

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства та  
природокористування Навчально-науковий механічний інститут

Кафедра транспортних технологій і технічного сервісу

**02-02-186М**

### **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до самостійного вивчення та виконання практичних робіт  
з навчальної дисципліни

#### **«УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ»**

для здобувачів вищої освіти (бакалаврського) рівня  
за освітньо-професійною програмою «Транспортні технології  
(на автомобільному транспорті)» спеціальності 275  
«Транспортні технології (на автомобільному транспорті)»  
денної та заочної форми навчання

Рекомендовано науково-  
методичною радою з якості  
навчально-наукового  
механічного інституту  
Протокол № 4 від 27.12.2022 р.

Рівне – 2023

Методичні вказівки для самостійного вивчення та виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Управління транспортними потоками» для здобувачів вищої освіти (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» спеціальності 275 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» денної та заочної форми навчання [Електронне видання] / Никончук В. М. – Рівне : НУВГП, 2022. – 61 с.

Укладач: Никончук В. М., д.е.н., доц., в.о. завідувача кафедри транспортних технологій і технічного сервісу; Козак С. В., к.е.н., доцент кафедри транспортних технологій і технічного сервісу.

Відповідальний за випуск: Никончук В. М., д.е.н., доц., в.о. завідувача кафедри транспортних технологій і технічного сервісу.

Керівник групи забезпечення спеціальності 275 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)»

Хітров І. О.

© В. М. Никончук, 2023  
© НУВГП, 2023

## ЗМІСТ

Вступ	4
1. Опис навчальної дисципліни	5
2. Програма навчальної дисципліни	6
3. Практично-розрахункові завдання	9
Завдання №1. Управління якістю транспортного обслуговування на міському маршруті	9
Завдання № 2. Комплексна оцінка якості транспортного обслуговування	14
Завдання № 3. Структура системи управління транспортними процесами	18
Завдання № 4. Визначення показників функціонування транспорту	22
Завдання № 5. Ознайомлення з основними характеристиками технологічного паспорту маршруту перевезень транспортними засобами	26
Завдання № 6. Розрахунок експлуатаційних показників маршрутів міського пасажирського транспорту	29
Завдання № 7. Моделювання транспортних процесів з використанням теорії масового обслуговування	31
Завдання № 8. Математичне моделювання функціонування маршруту міського пасажирського транспорту	34
4. Організація самостійної роботи	37
5. Рекомендована література	39
Додатки	41

## ВСТУП

Метою навчальної дисципліни є формування системних знань і практичних аспектів з управління транспортними потоками, ознайомлення студентів із сучасними інформаційними технологіями керування перевізного процесу, вивчення безпечного управління рухом транспортних засобів у транспортних потоках та прийняття управлінських рішень.

Предметом дисципліни «Управління транспортними потоками» є дослідження транспортних потоків в міському середовищі.

Навчальна дисципліна сприяє формуванню у здобувача спеціальних компетентностей СК-5 (здатність до оперативного управління рухом транспортних потоків) та СК- 14 (здатність використовувати сучасні інформаційні технології, автоматизовані системи керування та геоінформаційні системи при організації перевізного процесу).

За результатами вивчення дисципліни здобувач навчиться класифікувати та ідентифікувати транспортні процеси і системи; оцінювати параметри транспортних систем, виконувати системний аналіз та прогнозування роботи транспортних систем; вибирати методи прогнозування стану і параметрів транспортних систем; досліджувати еволюцію транспортних систем; оцінювати параметри транспортних потоків; проектувати схеми і мережі транспортних систем; розробляти технології оперативного управління транспортними потоками.

# 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 5	Галузь знань 27 “Транспорт”	Вибіркова	
Модулів – 1	Спеціальність: 275 “Транспортні технології (на автомобільному транспорті)”	Рік підготовки	
Змістових модулів – 2		3-й	3-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання: <i>не передбачене</i>		Семестр	
Загальна кількість годин – 150		6-й	6-й
		Лекції	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 самостійної роботи студента – 4	Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)	26 год.	2 год.
		Практичні, семінарські	
		24 год.	10 год.
		Лабораторні	
		-	-
		Самостійна робота	
		100 год.	108 год.
		Індивідуальні завдання: -	
Форма контролю:			
залік	залік		

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної та індивідуальної роботи становить (%):

для денної форми навчання – 33.

для заочної форми навчання – 10.

## 2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІН

### Змістовий модуль 1.

#### **Транспортний потік в системі управління транспортом**

**Тема 1. Предмет, цілі та завдання дисципліни.** Мета та завдання дисципліни. Уявлення про поняття «система» та її властивості, місце «системи» під час дослідження транспортних об'єктів, види об'єктів систем управління, їх компоненти. Особливості транспортних систем, технологічний об'єкт управління.

**Тема 2. Класифікація систем управління.** Класифікація систем управління. Основні ознаки системи управління та її структуру, однорівневі та багаторівневі системи управління. Ознаки статичних та динамічних систем. Особливості та сфери застосування автоматизованих систем управління транспортними потоками

**Тема 3. Транспортні системи та критерії їх функціонування.** Формування критеріїв управління. Етапи прийняття рішень. Шкала корисності для оцінки наслідків прийняття рішення, класичні критерії прийняття рішення. Етапи процесу управління

**Тема 4. Транспортні засоби в системі управління транспортом.** Основні типи та класифікація автомобільного рухомого складу. Експлуатаційні властивості рухомого складу. Класифікація автомобільних перевезень. Дорожні умови експлуатації рухомого складу. Транспортні потоки. Міські магістралі та перехрестя; засоби сигналізації та управління. Дослідження автомобільних потоків. Системи управління дорожнім рухом.

**Тема 5. Оцінка техніко-експлуатаційних показників транспортних потоків.** Основні характеристики транспортного потоку. Одиниці виміру інтенсивності руху. Склад транспортного потоку. Розміщення транспортних засобів різного типу на одиниці довжини дороги. Миттєва швидкість руху. Середня

швидкість транспортного потоку. Щільність транспортного потоку. Основні випадки інтервалів слідування. Аналіз методів визначення пропускної здатності.

## **Змістовий модуль 2.**

### **Організація процесу управління транспортними потоками**

#### **Тема 6. Моделювання систем та транспортних мереж.**

Характеристика маршрутів. Методи обстеження пасажиропотоків. Нерівномірність пасажиропотоку. Транспортна мережа, та показники, що її характеризують. Типи міських автобусних маршрутів. Імовірнісні моделі здатності руху потоків автомобілів на горизонтальній ділянці дороги. Пропускна здатність смуги руху з використанням динамічних моделей, умови руху на окремих елементах дороги, ділянках підйомів. Розрахунок втрат часу і середніх

**Тема 7. Технологія забезпечення раціональної роботи автобусів на маршруті.** Вибір та обґрунтування автобусних маршрутів. Оформлення маршрутної документації. Порядок відкриття автобусних маршрутів. Вибір раціональних типів автобусів. Розрахунок автобусів та розподіл їх за маршрутами. Розрахунок кількості рейсів та інтервалів руху автобусів на маршруті. Технічні засоби організації дорожнього руху.

**Тема 8. Організація міжміських перевезень вантажів.** Наскрізний метод організації руху при виконанні міжміських перевезень. Ділянковий метод організації руху при виконанні міжміських перевезень. Розрахунок необхідної кількості одиниць рухомого складу

**Тема 9. Особливості організації та механізації навантажувально-розвантажувальних робіт при перевезенні різних видів вантажів.** Організація процесу виконання навантажувально-розвантажувальних робіт. Способи та засоби виконання навантажувально-розвантажувальних робіт. Класифікація засобів механізації навантажувально-розвантажувальних робіт. Замкнена система масового

обслуговування та показники її функціонування. Ефективність роботи у системі масового обслуговування.

**Тема 10. Вплив інтенсивності та пропускної здатності на основні характеристики системи.** Закономірності розподілу автомобілів у потоці, вміти аналізувати вплив дорожніх умов на розподіл інтервалів і швидкостей у потоці автомобілів на підйомах і спусках, населених пунктах, перетинах і примиканнях доріг в одному рівні. Особливості формування потоків автомобілів на двосмугових дорогах, міських магістралях, границі застосування різних моделей руху потоків автомобілів. Імовірнісне моделювання транспортних потоків.



