

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ ІНСТИТУТ
ДЕРЖАВНОГО ВИЩОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Директор АДІ ДВНЗ «ДонНТУ»
М.М.Чальцев
__.__.2014р.

Кафедра «Транспортні технології»

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ
З ДИСЦИПЛІНИ
«ОСНОВИ ТЕОРІЇ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ І СИСТЕМ»
(ДЛЯ СТУДЕНТІВ НАПРЯМКУ
6.070101 «ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ»)**

16/ __-2014-06

«РЕКОМЕНДОВАНО»
Методична комісія факультету
«Транспортні технології»
протокол №_ від __.__.2014 р.

«РЕКОМЕНДОВАНО»
Кафедра «Транспортні
технології»
протокол №_ від __.__.2014 р.

УДК 656.13.07(025)

Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни “Основи теорії транспортних процесів і систем” для студентів напрямку підготовки 6.070101 “Транспортні технології”. / Укл. А.В. Куниця, О.А. Куниця, В.М. Сокирко, Д.М. Самісько, Т.О. Самісько, – Горлівка: АДІ ДВНЗ «ДонНТУ», 2014. – 58 с. – Електрон. дані – Горлівка: ДВНЗ «ДонНТУ» АДІ, 2011.– 1 електрон. опт. диск (CD-R); 12 см. – Систем вимоги: Pentium; 32 RAM; WINDOWS 98/2000/NT/XP/VISTA/7; MS Word 2000/2003/2007/2010. – Назва з титул. екрану.

У методичних вказівках викладена послідовність виконання курсового проекту.

Наведений практичний приклад виконання курсового проекту.

Укладачі:	Куниця А.В.	д.т.н., професор
	Куниця О.А.	к.т.н., доцент
	Самісько Т.О.	к.т.н., доцент
	Сокирко В.М.	к.т.н., доцент
	Самісько Д.М.	к.т.н., доцент

Відповідальний за випуск:	Куниця А.В., д.т.н., проф., каф. «Транспортні технології»
---------------------------	--

Рецензент:

© Державний вищий навчальний заклад
«Донецький національний технічний університет»
Автомобільно-дорожній інститут, 2014.

ЗМІСТ

	Стор.
Загальні положення.....	5
Зміст курсового проекту.....	6
1 Вихідні дані.....	8
2 Формування структури парку автомобілів для перевезення малих партій вантажу.....	11
2.1 Побудова графіку щільності розподілу розмірів малих партій вантажу, наданого до перевезення.....	11
2.2 Розрахунок імовірності попиту на використання автомобілів відповідної вантажності.....	12
2.3 Визначення потрібної кількості автомобілів відповідної вантажності.....	14
2.4 Розрахунок годинної продуктивності рухомого складу і собівартості перевезень.....	18
3 Формування структури парку для перевезення об'єднаних партій вантажу, наданого до перевезення.....	20
3.1 Побудова графіку розподілу розмірів об'єднаних партій вантажу, наданого до перевезення.....	20
3.2 Розрахунок імовірності попиту на використання автомобілів відповідної вантажності.....	22
3.3 Визначення потрібної кількості автомобілів відповідної вантажності.....	26
3.4 Розрахунок годинної продуктивності рухомого складу і собівартості перевезень.....	29
4 Визначення числових характеристик замкнутої Пуассонівської системи масового обслуговування, що моделює режим спільної роботи транспортних і навантажувально-розвантажувальних засобів.....	31
4.1 Визначення кількості постів обслуговування.....	31
4.2 Визначення розрахункового коефіцієнта замкнутої Пуассонівської системи масового обслуговування.....	33
4.3 Параметри функціонування одноканальної системи масового обслуговування.....	34

4.4 Параметри функціонування замкнутої Пуассонівської системи масового обслуговування при кількості постів обслуговування більше одного.....	35
5 Розрахунок показників ефективності спільного використання транспортних і навантажувально-розвантажувальних засобів.....	38
Перелік посилань.....	43
Додаток А.....	44
Додаток Б.....	53

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Студенти денної форми навчання виконують курсовий проект у 5 - му семестрі, заочної – у 7 - му .

Мета курсового проекту – закріпити знання, одержані у процесі вивчення курсу “Основи теорії транспортних процесів і систем”, придбати навички самостійної роботи з вирішення питань формування структури і використання парку автотранспортних засобів.

Курсовий проект виконується з використанням методів математичного моделювання і передбачає урахування діючих стандартів і нормативів. Більша частина розрахунків виконується з використанням ЕОМ.

Під час виконання курсового проекту студент повинний вирішити такі задачі:

- встановити закони розподілу розмірів малих і об’єднаних партій вантажу, що приймаються до перевезення;

- за допомогою математичних методів визначити раціональну структуру парку автотранспортних засобів;

- розрахувати годинну продуктивність рухомого складу і собівартість перевезення вантажів;

- розрахувати числові характеристики замкнутої Пуассонівської системи масового обслуговування, яка моделює режим сумісної роботи автотранспортних і навантажувально-розвантажувальних засобів;

- визначити показники ефективності сумісного використання автотранспортних і навантажувально-розвантажувальних засобів.

ЗМІСТ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Курсовий проект містить розрахунково-пояснювальну записку обсягом 25-30 сторінок на аркушах паперу формату А4 і 2 аркуши графічної частини формату А1.

Для виконання курсового проекту кожному студенту видається індивідуальне завдання, що у собі містить:

об'єкт транспортного обслуговування;
 клас вантажу, який необхідно перевезти;
 техніко-експлуатаційні показники роботи рухомого складу на маршрутах;

обсяг перевезення вантажів.

Пояснювальна записка повинна містити у собі такі розділи і підрозділи:

реферат;

вступ;

вихідні дані;

1 формування структури парку автомобілів для перевезення малих партій вантажів;

1.1 побудова графіку щільності розподілу розмірів малих партій вантажу, наданого до перевезення;

1.2 розрахунок імовірності попиту на використання автомобілів відповідної вантажності;

1.3 визначення потрібної кількості автомобілів відповідної вантажності;

1.4 розрахунок годинної продуктивності рухомого складу і собівартості перевезень;

2 формування структури парку для перевезення об'єднаних партій вантажу;

2.1 побудова графіку розподілу розмірів об'єднаних партій вантажу, наданого до перевезення;

2.2 розрахунок імовірності попиту на використання автомобілів відповідної вантажності;

2.3 визначення потрібної кількості автомобілів відповідної вантажності;

2.4 розрахунок годинної продуктивності рухомого складу і собівартості перевезень;

3 визначення числових характеристик замкнутої Пуассонівської системи масового обслуговування, що моделює режим спільної роботи транспортних і навантажувально-розвантажувальних засобів;

3.1 визначення кількості постів обслуговування;

Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «ОТТП і С»

3.2 визначення розрахункового коефіцієнта замкнутої Пуассонівської системи масового обслуговування;

3.3 параметри функціонування одноканальної системи масового обслуговування;

3.4 параметри функціонування замкнутої Пуассонівської системи масового обслуговування при кількості постів обслуговування більше 1;

4 розрахунок показників ефективності спільного використання транспортних і навантажувально-розвантажувальних засобів.

1 ВИХІДНІ ДАНІ

Перевезення штучних промислових або продовольчих вантажів відбувається на простих маятникових маршрутах ($\beta_e=0,5$). Клас вантажу, технічна швидкість автомобілів визначаються за останньою цифрою залікової книжки; коефіцієнти випуску трьох марок автомобілів на лінію – за трьома останніми цифрами залікової книжки з табл. 1.1 ($\alpha_{в1}$, $\alpha_{в2}$, $\alpha_{в3}$ – коефіцієнти випуску на лінію автомобілів 1, 2, 3 -ї марки).

Таблиця 1.1 – Варіанти завдань

Показники	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Клас вантажу	1	2	3	4	1	3	4	3	2	1
Технічна швидкість V_T , км/год	21	22	23	24	25	23	22	21	24	25
Коефіцієнт випуску на лінію, α_v	0,81	0,72	0,75	0,65	0,82	0,64	0,77	0,6	0,7	0,8

Кожному класу вантажу відповідає коефіцієнт статичного використання вантажності (табл.1.2).

Таблиця 1.2 - Коефіцієнт статичного використання вантажності автомобілів

Клас вантажу	1	2	3	4
Коефіцієнт (γ_c) статичного використання вантажності автомобіля	1	0,71...0,99	0,51...0,7	0,41...0,5

Значення середнього розміру \bar{q} партії вантажу і інтенсивності λ потоку попиту вибираються відповідно номеру за списком групи студентів із таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Середній розмір партії вантажу і інтенсивність потоку попиту

Показ- ники	Номер за списком														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$\bar{q}, \text{т}$	2	2,2	2,4	2,6	2,8	2,9	3	3,2	3,4	3,6	3,8	4	4,2	4,4	4,6
λ	6	6	6	5	4	3	4	6	5	3	4	6	5	3	5
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$\bar{q}, \text{т}$	4,8	4,6	4,4	4	4,2	4,1	3,8	3,5	3,7	3,6	3,1	3	3,3	2,9	2,8
λ	3	3	3	7	6	7	6	5	4	3	3	5	4	6	5

Середня їздка з вантажем складає $l_{\text{в}} = a + 10$,

де a – сума останніх двох цифр залікової книжки.

Час знаходження автомобіля в наряді $T_{\text{н}} = 10$ годин.

Кількість днів роботи за рік $D = 300$ днів.

Загальний річний обсяг перевезень $Q_{\text{р}} = 80000$ т.

Час простою автомобіля під навантаженням і розвантаженням визначити самостійно за допомогою нормативно-справочної літератури у відповідності вантажності вибраних марок транспортних засобів [3].

Час на виконання підготовчо-заклучних операцій $t_{\text{п-з}} = 9$ хв.

Кількість робітників, зайнятих на одному посту обслуговування (навантаження – розвантаження), $R_{\text{н(р)}} = 1$ роб.

Витрати за 1 годину простою автомобіля $C_{\text{пр}} = K_{\text{д}} \cdot 0,75$ грн. ,

де $K_{\text{д}}$ - коефіцієнт, який враховує зміни витрат у зв'язку зі зміною цін. Числове значення коефіцієнта визначається відповідно до рівня інфляції на час виконання проекту. Для нашого прикладу: $K_{\text{д}} = 4$.

Витрати за 1 годину простою навантажувальної машини $C'_{\text{пр}} = K_{\text{д}} \cdot 2,6$ грн.

Методику виконання курсового проекту супроводжуємо практичним прикладом, вихідні дані якого наведені у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Вихідні дані практичного прикладу курсового проекту

№ з/п	Найменування показників	Умовні позначення	Числові значення	№ з/п	Найменування показників	Умовні позначення	Числові значення
1	Коефіцієнт використання пробігу	β	0,5	7	Середня довжина їздки з вантажем, км	l_{iv}	20
2	Клас вантажу - другий (2)	γ	0,8	8	Час у наряді, год.	T_n	10
3	Коефіцієнт випуску автомобілів на лінію	α_1	0,7	9	Кількість робочих днів у році	D	300
		α_2	0,9	10	Загальний обсяг перевезень вантажу, тис.т	Q	80
		α_3	0,8	11	Підготовчо-заклучний час, хв.	$t_{п-з}$	9
4	Технічна швидкість, км/год	V_T	25	12	Витрати на 1 годину простою автомобіля, грн.	$C_{пр}$	3
5	Середній розмір партії вантажу, т	\bar{q}	0,8	13	Витрати на 1 годину простою навантажувально-розвантажувальних засобів, грн.	$C'_{пр}$	10,4
6	Інтенсивність потоку попитів на перевезення вантажу	λ	7	14	Кількість робітників, зайнятих на одному посту обслуговування, чоловік	$R_{н(р)}$	1

2. ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ ПАРКУ АВТОМОБІЛІВ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ МАЛИХ ПАРТІЙ ВАНТАЖІВ

2.1 Побудова графіку щільності розподілу розмірів малих партій вантажу, наданого до перевезення

Розмір малих партій відправок, залежить від попиту і періодичності поставки, є випадковою величиною і підкоряється експоненціальному закону розподілу, функція повноти $f(x)$ якого дорівнює [1]:

$$f(x) = \frac{1}{\bar{q}} e^{-\frac{x}{\bar{q}}}, \quad (2.1)$$

де \bar{q} – середній розмір партії вантажу, який вивозиться, т;
 x – розмір малої партії вантажу, т.

Границі зміни випадкової величини (x) вибираються таким чином, щоб максимальне її значення не перевищувало вантажопідйомність вибраних автомобілів, тобто сукупність усіх її значень знаходились би в інтервалі вантажопідйомності вибраних автомобілів. Для побудови графіку (рисунок 2.1) необхідно визначити не менше як 10 значень змінного фактору. Для практичного прикладу при $\bar{q} = 0,8$ т. маємо:

x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
f(x)	0,3581	0,1026	0,0294	0,0084	0,0024	0,0007	0,0002	0,0001	0,00002	0,000005



Рисунок 2.1 – Щільність розподілу розмірів наданих до перевезення малих партій вантажу

Структура парку автомобілів за вантажопідйомністю повинна як можна більш повно відповідати розподілу попиту на перевезення вантажів малими партіями різного розміру. В нашому випадку слід обрати авто-

мобілі різної вантажопідйомності (дивись рис. 2.1) у інтервалі від 1 до 4 тонн. Так, як кількість попиту на вантажі, для яких необхідно буде використовувати автомобілі вантажністю 5 тон і більше дуже малий.

2.2 Розрахунок імовірності попиту на використання автомобілів відповідної вантажопідйомності

При організації перевезення вантажів малими партіями під час вибору моделей автомобілів відповідної вантажопідйомності потрібно виходити із аналізу щільності розподілу розмірів представлених до перевезення малих партій вантажу.

У наведеному прикладі моделі автомобілів відповідної вантажопідйомності слід обирати у інтервалі від 1 до 4 тонн, так як імовірність їх використання буде найбільшою. Із додатку А вибираємо моделі автомобілів відповідної вантажності q_j (від 1 до 4 тонн) і задаємося рядком: $q_1, q_2, \dots, q_{m-1}, q_m$; для прикладу виберемо три моделі: $q_1=1,5\text{т}$ – ГАЗ 33023; $q_2=2,5\text{т}$ – Mercedes-Benz Sprinter 208CDI; $q_3=4\text{т}$ – ГАЗ 33081;

де q_j – вантажопідйомність автомобіля, т.;

$j = 1, 2, \dots, m-1$ - індекс автомобіля вантажопідйомністю меншою від максимальної;

$j = m$ – індекс автомобіля максимальної вантажопідйомності.

