, ніж при експоненціальному розподілі. Перший випадок, коли впродовж короткого часу в пункт навантаження прибуває велике число автомобілів (наприклад, на початку зміни). Другий, коли час обслуговування

значно перевищує нормальні межі (незначні поломки навантажувального механізму, заправка паливом та ін.).

Аналіз показує, що при  $\rho \leq 0,5$  характер розподілу часу обслуговування не грає значної ролі як в утворенні черги автомобілів, що очікують обслуговування, так і в тривалості простою в черзі. При подальшому збільшенні  $\rho$ , особливо, коли коефіцієнт використання наближається до 0,8, криві простою рухомого складу в очікуванні навантажувальних робіт починають дуже швидко зростати. При цьому незначна зміна збільшення інтенсивності прибуття автомобілів може привести до різкого зниження ефективності функціонування системи.

Якщо в пункті навантаження знаходиться декілька навантажувальних механізмів, то перший механізм, що звільнився, починає завантажувати черговий автомобіль. Рівняння, які застосовуються в таких моделях, основані на наступних допущеннях: прибуття автомобілів в пункт навантаження розподіляється за законом Пуассона; час обслуговування розподіляється згідно з експоненціальним розподілом; автомобілі завантажуються за принципом «перший прибув – першим обслужений»; усі навантажувальні механізми мають однаковий розподіл значень часу обслуговування.

У багатоканальних системах обслуговування середнє число автомобілів, що очікують обслуговування:

$$M(A) = \frac{b\rho}{1-\rho} \quad (3.11)$$

і середнє очікування обслуговування:

$$M(t_1) = \frac{bM(t_0)}{S(1-\rho)}, \quad (3.12)$$

де  $b$  – вірогідність того, що усі пости обслуговування зайняті в даний момент часу;  $S$  – число навантажувальних постів (число каналів обслуговування).

Чим більше автомобілів братиме участь в перевезеннях в конкретних умовах, тим буде нижча продуктивність кожного автомобіля із-за збільшення

простою в пункті навантаження, пов'язаного з очікуванням навантажувальних робіт (простоем в черзі), і вище собівартість транспортування. З іншого боку, зі збільшенням числа працюючих автомобілів збільшується значення коефіцієнта використання екскаватора і знижується собівартість навантажувальних робіт. Мінімальні витрати, пов'язані з навантажувальними роботами і транспортуванням, будуть у разі, коли втрати, пов'язані з простоями навантажувального механізму і транспорту, матимуть мінімальну величину.

Мінімальні втрати, пов'язані з простоями механізмів і рухомого складу із-за нерівномірності їх роботи, визначаються згідно з виразом

$$M_x \cdot C_n(1 - \rho) + C_a \cdot A_x \cdot \frac{\lambda}{\mu_o^2} \left[ \frac{\mu_o^2 D(t_o) + 1}{2(1 - \rho)} \right] \Rightarrow \min \quad (3.13)$$

У конкретних умовах організації перевезень вантажів коефіцієнт використання навантажувального механізму може бути визначений, як добуток числа завантажених автомобілів в одиницю часу, середнього числа ковшів, що завантажені і середнього часу навантаження одного ковшу, що ділиться на число навантажувальних механізмів:

$$\rho = \frac{A \cdot v_m \cdot \beta_e (t_2 + m \cdot t_{ци} + t_4)}{l_{ie} + v_m \cdot \beta_e \left( t_p + \frac{\rho}{\mu_o \cdot (1 - \rho)} \right)}, \quad (3.14)$$

де  $v_m$  – технічна швидкість, км/год;  $\beta_e$  – коефіцієнт використання пробігу;  $t_2$  – тривалість маневрування автомобіля, год;  $t_{ци}$  – тривалість циклу навантажувача, год;  $t_4$  – тривалість оформлення документів, год;  $l_{ie}$  – довжина їздки з вантажем, км;  $t_p$  – тривалість перебування автомобіля в пункті розвантаження, год.

Розрахунки, що проводяться по формулі (3.13), дозволяють визначити число автомобілів, що забезпечує мінімальні втрати, а отже, і мінімальні витрати на навантаження і транспортування вантажу.

За наявності в пункті більше одного навантажувального механізму необхідно вибрати раціональну форму організації перевезень (закріплювати автомобілі за навантажувальними механізмами або організувати забезпечення їх завантаження вантажем).