### 3. ПРАКТИЧНО-РОЗРАХУНКОВІ ЗАВДАННЯ

Для виконання практично-розрахункової роботи з дисципліни «Управління транспортними потоками» в додатках подано аналітично-інформаційні вихідні дані, які пропонується застосувати при вирішенні поставлених завдань.

#### Завдання №1

**Тема:** Управління якістю транспортного обслуговування на міському маршруті

**Мета:** проаналізувати роботу транспортних засобів на маршруті та дати комплексну оцінку якості транспортного обслуговування й розробити ефективні методи управління якістю транспортного обслуговування.

**Постановка завдання.** Скласти зведений графік руху транспортних засобів та дати комплексну оцінку якості транспортного обслуговування пасажирів і сформулювати висновки відносно поточного рівня якості, а також запропонувати заходи щодо його підвищення.

**Метод розв'язання завдання.** Щоб скласти зведений розклад руху транспортних засобів. Кожному транспортному засобу в розкладі присвоюється певний номер виходу - 1, 2,3. Приклад складання зведеного розкладу наведено в таблиці 1.1.

При заповненні таблиці розкладу, час першого рейсу приймають у відповідності з встановленим початком руху автобусів на маршруті. В кожному стовпці розкладу вказується час відправлення (В) та прибуття (П) транспортних засобів на початкову зупинку. Розробляючи розклад руху, необхідно стежити по вертикалі таблиці – за дотримання інтервалів руху транспортних засобів на маршруті, а по горизонталі – за встановленим часом його обігу.

Потрібно стежити за тривалістю роботи водія і призначати час обідніх перерв у відповідності до нормативних вимог: не раніше 2 годин та не пізніше 5 годин від початку роботи. В

таблиці розкладу руху (табл. 1.1.) кількість стовпчиків, що відповідає кількості обертів руху для наочності доцільно, але необов'язково, робити на один більше, ніж отримали за формулою (1.7). Цей стовпчик буде відповідати часу обіду.

Таблиця 1.1

Приклад розкладу руху транспортних засобів

№ виходу транспортногозасобу	Номера обігу транспортного засобу						Перерва на обід,год.: хв.	Відправлення до АТП, год.: хв.	
	1	2	3	4	5	6			
	Час відправлення (В) від початкової зупинки та повернення (П) на цю зупинку,год.:хв.								
1	В	7-00	8-00	9-00	обід	11-00	12-00	9-58	13-00
	П	7-55	8-55	9-55		11-55	12-55	10-58	
2	В	7-10	8-10	обід	10-10	11-10	12-10	9-08	13-10
	П	8-05	9-05		11-05	12-05	13-05	10-08	
3	В	7-20	8-20	9-20	обід	11-20	12-20	10-18	13-20
	П	8-15	9-15	10-15		12-15	12-15	11-18	

### Порядок виконання завдання

1. Ознайомитись з постановкою та методом розв'язання завдання
2. За своїм варіантом сформувавши вихідну базу даних для розрахунків
3. Відобразити схематично транспортні райони міста відстані між ними та пасажиропотоки
4. Розрахувати транспорту роботу по маршруту
5. Знайти відстань перевезення пасажирів
6. Визначити коефіцієнти змінності та наповнення пасажирів
7. Розрахувати коефіцієнт наповнення салону автобуса за формулою

8. Випуск необхідної кількості автобусів на маршрут
9. Розрахувати інтервал руху на маршруті
10. Кількість рейсів, що необхідно зробити на маршруті (отримане число округлюється, до цілого числа)
11. Скласти зведений графік руху транспортних засобів

Таблиця 1.2

Вихідні дані для розв'язання завдання

Варіант	Загальний об'єм перевезених пасажирів у годину ( $Q_{факт}$ ), пас.	Пасажиропотік на маршруті в годину пік між транспортними районами ( $Q_i$ ), пас. прямий зворотний напрямки $\frac{Q_{1пр.}}{Q_{1зв.}}, \dots, \frac{Q_{4пр.}}{Q_{4зв.}}$	Час обертгу на маршруті ( $T_{об.}$ ), хв	Час роботи на маршруті ( $T_{м.}$ ), год., хв. (без урахування часу на обід)	Відстань між транспортними районами $I_1, \dots, I_4$	Кількість рейсів виконаних фактично ( $N_p^ф$ )
1	2	3	4	5	6	7
1	305	$\frac{81}{45} \frac{45}{35} \frac{30}{29} \frac{80}{75}$	80	10,40	2,1-3,6-4,0-1,8	12
2	207	$\frac{60}{58} \frac{58}{51} \frac{47}{35} \frac{25}{11}$	104	10,24	2,2-3,0-4,0-1,0	7
3	180	$\frac{65}{49} \frac{31}{27} \frac{64}{55} \frac{59}{64}$	96	11,12	2,0-3,0-1,0-3,0	10
4	150	$\frac{31}{21} \frac{55}{40} \frac{45}{34} \frac{11}{25}$	114	11,24	2,5-3,0-3,5-2,0	8
5	155	$\frac{54}{21} \frac{35}{46} \frac{47}{19} \frac{16}{20}$	116	11,36	2,5-4,3-2,9-2,3	9

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7
6	160	$\frac{61}{42}, \frac{70}{55}, \frac{29}{11}, \frac{17}{35}$	90	12,00 —	2,3-3,1-1,5-1,5	11
7	170	$\frac{55}{41}, \frac{17}{65}, \frac{15}{68}, \frac{19}{23}$	92 — —	10,44 —	2,3-2,1-3.2-2,1	10
8	275	$\frac{11}{15}, \frac{26}{68}, \frac{60}{67}, \frac{25}{51}$	94 — —	10,58 —	2,3-3,1-2,2-1,2	9
9	320	$\frac{61}{75}, \frac{102}{55}, \frac{86}{71}, \frac{59}{11}$	62	8,16	1,0-2,0-1,0-1,0	12
10	330	$\frac{100}{71}, \frac{65}{74}, \frac{35}{70}, \frac{16}{80}$	76	10,08	1,7-1,9-1,6-2,0	13
11	315	$\frac{71}{55}, \frac{65}{25}, \frac{40}{39}, \frac{75}{79}$	90 — —	11,50 —	2,6-3,0-2,3-1,8	11
12	307	$\frac{65}{59}, \frac{68}{61}, \frac{58}{46}, \frac{35}{21}$	110	9,7	3,2-2,1-1,0-1,8	8
13	280	$\frac{59}{58}, \frac{41}{37}, \frac{65}{45}, \frac{69}{58}$	91 — —	12,9 —	1,2-3,5-1,9-2,6	11
14	220	$\frac{41}{48}, \frac{45}{31}, \frac{55}{30}, \frac{21}{35}$	102	10,24	2,5-3,5-3,6-2,9	9
15	215	$\frac{64}{31}, \frac{75}{66}, \frac{57}{29}, \frac{36}{40}$	98 — —	9,36 —	2,5-4,3-2,9-2,3	10
16	180	$\frac{51}{42}, \frac{80}{55}, \frac{39}{31}, \frac{27}{45}$	85	11,00	1,3-4,1-2,5-1,5	12
17	175	$\frac{65}{31}, \frac{27}{75}, \frac{35}{78}, \frac{29}{33}$	94	12,44	1,3-3,1-2.2-1,1	11

Продовження таблиці 1.2

18	255	21 36 50 35 45 ' 67 ' 69 ' 41	89	11,58	3,3-1,1-3,2-1,2	10
19	210	51 90 76 69 65 ' 65 ' 61 ' 31	67	9,16	1,8-2,5-1,9-1,9	11
20	230	90 55 45 26 73 ' 68 ' 67 ' 70	88	11,08	2,5-1,5-1,3-1,6	12
21	295	71 45 41 70 55 ' 65 ' 39 ' 65	78	9,40	3,2-3,2-1,3-1,0	10
22	198	63 53 57 35 54 ' 57 ' 45 ' 21	112	12,24	2,2-3,4-4,2-1,8	8
23	170	67 33 74 69 45 ' 28 ' 65 ' 54	101	12,12	1,2-2,3-1,1-3,4	11
24	160	33 57 35 21 $\overline{26 \ 50} \ \overline{54 \ 35}$	105	10,24	3,5-2,7-4,5-1,9	9
25	145	56 37 67 26 31 ' 36 ' 29 ' 30	114	10,36	2,5-2,3-1,9-3,3	10

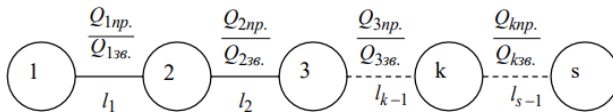


Рис. 1.1 Пасажиропотік  $Q$  на маршруті в годину пік та відстань  $l$  між транспортними районами (1, 2, 3 та ін).