Імовірність замовлення партії вантажу певної ваги, для перевезення якої необхідно мати автомобіль найменшої вантажопідйомності із рядка q_1 (у наведеному прикладі це автомобіль ГАЗ 33023 вантажопідйомністю $q_1 = 1,5\text{т}$), розраховується за формулою [1]:

$$P_j = \int_0^{(q\gamma)_1} f(x) dx = 1 - e^{-\frac{(q\gamma)_1}{q}}, \quad j = 1, \quad (2.2)$$

де $f(x)$ – щільність розподілу розмірів малих відправок.

$$P_1 = 1 - e^{-\frac{(1,5 \cdot 0,8)}{0,8}} = 0,7769.$$

Імовірність замовлення партії вантажу певної ваги, для перевезення якої необхідно мати автомобіль вантажопідйомність якого знаходиться між найменшою і максимальною вантажністю вибраних автомобілів із рядка q_2 (у наведеному прикладі це автомобіль Mercedes-Benz Sprinter 208CDI вантажопідйомністю $q_2 = 2,5\text{т}$), розраховується за формулою [1]:

$$P_j = \int_{(q\gamma)_{j-1}}^{(q\gamma)_j} f(x)dx = e^{-\frac{(q\gamma)_{j-1}}{q}} - e^{-\frac{(q\gamma)_j}{q}}, 1 < j < m. \quad (2.3)$$

$$P_2 = e^{-\frac{(1,5 \cdot 0,8)}{0,8}} - e^{-\frac{(2,5 \cdot 0,8)}{0,8}} = 0,1410.$$

Імовірність надходження замовлень на перевезення партії вантажу певної ваги, для яких знадобиться автомобіль максимальної вантажопідйомності q_m (у наведеному прикладі це автомобіль ГАЗ 33081 вантажопідйомністю $q_3 = 4\text{т}$), що виконає перевезення цієї партії за i -ту кількість їздок ($i=1,2,\dots$) розраховується за формулою [1]:

$$P_{j,i} = \begin{cases} \int_{(q\gamma)_{m-1}}^{(q\gamma)_m} f(x)dx = e^{-\frac{(q\gamma)_{m-1}}{q}} - e^{-\frac{(q\gamma)_m}{q}}, & i = 1; \\ \int_{(i-1)q\gamma_m}^{i(q\gamma)_m} f(x)dx = e^{-\frac{(i-1)(q\gamma)_m}{q}} - e^{-\frac{i(q\gamma)_m}{q}}, & i > 1. \end{cases}, \quad j = m \quad (2.4)$$

У наведеному прикладі імовірність того, що надійдуть замовлення на перевезення партії вантажу автомобілем вантажопідйомністю 4 т та знадобиться виконати 1 їздки складатиме згідно (2.4):

$$P_{3,1} = e^{-\frac{(2,5 \cdot 0,8)}{0,8}} - e^{-\frac{(4 \cdot 0,8)}{0,8}} = 0,0638.$$

Імовірність того, що надійдуть замовлення на перевезення партії вантажу автомобілем вантажопідйомністю 4 т та знадобиться виконати 2 їздки складатиме згідно (2.4):

$$P_{3,2} = e^{-\frac{(4 \cdot 0,8)}{0,8}} - e^{-\frac{2 \cdot (4 \cdot 0,8)}{0,8}} = 0,0183.$$

Точність розрахунків ймовірності $P'_{m,i}$ для $i \geq 1$ визначаємо чотирма цифрами після коми.

Розраховувати імовірності того, що надійдуть замовлення на перевезення вантажу автомобілем максимальної вантажопідйомності q_m , який виконує перевезення за i -ту кількість їздок слід до тих пір, поки сума імовірностей надходження замовлень для різних марок автомобілів не буде дорівнювати приблизно одиниці. Для наведеного випадку маємо:

$$\sum P = P_1 + P_2 + P_{3,1} + P_{3,2} = 0,7769 + 0,141 + 0,0638 + 0,0183 = 1,0.$$

Отже подальші розрахунки припиняються.

2.3 Визначення потрібної кількості автомобілів відповідної вантажності

2.3.1 Визначення питомої кількості автомобілів кожної марки

Питома вага автомобілів A_{ej} вантажопідйомністю q_1, q_2, \dots, q_{m-1} визначається за формулою [1]:

$$\frac{A_{ej}}{A_e} = \frac{P_j}{T_{нВ}} \left(\frac{l_{ievj}}{V_{Tj} \beta_j} + t_{нрj} \right), \quad j=1, 2, \dots, m-1. \quad (2.5)$$

де A_e – загальна кількість автомобілів;

P_j – імовірність використання автомобілів j -ї вантажопідйомності;

$T_{нВ}$ – розрахунковий коефіцієнт, який розраховується за формулою [1]:

$$T_{нВ} = \sum_{j=1}^{m-1} P_j \left(\frac{l_{ievj}}{V_{Tj} \beta_j} + t_{нрj} \right) + \left(\frac{l_{iev m}}{V_{Tm} \beta_m} + t_{нр m} \right) \sum_{i=1}^{\infty} i \cdot P_{m,i}, \quad (2.6)$$

де $P_{m,i}$ – імовірність використання автомобіля максимальної вантажопідйомності при виконанні i -ї їздки;

l_{ievj} – відстань вантажної їздки, км;

V_{Tj} – технічна швидкість автомобіля, км/год. ;

β_j – коефіцієнт використання пробігу;

$t_{нрj}$ – час простою автомобіля під навантаженням-розвантаженням, год. (визначається у відповідності вантажності обраних марок автомобілів [3]).

В нашому випадку, за формулою (2.6) маємо:

$$T_{нВ} = \left[0,7769 \left(\frac{20}{25 \cdot 0,5} + 0,3 \right) + 0,141 \left(\frac{20}{25 \cdot 0,5} + 0,4 \right) \right] + \left(\frac{20}{25 \cdot 0,5} + 0,5 \right) [(1 \cdot 0,0638) + (2 \cdot 0,0183)] = 2.$$

Питома кількість автомобілів вантажопідйомністю $q_1 = 1,5$ т та $q_2 = 2,5$ т згідно (2.5) буде мати наступні значення:

$$\frac{A_{e, q_1=1,5}}{A_e} = \frac{0,7769}{2} \left(\frac{20}{25 \cdot 0,5} + 0,3 \right) = 0,75,$$

$$\frac{A_{e, q_2=2,5}}{A_e} = \frac{0,141}{2} \left(\frac{20}{25 \cdot 0,5} + 0,4 \right) = 0,143.$$

Питома кількість автомобілів максимальної вантажопідйомності q_m визначається за формулою [1]:

$$\frac{A_{em}}{A_e} = \frac{\sum_{i=1}^{\infty} i \cdot P_{m,i}}{T_{\mu} B} \left(\frac{l_{i6m}}{V_{Tm} \beta_m} + t_{upm} \right). \quad (2.7)$$

Питома кількість автомобілів максимальної вантажопідйомності $q_3=4$ т згідно (2.7) буде мати наступне значення:

$$\frac{A_{e, q=4}}{A_e} = \frac{(1 \cdot 0,0638 + 2 \cdot 0,0183)}{2} \left(\frac{20}{25 \cdot 0,5} + 0,5 \right) = 0,107.$$

2.3.2 Визначення середньої вантажопідйомності автомобіля за їзду

Середня вантажопідйомність одного автомобіля по парку за їзду визначається за формулою [1]:

$$\bar{q}_i = \sum_{j=1}^{m-1} P_j q_j + q_m \sum_{i=1}^{\infty} P_{m,i}, \quad T, \quad (2.8)$$

де q_j, q_m – вантажопідйомності автомобілів, $j=1, 2, \dots, m$.

Для наведеного прикладу середня вантажопідйомність одного автомобіля по парку за їзду буде мати значення:

$$\bar{q}_i = (0,7769 \cdot 1,5 + 0,141 \cdot 2,5) + 4 \cdot (0,0638 + 0,0183) = 1,85 \text{ Т.}$$

2.3.3 Визначення кількості їздок, необхідних для виконання перевезення заданого обсягу вантажу

Кількість їздок, необхідних для перевезення заданого загального обсягу вантажу парком автомобілів, визначається за формулою [1]:

$$n_i = \frac{Q}{q_i \cdot \gamma_c} = \frac{80000}{1,85 \cdot 0,8} = 54168, \quad (2.9)$$

де Q – заданий загальний обсяг перевезень, т;

γ_c – коефіцієнт статичного використання вантажопідйомності парку автомобілів.

2.3.4 Кількість їздок, виконаних автомобілями j-ї марки

Кількість їздок, виконаних автомобілями j-ї марки визначається за формулою [1]:

$$n_{ij} = P_j \cdot n_i, \quad j = 1, 2, \dots, m-1. \quad (2.10)$$

Таким чином, для автомобілів вантажопідйомністю $q_1 = 1,5\text{т}$ та $q_2 = 2,5\text{т}$ згідно (2.10) кількість їздок становитиме:

$$n_{i,1} = 0,7769 \cdot 54168 = 42083 \text{ їздок};$$

$$n_{i,2} = 0,141 \cdot 54168 = 7638 \text{ їздок}.$$

Кількість їздок, виконаних автомобілями максимальної вантажопідйомності q_m визначається за формулою [1]:

$$n_{im} = n_i - \sum_{j=1}^{m-1} n_{ij}. \quad (2.11)$$

Таким чином, для автомобілів максимальної вантажопідйомності $q_3 = 4\text{т}$ кількість їздок становитиме:

$$n_{i,3} = 54168 - (42083 + 7638) = 4447 \text{ їздок}.$$

2.3.5 Обсяг перевезень кожної марки автомобілів

Обсяг перевезень кожної марки автомобілів визначається за формулою [1]:

$$Q_j = n_{ij} \cdot (q\gamma_c)_j, \quad j = 1, 2, \dots, m. \quad (2.12)$$

Для наведеного прикладу, обсяг перевезення, який буде виконуватися автомобілями кожної марки окремо, визначається за формулою (2.12):

$$Q_1 = 42083 \cdot 1,5 \cdot 0,8 = 50498 \text{ т};$$

$$Q_2 = 7638 \cdot 2,5 \cdot 0,8 = 15274 \text{ т};$$

$$Q_3 = 4447 \cdot 4 \cdot 0,8 = 14228 \text{ т}.$$

2.3.6 Добова продуктивність автомобілів

Добова продуктивність автомобілів визначається за формулою [1]:

$$Q_{\text{доб.}j} = \frac{q_j \gamma_c V_{Tj} \beta_j T_{nj}}{l_{ie} + V_T \beta_j t_{n-pj}}, \text{ т/добу}, \quad (2.13)$$

де T_{nj} – час перебування автомобіля в наряді, год.

Для наведеного прикладу, для автомобілів вантажопідйомностями $q_1 = 1,5\text{т}$, $q_2 = 2,5\text{т}$ та $q_3 = 4\text{т}$ за формулою (2.13) маємо значення добової продуктивності одного автомобіля:

$$Q_{\text{доб.}q=1,5} = \frac{1,5 \cdot 0,8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10}{20 + 25 \cdot 0,5 \cdot 0,3} = 6,32 \text{ т/добу};$$

$$Q_{\text{доб.}q=2,5} = \frac{2,5 \cdot 0,8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10}{20 + 25 \cdot 0,5 \cdot 0,4} = 10 \text{ т/добу};$$

$$Q_{\text{доб.}q=4} = \frac{4 \cdot 0,8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10}{20 + 25 \cdot 0,5 \cdot 0,5} = 15,24 \text{ т/добу}.$$

2.3.7 Необхідна середня кількість автомобілів кожної моделі

Необхідна середня кількість автомобілів кожної моделі визначається за формулою [1]:

$$A_j = \frac{Q_j}{Q_{\text{доб.}j} D \cdot \alpha_{ej}}, \quad j = 1, 2, \dots, m, \quad (2.14)$$

де - α_{vj} – коефіцієнт випуску автомобілів на лінію;

D - кількість днів роботи автомобілів (звітний період).

Таким чином, для автомобілів вантажопідйомностями $q_1=1,5\text{т}$, $q_2=2,5\text{т}$ та $q_3=4\text{т}$ відповідно за формулою (2.14):

$$A_{q=1,5} = \frac{50498}{6,32 \cdot 300 \cdot 0,7} = 38,05 \approx 38 \text{ авт};$$

$$A_{q=2,5} = \frac{15274}{10 \cdot 300 \cdot 0,9} = 5,66 \approx 6 \text{ авт};$$

$$A_{q=4} = \frac{14228}{15,24 \cdot 300 \cdot 0,8} = 3,89 \approx 4 \text{ авт}.$$

2.4 Розрахунок годинної продуктивності рухомого складу і собівартості перевезень

Середньозважене значення годинної продуктивності одного автомобіля по парку автомобілів (т/год.) визначається за формулою [1]:

$$\bar{P}_{\text{год}} = \frac{\sum_{j=1}^m Q_j}{\sum_{j=1}^m P_{\text{год},j}}, \quad (2.15)$$

де Q_j – обсяг перевезень j -ї марки автомобіля, т; для розгляданого прикладу маємо: $Q_1=50498$ т, $Q_2=15274$ т, $Q_3=14228$ т;

$P_{\text{год},j}$ – годинна продуктивність автомобіля j - вантажності, т/год.

Годинна продуктивність автомобіля j -ї вантажності у т/годину визначається за формулою [1]:

$$P_{\text{год},j} = \frac{Q_{\text{доб},j}}{T_{\text{н}j}} = \frac{q_j \gamma_{\text{ej}} V_{\text{Tj}} \beta_j}{l_{\text{ів}j} + V_{\text{Tj}} \beta_j t_{\text{н-pj}}}. \quad (2.16)$$

Визначально, для автомобілів вантажопідйомностями $q_1 = 1,5$ т, $q_2 = 2,5$ т та $q_3 = 4$ т відповідно за формулою (2.15):

$$P_{q=1,5} = \frac{1,5 \cdot 0,8 \cdot 25 \cdot 0,5}{20 + 25 \cdot 0,5 \cdot 0,3} = 0,632 \text{ т/ГОД};$$

$$P_{q=2,5} = \frac{2,5 \cdot 0,8 \cdot 25 \cdot 0,5}{20 + 25 \cdot 0,5 \cdot 0,4} = 1,0 \text{ т/ГОД};$$

$$P_{q=4} = \frac{4 \cdot 0,8 \cdot 25 \cdot 0,5}{20 + 25 \cdot 0,5 \cdot 0,5} = 1,524 \text{ т/ГОД}.$$

Враховуючи наведені вище розрахунки, за формулою (2.15) отримуємо середньозважене значення годинної продуктивності одного автомобіля по парку:

$$\bar{P}_{\text{год}} = \frac{50498 + 15274 + 14228}{\frac{50498}{0,63} + \frac{15274}{1,0} + \frac{14228}{1,524}} = 0,7636 \text{ т/год.}$$

Середньозважене значення собівартості перевезення 1 т вантажу у грн./т парком автомобілів визначається за формулою [1]:

Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «ОТТП і С»

$$\bar{S}_T = \frac{\sum_{j=1}^m Q_j S_{Tj}}{\sum_{j=1}^m Q_j}, \quad (2.17)$$

де S_{Tj} – собівартість перевезення 1 т вантажу автомобілями j -ї вантажності, грн/т [1]:

$$S_{Tj} = \frac{l_{\text{в}j} C_{\text{км}j}}{q_j \gamma_{\text{с}j} \beta_j} + \frac{t_{\text{н-р}j} k_{\text{д}} C_{\text{пос}j}}{q_j \gamma_{\text{с}j}}, \quad (2.18)$$

$C_{\text{км}j}$ – витрати на 1 км пробігу, грн./км;

$k_{\text{д}}$ – коефіцієнт, враховуючий зміни витрат при зміні цін. (Задає викладач на даний період часу, наприклад $k_{\text{д}}=4$).

$$C_{\text{км}j} = k_{\text{д}} C_{\text{пер}j} + \frac{k_{\text{д}} C_{\text{пос}j}}{V_{Tj}}, \quad (2.19)$$

де $C_{\text{пер}j}$ – перемінні витрати на 1 км пробігу, грн./км;

$C_{\text{пос}j}$ – постійні витрати на 1 годину роботи, грн./годину.