#### **Питання для самоконтролю:**

1. Які чинники впливають на вибір рухомого складу?
2. Розкажіть алгоритм вибору навантажувальних механізмів та рухомого складу.
3. Як проводиться попередній вибір навантажувальних механізмів?
4. Як проводиться вибір рухомого складу і навантажувальних механізмів за критерієм максимального використання вантажопідйомності рухомого складу?
5. Як проводиться уточнений вибір навантажувальних механізмів і рухомого складу за критерієм мінімум собівартості переміщення вантажу?
6. Як проводиться остаточний вибір числа навантажувальних механізмів і рухомого складу

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Правила перевезень вантажів автомобільним транспортом / затв. наказ Міністерства транспорту України №363 від 14.10.97 / Міністерства транспорту України. – К., 1997. – 396 с.
2. Вільковський Є.К. Вантажознавство (вантажі, правила перевезень, рухомий склад): навчальний посіб. / Є.К. Вільковський, І.І. Кеман, О.О. Бакуліч. – Львів: «Інтелект-Захід», 2007. – 496 с.
3. Ходош М.С. Вантажні автомобільні перевезення: навч. посібник для вузів / М.С. Ходош. – К: ТРТ, 1986. – 208 с.
4. Босняк М. Г. Вантажні автомобільні перевезення: навчальний посібник / М. Г. Босняк. – К.: Видавничий Дім «Слово», 2010. – 408 с.
5. Основи теорії транспортних процесів і систем: навчальний посібник для ВНЗ / М.Ф. Дмитриченко, В.З. Докуніхін, В.З. Ширяєва, Л.Ю. Яцківський. – К.: Видавничий Дім «Слово», 2009. – 336 с.

## ДОДАТОК А

Таблиця А.1. Об'ємна маса насипних та навальних будівельних вантажів

Найменування вантажу	Об'ємна маса, $t/m^3$	
	Межі коливань	Розрахункова величина
Асфальт, бітум, гудрон	1,20...1,54	1,35
Бетон (маса з гравієм)	2,00...2,40	2,20
Бетон із золою	1,70...1,90	1,80
Бетон шлаковий	1,00...1,70	1,50
Бетон із піщаником	2,10...2,50	2,30
Бетон з цегляним щебнем	1,60...2,00	1,80
Те ж (камінь)	1,40...1,60	1,50
Глина свіжа комкова	1,40...2,70	2,00
Глина суха шматки	1,00...1,80	1,50
Гравій річний та галька	1,50...1,80	1,70
Земля пухка волога	1,62...1,78	1,70
Земля суха	1,12...1,28	1,20
Щебінь	1,50...1,80	1,60
Пісок сухий	1,40...1,70	1,65
Пісок сирий	1,90...2,05	1,95
Камінь будівельний	0,65...1,30	0,80

Таблиця А.2. Номенклатура та класифікація сільськогосподарських вантажів рослинництва

Найменування вантажу	Об'ємна маса, $t/m^3$	Вид упаковки	Клас вантажу
Баштанні культури	0,59	Навалом	2
Горох	0,77	Навалом	1
Гречка	0,60	Навалом	2
Капуста	0,42	Навалом	2
Картопля	0,60	Мішки	2
Картопля	0,68	Навалом	1
Комбікорм	0,60	Мішки	2
Пшениця	0,79	Навалом	1
Силос	0,70	Навалом	1
Жито	0,72	Навалом	1

## ДОДАТОК Б (довідковий)

Таблиця Б.1. Нормативний термін служби автомобілів до капітального ремонту та періодичність виконання технічного обслуговування

Модель автомобілю	Термін служби, тис.км	Періодичність, тис.км	
		ТО-1	ТО-2
УАЗ-452	180	2,5	12,5
ГАЗ-53А	250	2,5	12,5
ЗІЛ-130	300	2,0	12,0
МАЗ-5335	250	2,5	12,5
КамАЗ-5320	300	4,0	12,0
КрАЗ-257Б1	250	2,5	12,5
БелАЗ-548	120	2,0	10,0
ГАЗ-52-03	250	2,5	12,5
Урал-377Н	250	2,5	12,5

Таблиця Б.2. Нормативи періодичності ТО рухомого складу

Тип рухомого складу	Нормативи періодичності технічного обслуговування не менше, км		
	ЩО	ТО-1	ТО-2
Автомобілі легкові	Один раз на робочу добу, незалежно від числа робочих змін	5000	20000
Автобуси		5000	20000
Автомобілі вантажні, автобуси на базі вантажних автомобілів або з використанням їх основних агрегатів		4000	16000
Автомобілі-самоскиди кар'єрні		2000	10000
Причепи і напівпричепи		4000	16000
Причепи і напівпричепи важковози		3000	12000

Таблиця Б.2. Тривалість простою рухомого складу на технічному обслуговуванні та ремонті