**Контрольні запитання**

1. Що таке управління АТП?
2. З'ясуйте, які існують сфери управління.

3. В чому проявляється управління на транспорті?
4. Що собою являє принципова схема управління транспортом?
5. Дайте характеристику елементам системи управління .
6. Які існують рівні управління АТП ?
7. Які існують види функцій управління.
8. В чому полягають загальні функції управління на транспорті
9. В чому полягає спеціальні функції управління на транспорті
10. Чому дорівнює транспортна робота на маршруті.

*Рекомендована література: [7,8,9,10,16]*

## **Завдання №2**

**Тема:** Комплексна оцінка якості транспортного обслуговування

**Мета:** Оцінити комплексний показник якості і розробити заходи щодо його підвищення

**Постановка завдання.** Оскільки при контролі показника якості і його елементів для транспортного обслуговування слід порівняти з нормативними значеннями, та виявити величини відхилень і розробити заходи щодо її зменшення тим самим поліпшити якість транспортного обслуговування.

**Метод розв'язання завдання.** Висновки і заходи щодо підвищення якості транспортного обслуговування пасажирів здійснюється за комплексним показником якості. Після того, як буде розраховано значення цього показника необхідно зіставити його з нормативним та визначити рівень якості транспортного обслуговування: зразковий, добрий, задовільний, незадовільний.

Якщо рівень якості транспортного обслуговування на данному маршруті, нижче зразкового, тобто добрий, задовільний або незадовільний, то необхідно визначити рівень якості кожного показника з сукупності (К, К, К, К). При відхиленні якогось з них від зразкового, запропонувати 1,2,3,4 та обґрунтувати заходи щодо покращення якості обслуговування пасажирів (не більше двох - трьох для кожного показника).

При розрахунку комплексного показника якості транспортного обслуговування пасажирів враховують штрафні бали, що нараховують по показникам безпеки:

- порушення водіями АТП Правил дорожнього руху, за дорожньо- транспортні пригоди, що скоєні працівниками АТП;
- порушення водіями АТП Правил дорожнього руху, за ДТП, що скоєні нетверезим водієм;
- за порушення водіями АТП Правил дорожнього руху, за пораненого в ДТП за виною працівника АТП;
- порушення водіями АТП Правил дорожнього руху;
- порушення водіями АТП Правил дорожнього руху, за дорожньо- транспортні пригоди, що скоєні працівником АТП;
- порушення водіями АТП Правил дорожнього руху, за ДТП, що скоєні нетверезими водіями;
- порушення водіями АТП Правил дорожнього руху, за загиблого в ДТП за виною працівника АТП;
- порушення водіями АТП Правил дорожнього руху;
- порушення водіями АТП Правил дорожнього руху, за поранених у ДТП за виною працівника АТП;
- порушення водіями АТП Правил дорожнього руху, за дорожньо- транспортні пригоди скоєні працівниками АТП

### **Порядок виконання**

1. Ознайомитись з постановкою та методами розв'язання завдання.
2. За своїм варіантами сформувати вихідну базу даних для розрахунків.
3. Обчислити витрату часу на поїздку у фактичних та в теоретичнокомфортних умовах.
4. Визначити середню щільність маршрутної мережі міст
5. Визначити середню довжину перегону на маршруті
6. Обчислити час очікування засобів транспорту
7. Визначити час руху пасажирів на автотранспорті
8. Оцінити швидкість сполучення

9. Обчислити коефіцієнт відносної витрати часу на пересування пасажирів
10. Обчислити коефіцієнт відносного наповнення салону транспортного засобу
11. Обчислити коефіцієнт регулярності руху
12. Обчислити коефіцієнт динамічної зміни рівня ДТП
13. Розрахувати комплексний коефіцієнт якості
14. Сформулювати висновки про якість обслуговування транспортних засобів на маршруті та виявити можливості його підвищення.

В додатку 6 представлено систему показників, які пропонується застосувати при виконанні практично-розрахункового завдання.

### **Контрольні запитання**

1. Що собою являє комплексний показник якості транспортних послуг?
2. Як визначається коефіцієнт відносної витрати часу на пересування пасажирів
3. Як визначається витрати часу на поїздку пасажирів у фактичних (реальних або комфортних) умовах?
4. Як оцінити щільність маршрутної мережі міста?
5. Чому дорівнює час підходу пасажира до зупиночного пункту?
6. Як визначити середню довжину перегону на маршруті?
7. Як визначається час очікування засобів транспорту і час руху пасажира в транспорті.
8. Як розрахувати швидкість сполучення між мікрорайонами міста?
9. Що таке коефіцієнт регулярності і як він розраховується?
10. Як обчислюється динамічної зміни по ДТП?
11. Як оцінюється комплексна якість транспортних послуг?
12. Які можливі шляхи підвищення якості перевезення пасажирів на маршрутах міста?

*Рекомендована література [1,5,10,15,16]*



Таблиця 2.1

## Вихідні данні

Варіант (перша цифра шрифту)	$t_{к.з.}, хв.$	Час відправлення рейс	$F, км^2$	$L_{м.м.}, км$	Загальний річний пробіг парку автобусів за роками ( $L$ ), млн.км				Кількість штрафних балів *				$N_3$
					$L_0$	$L_1$	$L_2$	$L_3$	n0	n1	n2	n3	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	6	7	35	89	8,3	7,5	4,5	3,5	9	8	7	5	18
1	8	8	50	97	8,4	4,8	4,6	2,6	10	1	8	6	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	9	9	44	93	6,5	4,7	3,7	2,6	11	2	9	7	19
3	8	7	51	120	8,6	4,8	3,8	1,2	12	3	10	8	24
4	11	8	52	129	8,7	4,9	5,9	1,9	13	4	11	9	26
5	6	9	58	135	6,8	5,0	3,0	2,0	14	5	12	10	27
6	7	7	48	153	8,9	5,1	3,1	2,1	15	6	13	11	25
7	10	8	56	170	7,0	6,2	4,2	2,2	16	7	14	12	35
8	11	9	53	178	8,6	7,3	4,8	2,1	17	9	15	13	12
9	14	7	60	183	8,4	7,5	4,9	2,6	19	11	15,5	15	16
10	12	7	33	83	7,4	6,5	5,9	3,6	19	12	14,5	16	17
11	13	8	41	94	9,4	8,5	6,9	4,6	13	15	18,5	17	23
12	16	9	47	99	10,4	5,5	4,9	1,6	17	13	14,5	15	16
13	18	7	49	112	18,4	4,5	8,9	6,6	13	19	18,5	12	22
14	10	8	50	121	7,8	7,2	6,4	3,7	15	18	14,5	12	23
15	19	9	53	129	11,4	3,5	2,9	4,6	9	12	13,5	15	21
16	18	7	54	147	3,4	2,5	6,9	8,6	21	4	11,5	11	22
17	17	8	57	163	5,4	7,3	3,9	1,6	14	12	13,8	8	29
18	16	9	59	175	7,4	3,5	4,9	9,6	14	10	12,5	18	17
19	15	7	48	132	13,4	9,5	3,9	8,6	12	15	13,5	19	16
20	14	8	39	114	12,4	3,5	2,9	5,6	8	12	19,5	13	23

### Завдання №3

**Тема:** Структура системи управління транспортними процесами

**Мета:** Ознайомлення з класифікацією систем управління транспортними процесами і набуття практичних знань з побудови їх структурних схем.