У додатку А наведені норми складових собівартості ($C_{\text{пер}j}$, $C_{\text{пос}j}$).

Враховуючи формули (2.16), (2.17) та (2.18) для обраних автомобілів вантажопідйомностями $q_1 = 1,5\text{т}$, $q_2 = 2,5\text{т}$ та $q_3 = 4\text{т}$ маємо:

$$C_{\text{км}j=1,5} = \frac{4 \cdot 4,681}{100} + \frac{4 \cdot 125,21}{100 \cdot 25} = 0,39 \text{ грн./км};$$

$$C_{\text{км}j=2,5} = \frac{4 \cdot 6,319}{100} + \frac{4 \cdot 124,0}{100 \cdot 25} = 0,45 \text{ грн./км};$$

$$C_{\text{км}j=4} = \frac{4 \cdot 8,783}{100} + \frac{4 \cdot 137,0}{100 \cdot 25} = 0,57 \text{ грн./км};$$

$$S_{\text{км}j=1,5} = \frac{20 \cdot 0,39}{1,5 \cdot 0,8 \cdot 0,5} + \frac{0,3 \cdot 4 \cdot 125,21}{1,5 \cdot 0,8 \cdot 100} = 14,25 \text{ грн./т};$$

$$S_{\text{км}j=2,5} = \frac{20 \cdot 0,45}{2,5 \cdot 0,8 \cdot 0,5} + \frac{0,4 \cdot 4 \cdot 124,0}{2,5 \cdot 0,8 \cdot 100} = 9,99 \text{ грн./т};$$

$$S_{\text{км}j=4} = \frac{20 \cdot 0,57}{4 \cdot 0,8 \cdot 0,5} + \frac{0,5 \cdot 4 \cdot 137,0}{4 \cdot 0,8 \cdot 100} = 7,98 \text{ грн./т};$$

$$\bar{S}_T = \frac{14,25 \cdot 50498 + 9,99 \cdot 15274 + 7,98 \cdot 14228}{50498 + 15274 + 14228} = 12,3 \text{ грн./т}.$$

За результатами розрахунків розділу 2 зробити висновки та дати оцінку показникам технологічних і проектних рішень при даній організації транспортного процесу.

3 ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ ПАРКУ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ОБ'ЄДНАНИХ ПАРТІЙ ВАНТАЖІВ

3.1 Побудова графіку розподілу розмірів об'єднаних партій вантажу, наданого до перевезення

Об'єднаною називають партію, що складається з різноманітних партій вантажів (відправок) кратних розміру малої партії розглянутих у розділі 2, у тому числі і наданих до перевезення у різний час, але постачання яких поєднується з метою підвищення ефективності перевезень.

Розмір об'єднаних партій вантажів є випадковою величиною, розподіл якої наприклад підкоряється закону розподілу Пуассона. Щільність розподілу випадкової величини об'єднаних партій у цьому випадку визначається за формулою [1]:

$$f(x) = \frac{1}{q[1-P(0, \lambda t)]} \sum_{n=1}^{\infty} (P(n-1, \frac{x}{q}) \cdot P(n, \lambda t)) , \quad (3.1)$$

де x – розмір об'єднаної партії вантажу, тон;

\bar{q} – середній розмір об'єднаної партії вантажів, який кратний розміру партії малих відправок, тон (таблиця 3 вихідних даних, с. 6);

λ – інтенсивність попиту на середній розмір об'єднаної партії вантажу (таблиця 1.3 вихідних даних, с. 6);

n – кількість надходжень попиту: приймаються значення від 0 до ∞ ;

t – час (період) за який надходить відповідна кількість заявок (попит) та той чи інший вантаж: для нашого прикладу приймаємо $t = 1$ добу.

$P(0, \lambda t)$, $P(n-1, \frac{x}{q})$, $P(n, \lambda t)$ - відповідно імовірність того, що в період t надійде 0, $n-1$ або n попиту на перевезення.

$$P(0, \lambda t) = \frac{\lambda t^0}{0!} e^{-\lambda t} = \lambda t \cdot e^{-\lambda t} ; \quad (3.2)$$

$$P(n, \lambda t) = \frac{(\lambda t)^n}{n!} e^{-\lambda t} ; \quad (3.3)$$

$$P(n-1, \frac{x}{q}) = \frac{(\frac{x}{q})^{n-1}}{(n-1)!} e^{-\frac{x}{q}} . \quad (3.4)$$

Точність обчислення імовірності визначаємо чотирма нулями після коми.

Так, як повна маса транспортного засобу при автомобільних вантажних перевезеннях на дорогах загального користування обмежена 38 тонам, то розрахунки множника при об'єднаних партіях вантажу

$$\sum_{n=1}^{\infty} \left(P(n-1, \frac{x}{q}) \cdot P(n, \lambda t) \right) = \sum_{n=1}^{\infty} \left(\left(\frac{\left(\frac{x}{q}\right)^{n-1}}{(n-1)!} e^{-\frac{x}{q}} \right) \cdot \left(\frac{(\lambda t)^n}{n!} e^{-\lambda t} \right) \right) \text{ у формулі (3.1) слід проводити}$$

для кожного значення об'єднаної партії вантажу (x) у межах від 1 до 30 тони (при $x = 0$, $f(x) = 0$) з урахуванням зміни кількості надходження попитів n від 1 до ∞ до появи числа у мінус 5-му ступені.

Наприклад, при $x=1$:

$$\begin{aligned} \sum_{n=1}^{\infty} \left(\left(\frac{\left(\frac{x}{q}\right)^{n-1}}{(n-1)!} e^{-\frac{x}{q}} \right) \cdot \left(\frac{(\lambda t)^n}{n!} e^{-\lambda t} \right) \right) &= \left(\left(\frac{\left(\frac{1}{0,8}\right)^{1-1}}{(1-1)!} \cdot e^{-\frac{1}{0,8}} \right) \cdot \left(\frac{(1 \cdot 7)^1}{1!} \cdot e^{-7} \right) \right) + \\ &+ \left(\left(\frac{\left(\frac{1}{0,8}\right)^{2-1}}{(2-1)!} \cdot e^{-\frac{1}{0,8}} \right) \cdot \left(\frac{(1 \cdot 7)^2}{2!} \cdot e^{-7} \right) \right) + \left(\left(\frac{\left(\frac{1}{0,8}\right)^{3-1}}{(3-1)!} \cdot e^{-\frac{1}{0,8}} \right) \cdot \left(\frac{(1 \cdot 7)^3}{3!} \cdot e^{-7} \right) \right) + \dots = \\ &= 0,001829 + 0,008001 + 0,011668 \dots + 0,000035 = 0,035109, \\ f(x) &= \frac{1}{0,8 \cdot (1 - 7 \cdot e^{-7})} \cdot 0,035109 = 0,04417. \end{aligned}$$

Графік щільності розподілу об'єднаних партій вантажів, побудований на підставі нижче наведених результатів розрахунку для наведеного прикладу відображено на рисунку 3.1. Розрахунки значення $f(x)$ слід виконувати до тих пір, коли не з'явиться число при відповідному розмірі об'єднаної партії вантажу у мінус 4-му ступені.

x	0	1	2	3	4	5	6
f(x)	0	0,04417	0,08909	0,1246	0,1412	0,1388	0,1229
x	7	8	9	10	11	12	13
f(x)	0,1004	0,0768	0,0557	0,0385	0,0256	0,0165	0,0103
x	14	15	16	17	18		
f(x)	0,0062	0,0037	0,0021	0,0012	0,0007		



Рисунок 3.1 – Щільність розподілу розмірів об'єднаних партій вантажу

3.2 Розрахунок імовірності попиту на використання автомобілів відповідної вантажності

Для перевезення об'єднаних партій вантажів автомобілі різної вантажності, необхідних для їх перевезення, слід обирати виходячи із аналізу графіка щільності розподілу об'єднаних партій вантажів (рисунок 3.1).

Для наведеного прикладу, як і у розділі 2, передбачаємо три марки автомобілів різної вантажності у інтервалі від 1 до 16 тонн і задаємося рядком: $q_1, q_2 \dots q_m$. Вантажність автомобіля, яка буде більшою за мінімально обраною, але меншою за максимальною слід обирати із умови:

$$q = \bar{q} \cdot \lambda, \text{ т.} \quad (3.5)$$

Таким чином, для нашого випадку маємо, що $q_2 = 0,8 \cdot 7 = 5,6$ т. Автомобілем такої вантажопідйомності є Mercedes-Benz Atego 1518. Інші дві моделі автомобілів обираємо згідно щільності розподілу розмірів об'єднаних партій вантажів (див. рисунок 3.1). У якості автомобіля малої вантажопідйомності - $q_1 = 1,6$ т візьмемо Ford Transit FT330K/350M 2,4, а у якості автомобіля максимальної вантажопідйомності $q_3 = 16$ т - КаМАЗ-54112+ЧМЗАП-99063-051. Марки автомобілів різної вантажопідйомності наведені у додатку А.

Імовірність попиту на перевезення об'єднаних партій вантажів, для яких доцільно використовувати автомобілі вантажністю q_j , $j = 1$ ($q_1 = 1,6$ т, автомобілі малої вантажопідйомності) визначається за формулою [1]:

$$P_1 = \frac{1}{1 - e^{-\lambda t}} \sum_{n=1}^{\infty} [1 - R(n-1, \frac{q_j}{q})] \cdot P(n, \lambda t), \quad (3.6)$$

де $1 - R(n-1, \frac{q_j}{q}) = \bar{R}(m, a)$, [1];

m, a - параметри розподілу Пуассона; $m = n-1$, $a = \frac{q_j}{q}$;

n - кількість надходжень попиту: приймаються значення від 0 до ∞ ;

$P(n, \lambda t) = \bar{R}(m-1, a) - \bar{R}(m, a)$, [1];

m, a - параметри розподілу Пуассона; $m = n$; $a = \lambda \cdot t$.

Значення $\bar{R} = (m, a)$ наведені в таблицях розподілу Пуассона (Додаток Б).

Точність обчислень множника обумовлюємо чотирма нулями після коми.

В нашому випадку, при $n = 1$ маємо:

$$\begin{aligned} [1 - R(n-1, \frac{q_j}{q})] \cdot P(n, \lambda t) &= \bar{R}(0; 2) \cdot [\bar{R}(0; 7) - \bar{R}(1; 7)] = \\ &= 0,86466 \cdot [0,99909 - 0,9927] = 0,005525. \end{aligned}$$

При $n = 2$ маємо:

$$\begin{aligned} [1 - R(n-1, \frac{q_j}{q})] \cdot P(n, \lambda t) &= \bar{R}(1; 2) \cdot [\bar{R}(1; 7) - \bar{R}(2; 7)] = \\ &= 0,59399 \cdot [0,9927 - 0,97036] = 0,013269. \end{aligned}$$

.....

При $n = 9$ маємо:

$$\begin{aligned} [1 - R(n-1, \frac{q_j}{q})] \cdot P(n, \lambda t) &= \bar{R}(8; 2) \cdot [\bar{R}(8; 7) - \bar{R}(9; 7)] = \\ &= 0,000237 \cdot [0,27091 - 0,1695] = 0,0000241. \end{aligned}$$

Подальший розрахунок закінчуємо, через те що точність досягла числа з чотирма нулями після коми.

Таким чином, маючи на увазі все вище сказане, імовірність використання автомобілів вантажністю $q_1 = 1,6$ т згідно (3.6) складе:

$$P_1 = \frac{1}{1 - e^{-7 \cdot 1}} \sum_{n=1}^{\infty} [1 - R(n-1, \frac{1,6}{0,8})] \cdot P(n, 7 \cdot 1) =$$

$$= 1,00091 \cdot (0,005525 + 0,013269 + \dots + 0,0000241) = 0,06.$$

Імовірність попиту на перевезення вантажів партіями, для яких доцільно використовувати автомобілі вантажністю q_j , для $1 < j < m$ ($q_2 = 5,6$ т, автомобіль середньої вантажопідйомності) визначається за формулою [1]:

$$P_2 = \frac{1}{1 - e^{-\lambda t}} \sum_{n=1}^{\infty} [R(n-1, \frac{q_{j-1}}{q}) - R(n-1, \frac{q_j}{q})] \cdot P(n, \lambda t), \quad (3.7)$$

$$\text{де } R(n-1, \frac{q_{j-1}}{q}) = 1 - \bar{R}(m, a); \quad m = n-1; a = \frac{q_{j-1}}{q};$$

$$R(n-1, \frac{q_j}{q}) = 1 - \bar{R}(m, a); \quad m = n-1; a = \frac{q_j}{q}.$$

В нашому випадку, при $n = 1$ маємо:

$$[R(n-1, \frac{q_{j-1}}{q}) - R(n-1, \frac{q_j}{q})] \cdot P(n, \lambda t) = \left\{ [1 - \bar{R}(0; 2)] - [1 - \bar{R}(0; 7)] \right\} \cdot [\bar{R}(0; 7) - \bar{R}(1; 7)] =$$

$$= \{ [1 - 0,86466] - [1 - 0,99909] \} \cdot [0,99909 - 0,9927] = 0,000859.$$

При $n = 2$ маємо:

$$[R(n-1, \frac{q_{j-1}}{q}) - R(n-1, \frac{q_j}{q})] \cdot P(n, \lambda t) = \left\{ [1 - \bar{R}(1; 2)] - [1 - \bar{R}(1; 7)] \right\} \cdot [\bar{R}(1; 7) - \bar{R}(2; 7)] =$$

$$= \{ [1 - 0,59399] - [1 - 0,9927] \} \cdot [0,9927 - 0,97036] = 0,008907.$$

.....