Тип рухомого складу	Технічне обслуговування та технічний ремонт, днів/1000 км	Капітальний ремонт, днів
Легкові автомобілі	0,30 – 0,40	18
Автобуси великого класу	0,50 – 0,55	22
Вантажні автомобілі вантажопідйомністю, т:		
від 0,3 до 5,0	0,40 – 0,50	15
від 5,0 та більше	0,50 – 0,55	22
Причепи та напівпричепи	0,10 – 0,15	

Таблиця Б.3. Нормативи періодичності ТО рухомого складу

Тип рухомого складу	Ресурс (пробіг до КРХ), не менше, <i>тис. км</i>
<b>Автомобілі вантажні загального призначення</b>	
особливо малої вантажопідйомності	150
малої вантажопідйомності	175
середньої вантажопідйомності	300
великої вантажопідйомності	
понад 5,0 до 6,0 <i>т</i>	450
понад 6,0 до 8,0 <i>т</i>	300
особливо великої вантажопідйомності	
понад 8,0 до 10,0 <i>т</i>	300
понад 10,0 до 16,0 <i>т</i>	300
Автомобілі самоскиди кар'єрні	200
<b>Причепи і напівпричепи</b>	
Причепи одновісні малої і середньої вантажопідйомності	120
Причепи двовісні середньої і великої вантажопідйомності	250
Напівпричепи одновісні і двовісні великої вантажопідйомності	300
Напівпричепи багатовісні особливо великої вантажопідйомності	320
Причепи і напівпричепи-важковози	250

Таблиця Б.4. Режими роботи рухомого складу

Тип рухомого складу	Рекомендований режим роботи рухомою складу	
	число днів роботи протягом року	час у наряді протягом доби
Автомобілі легкові, вантажні, автопоїзди, автобуси службові, відомчі	305	10,5
Автомобілі вантажні, автопоїзди загального користування	305	12,0
Автобуси маршрутні, автомобілі легкові – таксі	365	12,0
Автопоїзди, автобуси міські	357	16,0
Автомобілі-самоскиди, позашляхові	357	21,0

**ДОДАТОК В**  
**(довідковий)**

Таблиця В.1. Параметри вантажних автомобілів

Автомобілі	Номинальна вантажопідйомність, <i>t</i>	Внутрішні параметри платформи, <i>мм</i>		
		довжина	ширина	висота
ГАЗ-3308	2,0	3390	2145	280
ГАЗ-52-04	2,5	3060	2070	610
ЗІЛ-131	3,8	2600	2322	246
ГАЗ-33083	4,0	3490	2170	510
ГАЗ-53А	4,0	3740	2170	680
ГАЗ-3307	4,5	3490	2170	510
Урал-4320	5,0	3900	2378	885
ЗІЛ-130-76	6,0	3752	2326	575
ЗІЛ-43314Б	6,0	6100	2326	575
КамАЗ-4325	6,5	5200	2320	500
Урал-377Н	7,5	4500	2326	715
ЗІЛ-534330	8,0	4692	2356	575
КамАЗ-5320	8,0	5200	2320	500
МАЗ-5335	8,0	4965	2360	685
МАЗ-5337	9,85	4990	2350	685
ЗІЛ-133Г40	10,0	6100	2326	575
КамАЗ-53212	10,0	6100	2326	500
КрАЗ-257Б1	12,0	5770	2480	825
КрАЗ-65101	15,3	5770	2320	823