**Постановка завдання.** Використовуючи метод експертних оцінок потрібно зробити оцінку коефіцієнтів відносної важливості функцій 1-7 системи оперативного керування й визначити їх пріоритетність.

Реалізацію найбільш важливих функцій повинна враховувати, в першу чергу, структуру підсистеми оперативного керування. Робоча група експертів визначила наступні цілі функціонування системи оперативного керування:

$\mu=1$  - підвищення ефективності транспортного процесу;

$\mu=2$  - покращення використання енерго- і матеріальних ресурсів;

$\mu=3$  - підвищення продуктивності праці на підприємстві;

$\mu=4$  - підвищення якості транспортних послуг;  $\mu=5$  - зниження трудомісткості керуючих робіт;  $\mu=6$  - підвищення оперативності керування.

Для удосконалення структури системи оперативного керування підприємства міського пасажирського транспорту визначені такі її основні функції:

$j=1$  - поточне прогнозування стану пасажирських перевезень;

$j=2$  - оперативне планування руху транспорту;

$j=3$  - диспетчерське керування рухом;

$j=4$  - контроль руху;

$j=5$  - оперативне врахування руху;

$j=6$  - аналіз виконаного руху і розробка пропозицій з удосконалення планів перевезень.

#### Метод розв'язання завдання

Експерти призначають кожній цілі бал за 11-бальною шкалою "від 0 до 10", причому найбільший бал дається найбільш важливій цілі. Проводять опитування експертів для оцінки

важливості функцій системи оперативного керування для досягнення кожної цілі. При цьому кожний  $i$ -й експерт розглядає по черзі цілі системи і проставляє свій бал (від 0 до 10) кожній з функцій ( $j$ ) системи, оцінюючи відносну важливість функцій для досягнення  $\mu$ -ї цілі. На третьому етапі розраховують вектор-рядок  $G$ .

Накопичуючи інформацію в балах по  $k$  цілей підсистем транспортних систем  $m$  експертами  $m$  – функціями їх досягнення оцінюють коефіцієнти відносної важливості цілей, функцій їх досягнення та можливостей функцій системи оперативно управляти нею.

### Порядок виконання завдання

1. Згідно свого варіанту студент формує базу даних значень коефіцієнтів.
2. Побудувати матрицю  $A$  як сукупність значень коефіцієнтів  $a_{\mu}$ .
3. За формулою (3.1) визначити коефіцієнт відносної важливості  $\mu$ -ї цілі.
4. Побудувати матрицю  $B$  коефіцієнтів  $b^{(\mu)}$ .
5. За формулою (3.2) визначити коефіцієнт відповідної важливості  $j$ -ої функції для досягнення  $\mu$ -ї цілі.
6. Побудувати матрицю  $G=A \cdot B$ .
7. За формулою (3.3) визначити коефіцієнти відносної важливості функції системи оперативного управління.
8. Дати аналіз отриманим результатам і запропонувати заходи по удосконаленню структури системи управління транспортними процесами.

Таблиця 3.1

Бали надані  $m$ -ми експертами по  $k$ -цілей, підсистем  
транспортних систем.

№	$\mu=1$	$\mu=2$	$\mu=3$	$\mu=4$	$\mu=5$	$\mu=6$	$\mu=7$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	$a_{11}=1$	$a_{12}=3$	$a_{13}=2$	$a_{14}=4$	$a_{15}=8$	$a_{16}=10$	$a_{17}=7$
2	$a_{21}=6$	$a_{22}=3$	$a_{13}=5$	$a_{24}=7$	$a_{25}=3$	$a_{26}=8$	$a_{27}=10$
3	$a_{31}=4$	$a_{32}=2$	$a_{33}=7$	$a_{34}=6$	$a_{35}=8$	$a_{36}=9$	$a_{37}=3$
4	$a_{41}=3$	$a_{42}=3$	$a_{43}=6$	$a_{44}=5$	$a_{45}=10$	$a_{46}=8$	$a_{47}=7$
5	$a_{51}=1$	$a_{52}=2$	$a_{53}=3$	$a_{54}=4$	$a_{55}=5$	$a_{56}=6$	$a_{57}=7$
6	$a_{61}=3$	$a_{62}=4$	$a_{63}=5$	$a_{64}=6$	$a_{65}=7$	$a_{66}=8$	$a_{67}=9$
7	$a_{71}=5$	$a_{72}=6$	$a_{73}=3$	$a_{74}=2$	$a_{75}=7$	$a_{66}=8$	$a_{67}=9$
8	$a_{81}=1$	$a_{82}=10$	$a_{83}=2$	$a_{84}=9$	$a_{85}=7$	$a_{86}=7$	$a_{87}=3$
9	$a_{91}=5$	$a_{92}=4$	$a_{93}=1$	$a_{94}=10$	$a_{95}=6$	$a_{96}=8$	$a_{97}=3$
10	$a_{101}=6$	$a_{102}=3$	$a_{103}=8$	$a_{104}=9$	$a_{105}=7$	$a_{106}=5$	$a_{107}=2$
11	$a_{111}=1$	$a_{112}=9$	$a_{113}=4$	$a_{114}=10$	$a_{115}=8$	$a_{116}=3$	$a_{117}=5$
12	$a_{121}=3$	$a_{122}=2$	$a_{123}=1$	$a_{124}=8$	$a_{125}=6$	$a_{126}=7$	$a_{127}=4$
13	$a_{131}=2$	$a_{132}=10$	$a_{133}=8$	$a_{134}=4$	$a_{135}=2$	$a_{136}=10$	$a_{137}=9$
14	$a_{141}=10$	$a_{142}=3$	$a_{143}=9$	$a_{144}=7$	$a_{145}=8$	$a_{146}=4$	$a_{147}=1$
15	$a_{151}=7$	$a_{152}=1$	$a_{153}=3$	$a_{154}=6$	$a_{155}=4$	$a_{156}=9$	$a_{157}=8$
16	$a_{161}=3$	$a_{162}=10$	$a_{163}=7$	$a_{164}=8$	$a_{165}=3$	$a_{166}=9$	$a_{167}=1$
17	$a_{171}=1$	$a_{172}=10$	$a_{173}=2$	$a_{174}=3$	$a_{175}=4$	$a_{176}=6$	$a_{177}=5$
18	$a_{181}=2$	$a_{182}=4$	$a_{183}=9$	$a_{184}=10$	$a_{185}=6$	$a_{186}=8$	$a_{187}=3$
19	$a_{191}=1$	$a_{192}=9$	$a_{193}=2$	$a_{194}=5$	$a_{195}=3$	$a_{196}=10$	$a_{197}=4$
20	$a_{201}=2$	$a_{202}=3$	$a_{203}=4$	$a_{204}=10$	$a_{205}=5$	$a_{206}=9$	$a_{207}=8$

Таблиця 3.2

Бали надані  $m$ -ми експертами по  $j$ -функції, підсистем транспортних систем.