При $n = 15$ маємо:

$$[R(n-1, \frac{q_{j-1}}{q}) - R(n-1, \frac{q_j}{q})] \cdot P(n, \lambda t) = \left\{ [1 - \bar{R}(14; 2)] - [1 - \bar{R}(14; 7)] \right\} \cdot [\bar{R}(14; 7) - \bar{R}(15; 7)] =$$

$$= \{ [1 - 0] - [1 - 0,0057172] \} \cdot [0,0057172 - 0,0024066] = 0,00009088.$$

Точність розрахунку досягла числа з чотирма нулями після коми.

Таким чином, імовірність використання автомобілів вантажністю $q_2 = 5,6$ т, згідно (3.7), складе:

$$P_2 = \frac{1}{1 - e^{-7 \cdot 1}} \sum_{n=1}^{\infty} [R(n-1, \frac{1,6}{0,8}) - R(n-1, \frac{5,6}{0,8})] \cdot P(n, 7 \cdot 1) =$$

$$= 1,00091 \cdot (0,000859 + 0,008907 + \dots + 0,00009088) = 0,5.$$

Імовірність попиту на перевезення вантажів партіями, для яких доцільно використовувати автомобілі вантажністю q_j ($q_j=m$, тобто автомобіль максимальної вантажопідйомності), який виконує перевезення за i -ту кількість їздок ($i=1,2,3\dots$) визначається за формулою (3.7).

$$\begin{aligned} \text{Для } i=1 & \quad q_j = q_m, & \quad q_{j-1} = q_{m-1} ; \\ i=2 & \quad q_j = 2q_m, & \quad q_{j-1} = q_m ; \\ i=3 & \quad q_j = 3q_m, & \quad q_{j-1} = 2q_m . \end{aligned}$$

і т.д.

В нашому випадку при $i = 1$ та $n = 1$ маємо:

$$\begin{aligned} [R(n-1, \frac{q_{j-1}}{q}) - R(n-1, \frac{q_j}{q})] \cdot P(n, \lambda t) &= \{ [1 - \bar{R}(0;7)] - [1 - \bar{R}(0;20)] \} \cdot [\bar{R}(0;7) - \bar{R}(1;7)] = \\ &= \{ [1 - 0,99909] - [1 - 1] \} \cdot [0,99909 - 0,9927] = 0,0000058149. \end{aligned}$$

.....

При $n = 4$ маємо:

$$\begin{aligned} [R(n-1, \frac{q_{j-1}}{q}) - R(n-1, \frac{q_j}{q})] \cdot P(n, \lambda t) &= \{ [1 - \bar{R}(3;7)] - [1 - \bar{R}(3;20)] \} \cdot [\bar{R}(3;7) - \bar{R}(4;7)] = \\ &= \{ [1 - 0,91823] - [1 - 0,99998] \} \cdot [0,91823 - 0,82701] = 0,0050047. \end{aligned}$$

.....

При $n = 19$ маємо:

$$\begin{aligned} [R(n-1, \frac{q_{j-1}}{q}) - R(n-1, \frac{q_j}{q})] \cdot P(n, \lambda t) &= \{ [1 - \bar{R}(18;7)] - [1 - \bar{R}(18;20)] \} \cdot [\bar{R}(18;7) - \bar{R}(19;7)] = \\ &= \{ [1 - 0,00012985] - [1 - 0,61858] \} \cdot [0,00012985 - 0,00004444] = 0,00004525. \end{aligned}$$

Точність обчислення суми досягла числа з чотирма нулями після коми.

Таким чином, в нашому випадку, для автомобілів максимальної вантажопідйомності $q_3 = 16$ т, згідно (3.7) імовірність виконання ними однієї їздки складатиме:

$$\begin{aligned} P_{3,1} &= \frac{1}{1 - e^{-7,1}} \sum_{n=1}^{\infty} [R(n-1, \frac{5,6}{0,8}) - R(n-1, \frac{16}{0,8})] \cdot P(n, 7 \cdot 1) = \\ &= 1,00091 \cdot (0,0000058149 + \dots + 0,0050047 + \dots + 0,00004525) = 0,44. \end{aligned}$$

Сума ймовірностей використання різних марок автомобілів повинна дорівнювати приблизно одиниці. В нашому випадку маємо:

$$P_{q(t)} = 0,06 + 0,5 + 0,44 = 1.$$

Тому розрахунки імовірності використання автомобілів максимальної вантажопідйомності, коли вони будуть виконувати 2 і більше їздок для нашого прикладу не виконуються.

3.3 Визначення потрібної кількості автомобілів відповідної вантажності

Розрахунок потрібної кількості автомобілів при перевезенні об'єднаних партій вантажів виконується аналогічно розрахунку потрібної кількості автомобілів при перевезенні малих партій вантажів (див. підрозділ 2.3).

3.3.1 Визначення питомої кількості автомобілів кожної марки

За формулою (2.6) розрахуємо значення розрахункового коефіцієнту T_{HB} , враховуючи, що в нашому випадку $P_1 = 0,06$, $P_2 = 0,5$, $P_{3,1} = 0,44$, $l_{ivj} = 20$ км, $V_{Tj} = 25$ км/годину, $\beta_j = 0,5$, $t_{np1} = 0,64$ години [3], $t_{np2} = 1,28$ години, $t_{np1} = 2,24$ години :

$$T_{HB} = \left[0,06 \left(\frac{20}{25 \cdot 0,5} + 0,64 \right) + 0,5 \left(\frac{20}{25 \cdot 0,5} + 1,28 \right) \right] + \left(\frac{20}{25 \cdot 0,5} + 2,24 \right) [(1 \cdot 0,44)] = 3,264$$

Враховуючи формулу (2.5) визначимо питому вагу автомобілів вантажопідйомністю $q_1 = 1,6$ т та $q_2 = 5,6$ т:

$$\frac{A_{e,j=1,6}}{A_e} = \frac{0,06}{3,264} \left(\frac{20}{25 \cdot 0,5} + 0,64 \right) = 0,041;$$

$$\frac{A_{e,j=5,6}}{A_e} = \frac{0,5}{3,264} \left(\frac{20}{25 \cdot 0,5} + 1,28 \right) = 0,441.$$

Враховуючи формулу (2.7) розрахуємо питому вагу автомобілів максимальної вантажопідйомності, тобто автомобілів вантажопідйомністю 16 т:

$$\frac{A_{e,j=16}}{A_e} = \frac{1 \cdot 0,44}{3,264} \left(\frac{20}{25 \cdot 0,5} + 2,24 \right) = 0,518.$$

3.3.2 Визначення середньої вантажності автомобіля за їзду

Враховуючи, що для розгляданого прикладу $q_1 = 1,6$ т, $q_2 = 5,6$ т, $q_3 = 16$ т, $P_1 = 0,06$, $P_2 = 0,50$, $P_{3,1} = 0,44$, використовуючи формулу (2.8) визначимо середню вантажопідйомність автомобіля за їзду:

$$\bar{q}_i = (0,06 \cdot 1,6 + 0,50 \cdot 5,6) + 16(1 \cdot 0,44) = 9,936 \text{ т.}$$

3.3.3 Визначення кількості їздок, виконаних парком автомобілів за розглядаємий термін

Враховуючи, що для нашого прикладу $Q = 80000$ т, $\gamma_c = 0,8$, а $\bar{q}_i = 9,936$ т, за формулою (2.9) розрахуємо кількості їздок, що необхідно виконати парком автомобілів за розглядаємий термін:

$$n_i = \frac{80000}{9,936 \cdot 0,8} = 10064 \text{ їздки.}$$

3.3.4 Кількість їздок, що повинні виконувати автомобілі j-ї марки

Враховуючи, що для розгляданого прикладу $P_1 = 0,06$, $P_2 = 0,5$, $n_i = 10064$ їздки, використовуючи формулу (2.10) визначимо кількості їздок, які виконуються автомобілями з вантажопідйомністю $q_1 = 1,6$ т та $q_2 = 5,6$ т:

$$n_{i,q=1,6m} = 0,06 \cdot 10064 = 604 \text{ їздки;}$$

$$n_{i,q=5,6m} = 0,5 \cdot 10064 = 5032 \text{ їздки.}$$

Для автомобілів максимальної вантажності $q_3 = 16$ т за формулою (2.11) отримаємо:

$$n_{i,q=16m} = 10064 - (604 + 5032) = 4428 \text{ їздок.}$$

3.3.5 Обсяг перевезень кожної марки автомобілів

Враховуючи, що для розгляданого прикладу $q_1 = 1,6$ т, $q_2 = 5,6$ т, $q_3 = 16$ т, $n_{i,q=1,6t} = 604$ їздки, $n_{i,q=5,6t} = 5032$ їздки, $n_{i,q=16t} = 4428$ їздок та

$\gamma_c = 0,8$, використовуючи формулу (2.12) визначимо обсяг перевезень кожної марки автомобілів:

$$Q_{q=1,6t} = 604 \cdot 1,6 \cdot 0,8 = 773 \text{ т};$$

$$Q_{q=5,6t} = 5032 \cdot 5,6 \cdot 0,8 = 22543 \text{ т};$$

$$Q_{q=16t} = 4428 \cdot 16 \cdot 0,8 = 56678 \text{ т}.$$

3.3.6 Добова продуктивність автомобілів

Враховуючи, що для розгляданого прикладу $q_1 = 1,6 \text{ т}$, $q_2 = 5,6 \text{ т}$, $q_3 = 16 \text{ т}$, $\gamma_c = 0,8$, $V_{Tj} = 25 \text{ км/годину}$, $\beta_j = 0,5$, $T_n = 10 \text{ годин}$, $l_{ivj} = 20 \text{ км}$, $t_{np1} = 0,64 \text{ години}$, $t_{np2} = 1,28 \text{ години}$, $t_{np3} = 2,24 \text{ години}$ та використовуючи формулу (2.13) визначимо добові продуктивності автомобілів:

$$Q_{доб. q=1,6} = \frac{1,6 \cdot 0,8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10}{20 + 25 \cdot 0,5 \cdot 0,64} = 5,71 \text{ т/добу};$$

$$Q_{доб. q=5,6} = \frac{5,6 \cdot 0,8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10}{20 + 25 \cdot 0,5 \cdot 1,28} = 15,56 \text{ т/добу};$$

$$Q_{доб. q=16} = \frac{16 \cdot 0,8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10}{20 + 25 \cdot 0,5 \cdot 2,24} = 33,33 \text{ т/добу}.$$

3.3.7 Необхідна середня кількість автомобілів кожної моделі

Враховуючи, що для розгляданого прикладу $Q_{q=1,6t} = 773 \text{ т}$, $Q_{q=5,6t} = 22543 \text{ т}$, $Q_{q=16t} = 56678 \text{ т}$, $Q_{доб. q=1,6} = 5,71 \text{ т/добу}$, $Q_{доб. q=5,6} = 15,56 \text{ т/добу}$, $Q_{доб. q=16} = 33,33 \text{ т/добу}$, $D = 300 \text{ днів}$, $\alpha_{в1} = 0,7$, $\alpha_{в2} = 0,9$, $\alpha_{в3} = 0,8$ та використовуючи формулу (2.14) визначимо необхідну середню кількість автомобілів кожної моделі:

$$A_{q=1,6} = \frac{773}{5,71 \cdot 300 \cdot 0,7} = 0,57 \approx 1 \text{ авт};$$

$$A_{q=5,6} = \frac{22543}{15,56 \cdot 300 \cdot 0,9} = 5,36 \approx 5 \text{ авт};$$

$$A_{q=16} = \frac{56678}{33,33 \cdot 300 \cdot 0,8} = 7,08 \approx 7 \text{ авт}.$$

3.4 Розрахунок годинної продуктивності рухомого складу і собівартості перевезень

Враховуючи, що для наведеного прикладу $q_1 = 1,6$ т, $q_2 = 5,6$ т, $q_3 = 16$ т, $\gamma_c = 0,8$, $V_{Tj} = 25$ км/годину, $\beta_j = 0,5$, $l_{ivj} = 20$ км, $t_{np1} = 0,64$ години (38,4 хв.), $t_{np2} = 1,28$ години (76,8 хв.), $t_{np3} = 2,24$ години (134,4 хв), та використовуючи формулу (2.16), визначимо годинні продуктивності автомобілів:

$$P_{q=1,6} = \frac{1,6 \cdot 0,8 \cdot 25 \cdot 0,5}{20 + 25 \cdot 0,5 \cdot 0,64} = 0,57 \text{ т/ГОД};$$

$$P_{q=5,6} = \frac{5,6 \cdot 0,8 \cdot 25 \cdot 0,5}{20 + 25 \cdot 0,5 \cdot 1,28} = 1,56 \text{ т/ГОД};$$

$$P_{q=16} = \frac{16 \cdot 0,8 \cdot 25 \cdot 0,5}{20 + 25 \cdot 0,5 \cdot 2,24} = 3,333 \text{ т/ГОД.}$$

З урахуванням наведених вище розрахунків та враховуючи, що $Q_{q=1,6\text{т}} = 773$ т, $Q_{q=5,6\text{т}} = 22543$ т, $Q_{q=16\text{т}} = 56678$ т, за формулою (2.15) розраховуємо середньозважене значення годинної продуктивності автомобіля:

$$\bar{P}_{\text{сод}} = \frac{773 + 22543 + 56678}{\frac{773}{0,57} + \frac{22543}{1,56} + \frac{56678}{3,333}} = 2,438 \text{ т/ГОД.}$$

Враховуючи формули (2.16), (2.17), (2.18) і обравши з додатку А значення $C_{\text{пер},j}$ та $C_{\text{пос},j}$, для обраних автомобілів вантажопідйомностями $q_1 = 1,6$ т, $q_2 = 5,6$ т та $q_3 = 16$ т отримуємо значення собівартості перевезень:

$$C_{\text{км}j=1,6} = \frac{5,021 \cdot 4}{100} + \frac{125,91 \cdot 4}{100 \cdot 25} = 0,4 \text{ грн./км};$$

$$C_{\text{км}j=5,6} = \frac{9,96 \cdot 4}{100} + \frac{139,6 \cdot 4}{100 \cdot 25} = 0,62 \text{ грн./км};$$

$$C_{\text{км}j=16} = \frac{21,226 \cdot 4}{100} + \frac{219 \cdot 4}{100 \cdot 25} = 1,2 \text{ грн./км};$$

$$S_{\text{км}j=1,6} = \frac{20 \cdot 0,4}{1,6 \cdot 0,8 \cdot 0,5} + \frac{0,64 \cdot 125,91 \cdot 4}{1,6 \cdot 0,8 \cdot 100} = 15,07 \text{ грн./т};$$

$$S_{\text{км}j=5,6} = \frac{20 \cdot 0,62}{3,2 \cdot 0,8 \cdot 0,5} + \frac{1,28 \cdot 139,6 \cdot 4}{3,2 \cdot 0,8 \cdot 100} = 7,13 \text{ грн./т};$$

$$S_{k_{mj}=16} = \frac{20 \cdot 1,2}{5,6 \cdot 0,8 \cdot 0,5} + \frac{2,24 \cdot 219 \cdot 4}{5,6 \cdot 0,8 \cdot 100} = 5,28 \text{ грн./т};$$

$$\bar{S}_T = \frac{15,08 \cdot 773 + 7,13 \cdot 22543 + 5,28 \cdot 56678}{773 + 22543 + 56678} = 5,896 \text{ грн./т.}$$

За результатами розрахунків 2 та 3 розділів зробити висновки.