## ДОДАТОК Г (довідковий)

Таблиця Г.1. Класифікація умов експлуатації

Категорія умов експлуатації	Умови руху		
	За межами передмістя (більш 50 км від межі міста)	В малих містах (до 100 тис. жителів) та передмісті	У великих містах (більше 100 тис. жителів)
I	Д <sub>1</sub> -Р <sub>1</sub> , Р <sub>2</sub> , Р <sub>3</sub>	-	-
	Д <sub>1</sub> -Р <sub>4</sub>	Д <sub>1</sub> -Р <sub>1</sub> , Р <sub>2</sub> , Р <sub>3</sub> , Р <sub>4</sub>	
II	Д <sub>2</sub> -Р <sub>1</sub> , Р <sub>2</sub> , Р <sub>3</sub> , Р <sub>4</sub>	Д <sub>2</sub> -Р <sub>1</sub>	-
	Д <sub>3</sub> -Р <sub>1</sub> , Р <sub>2</sub> , Р <sub>3</sub>		
	Д <sub>1</sub> -Р <sub>5</sub>	Д <sub>1</sub> -Р <sub>5</sub>	Д <sub>1</sub> -Р <sub>1</sub> , Р <sub>2</sub> , Р <sub>3</sub> , Р <sub>4</sub> , Р <sub>5</sub>
	Д <sub>2</sub> -Р <sub>5</sub>	Д <sub>2</sub> -Р <sub>2</sub> , Р <sub>3</sub> , Р <sub>4</sub> , Р <sub>5</sub>	
III	Д <sub>3</sub> -Р <sub>4</sub> , Р <sub>5</sub>	Д <sub>3</sub> -Р <sub>1</sub> , Р <sub>2</sub> , Р <sub>3</sub> , Р <sub>4</sub> , Р <sub>5</sub>	Д <sub>2</sub> -Р <sub>1</sub> , Р <sub>2</sub> , Р <sub>3</sub> , Р <sub>4</sub>
	Д <sub>4</sub> -Р <sub>1</sub> , Р <sub>2</sub> , Р <sub>3</sub> , Р <sub>4</sub> , Р <sub>5</sub>	Д <sub>4</sub> -Р <sub>1</sub> , Р <sub>2</sub> , Р <sub>3</sub> , Р <sub>4</sub> , Р <sub>5</sub>	Д <sub>4</sub> -Р <sub>1</sub>
	Д <sub>5</sub> -Р <sub>1</sub> , Р <sub>2</sub> , Р <sub>3</sub> , Р <sub>4</sub> , Р <sub>5</sub>	Д <sub>5</sub> -Р <sub>1</sub> , Р <sub>2</sub> , Р <sub>3</sub> , Р <sub>4</sub> , Р <sub>5</sub>	Д <sub>2</sub> -Р <sub>5</sub>
			Д <sub>3</sub> -Р <sub>4</sub> , Р <sub>5</sub>
IV			Д <sub>4</sub> -Р <sub>2</sub> , Р <sub>3</sub> , Р <sub>4</sub> , Р <sub>5</sub>
			Д <sub>5</sub> -Р <sub>1</sub> , Р <sub>2</sub> , Р <sub>3</sub> , Р <sub>4</sub> , Р <sub>5</sub>
V	Д <sub>6</sub> -Р <sub>1</sub> , Р <sub>2</sub> , Р <sub>3</sub> , Р <sub>4</sub> , Р <sub>5</sub>		

### Дорожнє покриття

Д<sub>1</sub> – цементобетон, асфальтобетон, бруківка, мозаїка;

Д<sub>2</sub> – бітумно-мінеральні суміші (щебінь або гравій, оброблені бітумом);

Д<sub>3</sub> – щебінь (гравій) без обробки;

Д<sub>4</sub> – кругляк, колоте каміння, ґрунт та маломіцне каміння, оброблені в'язкими матеріалами;

Д<sub>5</sub> – ґрунт, зміцнений або покращений місцевими матеріалами;

Д<sub>6</sub> – природні ґрунтові шляхи; тимчасові внутрішньокар'єрні та відвальні дороги; під'їзні колії, що не мають твердого покриття.

### Тип рельєфу місцевості (визначається висотою над рівнем моря):

Р<sub>1</sub> – рівнинний (до 200 м);

Р<sub>2</sub> – слабохолмистий (більш 200 до 300 м);

Р<sub>3</sub> – холмистий (більше 300 до 1000 м);

Р<sub>4</sub> – гористий (більше 1000 до 2000 м);

Р<sub>5</sub> – гірничий (більше 2000 м).

Таблиця Г.2. Районування території України за природно-кліматичними умовами

Кліматичні райони	Адміністративно-територіальні одиниці
Холодний	Відсутній на території України
Помірно холодний	Ужгородська, Івано-Франківська, Чернівецька, Львівська, Тернопільська, Луцька, Рівненська, Хмельницька, Житомирська, Вінницька, Черкаська, Київська, Сумська, Полтавська, Чернігівська області
Помірно теплий	Харківська, Дніпропетровська, Кіровоградська, Запорізька, Миколаївська, Донецька, Луганська області
Теплий	Одеська, Херсонська, Крим

Таблиця Г.3. Коефіцієнти корегування нормативів залежно від категорії умов експлуатації ( $K_1$ )

Категорія умов експлуатації	Коефіцієнти корегування, $K_1$		
	періодичності ТО	питомої трудомісткості ПР	ресурсу
I	1,0	1,0	1,0
II	0,9	1,1	0,9
III	0,8	1,2	0,8
IV	0,7	1,4	0,7
V	0,6	1,5	0,6

**Примітка:** відкориговані значення ресурсу і періодичності ТО слід округляти до цілих десятків кілометрів з урахуванням кратності між собою і кратності середньодобовому пробігу.