№	$j=1$	$j=2$	$j=3$	$j=4$	$j=5$	$j=6$	$j=7$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	$b_{11}=2$	$b_{12}=3$	$b_{13}=1$	$b_{14}=4$	$b_{15}=9$	$b_{16}=10$	$b_{17}=6$
2	$b_{21}=5$	$b_{22}=4$	$b_{13}=6$	$b_{24}=8$	$b_{25}=4$	$b_{26}=10$	$b_{27}=9$
3	$b_{31}=3$	$b_{32}=2$	$b_{33}=8$	$b_{34}=7$	$b_{35}=5$	$b_{36}=9$	$b_{37}=3$
4	$b_{41}=4$	$b_{42}=2$	$b_{43}=7$	$b_{44}=6$	$b_{45}=9$	$b_{46}=1$	$b_{47}=3$
5	$b_{51}=3$	$b_{52}=4$	$b_{53}=6$	$b_{54}=2$	$b_{55}=1$	$b_{56}=5$	$b_{57}=9$
6	$b_{61}=6$	$b_{62}=9$	$b_{63}=2$	$b_{64}=5$	$b_{65}=1$	$b_{66}=8$	$b_{67}=3$
7	$b_{71}=10$	$b_{72}=9$	$b_{73}=2$	$b_{74}=1$	$b_{75}=7$	$b_{66}=8$	$b_{67}=4$
8	$b_{81}=9$	$b_{82}=8$	$b_{83}=3$	$b_{84}=2$	$b_{85}=1$	$b_{86}=7$	$b_{87}=4$
9	$b_{91}=3$	$b_{92}=5$	$b_{93}=2$	$b_{94}=9$	$b_{95}=10$	$b_{96}=9$	$b_{97}=1$
10	$b_{101}=7$	$b_{102}=4$	$b_{103}=9$	$b_{104}=10$	$b_{105}=6$	$b_{106}=2$	$b_{107}=3$
11	$b_{111}=1$	$b_{112}=6$	$b_{113}=3$	$b_{114}=10$	$b_{115}=9$	$b_{116}=4$	$b_{117}=5$
12	$b_{121}=5$	$b_{122}=3$	$b_{123}=2$	$b_{124}=4$	$b_{125}=7$	$b_{126}=8$	$b_{127}=1$
13	$b_{131}=9$	$b_{132}=10$	$b_{133}=3$	$b_{134}=4$	$b_{135}=1$	$b_{136}=8$	$b_{137}=2$
14	$b_{141}=1$	$b_{142}=3$	$b_{143}=5$	$b_{144}=10$	$b_{145}=8$	$b_{146}=9$	$b_{147}=2$
15	$b_{151}=9$	$b_{152}=2$	$b_{153}=4$	$b_{154}=8$	$b_{155}=10$	$b_{156}=7$	$b_{157}=5$
16	$b_{161}=2$	$b_{162}=10$	$b_{163}=6$	$b_{164}=7$	$b_{165}=9$	$b_{166}=5$	$b_{167}=1$
17	$b_{171}=10$	$b_{172}=9$	$b_{173}=1$	$b_{174}=4$	$b_{175}=8$	$b_{176}=7$	$b_{177}=3$
18	$b_{181}=1$	$b_{182}=3$	$b_{183}=10$	$b_{184}=9$	$b_{185}=5$	$b_{186}=7$	$b_{187}=6$
19	$b_{191}=2$	$b_{192}=4$	$b_{193}=5$	$b_{194}=6$	$b_{195}=3$	$b_{196}=9$	$b_{197}=4$
20	$b_{201}=5$	$b_{202}=1$	$b_{203}=6$	$b_{204}=7$	$b_{205}=10$	$b_{206}=2$	$b_{207}=8$

### Контрольні запитання

1. З яких головних елементів складається системи керування?
  2. Яка основна мета функціонування системи керування?
  3. Назвіть відносні переваги і недоліки застосування на транспорті централізованої системи керування?
  4. За яким принципом відбувається розподіл функціональних задач між рівнями керування в багаторівневих системи керування?
  5. У чому полягає сутність застосування метода експертних оцінок для визначення структури системи керування?
  6. Які основні цілі визначені групою експертів?
- Рекомендована література [6,7,9]*

### Завдання № 4

**Тема:** Визначення показників функціонування транспорту

**Мета:** Ознайомлення із способами контролю стану руху транспортних засобів й набуття практичних навичок з підготовки вихідних даних і розрахунку регулярності руху транспортних засобів на маршрутах міського пасажирського транспорту.

**Постановка завдання.** Оцінюючи показник регулярності руху транспортного засобу, з'ясувати основні способи його контролю.

**Метод розв'язання завдання.** Враховуючи час проходження контрольного пункту транспортних засобів та інтервал руху за розкладом, а також знаючи їх фактичні значення, контроль руху транспортних засобів на маршруті здійснюється за регулярністю руху в першому та другому періодах і в цілому. Про результати контролю свідчать відхилення фактичного інтервалу руху від планового та їх прийнятність в даній ситуації. Зазначене відображене в якості прикладу в таблиці 4.1

Таблиця 4.1

Приклад результату контролю руху транспортних засобів на маршруті

Час проходження контрольного пункту за розкладом, год., хв.	Інтервал руху за розкладом, хв.	Фактичний час проходження контрольного пункту, год., хв.	Інтервал руху фактичний, хв.	Різниця між фактичним інтервалом руху та плановим, хв.
1	2	3	4	5
Перший період				
6:00	-	6:02	-	-
1	2	3	4	5
6:06	6	6:04	2	4
6:12	6	6:12	8	2
6:18	6	6:17	5	1
Другий період				
6:21	3	6:20	3	0
1	2	3	4	5
6:24	3	6:25	5	2
6:27	3	6:26	1	2
6:30	3	6:31	5	2
6:33	3	6:33	2	1

### Порядок виконання завдання

1. Сформуванати базу даних для свого варіанту, вибравши їх з таблиці 4.3
2. Аналогічно до таблиці 4.1, що наведена в методі виконання завдання, побудувати макет таблиці згідно своїх даних .
3. Розрахувати  $R_1$ ,  $R_2$  ( $k=1,2$ ) показники регулярності руху для першого і другого періодів спостереження.
4. За формулою (4.2) знаходимо  $R_{1,2}$  показники регулярності руху в цілому по базі даних свого варіанту.
5. Використавши дані розрахунків, заповнити побудований макет таблиці.
6. Сформулювати висновки про регулярність руху в першому і

в другому періодах спостережень за транспортними засобами на маршруті та в цілому, у відсотках.

### Варіанти баз даних завдання

У табл. 4.2 наведено відповідні варіанти та номери виміру на яких потрібно визначити регулярність руху транспортного засобу на даному маршруті.

Таблиця 4.2

Результати контролю руху транспортних засобів на маршрутах міста за проведеними спостереженнями

Номер вимір	Час проходження контрольного пункту за розкладом, год., хв.	Фактичний час проходження контрольного пункту, год., хв.	Номер вимір	Час проходження контрольного пункту за розкладом, год., хв.	Фактичний час проходження контрольного пункту, год., хв.
1	2	3	4	5	6
1	6:00	6:02	25	25	8:07
2	6:06	6:04	26	26	8:16
3	6:12	6:12	27	8:24	8:27
4	6:18	6:17	28	8:32	8:36
5	6:21	6:20	29	8:40	8:48
6	6:24	6:25	30	8:48	8:49
7	6:27	6:26	31	8:56	8:57
8	6:30	6:31	32	9:04	9:08
9	6:33	6:33	33	8:14	8:17
10	6:36	6:35	34	8:24	8:29
11	6:40	6:42	35	8:34	8:36
12	6:44	6:45	36	8:44	8:45
13	6:48	6:47	37	8:54	8:59
14	6:52	6:54	38	9:04	9:13
15	6:57	6:59	39	9:14	9:17
16	7:02	7:06	40	9:21	9:23
17	7:07	7:09	41	9:28	9:27
18	7:12	7:16	42	9:35	9:39
19	7:19	7:17	43	9:40	9:42
20	7:26	7:29	44	9:45	9:48



Таблиця 4.3

## Результати контролю руху транспортних засобів

№ варіанту	Перший період (досліджувані номери виміру)	Другий період (досліджувані номери виміру)
1	1-5	44-47
2	5-9	40-44
3	9-13	36-40
4	13-17	32-36
5	17-21	28-32
6	21-25	24-28
7	20-24	25-29
8	16-20	29-33
9	12-16	33-37
10	8-12	37-41
11	4-8	41-45
12	2-6	43-46
13	6-10	41-45
14	10-14	37-41
15	14-18	33-37
16	18-22	29-33
17	23-27	26-30
18	27-31	39-43
19	19-23	31-35
20	16-20	35-39

**Контрольні запитання**

1. Назвіть основні якісні показники функціонування маршрутноміського пасажирського транспорту.
2. Що характеризує регулярність руху транспортного засобу на маршрутах міського пасажирського транспорту?
3. Які Ви знаєте способи контролю регулярності руху?

4. Що представляє собою контрольний пункт?
  5. За якою формулою визначають регулярність руху наземного міського електротранспорту?
  6. Який припустимий час відхилення транспортного засобу від розкладу руху для наземного міського електротранспорту?
- Рекомендована література [1,5,8,10,11]*

## **Завдання № 5**

**Тема:** Ознайомлення з основними характеристиками технологічного паспорту маршруту перевезень транспортними засобами.

**Мета:** ознайомлення з типовим технологічним паспортом маршруту та з'ясувати його основні характеристики.

**Постановка завдання.** Розробка та опис технологічного паспорту конкретного маршруту міської мережі пасажирських перевезень.