1. Вказати технологічні і проектні рішення.
2. Порівняти показники технологічних і проектних рішень 2 і 3 розділів і встановити де більш ефективна організація транспортного процесу.

4 ВИЗНАЧЕННЯ ЧИСЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАМКНУТОЇ ПУАССОНІВСЬКОЇ СИСТЕМИ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ, ЩО МОДЕЛЮЄ РЕЖИМ СПІЛЬНОЇ РОБОТИ ТРАНСПОРТНИХ І НАВАНТАЖУВАЛЬНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ ЗАСОБІВ

4.1 Визначення кількості постів обслуговування

При організації перевезення вантажів пункти навантаження (розвантаження) розглядаються в якості обслуговуючої системи. Вимоги на обслуговування виникають тільки тоді, коли на пункт навантажування (розвантажування) прибувають автомобілі. Окремими лініями (каналами), де самостійно забезпечується повний цикл операцій, які пов'язані з обслуговуванням вимог, є пости, де виконують навантаження (розвантажування) рухомого складу.

Розглянемо систему масового обслуговування, що моделює режим спільної роботи транспортних і навантажувально-розвантажувальних засобів на прикладі організації перевезення об'єднаних партій вантажів (розділ 3).

Кількість постів обслуговування, необхідних для розрахункової кількості автомобілів, що перевозять об'єднані партії вантажів, визначається за формулою (кількість постів обслуговування округляється до цілої величини) [1]:

$$n = \frac{m}{\frac{\bar{t}_{нов.}}{\bar{t}_{обсл.}} + 1}, \quad (4.1)$$

де m – сумарна кількість автомобілів у парку, штук; в нашому прикладі сумарна кількість автомобілів при перевезенні об'єднаних партій вантажів складає 13 (сторінка 26);

n – кількість постів обслуговування;

$\bar{t}_{нов.}$ – середній час повернення автомобіля на пост обслуговування, хв., який визначається за формулою [1] (так, як автомобілі різної вантажності і вони можуть обслуговуватись на одному і тому посту, то при подальших розрахунках потрібно користуватись середніми значеннями часу навантаження - розвантаження, обслуговування):

$$\bar{t}_{нов.} = \frac{60 \cdot \bar{I}_{ig}}{\bar{V}_m \cdot \beta_i} + \bar{t}_{н(р)}, \quad (4.2)$$

$\bar{t}_{n(p)}$ - середній час навантаження (розвантаження), хв.

$$\bar{t}_{n(p)} = \frac{1}{2} t_{n-p}, \quad (4.3)$$

$$\bar{t}_{n-p} = \frac{\sum_{j=1}^m t_{n-p,j} \cdot P'_j}{\sum_{j=1}^m P'_j}, \quad (4.4)$$

$\bar{t}_{обсл.}$ - середній час обслуговування автомобіля на посту навантаження (розвантаження), хв., який визначається за формулою [1]:

$$\bar{t}_{обсл.} = \frac{\sum_{j=1}^m t_{обсл.j} \cdot P'_j}{\sum_{j=1}^m P'_j}, \quad (4.5)$$

$t_{обсл.j}$ - час обслуговування автомобіля j -ї вантажності. хв., який визначається за формулою [1]:

$$t_{обсл.j} = t_{n(p)j} + t_{n-з}, \quad (4.6)$$

$t_{n-з}$ – підготовчо-заключний час, хв. [3];

P'_j - імовірність використання автомобіля j -ї вантажності.

$t_{n(p)j}$ - час простою автомобіля під навантаженням (розвантаженням), хв.;

$$t_{n(p)j} = \frac{1}{2} t_{n-p,j}$$

$t_{n-p,j}$ – час простою автомобіля під навантаженням - розвантаженням, хв.;

Враховуючи все вищесказане, для нашого прикладу за формулами (4.6) – (4.1) отримаємо:

$$t_{обсл.q=1,6} = 19,2+9 = 28,2 \text{ хв.};$$

$$t_{обсл.q=5,6} = 38,4+9 = 47,4 \text{ хв.};$$

$$t_{обсл.q=16} = 67,2+9 = 76,2 \text{ хв.};$$

$$\bar{t}_{\text{обсл.}} = \frac{28,2 \cdot 0,06 + 47,4 \cdot 0,5 + 76,2 \cdot 0,44}{0,06 + 0,5 + 0,44} = 69,18 \text{ хв.},$$

$$\bar{t}_{\text{н-р}} = \frac{(38,4 \cdot 0,06 + 76,8 \cdot 0,5 + 134,4 \cdot 0,4)}{0,06 + 0,5 + 0,44} = 99,84 \text{ хв.},$$

$$\bar{t}_{\text{н(р)}} = \frac{99,84}{2} = 49,92 \text{ хв.},$$

$$\bar{t}_{\text{нов.}} = \frac{60 \cdot 20}{25 \cdot 0,5} + 49,92 = 195,84 \text{ хв.},$$

$$n = \frac{13}{\frac{195,84}{69,18} + 1} = 3 \text{ пости.}$$

4.2 Визначення розрахункового коефіцієнта замкнутої Пуассонівської системи масового обслуговування

Для прикладу в якості пункту обслуговування будемо розглядати пункт навантаження вантажів на автомобілі.

Потік запитів на обслуговування одного автомобіля характеризується параметром λ' [1]:

$$\lambda' = \frac{1}{\bar{t}_{\text{нов.}}} = \frac{1}{145,92} = 0,007 \text{ хв}^{-1} \quad (4.7)$$

Робота навантажувального механізму характеризується інтенсивністю обслуговування μ [1]:

$$\mu = \frac{1}{\bar{t}_{\text{обсл.}}} = \frac{1}{58,92} = 0,017 \text{ хв}^{-1} \quad (4.8)$$

Відношення інтенсивності обслуговування μ до інтенсивності потоку вимог має назву розрахункового коефіцієнта замкнутої системи та позначається χ [1]. Тобто:

$$\chi = \frac{\mu}{\lambda'} = \frac{0,017}{0,007} \approx 2 \text{ (округляємо до цілого числа)}. \quad (4.9)$$

Якщо $\frac{\mu}{\lambda'} < 1$, то замкнута одноканальна система ($n = 1$) масового обслуговування не розглядається. У наведеному прикладі $\chi = \frac{0,017}{0,007} \approx 2$, тому

одноканальну систему ($n = 1$) масового обслуговування будемо розглядати.

4.3 Параметри функціонування одноканальної системи масового обслуговування

Імовірність того, що навантажувально-розвантажувальний засіб буде простоювати у чеканні прибуття автомобілів розраховується за формулою [1]:

$$P'_o = \frac{P(m, \chi)}{R(m, \chi)} = \frac{P(13,2)}{R(13,2)} = \frac{0,000000178}{0,9999999707} = 0,000000178, \quad (4.10)$$

де $\chi = \frac{n \cdot \mu}{\lambda} = \frac{1 \cdot 0,017}{0,007} \approx 2$ - розрахунковий коефіцієнт (округлюємо до цілого числа);

m – загальна кількість автомобілів.

За таблицями розподілу Пуассона (Додаток Б) визначаємо:

$$P(m, \chi) = \bar{R}(m-1, \chi) - \bar{R}(m, \chi), \quad \chi = a; \quad (4.11)$$

$$P(13,2) = \bar{R}(12,2) - \bar{R}(13,2) = 0,0000002073 - 0,0000000293 = 0,000000178.$$

$$R(m, \chi) = 1 - \bar{R}(m, \chi); \quad (4.12)$$

$$R(13,2) = 1 - \bar{R}(13,2) = 1 - 0,0000000293 = 0,9999999707.$$

Значення середньої кількості автомобілів, які знаходяться під навантаженням і очікують навантаження визначається за формулою [1]:

$$\bar{k} = m - \chi(1 - P'_o) = 13 - 2 \cdot (1 - 0,000000178) = 11. \quad (4.13)$$

Значення середньої кількості автомобілів, які очікують навантаження визначається за формулою [1]:

$$\bar{r} = \bar{k} - (1 - P'_o) = 11 - (1 - 0,000000178) = 10. \quad (4.14)$$

Значення середнього часу простою автомобіля в пункті навантаження, хв. визначається за формулою [1]:

$$\bar{t}_n = \frac{\bar{k}}{\lambda'(m - \bar{k})} = \frac{11}{0,007(13 - 11)} = 785,71 \text{ хв.} \quad (4.15)$$

Значення середнього часу очікування навантаження, хв. визначається за формулою [1]:

$$\bar{t}_{оч} = \bar{t}_n - \bar{t}_{обсл.} = 785,71 - 58,92 = 726,79 \text{ хв.} \quad (4.16)$$

4.4 Параметри функціонування замкнутої Пуассонівської системи масового обслуговування при кількості постів обслуговування більше одного

Якщо $n > 5$, то усі параметри функціонування замкнутої Пуассонівської системи масового обслуговування визначають для $n = 1, 2, 3, 4, 5$ і n , яке дорівнює розрахованому числу постів обслуговування (в нашому випадку $n = 4$).

Оскільки $n > 1$, то для розрахунку імовірності (P_k) того, що на пункт навантаження постуило k ($k = n+r$) автомобілів, з яких n обслуговуються, а r чекають у черзі, доцільно використовувати рекурентні формули [1]:

$$Y_k = \frac{P_k}{P_0}, \quad (4.17)$$

де $Y_0 = 1 \quad (4.18)$

$$Y_k = \begin{cases} \frac{m-k+1}{k} \cdot \psi \cdot Y_{k-1}, & 0 < k \leq n, \\ \frac{m-k+1}{n} \cdot \psi \cdot Y_{k-1}, & n < k \leq m. \end{cases} \quad (4.19)$$

$$\psi = \frac{\lambda'}{\mu}. \quad (4.20)$$

P_0 – імовірність того, що усі навантажувально – розвантажувально механізми (пости) не зайняті.

Скориставшись формулами (4.18), та (4.19) визначимо характеристики системи масового обслуговування при $n = 4$, $m = 13$, $\lambda' = 0,007 \text{ хв}^{-1}$, $\mu = 0,017 \text{ хв}^{-1}$.

$$\psi = \lambda' / \mu = 0,007 / 0,017 = 0,412.$$

$$Y_0 = 1; \quad Y_1 = \frac{13-1+1}{1} 0,412 \cdot 1 = 5,356; \quad Y_2 = \frac{13-2+1}{2} 0,357 \cdot 5,356 = 13,24$$

$$Y_3 = \frac{13-3+1}{3} 0,412 \cdot 13,24 = 20,00; \quad Y_4 = \frac{13-4+1}{3,74} 0,412 \cdot 20,00 = 22,03;$$

$$Y_5 = \frac{13-5+1}{3,74} 0,412 \cdot 22,03 = 21,84; \quad Y_6 = \frac{13-6+1}{3,74} 0,412 \cdot 21,84 = 19,25;$$

$$\dots\dots\dots Y_{13} = \frac{13-13+1}{3,74} 0,412 \cdot 0,1734 = 0,0191.$$

Розрахунок ведемо до $k = m$, або до тих пір, коли точність розрахунку визначається чотирма нулями після коми (у нашому прикладі розрахунок виконуємо до $k = m = 13$).

Визначаємо суму $\sum_{k=1}^m Y_k = 5,356 + 13,24 + \dots + 0,0191 = 135,15$.

$$P'_0 = \frac{1}{1 + \sum_{k=1}^m Y_k} = \frac{1}{1 + 135,15} = 0,007345. \quad (4.21)$$

Після визначення P'_0 із формули (4.17) розрахуємо:

$$P_1 = Y_1 \cdot P'_0 = 5,356 \cdot 0,007345 = 0,039338;$$

$$P_2 = Y_2 \cdot P'_0 = 13,24 \cdot 0,007345 = 0,097245 \text{ і т.д.}$$

Результати розрахунків заносимо у таблицю 4.1.

Середнє число автомобілів, які очікують навантаження в цьому випадку визначатиметься за формулою [1]:

$$\begin{aligned} \bar{r} &= \sum_{k=n}^{\infty} (k-n) \cdot P_k = 0,26 \cdot P_4 + 1,26 \cdot P_5 + \dots + 9,26 \cdot P_{13} = \\ &= 0,26 \cdot 0,161831 + 1,26 \cdot 0,160447 + \dots + 9,26 \cdot 0,000140 = 1,598 \end{aligned} \quad (4.22)$$

Середня кількість навантажувальних механізмів, що простоюють внаслідок відсутності автомобілів визначається за формулою [1]:

$$\begin{aligned} \bar{n}_0 &= \sum_{k=0}^n (n-k) \cdot P_k = 3P_0 + 2P_1 + P_2 = 3,74 \cdot 0,007345 + 2,74 \cdot 0,039387 + \dots \\ &\dots + 0,74 \cdot 0,1469 = 0,386. \end{aligned} \quad (4.23)$$

Середній час простою автомобіля в пункті навантаження, хв. визначається за формулою [1]:

$$\bar{t}_n = \frac{\bar{k}}{\lambda'(m-\bar{k})} = \frac{4}{0,007(13-4)} = 63,49 \text{ хв.}, \quad (4.24)$$

де:

$$\bar{k} = m - \chi(1 - P_0) = 13 - 9(1 - 0,007345) = 4,$$

$$\chi = \frac{n \cdot \mu}{\lambda} = \frac{3,74 \cdot 0,017}{0,007} = 9.$$

Таблиця 4.1 – Результати розрахунків Пуассонівської системи масового обслуговування при $n > 1$

k	Y _k	P _k	kP _k	(k-n)P _k	(n-k)P _k
0	1	0,007345	0	0	0,027469
1	5,356	0,039339	0,039339	0	0,107788
2	13,240032	0,097245	0,194491	0	0,169207
3	20,001275	0,146905	0,440716	0	0,108710
4	22,033490	0,161832	0,647326	0,042076	
5	21,844968	0,160447	0,802234	0,202163	
6	19,251608	0,141399	0,848395	0,319562	
7	14,845358	0,109036	0,763253	0,355458	
8	9,812226	0,072069	0,576551	0,307013	
9	5,404595	0,039696	0,357261	0,208799	
10	2,381490	0,017491	0,174915	0,109497	
11	0,787038	0,005781	0,063587	0,041967	
12	0,173401	0,001274	0,015283	0,010519	
13	0,019102	0,000140	0,001824	0,001299	
Σ	135,150583	0,992654	4,925176	1,598	0,386

Середній час очікування навантаження, хв. визначається за формулою [1]:

$$\bar{t}_{оч.} = \bar{t}_n - \bar{t}_{обсл.} = 63,49 - 58,92 = 4,57 \text{ хв.} \quad (4.25)$$

За результатами розрахунків зробити висновки.