Таблиця Г.4. Коефіцієнти корегування нормативів залежно від модифікації рухомого складу ( $K_2$ )

Модифікація рухомого складу і організація його роботи	Коефіцієнт коректування, $K_2$		
	трудомісткості ЩО, ТО-1, ТО-2 і ПР	тривалості простою в ТО і ПР	ресурсу
Автомобілі і автобуси підвищеної прохідності	1,25	1,1	1,0
Автомобілі-фургони (пікапи)	1,2	1,1	1,0
Автомобілі-рефрижератори	1,3	1,2	1,0
Автомобілі-цистерни	1,2	1,1	1,0
Автомобілі-паливозаправники	1,4	1,2	1,0
Автомобілі-самоскиди	1,15	1,1	0,85
Сідельні тягачі	1,1	1,0	0,95
Автомобілі спеціальні	1,4	1,2	0,9
Автомобілі санітарні	1,1	1,0	1,0
Автомобілі, що працюють з причепами	1,15	1,1	0,9
Причепи і напівпричепи спеціальні (рефрижератори, цистерни і ін.)	1,6	-	1,0

Таблиця Г.5. Коефіцієнти корегування нормативів залежно від кліматичних умов експлуатації ( $K_3$ )

Кліматичний район	Коефіцієнт коректування, $K_3$		
	періодичності ТО	трудомісткості ПР	ресурсу
Помірний	1,0	1,0	1,0
Помірно-теплий, помірно-теплий вологий, теплий вологий	1,0	0,9	1,1
Жаркий сухий, дуже жаркий сухий	0,9	1,1	0,9
Помірно холодний	0,9	1,1	0,9
Холодний	0,9	1,2	0,8
Дуже холодний	0,8	1,3	0,7

Таблиця Г.6. Коефіцієнти корегування нормативів трудомісткості ТО і ПР залежно від кількості одиниць технологічно сумісного рухомого складу ( $K_4$ )

Кількість одиниць технологічно сумісного рухомого складу	Коефіцієнти корегування трудомісткості ТО і ПР	Кількість одиниць технологічно сумісного рухомого складу	Коефіцієнти корегування трудомісткості ТО і ПР
до 25 включно	1,55	понад 200 до 300	1,0
понад 25 до 50	1,35	" 300 " 400	0,9
" 50 " 100	1,19	" 400 " 500	0,89
" 100 " 150	1,1	" 500 " 600	0,86
" 150 " 200	1,05	" 600 " 700	0,84
" 700 " 800	0,81	" 1600 " 2000	0,68
" 800 " 1000	0,77	" 2000 " 3000	0,65
" 1000 " 1300	0,73	" 3000 " 5000	0,63
" 1300 " 1600	0,70	понад 5000	0,60

Трудомісткості, що не підлягають корегуванню коефіцієнтом  $K_4$ .

Таблиця Г.7. Коефіцієнти корегування нормативів трудомісткості ТО і ПР залежно від способів зберігання рухомого складу ( $K_5$ )

Кліматичні райони	Спосіб зберігання автомобілю	Коефіцієнти корегування $K_5$
Дуже холодний	закритий	0,9
Холодний, помірно-холодний	відкритий з підігрівом і частково закритий	0,9
Помірний	відкритий з підігрівом	1,0
Інші райони	відкритий без підігріву	1,0

Таблиця Г.8. Собівартість використання вантажних автомобілів

Вантажопідйомність автомобілю, <i>t</i>	За одну автомобіле-годину, <i>грн</i>
До 0,5 включно	89,2
Понад 0,5 до 1,5 включно	108,46
Понад 1,5 до 3,0 включно	130,18
Понад 3,0 до 5,0 включно	144,64
Понад 5,0 до 7,0 включно	168,75
За кожен додаткову тону	+12,05

**ДОДАТОК Д**  
**(довідковий)**

Таблиця Д.1. Норма часу простою автомобілів (автопоїздів) у пунктах навантаження розвантаження (хв)