**Метод розв'язання завдання.** На титульному аркуші паспорта маршруту вміщуються відомості про вид перевезень, номер та назву маршруту, дату його відкриття (закриття).

Схему маршруту виконують у відповідному масштабі, як правило, за допомогою засобів обчислювальної техніки, вона повинна містити інформацію про зупинки, лінійні й дорожні споруди і про ділянки дороги, щовпливають на безпеку руху. Для оформлення схеми маршруту використовують дані паспорта дороги, матеріали вимірювання довжини маршруту і пробного рейсу.

Характеристика маршруту містить загальні відомості про маршрут у прямому й зворотному напрямках.

Акт вимірювання довжини маршруту і пробного рейсу складає комісія з представників перевізника і власників дорожніх об'єктів. Замірювання здійснюють в прямому й зворотному напрямках на автомобілі, який має стандартний і вивірений еталоном спідометр.

Довжину приміських, міжміських і міжнародних маршрутів визначають за кілометровими знаками, а ділянок, не обладнаних такими знаками, що знаходяться між ними, – за показаннями спідометра, з точністю до 0,1 км.

У таблиці вартості проїзду зазначають вартість проїзду і перевезення багажу з урахуванням виду та умов перевезень.

Таблиця змін на маршруті повинна містити інформацію про дату зміни, її опис та тривалість.

Підготовка матеріалів з вивчення попиту населення на пасажирські перевезення, як правило, повинна здійснюватись з використанням засобів обчислювальної техніки. До цих матеріалів належать:

- загальна характеристика;
- розподіл пасажирів за годинами доби;
- відомості про максимально завантажені перегони за годинами доби;
- розрахунок необхідної кількості рейсів і рухомого складу;
- дані про пасажирообмін зупинок та завантаження перегонів на кожну годину, в годину пік, за добу.

Для набуття практичних вмінь студенти виконують індивідуальне завдання із складання паспорта конкретного маршруту пасажирських перевезень, погодженого з викладачем.

#### **Порядок виконання завдання**

1. Вибрати номер маршруту міських перевезень згідно свого варіанту
2. Розробити титульний аркуш паспорта маршруту.
3. Розробити схему маршруту.
4. Навести характеристики маршруту.

Варіанти баз даних завдань

Таблиця 5.1

Розподіл автобусних маршрутів по варіантам

№ вар.	№ маршруту (А-автобусний, Т - тролейбусний)	№ вар.	№ маршруту (А-автобусний, Т - тролейбусний)
1	2	3	4
1	А№-14	13	А№-116
2	А№-111	14	А№-116А
3	А№-113	15	А№-11
4	А№-112	16	А№-126
5	А№-44	17	А№-134
6	А№-5А	18	А№-21
7	А№-8	19	А№-23
8	А№-108	20	А№-15
9	А№-4	21	А№-115
10	А№-3	22	А№-6
11	А№-77	23	Т№-1
12	Т№-4	24	Т№-9

**Контрольні запитання**

1. Хто розробляє паспорт маршруту?
2. Які відомості про маршрут містить паспорт?
3. Як проводиться вимірювання довжини маршруту?
4. В яких випадках вносять зміни в паспорт маршруту?
5. З якими органами Державного керування узгоджується паспорт маршруту?

*Рекомендована література [1,8,10,16]*

## Завдання № 6

**Тема:** Розрахунок експлуатаційних показників маршрутів міського пасажирського транспорту

**Мета:** Набути вмінь з аналітичного розрахунку експлуатаційних показників маршрутів міського пасажирського транспорту

**Постановка завдання.** У зв'язку з впровадженням в службах руху інформаційних технологій стає актуальне завдання – розробка та вдосконалення методик аналітичного розрахунку експлуатаційних показників маршрутів міського пасажирського транспорту.

**Метод розв'язання завдання.** Приблизний розподіл загального часу рейсу по складових елементах для умов великого міста наведено у табл. 6.1.

Таблиця 6.1

Розподіл загального часу кругорейсу

Вид транспорту	Час, %					
	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_5$	$t_6$
Автобус	82,4	7,8	4,9	2,9	0,5	1,5
Тролейбус	71,9	14,5	4,9	6,3	0,5	1,9

Таблиця 6.2

Кількість пасажирів у салоні транспортного засобу

Наповнення, балів	Кількість пасажирів				
	Тролейбус		Автобус		
	ЗіУ-9	ЮМЗ-Т1	ПАЗ-672	ЛАЗ-698	Ікарус-280
1	15	20	6	10	16
2	40	60	15	30	50
3	90	110	30	62	95
4	120	170	40	88	158
5	130	200	45	93	170

Якщо диспетчер одержав повідомлення, що вибули з руху два транспортні засоби. Параметри маршруту: протяжність в одному напрямку руху – 17,2 км; час кругорейсу – 140 хв.; планова кількість трамваїв в лінії – 14; розрахункове наповнення транспортних засобів в даний період доби – 3 бали.

Треба обрати найбільш доцільний вид диспетчерського впливу.

### **Порядок виконання завдання**

1. За своїм варіантом використати таблицю 5.3 і сформувати базу даних для розв'язання завдання.
2. За формулою розрахувати середнє сповільнення транспортних засобів.
3. За формулою обчислити витрати часу транспортного засобу при проходженні перехрест'я і пішохідних переходів зі світлофорним регулюванням.
4. Оцінити середній час стоянки транспортного засобу на пункті зупинки за формулою
5. Витратити загальні витрати часу в пункті зупинки по формулі .
6. За формулою визначити загальні витрати часу, пов'язані з технічними зупинками.
7. За формулами і визначити довжини шляху розгону і гальмування транспортного засобу.
8. Оцінити загальний час руху транспортного засобу з розрахунковою швидкістю за формулою.
9. Знаючи середню обмежену швидкість на ділянках маршруту, можливо оцінити сумарний час руху транспортного засобу з обмеженою швидкістю за формулою.
10. Обчислити час рейсу за формулою.
11. Обчислити час кругорейсу по формулі.
12. Використавши таблицю і порівнявши з отриманими даними, оцінити розподіл загального часу кругорейсу та зробити висновки.
13. Використовуючи дані таблиці, оцінити наповнення

транспортного засобу в балах. Зробити висновок.

14. Ознайомившись з алгоритмом дій диспетчера, використовуючи додаток 6, визначити вибір виду диспетчерського впливу для оперативного управління ситуації на маршруті.

### **Контрольні запитання**

1. Які складові входять до загального часу кругорейсу?
2. Які фактори впливають на час руху транспортного засобу по перегонах маршруту?
3. Як змінюються експлуатаційні показники маршруту при погіршенніпогодних умов?
4. Чи впливає тривалість кругорейсу на якість транспортногообслуговування пасажирів?
5. Чи залежать економічні показники роботи транспортного підприємства від середньої експлуатаційної швидкості руху транспортного засобу?

*Рекомендована література [1,2,3,13,15]*

### **Завдання № 7**

**Тема:** Моделювання транспортних процесів з використанням теорії масового обслуговування.

**Мета:** Ознайомлення з основними положеннями теорії масового обслуговування і набуття практичних вмінь з їх застосування для моделювання транспортних процесів та аналізу отриманих результатів.

**Постановка завдання.** Використовуючи положення теорії масового обслуговування визначити основні показники транспортного процесу під час підходу транспортногозасобу до пункту зупинки, враховуючи цілу сукупність факторів процесу і стан самої зупинки.

**Метод розв'язання завдання.** Використання теорії масового обслуговування в моделюванні транспортного процесу передусім полягає у розрахуванні сукупності основних його

показників: інтенсивності потоків запитів на обслуговування, час підходу транспортного засобу до пункту зупинки, сумарний час висадки пасажирів, час відходу транспортного засобу від пункту зупинки, інтенсивність потоку обслуговування, ймовірність затримки руху та ін. Зазначені показники дають можливість змінюючи основні фактори керувати транспортними процесами та станом зупинних пунктів.