5 РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТРАНСПОРТНИХ І НАВАНТАЖУВАЛЬНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ ЗАСОБІВ

Параметри функціонування системи масового обслуговування вибирають за різними критеріями оптимальності. Найбільш частіше за такі критерії приймають сумарні витрати системи на 1 тону завантаженого (розвантаженого) вантажу або на одне навантаження (розвантаження) автомобіля і питома трудомісткість операцій у системі (на навантажувальному або розвантажувальному пункті). Для спрощення розрахунків, як правило, визначають не усі складові витрат і трудомісткості, а тільки ту частину, яка характеризує витрати.

Розглянемо показники ефективності роботи транспортних і навантажувальних засобів для одноканальної Пуассонівської системи ($n=1$) при різній кількості автомобілів m (у нашому прикладі $m = 13$), що обслуговуються (дивись у розділі 4 підрозділи 4.1...4.3).

До показників ефективності роботи транспортних і навантажувально-розвантажувальних засобів відносяться:

- вартість витрат через невиробничі роботи та простої транспортних і навантажувально-розвантажувальних засобів у системі обслуговування з розрахунку на 1 год. їх роботи, грн./год. [1]:

$$\Delta S_r = C_{np} \cdot \bar{r} + C'_{np} \cdot \bar{n}_o, \quad (5.1)$$

де C_{np} - витрати внаслідок простою автомобіля протягом 1-ї год., грн. (таблиця 1.4);

C'_{np} - витрати 1-ї години простою навантажувального (розвантажувального) механізму, грн. (таблиця 1.4);

\bar{r} - значення середньої кількості автомобілів, які очікують навантаження ;

\bar{n}_o - значення середньої кількості навантажувальних механізмів, що простоюють внаслідок відсутності автомобілів;

- сумарні витрати і вартість витрат із розрахунку на одне навантаження (розвантаження) автомобіля, грн./1 наван.:

$$\Delta S_{n(p)} = \frac{\bar{t}_{обсл.}}{\bar{n}_{зай.}} (C_{np} \cdot \bar{r} + C'_{np} \cdot \bar{n}_o), \quad (5.2)$$

де $\bar{n}_{зай.}$ - число зайнятих навантажувально-розвантажувальних засобів [1]:

$$\bar{n}_{\text{зай.}} = 1 - P'_0 ; \quad (5.3)$$

P'_0 - значення імовірності того, що навантажувально-розвантажувальний засіб буде простоювати у чеканні прибуття автомобілів

- невиробничі простой водіїв і робітників, які зайняті на навантажувально-розвантажувальних роботах, з розрахунку на одне навантаження (розвантаження) автомобіля, люд.год./1наван.:

$$\Delta T_{n(p)} = \frac{\bar{t}_{\text{обсл.}}}{\bar{n}_{\text{зай.}}} (\bar{r} + \bar{n}_0 \cdot R_{n(p)}), \quad (5.4)$$

де $R_{n(p)}$ – кількість робітників, зайнятих на навантажувальних (розвантажувальних) роботах або працюючих на навантажувально-розвантажувальних механізмах (таблиця 1.4)

Приймаємо $\bar{n}_0 = P'_0$ [1].

Значення параметрів $P'_0, \bar{k}, \bar{r}, \bar{n}_{\text{зай.}}$ розраховуємо за допомогою формул 4.10 ... 4.14, які представлені у підрозділі 4.3, і формули 5.3.

По таблицям розподілу Пуассона (див. Додаток Б)

$$m=1 \quad P'_0 = \frac{P(m, \chi)}{R(m, \chi)} = \frac{P(1,2)}{R(1,2)} = \frac{\bar{R}(0,2) - \bar{R}(1,2)}{1 - \bar{R}(1,2)} = \frac{0,86466 - 0,59399}{1 - 0,59399} = 0,666658,$$

$$m=2 \quad P'_0 = \frac{P(m, \chi)}{R(m, \chi)} = \frac{P(2,2)}{R(2,2)} = \frac{\bar{R}(1,2) - \bar{R}(2,2)}{1 - \bar{R}(2,2)} = \frac{0,59399 - 0,32332}{1 - 0,32332} = 0,399997,$$

і т.д.

$$\text{де } \chi = \frac{n \cdot \mu}{\lambda} = \frac{1 \cdot 0,017}{0,007} \approx 2 - \text{ розрахунковий коефіцієнт (округлюємо до}$$

цілого числа).

$$m = 1. \quad \bar{k} = m - \chi(1 - P'_0) = 1 - 2(1 - 0,666658) = 0,333317,$$

$$m = 2. \quad \bar{k} = m - \chi(1 - P'_0) = 2 - 2(1 - 0,399997) = 0,799994,$$

і т.д.

$$m = 1. \quad \bar{r} = \bar{k} - (1 - P'_0) = 0,333317 - (1 - 0,666658) \approx 0,$$

$$m = 2. \quad \bar{r} = \bar{k} - (1 - P'_0) = 0,799994 - (1 - 0,399997) = 0,199991,$$

і т. д.

$$m = 1. \quad \bar{n}_{\text{зай.}} = 1 - P'_0 = 1 - 0,666658 = 0,333342$$

$$m = 2. \quad \bar{n}_{\text{зай.}} = 1 - P'_0 = 1 - 0,399997 = 0,600003$$

і т. д.

Одержані значення заносимо у таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Значення параметрів $P'_0, \bar{k}, \bar{r}, \bar{n}_{зай.}$ після розрахунку

m'	$P'_0 = \bar{n}_0$	\bar{k}	\bar{r}	$\bar{n}_{зай.} = 1 - P'_0$
1	0,666658	0,333317	0	0,333342
2	0,399997	0,799994	0,199991	0,600003
3	0,210519	1,421038	0,631557	0,789481
4	0,095242	2,190484	1,285725	0,904758
5	0,036697	3,073394	2,110091	0,963303
6	0,012085	4,024170	3,036255	0,987915
7	0,003441	5,006882	4,010323	0,996559
8	0,000859	6,001719	5,002578	0,999141
9	0,000191	7,000382	6,000573	0,999809
10	3,819E-05	8,000076	7,000115	0,999962
11	6,944E-06	9,000014	8,000020	0,999993
12	1,157E-06	10,000002	9,000003	0,999998
13	1,780E-07	11,000000	10,00000	0,999999

Значення $\Delta S_r, \Delta S_{n(p)}$ і $\Delta T_{n(p)}$, розраховуємо за допомогою формул 5.1, 5.2, 5.4.

$m = 1.$ $\Delta S_r = C_{np} \cdot \bar{r} + C'_{np} \cdot \bar{n}_0 = 3 \cdot 0 + 10,4 \cdot 0,666658 = 0 + 6,93 = 6,93$
грн/год.

$m = 2.$ $\Delta S_r = 3 \cdot 0,199991 + 10,4 \cdot 0,399997 = 0,6 + 4,16 = 4,76$
грн/год., і т. д.

$m = 1.$

$$\Delta S_{n(p)} = \frac{\bar{t}_{обсл.}}{\bar{n}_{зай.}} (C_{np} \cdot \bar{r} + C'_{np} \cdot \bar{n}_0) = ((58,92/0,333342)(3 \cdot 0 + 10,4 \cdot 0,666658)) / 60 =$$

$$= 20,42 \text{ грн./1 наван.}$$

$$m = 2. \quad \Delta S_{n(p)} = ((58,92/0,600003)(3 \cdot 0,199991 + 10,4 \cdot 0,399997)) / 60 =$$

$$= 7,79 \text{ грн./1 наван.,} \quad \text{і т.д.}$$

$$m = 1. \quad \Delta T_{n(p)} = \frac{\bar{t}_{обсл.}}{\bar{n}_{зай.}} (\bar{r} + \bar{n}_0 \cdot R_{n(p)}) = ((58,92/0,333342)(0 + 0,666658 \cdot 1)) / 60 =$$

$$= 1,96 \text{ люд.год./1 наван.}$$

$$m = 2. \quad \Delta T_{n(p)} = ((58.92/0.600003)(0,199991 + 0,399997 \cdot 1))/60 =$$

$$= 0,98 \text{ люд.год./1 наван.}$$

Одержані значення заносимо у таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 – Залежність витрат і трудомісткості операцій у навантажувальному пункті від кількості автомобілів

m	$C_{np} \cdot \bar{r}$, грн./год.	$C'_{np} \cdot \bar{n}_o$, грн/год.	ΔS_r , грн/год.	$\Delta S_{H(p)}$, грн./1 наван.	$\Delta T_{n(p)}$, люд.год./1 наван.
1	0	6,93	6,93	20,42	1,96
2	0,60	4,16	4,76	7,79	0,98
3	1,89	2,19	4,08	5,08	1,05
4	3,86	0,99	4,85	5,26	1,50
5	6,33	0,38	6,71	6,84	2,19
6	9,11	0,13	9,23	9,18	3,03
7	12,03	0,04	12,07	11,89	3,96
8	15,01	0,01	15,02	14,76	4,92
9	18,00	0,00	18,00	17,68	5,89
10	21,00	0,00	21,00	20,62	6,87
11	24,00	0,00	24,00	23,57	7,86
12	27,00	0,00	27,00	26,51	8,84
13	30,00	0,00	30,00	29,46	9,82

На підставі отриманих значень будемо графік зміни витрат і трудомісткості робіт у залежності від числа автомобілів. Графік зображено на рисунку 5.1.

За результатами даного розділу зробити висновок.

(Як приклад)

Висновок. Із графічного аналізу видно, що оптимальне значення кількості автомобілів, які визначені із критерію мінімальних витрат за 1 годину роботи і на одне навантаження автомобіля, у даних умовах приблизно однакові. Зона значень m, у межах якої витрати на навантаження мають оптимальні значення, дорівнює $m = 3 \dots 5$ автомобілів.

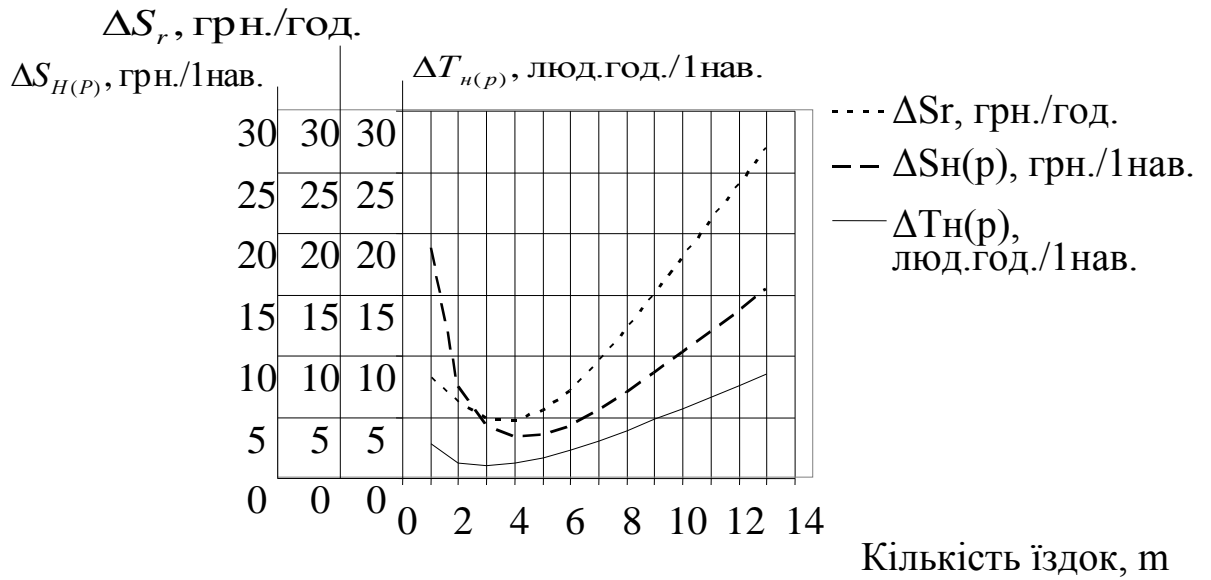


Рисунок 5.1 – Графік зміни витрат і трудомісткості робіт у залежності від числа автомобілів

Перелік посилань

1. Воркут А.И. Грузовые автомобильные перевозки / А.И. Воркут. – 2-е изд. , перераб. И доп. – К. : Вища шк. Головное изд-во , 1986. – 447 с.
2. Кисуленко Б.В. Краткий автомобильный справочник. Том 2. Грузовые автомобили / Кисуленко Б.В. и др. – М.: ИПЦ «ФИНПОЛ», 2004.- 667 с.
3. Прейскурант № 13-01-02. Тарифы на перевозку грузов и другие услуги, выполняемые автомобильным транспортом. – [Введен в действие с 1990-01-01]. - М. : Госкомцен РСФСР. 1989. – 64 с.