Вантажопідйомність автомобіля, <i>m</i>	Спосіб навантаження (розвантаження)			
	Механізований		Немеханізований	
	Навалочні вантажі, у тому числі в'язкі та напівв'язкі	Інші вантажі, у тому числі будівельні розчини	Навалочні вантажі, у тому числі в'язкі та напівв'язкі	Інші вантажі, у тому числі будівельні розчини
У пунктах навантаження				
До 1,5	4	9	14	19
Від 1,5 до 2,5	5	10	15	20
Від 2,5 до 4	6	12	18	24
Від 4 до 7	7	15	21	29
Від 7 до 10	8	20	25	37
Від 10 до 15	10	25	30	45
Від 15 до 20	14	35	35	56
Від 20 до 30	19	45	50	76
Від 30 до 40	26	63	61	98
У пунктах розвантаження (крім автомобілів-самоскидів)				
До 1,5	4	9	8	13
Від 1,5 до 2,5	5	10	10	15
Від 2,5 до 4	6	12	12	18
Від 4 до 7	7	15	14	22
Від 7 до 10	8	20	16	28
Від 10 до 15	10	25	19	34
Від 15 до 20	13	32	21	40
Від 20 до 30	15	40	27	52
Від 30 до 40	20	49	35	64
У пунктах розвантаження (для автомобілів-самоскидів)				
До 7	4	6		
Від 7 до 10	6	8		
Від 10 до 15	9	12		
Від 15 до 20	14	16		
Понад 20	24	27		

Таблиця Д.2. Відрядні тарифи на перевезення вантажів автомобілями самоскидами (які працюють поза кар'єрами), грн/т

Відстань перевезення, км	Клас вантажу			
	I	II	III	IV
1	13,5	14,85	20,25	24,03
2	16,47	20,25	27,54	32,67
3	20,79	25,92	34,83	41,04
4	25,11	31,32	41,85	50,22
5	29,43	36,72	49,14	58,86
6	33,75	41,85	56,43	67,50
7	38,07	47,79	63,72	76,14
8	42,39	52,92	71,01	84,78
9	46,71	58,32	78,03	93,42
10	51,03	63,45	85,32	102,33
11	55,35	69,39	92,61	110,97
12	59,67	74,79	98,28	114,21
13	64,26	80,19	106,92	128,25
14	68,58	85,59	114,21	136,89
15	72,63	90,72	121,50	145,53
16	77,22	95,85	128,79	154,17
17	81,54	101,25	136,08	163,08
18	85,86	106,92	143,10	171,72
19	90,18	112,86	150,39	180,36
20	95,58	118,26	157,68	189,00
21	98,01	121,50	163,35	195,75
22	101,25	127,17	168,75	202,50
23	104,76	132,84	174,42	209,25
24	108,00	135,00	180,36	216,00
25	111,51	138,78	185,76	222,75
26	114,75	143,64	191,43	228,96
27	118,26	147,42	197,10	236,25
28	121,50	151,74	202,50	243,00
29	125,01	154,17	208,17	249,75
30	127,71	160,38	214,11	256,50
31	129,60	162,54	217,35	260,28
32	131,76	164,97	220,32	264,06
33	133,65	167,40	223,83	268,11
34	135,54	169,83	227,07	271,89
35	137,43	172,26	230,04	275,67
36	139,32	174,42	233,28	279,72
37	141,21	176,85	236,79	283,50
38	143,10	179,28	240,03	287,28
39	145,26	181,71	243,00	291,33
40	147,15	184,14	246,51	295,11
41	149,04	186,57	249,75	299,16
42	150,93	189,00	252,72	302,67
43	152,82	191,43	255,96	306,72
44	154,71	193,86	259,47	310,50
45	156,6	196,29	262,17	314,28
46	158,49	198,72	265,68	318,33
47	160,38	201,15	268,92	322,11
48	162,54	203,58	271,89	325,89
49	164,43	206,01	275,13	329,67
50	166,32	208,17	278,64	333,72

Таблиця Д.3. Собівартість використання навантажувально-розвантажувальних механізмів

Тип навантажувального механізму	Вантажо-підйомність, <i>t</i>	Ємність робочого органу, <i>м<sup>3</sup></i>	Тривалість робочого циклу, <i>с</i>	Найменший радіус повороту, <i>мм</i>	Собівартість використання, <i>грн/год</i>
<b>Автонавантажувачі</b>					
4045М	3,2	0,57		3700	99,8
4008	10	2,5		3055	138,4
4016	5	0,8		4400	124,4
4022	2			2200	119,6
<b>Крани на автомобільному ході</b>					
КС-1517	4				132,1
КС-2563	6,3				156,7
КС-2571	6,3				157,7
КС-3571	10				157,2
СМК-10	10				162,0
КС-4361	10				145,6
<b>Крани на пневмоколісному ході</b>					
КС-4362	16				167,3
КС-5363	25				195,3
МКП-25	25				202,5
<b>Крани козлові</b>					
ККТ-516	5				110,8
ККУ-10	10				151,4
КД-5	5				90,2
КДКК-10	10				121,9
<b>Екскаратори</b>					
Е-652Б		0,65	22		191,8
Е-10011		1,0	32		250,7
Е-1252Б		1,5	32		261,8
Е-2621А		0,3	15		123,4