### **Порядок розв'язання завдання**

1. Згідно свого варіанту сформулюйте базу даних для розв'язання завдань.
2. Визначити інтенсивність потоку замовлень на обслуговування транспортного засобу на маршруті за формулою .
3. Оцінити час підходу транспортного засобу до зупинного пункту та відходу від нього за формулами.
4. Визначити сумарний час висадки посадки пасажирів за формулою.
5. Визначити інтенсивність потоку обслуговування транспортним засобом, враховуючи пропускну здатність пункту зупинки
6. За формулою оцінити коефіцієнт завантаженості  $\gamma$ . Оцінити ймовірність знаходження зупинного пункту в трьох станах за формулами.
7. Визначити такі показники системи масового обслуговування як частка часу простою системи; середня кількість замовників в системі; середня довжина черги; середній час перебування замовлень в системі і черзі
8. Зробити висновки про організацію транспортного процесу на маршруті.



Таблиця 7.1

## База даних по варіантам

№ вар.	$I_p$ , хв.	$a$ , м/с <sup>2</sup>	$b$ , м/с <sup>2</sup>	$v$ , км/год	Qпв.пас.	$t_{не}$ , с/пас	m	$t_2$ , с
1	1	1,1	2,0	10	10	0,9	1	4
2	2	1,2	1,9	11	12	1,0	2	3
3	3	1,3	1,8	12	13	1,1	3	2
4	4	1,4	1,7	13	14	1,2	1	3
5	5	1,5	1,6	14	16	1,3	1	2
6	6	1,6	1,5	15	18	1,4	2	1
7	5	1,7	1,4	16	19	1,5	3	4
8	4	1,8	1,3	17	20	1,3	1	3
9	3	1,9	1,2	18	22	1,2	2	2
10	2	2,0	1,1	19	23	1,1	3	3
11	1	1,4	1,0	20	24	1,0	1	2
12	3	1,3	2,0	21	26	0,9	2	1
13	4	1,2	1,1	22	28	1,1	3	4
14	5	1,1	1,9	23	30	1,2	1	3
15	6	1,5	1,2	24	32	1,3	2	2
16	2	1,7	1,5	25	34	1,4	3	3
17	1	1,8	1,8	26	36	1,5	1	2
18	1	1,9	1,5	27	38	1,1	2	1
19	3	2,0	1,9	28	40	0,9	3	4
20	4	1,0	2,0	29	42	1,2	1	3
25	4	1,4	2,0	17	54	1,5	3	4

## Контрольні запитання

1. У чому полягає відмінність відкритої системи масового обслуговування у порівнянні із замкненою системою?
2. В яких станах може знаходитися пункт зупинки?
3. Як визначається пропускна здатність пункту зупинки?

4. За рахунок яких організаційних і технічних заходів можна зменшити ймовірність затримки руху на пункті зупинки?

5. Наведіть приклади інших транспортних процесів, до моделювання яких можна застосувати положення теорії масового обслуговування?

*Рекомендована література [1,3,6]*

### **Завдання № 8**

**Тема:** Математичне моделювання функціонування маршруту міського пасажирського транспорту.

**Мета:** набуття практичних вмінь із застосування методів математичного моделювання для вирішення задач управління процесами міського пасажирського транспорту.

**Постановка завдання.** Методом математичного моделювання провести моделювання функціонування маршруту пасажирських перевезень транспортними засобами.

**Метод розв'язання завдання.** Програмним середовищем для розрахунку може бути програма MS «Excel».

Математичне моделювання проводять у наступній послідовності:

- визначення факторів, що впливають на цільову функцію  $F$ ;
- визначення діапазону варіювання змінних факторів;
- введення вихідних даних у модель;
- проведення розрахунку;
- аналіз отриманих даних і прийняття рішення.

### **Порядок виконання завдання**

1. Згідно свого варіанту сформулювати базу даних для розв'язання завдань.

2. Визначити сумарну кількість потенційних пасажирів за формулою.

3. Знайти кількість пасажирів, яким відмовлено в обслуговуванні на  $i$ -

- му пункті зупинки за формулою.
4. Оцінити кількість пасажирів, що знаходяться всалоні транспортного засобу після  $i$ -го пункту.
  5. Визначити сумарну кількість пасажирів на маршруті, яким відмовлено в обслуговуванні за час рейсу.
  6. Розрахувати кількість пасажирів  $N_{np}$ , які зможуть здійснити поїздку в транспортному засобі за час його рейсу.
  7. Визначити коефіцієнт комфортності за коефіцієнтом заповнення салону.
  8. Використовуючи вирази зробити висновок на рахунок комфортності поїздки.
  9. Визначити втрати доходів через погіршення комфортності.
  10. Зробити висновок щодо факторів які призводять до втрати доходів на перевезення пасажирів.
  11. Визначити дохід від перевезення пасажирів на маршруті одним транспортним засобом за один рейс.
  12. Дати оцінку з урахуванням і цільової функції маршрутного транспорту.
  - 13.

### **Контрольні запитання**

1. Які методи застосовують для моделювання транспортних процесів?
  2. Якою може бути цільова функція системи керування міським пасажирським транспортом?
  3. В якій послідовності проводять математичне моделювання транспортних процесів?
  4. Як впливає на цільову функцію міського пасажирського транспорту зміна кількості транспортних засобів на маршруті?
- Рекомендована література [13,15,16]*

Варіанти баз даних завдань

Таблиця 8.1

Бази даних за варіантами

№ вар	$I_p$ , хв.	$\tau_{\theta}$ , хв.	$n$	$\lambda_i$ , пас./хв.	$NTЗ$	$\mu_i$ , пас./хв.	$B$	$K_{зм}$	$Q_{пас.}$ (i-1)	$Ст$	$\alpha$
1	2	1	8	1	5	1	100	0,9	2	2,0	0,1
2	3	2	9	2	6	2	95	0,91	3	2,2	0,15
3	4	3	10	3	7	3	90	0,92	4	2,4	0,2
4	5	4	11	4	8	4	85	0,93	5	2,6	0,25
5	6	5	12	5	9	5	80	0,94	6	2,8	0,3
6	7	0	13	6	10	6	75	0,95	7	3,0	0,35
7	8	1	14	7	11	7	70	0,96	8	3,2	0,4
8	9	2	15	8	12	8	65	0,97	9	3,4	0,45
9	10	3	16	9	13	9	60	0,98	10	3,6	0,5
10	9	4	17	10	14	10	55	0,99	11	3,8	0,55
11	8	5	18	11	15	11	50	1,0	12	4,0	0,6
12	7	4	19	12	16	12	45	1,01	13	4,2	0,12
13	6	3	20	13	17	13	98	1,02	14	4,4	0,17
14	5	2	17	14	18	14	97	1,03	15	4,6	0,21
15	4	1	15	15	19	15	92	1,04	16	4,8	0,28
16	3	3	16	16	20	16	82	1,05	17	5,0	0,32
17	2	4	18	17	21	17	78	0,93	18	5,2	0,38
18	3	5	19	18	22	18	73	0,94	19	5,4	0,43
19	4	1	10	19	23	19	71	0,95	20	5,6	0,47
20	5	2	9	20	24	20	64	0,96	7	5,8	0,52

## 4. ОРГАНІЗАЦІЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Самостійна робота з дисципліни «Управління транспортними потоками» передбачає підготовку письмові роботи за поданими нижче темами:

1. Модель і моделювання в дослідженні систем управління транспортом
2. Показники функціонування системи управління транспортними потоками
3. Експлуатаційні характеристики технічних систем
4. Застосування математичних моделей для оптимізації транспортних процесів
5. Методи побудови моделей транспортних систем
6. Моделі розвитку та еволюції транспортних систем
7. Система управління та її основні компоненти
8. Система управління рухом транспортних засобів
9. Система управління надійністю та ефективністю транспортних технологій за видами транспорту
10. Охарактеризувати методи навігації в транспортних технологіях на автомобільному транспорті
11. Охарактеризувати методи навігації в транспортних технологіях на автомобільному транспорті
12. Охарактеризувати методи навігації в транспортних технологіях на авіаційному транспорті
13. Охарактеризувати методи навігації в транспортних технологіях на залізничному транспорті
14. Охарактеризувати методи навігації в транспортних технологіях на морському транспорті
15. Характеристика розумного транспорту і логістику в містах
16. Методика оцінки транспортної системи в міській інфраструктурі
17. Технологія управління транспортними потоками в міському середовищі
18. Моделювання маршрутної системи