Додаток А

Таблиця А.1 - Норми складових собівартості вантажних автомобільних перевезень

Марка рухомого складу	Вантажність, т	Змінні витрати на 1 км пробігу, коп./км	Постійні витрати на 1 год. ро- боти, коп./год.
1	2	3	4
ВАЗ 2329-01	0,5	4,1	120,6
Citroen C15 1.9D	0,6	4,3	122,3
Fiat Doblo Cargo 1.3D	0,7	4,41	123,5
УАЗ 23608	0,8	4,52	124,01
ГАЗ 2310	0,9	4,516	122,89
ГАЗ 2752	1,0	4,518	122,913
MERCEDES-BENZ Vito 109CDI	1,1	4,421	124,0
ГАЗ 3302	1,2	4,621	124,6
IVECO Daily Unijet HPI 29L10 2.3 HPI	1,3	4,523	122,9
MERCEDES-BENZ Sprinter 308CDI	1,4	4,691	125,0
ГАЗ 33023	1,5	4,681	125,21
FORD Transit FT330K/350M 2.4TD	1,6	5,021	125,91
Volkswagen LT28/46 2.5D/70	1,7	5,578	125,99
MERCEDES-BENZ Vario 614D	1,8	5,961	126,51
Volkswagen LT28/46 2.5D/80	1,9	6,521	127,1
MERCEDES-BENZ Atego 712	2,0	7,255	127,7
FORD Transit FT430EL	2,1	6,358	123,91
MERCEDES-BENZ Atego 715	2,2	6,273	123,11
ЗИЛ 5301M2/ME	2,3	7,215	125,47
MERCEDES-BENZ Sprinter 408CDI	2,4	6,291	123,6
Mercedes-Benz Sprinter 208CDI	2,5	6,319	124,0
MERCEDES-BENZ Atego 815	2,6	6,512	124,3
MERCEDES-BENZ Atego 923	2,7	6,581	125,1
MERCEDES-BENZ Sprinter 616CDI	2,8	6,651	126,2
ЗИЛ 5301K2/KE	2,9	7,866	128,9
ЗИЛ 5301B2/BE	3,0	7,886	129,3
DAF FA LF45 130	3,1	7,889	129,3
IVECO Euro Cargo ML65/75E13	3,2	7,951	130,5
КамАЗ 4326	3,3	8,215	131,2

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4
MERCEDES-BENZ Vario 814DA	3,4	7,958	129,7
ГАЗ 33104	3,5	8,235	131,5
MERCEDES-BENZ Vario 817D	3,6	7,991	128,3
ГАЗ 3308	3,7	8,521	129,4
MERCEDES-BENZ Vario 815D	3,8	8,056	128,6
ГАЗ 33082	3,9	8,971	133,2
ГАЗ 33081	4,0	8,783	137,0
MAN LE180C	4,1	8,85	138,56
МАЗ 437141	4,2	9,01	140,1
ЗИЛ 4334442	4,3	8,951	137,6
ГАЗ 3309	4,4	9,05	139,5
ГАЗ 3307	4,5	9,52	141,6
IVECO Euro Cargo ML90/110E18	4,6	9,011	139,81
MAN LE220C (10.220)	4,7	9,11	141,51
МАЗ 437040	4,8	9,56	142,3
Volvo FL6/180	4,9	9,21	141,2
КамАЗ 4911	5,0	10,821	144,0
MERCEDES-BENZ Atego 122	5,1	9,51	142,5
Урал 43206-47	5,2	10,96	144,7
MERCEDES-BENZ Atego 1223	5,3	9,53	140,1
MERCEDES-BENZ Atego 1228	5,4	9,61	141,1
КамАЗ 4308	5,5	9,82	140,9
MERCEDES-BENZ Atego 1518	5,6	9,96	139,6
MERCEDES-BENZ Atego 1522	5,7	10,21	139,8
MERCEDES-BENZ Atego 1523	5,8	10,54	140,7
MERCEDES-BENZ Atego 1528	5,9	10,81	141,5
Урал 4320-41	6,0	11,05	151,0
КамАЗ 43114	6,1	11,12	150,29
ЗИЛ 433110	6,2	11,51	151,6
ЗИЛ 433360	6,3	11,68	151,2
ЗИЛ 442160	6,4	11,98	149,8
MERCEDES-BENZ Atego 1318	6,5	8,49	149,7
MERCEDES-BENZ Atego 1322	6,6	8,41	150,8
MERCEDES-BENZ Atego 1323	6,7	8,52	149,23
MERCEDES-BENZ Atego 1328	6,8	8,42	152,9
Renault Distribution 220.12/19 dCi	6,9	8,43	151,0
Renault Distribution 270.12/26 dCi	7,0	8,479	158,0

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4
Renault Distribution 320.12/26 dCi	7,1	8,457	149
Renault Distribution 370.12/26 dCi	7,2	9,21	154,5
Renault Route 320.12/26 dCi	7,3	9,29	158,6
Renault Route 370.12/26 dCi	7,4	9,654	160,5
КамАЗ 43253	7,5	9,627	161,5
MERCEDES-BENZ Axor 1828	7,6	8,561	151,2
MERCEDES-BENZ Axor 1833	7,7	8,723	164,3
MERCEDES-BENZ Axor 1835LS	7,8	8,892	168,5
MERCEDES-BENZ Actros 1832	7,9	8,921	168,8
КамАЗ 4307	8,0	15,12	166,0
ЗИЛ 433180	8,1	13,29	157,0
МАЗ 534008	8,2	15,21	161,2
Scania P230D	8,3	12,10	142,0
Scania P340D	8,4	12,14	145,1
Scania R380D	8,5	12,56	148,3
КамАЗ 5360	8,6	14,56	189,3
КрАЗ 5133В2	8,7	15,62	205,9
Урал 6363	8,8	15,23	210,8
Scania T380L	8,9	13,21	159,8
MAN TGA280 D08	9,0	12,56	165,7
MAN TGA330 D08	9,1	12,57	169,4
МАЗ 533605-021	9,2	13,79	183,4
КрАЗ 5444	9,3	15,68	199,3
MAN TGA310 D20	9,4	13,98	129,5
Scania T420L	9,5	12,98	136,9
MAN ME250B	9,6	13,41	127,6
MERCEDES-BENZ Actros 2032	9,7	13,29	184,1
МАЗ 544008-02	9,8	14,57	198,5
MAN ME280B	9,9	15,61	203,01
КамАЗ 44108	10,0	17,22	215,0
MAN ME250B(20.220)	10,1	15,78	203,51
MAN ME250B(25.220)	10,2	15,812	203,6
MAN ME280B(19.280)	10,3	15,883	203,65
MAN ME280B(20.280)	10,4	15,911	203,8
DAF FA/FT CF85.340	10,5	15,03	201,2
DAF FA/FT CF85.380	10,6	15,065	201,41
DAF FA/FT CF85.430	10,7	15,123	201,52

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4
DAF FA XF95.530	10,8	15,129	201,8
MAN LE280B(18.280)	10,9	16,52	202,01
КамАЗ 53212	11	18,912	212,12
КамАЗ 5325	11,1	19,012	212,2
MAN ME280B(25.280)	11,2	15,915	203,85
ЗИЛ 133Г42	11,3	19,02	212,5
КамАЗ 54112 з напівпричепом ОдАЗ 93571	11,4	19,06	205,8
КамАЗ 54112 з напівпричепом КАЗ 9368	11,5	19,108	188,5
MAN ME220B(18.220)	11,6	15,916	203,86
MERCEDES-BENZ 9/A9 1828	11,7	15,215	201,9
MERCEDES-BENZ 9/A9 1833	11,8	15,217	202,1
MERCEDES-BENZ 9/A9 1835LS	11,9	15,221	202,2
КрАЗ 257Б1	12	19,07	201,5
MERCEDES-BENZ 9/A9 1840LS	12,1	15,072	201,9
MERCEDES-BENZ 9/A9 1843LS	12,2	15,21	202,6
MERCEDES-BENZ 9/A9 2528	12,3	15,32	202,8
MAN F-2000 19.372 з напівпричепом ЧМЗАП-99073-030	12,4	13,21	189,6
Iveco Stralis AS190S48P	12,5	11,431	188,8
Iveco Stralis AS190S54P	12,6	11,433	189
Iveco Stralis AS/ES440S48T	12,7	11,138	189,2
Iveco Stralis AS/ES440S54T	12,8	11,352	189,7
Iveco Trakker AD/AT190T27P	12,9	11,681	189,9
DAF FA CF65.180	13	14,654	190,1
DAF FT-95XF з напівпричепом OR- LICAN H13X114	13,1	15,215	190,5
DAF FT-95XF з напівпричепом ЧМЗАП-99072	13,2	15,399	190,7
DAF FA CF65.220	13,3	15,481	192,2
DAF FA CF65.250	13,4	15,524	194,5
MERCEDES-BENZ 2236 з напівпричепом МАЗ 93801	13,5	14,918	186,2
Iveco Stralis AD/AT190S27P	13,6	13,21	187,1
Iveco Stralis AD/AT190S31P	13,7	13,34	187,6
Iveco Stralis AD/AT190S35P	13,8	13,49	187,9

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4
DAF FA/FT LF55.250	13,9	16,58	197,6
MA3 63171	14	19,81	205,1
DAF FA/FT CF75.250	14,1	20,1	205,6
DAF FA/FT CF75.310	14,2	20,201	206,1
DAF FA/FT CF75.360	14,3	20,302	206,3
DAF FAG/FTG CF75.250	14,4	20,405	206,5
MA3 516Б	14,5	20,501	206,6
КрАЗ 250	14,6	20,603	206,8
Iveco EuroCargo ML150/190E21	14,7	20,67	206,88
Iveco EuroCargo ML150/190E24	14,8	20,711	206,9
Iveco EuroCargo ML150/190E28	14,9	20,791	206,95
КрАЗ 65101-010	15	20,892	207,2
MAN LE280B(26.280)	15,1	21,01	207,9
Kenworth T2000	15,2	21,091	208,4
DAF FA/FT CF75.250	15,3	21,112	209,1
DAF FA/FT CF75.310	15,4	21,135	210,2
TATRA 815-24 BN01 28 270 з напівпричепом МЗКТ 938Д	15,5	21,159	211
DAF FAC/FAD 85CF.340	15,6	21,164	213
DAF FAC/FAD 85CF.380	15,7	21,182	213,9
DAF FAC/FAD 85CF.430	15,8	21,199	215,2
DAF FAC/FAD 85CF.480	15,9	21,204	217,1
КаМАЗ-54112 з напівпричепом ЧМЗАП-99063-051	16	21,226	219
Isuzu Giga CYM51V3	16,1	21,412	212,3
DAF FAD XF 95.380	16,2	21,501	217,5
DAF FAD XF 95.430	16,3	21,512	217,71
Isuzu Giga CYY23W3	16,4	20,516	210,2
DAF FAT/FTT XF95.380	16,5	21,561	217,89
International 9900i	16,6	20,15	217,5
International 9900ix	16,7	20,21	218,21
КрАЗ 65023-040	16,8	22,31	227,3
MERCEDES-BENZ Actros 3336/3336A	16,9	17,856	225,1
MERCEDES-BENZ Actros 3341/3341A	17	17,870	231
MERCEDES-BENZ Actros 3344A	17,1	17,881	229,5

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4
MERCEDES-BENZ Actros 3346/3346A	17,2	17,915	230,1
MERCEDES-BENZ Actros 3350	17,3	17,962	231,12
MERCEDES-BENZ Actros 3354	17,4	18,012	231,51
DAF FAG/FTG CF75.360	17,5	18,7	243
DAF FAS/FAR CF75.250	17,6	19,05	251,0
DAF FAS/FAR CF75.310	17,7	19,12	250,29
DAF FAS/FAR CF75.360	17,8	19,51	251,6
DAF FAT/FTT CF75.250	17,9	19,68	251,2
International 8600	18	19,98	249,8
International 9200i	18,1	20,12	250,1
DAF FAS/FAR XF95.380	18,2	18,75	243,5
MAN 26.322FVLS з напівпричепом ЦП-ПП1909В	18,3	19,12	245,1
DAF FAS/FAR 85CF.340	18,4	18,77	243,2
DAF FTG/FTP CF85.340	18,5	18,79	243,6
DAF FAS/FAR 85CF.380	18,6	18,81	243,3
DAF FAT/FTT 85CF.340	18,7	18,86	243,8
DAF FAT/FTT 85CF.380	18,8	18,89	243,91
DAF FAT/FTT 85CF.430	18,9	18,9	244,01
DAF FAT/FTT 85CF.480	19	18,91	244,15
DAF FAS/FAR XF95.430	19,1	18,92	244,21
DAF FTS-95 з напівпричепом ПР 25-2	19,2	18,96	244,35
DAF FTT-95 з напівпричепом ПР-25-2	19,3	18,99	244,41
DAF FAS/FAR XF95.480	19,4	19,02	244,56
DAF FAS/FAR XF95.530	19,5	19,05	244,68
Renault Trucks Kerax 270/19/26dCi	19,6	17,5	243,21
Renault Trucks Kerax 320/19/26dCi	19,7	17,8	243,16
Renault Trucks Kerax 370/19/34dCi	19,8	17,89	243,23
Renault Trucks Kerax 420/19/34dCi	19,9	18,01	243,51
MAZ 7310	20	18,1	248,2
Volvo FH12 з напівпричепом MAZ 93971	20,1	19,05	251,0
DAF FAD XF 95.480	20,2	19,12	250,29
Iveco Trakker AD/AT260/380T35P/B	20,3	19,51	251,6

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4
Iveco Trakker AD/AT260/380T38P/B	20,4	19,68	251,2
Volvo FH12 з напівпричепом ГКБ-9385	20,5	19,98	249,8
Iveco Trakker AD/AT260/380T44P/B	20,6	20,201	256,1
Volvo FH12 з напівпричепом ЧМЗАП-93856	20,7	20,302	256,3
Iveco Trakker AD/AT380T48P	20,8	20,405	256,5
МАЗ-73132 з напівпричепом МАЗ-9397	20,9	20,501	256,6
Mack RB600S/SX	21	20,603	256,8
МАЗ 7313	21,1	20,892	257,2
Volvo FM9.340	21,2	21,01	257,9
Volvo FM9.380	21,3	21,091	258,4
Volvo FH12.380	21,4	21,112	259,1
Mack DMM6006S/	21,5	21,135	260,2
Volvo FH12.420	21,6	21,159	261
Volvo FH12.460	21,7	21,164	263
Volvo FH12.500	21,8	21,182	263,9
Mack MR600P/600S	21,9	21,199	265,2
MAN F-2000 33.372 з напівпричепом П-ПФ-2206	22	21,204	267,1
MAN F-2000 33.372 з напівпричепом KOGEL SPKH 18P-170(33)	22,1	21,226	269
MAN F-2000 33.372 з напівпричепом ПР-29-1	22,2	21,412	272,3
Iveco Trakker AD/AT260/380T35W	22,3	21,501	277,5
Iveco Trakker AD/AT260/380T38W	22,4	21,512	277,71
MAN F-2000 33.372 з напівпричепом SCHMITZ-ANHANGER SKD-20-80	22,5	21,413	269,8
Iveco Trakker AD/AT260/380T44W	22,6	21,392	267,5
Hyundai HD310 Truck	22,7	21,375	264,12
MAN F-2000 33.372 з напівпричепом МАЗ-938662	22,8	21,21	260,23
Tatra 280R24	22,9	20,98	255,21
MAN F-2000 33.372 з напівпричепом Trailor «Spear»	23	20,015	252,5

Продовження таблиці А.1

Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «ОТТП і С»