## ДОДАТОК Е

Таблиця Е.1. Характеристика автомобілів-самоскидів

Найменування автомобіля	Габаритні розміри, мм	Колісна база, м	Дорожній просвіт, мм	Об'єм кузова, м <sup>3</sup>	Радіус повороту, м	Ємність паливного баку, л	Вантажопідійсність, т	Повна маса, т	Максимальна швидкість, км/год	Витрати палива при 60 км/год, л/100км
ГАЗ-СА3-3512, 4х2	5430x2100x2120	2,9	170	2,37	5,5	—	1,4	3,5	115	11,0
ЗІЛ-СА3-1503, 4х2	5795x2100x2519	3,65	180	5,0	7,0	125	3,0	6,95	95	12,0
ЗІЛ-УАМЗ-4505, 4х2	6980x2500x2525	3,8	270	3,8	8,9	170	6,1	11,145	90	28,3
ЗІЛ-ММЗ-4520, 6х4	7350x2500x2659	3,8/1,4	230	7,0	10,1	170	10,5	18,85	85	24,4
КамАЗ-6517, 6х4	7275x2500x2830	3,19/1,32	290	11,3	9,3	250	14,5	24,0	80	27,5
КамАЗ-5511, 6х4	6680x2500x2740	2,84/1,32	290	6,6	9,0	250	13,0	22,2	80	28,0
КамАЗ-65115, 6х4	6710x2500x2920	2,84/1,32	290	8,5	9,0	250	15,0	24,45	90	27,0
КрАЗ-6125С4, 6х4	8060x2500x2760	4,08/1,4	290	9,0	11,0	250	14,0	25,875	90	28,0
КрАЗ-65055, 6х4	8284x2500x2760	4,08/1,4	270	10,5	11,0	250	16,0	28,35	90	33,0
МАЗ-5551, 4х2	5990x2500x2925	3,3	270	5,5	7,5	200	10,0	17,62	83	22,8
МАЗ-5516, 6х4	7530x2500x3200	3,35/1,4	280	10,5	—	350	20,0	32,0	88	32,0
«Урал-55571-10», 6х6	7485x2500x2800	3,525/1,4	360	7,1	11,4	210+60	7,0	17,095	75	34,0
«Вольво FM 10», 6х4	6760x2500x3069	3,2/1,37	355	12,0	7,4	310	22,5	35,0	85	—
ДАФ 85СF (DAF), 6х4	7970x2490x3080	3,6/1,4	—	9,5	—	400	21,5	32,5	110	—
ІВЕКО Євро, 6х4	8266x2500x3123	3,82/1,38	310	12,0	8,7	300	24,2	38,0	97	—
Мерседес-Бенц, 6х4	6950x2500x3123	3,3/1,35	276	9,5	—	300	21,0	33,0	90	—
МАН-26/33, 364, 6х4	7355x2490x3122	3,175/1,4	348	9,3	8,3	300	21,7	33,0	85	—
МАН 41.364, 8х4	7700x2490x3202	1,5/2,58/1,4	271	14,0	9,6	300	26,5	41,0	85	—
Рено Керакс, 6х4	9504x2500x3116	3,85/1,35	320	9,5	9,5	300	17,239	26,0	85	—
«Вольво А20С», 6х6	9505x2490x3225	4,2/1,6	420	9,6	—	—	20,0	36,4	47	—