1	2	3	4
Tatra 380ESK8	23,1	20,703	256,8
Iveco Trakker AD/AT340/410T35P/B	23,2	20,852	257,2
Iveco Trakker AD/AT340/410T38P/B	23,3	21,11	257,9
Iveco Trakker AD/AT340/410T44P/B	23,4	21,191	258,4
Isuzu Giga EXZ5Y3	23,5	21,212	259,1
Volvo FH16.550	23,6	21,235	260,2
Volvo FH16.610	23,7	21,259	261
Mack CL703	23,8	21,264	263
Volvo FM9.300	23,9	21,282	263,9
TATRA 815-24 EN 34 36 270 з напівпричепом ЧМЗАП-93853-025	24	21,299	265,2
Mack DMM6006EX	24,1	21,304	267,1
Kenworth T800B	24,2	21,326	269
TATRA 815-24 EN 34 36 270 з напівпричепом KOGEL SNJ-20-32	24,3	21,512	272,3
Kenworth C500B	24,4	21,601	277,5
TATRA 815-24 EN 34 36 270 з напівпричепом JINDO JTL-25 XAE	24,5	22,012	256,9
TATRA 815-24 EN 34 36 270 з напівпричепом KOGEL GN-20	24,6	22,21	258,79
TATRA 815-24 EN 34 36 270 з напівпричепом KAMAG SVKV20LP-120	24,7	22,56	259,23
Scania T380L/C	24,8	23,12	260,21
TATRA 815-24 EN 34 36 270 з напівпричепом KASSBOHRER SB 12-20	24,9	23,956	260,51
TATRA 815-24 EN 34 36 270 з напівпричепом ЧМЗАП-5523А	25	23,991	261,5
Hyundai HD320 Truck	25,1	24,01	261,7
MAN ÖAF 40.502 з напівпричепом VAN F 2 AW	25,2	24,15	261,72
Hyundai HD370 Dumper	25,3	24,16	261,79
MAN ÖAF 40.502 з напівпричепом Trailor SDP-32 N	25,4	24,21	261,82
MAN ÖAF 40.502 з напівпричепом DSND-32	25,5	24,25	261,9

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4
MAN ÖAF 40.502 з напівпричепом ЧМЗАП-5524П	25,6	24,31	261,93
MAN ÖAF 40.502 з напівпричепом Trailor «Lamberet»	25,7	24,35	261,89
MAN ÖAF 40.502 з напівпричепом ЧМЗАП-99062 (017)	25,8	24,38	261,4
Scania T340L/C	25,9	24,4	261,48
MAN ÖAF 40.502 з напівпричепом СЗАП-9328	26	24,49	261,5
Scania T420L/C	26,1	24,52	261,59
MAN ÖAF 40.502 з напівпричепом МАЗ 9398	26,2	24,67	261,61
Scania T470L/C	26,3	24,69	261,65
Internetal 7600	26,4	24,7	261,68
MAN ÖAF 40.502 з напівпричепом МАЗ 9758	26,5	24,76	261,73
MAN ÖAF 40.502 з напівпричепом ЧМЗАП-93853-022	26,6	24,79	261,77
Scania T500L/C	26,7	24,82	261,79
Scania T580L/C	26,8	24,86	261,8
МАЗ-537 з напівпричепом «Са- войський»	26,9	24,88	261,815
МАЗ-537 з напівпричепом ГКБ 9328	27	24,901	261,82
MAN ÖAF 40.502 з напівпричепом KOGEL SPKH24P(33)HD-R	27,1	24,91	261,83
Tatra 290R9T/N9T	27,2	24,926	261,69
Volvo FM12.340	27,3	24,931	262,15
Volvo FM12.380	27,4	24,95	261,98
MAN ÖAF 40.502 з напівпричепом МАЗ 93866	27,5	24,99	26173
Volvo FM12.420	27,6	25,012	261,77
ÖAF 40.331 DFT з напівпричепом ASKO NV 35.28F	27,7	25,21	261,82
ÖAF 40.331 DFT KOGEL SN24P(34)HD	27,8	25,31	261,88
ÖAF 40.331 DFT ASKO NV 35.28	27,9	25,39	261,95
ÖAF 40.331 DFT NARKO 2PP3-UKRG-S70-365	28	25,45	262

Додаток Б

Таблиці розподілу Пуассона

У додатку наведені таблиці значень функції розподілу Пуассона

$$\bar{R}(m,a)=1-R(m,a),$$

$$\text{де } R(m,a)=\sum_{k=0}^m \frac{a^k}{k!} e^{-a}$$

Ймовірність $P(m,a)=\frac{a^m}{m!} e^{-a}$ визначається по табличним значенням та-

КИМ ЧИНОМ:

$$P(m,a)=R(m,a)-R(m-1,a)=\bar{R}(m-1,a)-\bar{R}(m,a).$$

При $a > 20$ розрахунки можна виконувати по приблизній формулі:

$$R(m,a) \approx \Phi^* \left(\frac{m+0,5-a}{\sqrt{a}} \right),$$

де $\Phi^*(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ - функція нормального розподі

m	a=0,1	a=0,2	a=0,3	a=0,4	a=0,5
0	0,095163	0,18127	0,25918	0,32968	0,89347
1	0,0046788	0,017523	0,036936	0,061552	0,090204
2	0,00015465	0,0011485	0,0035995	0,0079263	0,014388
3	0,0000038468	0,00005684	0,00026581	0,00077625	0,0017516
4		0,0000022592	0,000015785	0,000061243	0,00017212
5				0,0000040427	0,000014165
6					0,0000010024

m	a=0,6	a=0,7	a=0,8	a=0,9	a=1
0	0,45119	0,50341	0,55067	0,59343	0,63212
1	0,1219	0,1558	0,19121	0,22752	0,26424
2	0,023115	0,034142	0,047423	0,062857	0,080301
3	0,0033581	0,0057535	0,0090799	0,013459	0,018988
4	0,00039449	0,00078554	0,0014113	0,0023441	0,00366
5	0,000038856	0,000090026	0,00018434	0,00034349	0,000594
6	0,0000032931	0,0000088836	0,000020747	0,000043401	0,0000832
7			0,0000020502	0,0000048172	0,0000102
8					0,00000113

m	a=2	a=3	a=4	a=5	a=6
0	0,86466	0,95021	0,98168	0,99326	0,99752
1	0,59399	0,80085	0,90842	0,95957	0,98265
2	0,32332	0,57681	0,7619	0,87535	0,93803
3	0,14288	0,35277	0,56653	0,73497	0,8488
4	0,052653	0,18474	0,37116	0,55951	0,71494
5	0,016564	0,083918	0,21487	0,38404	0,55432
6	0,004534	0,033509	0,11067	0,23782	0,3937
7	0,001097	0,011905	0,051134	0,13337	0,25602
8	0,000237	0,003803	0,021363	0,068094	0,15276
9	0,0000465	0,0011025	0,0081322	0,031828	0,083924
10	0,00000831	0,00029234	0,0028398	0,013695	0,042621
11	0,00000136	0,000071387	0,00091523	0,005453	0,020092
12	0,0000002073	0,000016149	0,00027372	0,002019	0,0088275
13	0,0000000293	0,0000034019	0,000076328	0,000698	0,0036285
14			0,000019932	0,000226	0,0014004
15			0,0000048926	0,000069	0,0005091
16			0,0000011328	0,0000199	0,00017488
17				0,00000542	0,000056917
18				0,0000014	0,000017597
19					0,0000051802
20					0,0000014551

m	a=7	a=8	a=9	a=10	a=11
0	0,99909	0,99966	0,99988	0,99995	0,99998
1	0,9927	0,99698	0,99877	0,9995	0,9998
2	0,97036	0,98625	0,99377	0,99723	0,99879
3	0,91823	0,95762	0,97877	0,98966	0,99508
4	0,82701	0,90037	0,94504	0,97075	0,98490
5	0,69929	0,80876	0,88431	0,93291	0,96248
6	0,55029	0,68663	0,79322	0,86986	0,92139
7	0,40129	0,54701	0,6761	0,77978	0,85681
8	0,27091	0,40745	0,54435	0,66718	0,76801
9	0,1695	0,28338	0,41259	0,54207	0,65949
10	0,098521	0,18411	0,29401	0,41696	0,54011
11	0,05335	0,11192	0,19699	0,30322	0,42073
12	0,027	0,063797	0,12423	0,20844	0,3113
13	0,012811	0,034181	0,073851	0,13554	0,21871
14	0,0057172	0,017257	0,041466	0,083458	0,14596
15	0,0024066	0,008231	0,022036	0,04874	0,092604
16	0,00095818	0,003718	0,011106	0,027042	0,055924
17	0,00036178	0,0015943	0,0053196	0,014278	0,032191
18	0,00012985	0,00065037	0,0024264	0,0071865	0,017687
19	4,44402E-05	0,00025294	0,001056	0,0034543	0,0092895
20	0,000014495	0,000093968	0,00043925	0,0015883	0,0046711
21	0,0000045263	0,000033407	0,00017495	0,00069965	0,0022519
22	0,0000013543	0,000011385	0,000066828	0,00029574	0,0010423
23		0,0000037255	0,000024519	0,00012012	0,00046386
24		0,0000011722	0,0000086531	0,000046949	0,00019871
25			0,0000029414	0,00001768	0,000082050
26				0,0000064229	0,000032693
27				0,0000022535	0,000012584
28					0,0000046847
29					0,0000016882

m	a=12	a=13	a=14	a=15	a=16
0	0,99999				
1	0,99992	0,99997	0,99999		
2	0,99948	0,99978	0,99991	0,99996	0,99998
3	0,99771	0,99895	0,99953	0,99979	0,99991
4	0,9924	0,99626	0,99819	0,99914	0,9996
5	0,97966	0,98927	0,99447	0,99721	0,99862
6	0,95418	0,97411	0,98577	0,99237	0,99599
7	0,9105	0,94597	0,96838	0,982	0,99
8	0,84497	0,90024	0,93794	0,96255	0,97801
9	0,75761	0,83419	0,89060	0,93015	0,9567
10	0,65277	0,74832	0,82432	0,88154	0,9226
11	0,5384	0,64684	0,73996	0,81525	0,87301
12	0,42403	0,5369	0,64154	0,73239	0,80688
13	0,31846	0,42696	0,53555	0,63678	0,72545
14	0,22798	0,32487	0,42956	0,53435	0,63247
15	0,15558	0,23639	0,33064	0,43191	0,53326
16	0,10129	0,16451	0,24408	0,33588	0,43404
17	0,062966	0,10954	0,1728	0,25114	0,34066
18	0,037416	0,069833	0,11736	0,18053	0,25765
19	0,02128	0,042669	0,076505	0,12478	0,18775
20	0,011598	0,025012	0,047908	0,082972	0,13183
21	0,0060615	0,014081	0,028844	0,053106	0,089227
22	0,0030474	0,0076225	0,016712	0,032744	0,058241
23	0,0014729	0,0039718	0,0093276	0,019465	0,036686
24	0,00068563	0,0019943	0,0050199	0,011165	0,022315
25	0,00030776	0,00096603	0,0026076	0,0061849	0,013119
26	0,00013335	0,0004519	0,0013087	0,0033119	0,0074589
27	0,000055836	0,00020435	0,00063513	0,0017158	0,0041051
28	0,000022616	0,000089416	0,00029837	0,00086072	0,0021886
29	0,0000088701	0,000037894	0,0001358	0,00041845	0,0011312
30	0,0000033716	0,000015568	0,000059928	0,00019731	0,00056726
31	0,0000012432	0,0000062052	0,000025665	0,000090312	0,0002762
32		0,0000024017	0,000010675	0,000040155	0,00013067
33			0,0000043154	0,000017356	0,000060108
34			0,0000016968	0,0000072978	0,000026903
35				0,0000029871	0,000011724
36				0,000001191	0,0000049772
37					0,0000020599

m	a=17	a=18	a=19	a=20
0				
1				
2	0,99999			
3	0,99996	0,99993	0,99996	
4	0,99982	0,99992	0,99996	0,99998
5	0,99933	0,99968	0,99985	0,99993
6	0,99794	0,99896	0,99948	0,99974
7	0,99457	0,99711	0,99849	0,99922
8	0,9874	0,99294	0,99613	0,99791
9	0,97388	0,98462	0,99114	0,995
10	0,95088	0,96963	0,98168	0,98919
11	0,91533	0,94511	0,96533	0,97861
12	0,86498	0,90833	0,93944	0,96099
13	0,79913	0,8574	0,9016	0,93387
14	0,71917	0,79192	0,85025	0,89514
15	0,62855	0,71335	0,78521	0,84349
16	0,53226	0,62495	0,70797	0,77893
17	0,3598	0,53135	0,62164	0,70297
18	0,34504	0,43776	0,53052	0,61858
19	0,26368	0,34908	0,43939	0,52974
20	0,19452	0,26928	0,35283	0,44091
21	0,13853	0,20088	0,2745	0,3563
22	0,095272	0,14491	0,20687	0,27939
23	0,063296	0,10111	0,15098	0,21251
24	0,040646	0,06826	0,10675	0,15677
25	0,025245	0,44608	0,073126	0,11218
26	0,015174	0,28234	0,048557	0,077887
27	0,0088335	0,017318	0,031268	0,052481
28	0,0049838	0,0103	0,019536	0,034334
29	0,0027272	0,0059443	0,01185	0,021818
30	0,0014484	0,0033308	0,0069819	0,013475
31	0,00074708	0,0018133	0,0039982	0,0080918
32	0,00037453	0,00095975	0,0022267	0,0047274
33	0,0001826	0,00049416	0,0012067	0,0026884
34	0,000086644	0,00024767	0,00063674	0,001489
35	0,000040035	0,0001209	0,00032732	0,00080366
36	0,000018025	0,000057519	0,00016401	0,0004229
37	0,0000079123	0,000026884	0,000080154	0,00021708
38	0,0000033882	0,000012078	0,000038224	0,00010875
39	0,0000014162	0,0000053365	0,000017797	0,000053202
40		0,000002303	0,000008094	0,000025426
41			0,0000035975	0,000011877
42			0,0000015634	0,0000054252
43				0,0000024243
44				0,0000010603

ЕЛЕКТРОННЕ НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ВИДАННЯ

Куниця Анатолій Васильович
Куниця Олексій Анатолійович
Самісько Тетяна Олександрівна
Сокирко Віктор Миколайович
Самісько Дмитро Миколайович

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ
З ДИСЦИПЛІНИ «ОСНОВИ ТЕОРІЇ ТРАНСПОРТНИХ
ПРОЦЕСІВ І СИСТЕМ»
(ДЛЯ СТУДЕНТІВ НАПРЯМКУ
6.070101 «ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ»)**

Підписано до випуску 2014 р. Гарнітура Times New.
Умов. друк. арк. ____ . Зам. № _____

Державний вищий навчальний заклад
«Донецький національний технічний університет»
Автомобільно-дорожній інститут
84646, м. Горлівка, вул. Кірова 51
E-mail: druknf@rambler.ru

Редакційно-видавничий відділ

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовників і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 2982 від 21.09.2007 р.