Таблиця Е.2. Характеристика автомобільних причепів та напівпричепів

Найменування	Габаритні розміри, мм	Колісна база, м	Габаритні розміри вантажної платформи, мм	Корисний об'єм, м <sup>3</sup>	Навантажувальна висота, мм	Кількість осей, од	Вагаждо-підйомність, т	Повна маса, т	Вартість, тис. грн
<b>Причепи загального призначення</b>									
МАЗ-83781	9925x2500x4000	5,385	7715x2420x6850	-	1450	2	14,35	20,0	
МАЗ-87012	8600x2500x4000	4,0	6500x2440x2480	39,0	1360	2	11,3	16,0	
МАЗ-8701	10138x2500x4000	3,84/1,32	8100x2440x2500	49,4	1360	3	18,0	24,0	
<b>Напівпричепи загального призначення</b>									
МАЗ-9380	8800x2500x2220	6,4	-	55,0	1450	1	15,0	18,8	
МТМ-9330	13600x2500x2220	4,58/2,05	33,0 м <sup>2</sup>	-	1450	2	20,8	28,8	
ЧМЗАП-990650.4	13620x2500x4000	6,29/1,31/1,31	-	94,0	1325	3	33,5	42,0	
SG-240 ST	13665x4000x2500	-	-	89,3	-	3	28,0	38,0	
SP-240	13600x2500x2470	6,39/1,31/1,31	-	84,1	-	3	30,0	38,0	
<b>Напівпричепи-контейнеровози</b>									
МАЗ-93892	12260x2500x1415	6,2/1,54/1,65	-	-	1415	3	33,0	39,0	
СЗАП-9915-010	12410x2500x2360	6,69/1,32/1,32	12240x2430x760	-	1400	3	34,0	39,0	
ЧМЗАП-9911.000.40	12770x2565x1400	3,24/1,31/1,31	-	-	1390	3	36,5	42,0	
<b>Самоскидні напівпричепи</b>									
КрАЗ-Долл 401С3	8700x2500x3500	-	-	29,2	-	3	29,0	40,0	
НЗАС-9509	8735x2500x3300	-	-	-	-	2	30,0	40,0	
МАЗ-9506	8700x2500x3000	-	-	16,42	-	2	26,0	34,5	
<b>Самоскидні причепи</b>									
ГКБ-8551	7545x2500x3478	3,8	-	7,9	-	2	7,1	11,5	
СЗАП-8551-01	7650x2500x2340	3,8	5340x3210x760	-	-	2	7,5	11,6	
«Сармат-8589»	7650x2500x2340	3,8	5340x3210x760	-	-	2	7,5	11,6	

Таблиця Е.3. Характеристика кранів на автомобільних шасі

Найменування	Базове шасі	Вантажопідійомність, т	Максимальний вантажний момент, тсм	Споряджена маса, т	Довжина стріли, м		Максимальна висота підйому, м		Максимальна швидкість підйому-опускання вантажу, м/хв	Максимальна транспортна швидкість, км/год
					без ГУСЬКО	з ГУСЬКОМ	без ГУСЬКО	з ГУСЬКОМ		
КС-35715	МАЗ-5337,4х2	15,0	45	16,5	8-18	15-21	18,6	25,0	0,2-20	90
КС-357191	КамАЗ-53213,6х4	20,0	64	20,5	9,7-21,7	-	21,8	-	12-24	80
КС-55713-1	КамАЗ-53229,6х4	25,0	80	20,7	9,7-21,7	18,7-30,7	21,9	30,0	6-16	80
СКАТ-32	КрАЗ-65101,6х4	32,0	100	31,25	10,2-16,2	-	26,5	-	10	90
КС-2574	ЗІЛ-4331,4х2	8,0	11,9	26,4	9,0-15,0	16,5-22,5	15,4	22,6	0,4-15	85
КС-6476	МЗКТ-6923,8х4	50,0	150	37,0	35	49,5	34,0	49,0	-	80

Таблиця Е.4. Характеристика екскаваторів на спецшасі

Найменування	Габаритні розміри, мм	Ємність паливного баку, л	Об'єм ківшу, м <sup>3</sup>	Максимальна				Стороння жвава маса, т	Тривалість циклу, с	Витрати палива, л
				Глибина копання, м	Радіус копання, м	Висота вивантаження, м	Швидкість, км/год			
ЕО-3123	8100x2750x3050	120	0,32-0,65	5,0-6,57	8,1-9,5	5,9-7,03	2,8	14,0	16	25
ЕО-4225А	10250x3600x3300	200	0,6-1,42	6,0-7,3	9,3-10,3	5,15-5,4	4,2	26,45	23	38
ЕО-5221	11000x3400x4800	200	1,55	6,5	10,0	5,8	2,25	42,0	20	38
ЕО-5126	10850x3170x3500	200	1,25-1,55	6,25	19,6	5,9	2,25	32,0	17	38
ЕО-6123	14000x4000x5800	350	1,6-3,2	7,35-8,3	10,25	5,95	15	67,5	20	50
ЕО-33211	10050x3170x3500	200	0,4-2,3	5,8	9,2	6,7	25-35	18,9	17	35
СК-270	10400x3250x3500	360	0,6-2,3	7,6	10,8	7,2	4	26,5	20	-
СК-400	12100x3450x3900	560	0,6-1,8	7,3	11,3	7,2	4	42,0	19	-

Навчально-методичне видання

**Харченко Олеся Іванівна**

**ОРГАНІЗАЦІЯ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ  
НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ**

Методичні рекомендації до курсової роботи

Редактор А. В. Безверхня  
Комп'ютерна верстка В. В. Бердо

Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Ум. друк. арк. 2,95. Обл.-вид. арк. 3,0.  
Тираж пр. Зам. № 143

Український державний університет  
науки і технологій  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7709 від 14.12.2022

Адреса видавця та дільниці оперативної поліграфії:  
вул. Лазаряна, 2, Дніпро, 49010