19. Застосування сучасних інформаційних технологій в управлінні транспортними потоками
20. Системи управління дорожнім рухом у режимі реального часу
21. Модель поведінки водія
22. Оцінка рівня обслуговування системи дорожнього руху на основі НСМ-методу
23. Інтегральний критерій оцінки транспортної мережі
24. Цифровізація дорожньої інфраструктури
25. Цифровізація водних шляхів
26. Інтелектуальне управління дорожнім рухом
27. Ефективне управління вулично-дорожньої мережі
28. Оцифрування міського середовища
29. Управління експлуатаційними характеристиками системи
30. Впровадження елементів штучного інтелекту для управління транспортними потоками

Обсяг письмової роботи становить 10-15 сторінок. Робота оформлюється на стандартному папері формату А4 (210 x 297) з одного боку. Поля: верхнє, нижнє та лівє - 20 мм, правє - 10 мм. Може бути рукописним або друкованим і виконується українською мовою.

Захист письмової роботи відбувається у терміни, спільно обумовлені студентом і викладачем.

## 5. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Горбачев П. Ф. Сучасні наукові підходи до організації роботи маршрутного пасажирського транспорту в містах. Харків : ХНАДУ, 2009. 196 с.
2. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими / пер. с англ. М. : Транспорт, 1992. 423 с.
3. Поліщук В. П., Кунда Н. Т. Інформаційне забезпечення учасників дорожнього руху : навч. посібник. К. : ІЗМГІ, 1998. 132 с.
4. Полозенко П. М. Комплексна оцінка режимів світлофорного регулювання на перехрестях: дис. канд. техн. наук. К., 1999. 136 с.
5. Дослідження транспортних потоків в аспекті заторових станів дорожнього руху : монографія / В. М. Першаков та ін. Київ : 2015. 32 с.
6. Бідняк М. Н., Біліченко В. В. Виробничі системи на транспорті: теорія і практика : монографія. Вінниця : Універсум-Вінниця, 2006. 176 с.
7. Зінь Е. А. Управління автомобільним транспортом : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2011. 326 с.
8. Ковзель М. О. Соціально-економічна ефективність експорту транспортних послуг України : монографія. Київ : Книжкове видавництво Національного університету, 2008. 308 с.
9. Корецька С. О., Познаховський В. А., Карпан Т. С. Аналіз виробничо-економічної діяльності автотранспортного підприємства : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2013. 158 с.
10. Кристопчук М. С. Соціально-економічна ефективність пасажирської транспортної системи приміського сполучення : монографія. Рівне : НУВГП, 2012. 158 с.
11. Кристопчук М. С., Лобашов О. О. Приміські пасажирські перевезення : навч. посіб. Харків : НТМТ, 2012. 223 с.
12. Vision-based surveillance system for monitoring traffic conditions / Man-Woo Park, Jung In Kim, Young-Joo Lee, Jinwoo

Park... in Multimedia Tools and Applications (2017)  
<https://doi.org/10.1007/s11042-017-4521-4>

13. Гук В. І., Шкодовський Ю. М. Транспортні потоки : теорія та їх застосування в урбаністиці : монографія. Х. : Золоті сторінки, 2009. 232 с.

14. Гук В. И Теория измерителей транспортного потока (параметры трафика) : монография / Palmarium. academic publishing. 2017. 162 p.

15. Хітров І. О. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Моделювання транспортних потоків» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за освітньо-професійною програмою 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» спеціальності 275 «Транспортні технології (за видами)» галузі знань 27 «Транспорт» денної та заочної форм навчання [Електронне видання]. Рівне : НУВГП, 2022. 69 с.

16. Никончук В. М. Методичні вказівки до самостійного вивчення та виконання практичних завдань з навчальної дисципліни «Інтелектуальні транспортні системи» рівня за освітньо-професійною програмою «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» спеціальності 275 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» денної та заочної форм навчання [Електронне видання]. Рівне : НУВГП, 2022. 35 с.

17. Системологія на транспорті / За заг.ред. М. Ф. Дмитриченко. Книга 1: Основи теорії систем і управління; Є. В. Гаврилов, М. Ф. Дмитриченко, В. К. Доля та ін. К. : Знання України, 2005. 344 с.

18. Traffic control in oversaturated street networks / NCRHP report N194. 1978. 152 p.



## ДОДАТКИ

Додаток 1

Характеристика автобусів, що експлуатуються

Модель	Габаритні розміри, мм			Номінальна місткість пас.			Кількість
	Довжина	Ширина	Висота	По місцям для сидіння	повна із розрахунку, пас./м <sup>2</sup>		
					6	7	
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Особливо малого класу</b> ГАЗ - 322132	5500	2075	2200	13	13	-	2
<b>Малого класу</b> ПАЗ – 3205, Богдан А-06921	5998 6925	2260 2500	2680 2960	19 28	25 41	-	2 2
<b>Середнього класу</b> ЛАЗ – 695Н, Еталон,Богдан - 09202	9190 7150 7430	2500 2240 2740	2950 2880 2300	34 20-25 22	67 50 43	86 -	2 2 2
<b>Великого класу</b> ЛіАЗ – 677, Богдан – А 1443, 1445	10450 9880	2500 2500	3005 2960	25 31	80 80	110 -	2 3
<b>Особливо великого класу</b> МАЗ-107, Волжанин - 5270	14480 11600	2500 2500	2838 3040	25 24	150 110	- -	3 2

## Вибір орієнтованої місткості автобусу

Пасажиропотік, пас ( $Q_{\max}$ )	Орієтовна місткість автобуса, пас $q_{н.м.}^{opt}$
до 350	30-35
351-700	50-60
701-1000	80-85
понад 1000	110-120

## Нормативні значення коефіцієнтів якості

Рівень обслугову вання	Нормативи коефіцієнтів якості				<i>K</i> <i>ЯК</i>
	<i>K1</i>	<i>K2</i>	<i>K3</i>	<i>K4</i>	
Зразковий	$\geq 1$	$\geq 1$	$\geq 0,97$	$\geq 0,97$	$\geq 0,96$
Добрий	0,99...0,90	0,99...0,88	0,97...0,95	0,97...0,86	0,95...0,67
Задовільний	0,89...0,75	0,99...0,90	0,99...0,90	0,99...0,90	0,99...0,90
Незадовільний	$< 0,75$	$< 0,78$	$< 0,93$	$< 0,70$	$< 0,38$

Перелік заходів покращення якості транспортного  
обслуговування пасажирів

Показники	Можливо знаходити покращення якості транспортного засобу обслуговування пасажирів за показниками $K_1$ , $K_2$ , $K_3$ , $K_4$
1	2
* $K_1$	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Забезпечення нормативної щільності маршрутної мережі.</li> <li>2. Забезпечення оптимальної відстані між зупиночними пунктами.</li> <li>3. Виключення черг автобусів в очікуванні можливості під'їзду до зупинки (це збільшить швидкість сполучення).</li> <li>4. Розвиток систем швидкісного і експертного автобусного повідомлення (це збільшить швидкість сполучення).</li> <li>5. Підвищення регулярності руху автобусів (це знижує витрати часу на очікування посадки).</li> <li>6. Своєчасне інформування пасажирів про зміни в розкладі руху (це знижує витрати часу на очікування посадки).</li> <li>7. Надання автобусам переваги в русі (це збільшить швидкість сполучення).</li> <li>8. Виділення спеціальних смуг для автобусного руху (це збільшить швидкість сполучення).</li> <li>9. Застосування пріоритетного світлофорного регулювання (це збільшить швидкість сполучення).</li> <li>10. Наближення місць розселення до місць роботи і споживання культурно-матеріальних цінностей (це знижує витрати часу пасажирів на поїзд в автобусах).</li> </ol>

<i>K<sub>2</sub></i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Своєчасне обстеження пасажиропотоків з подальшою розробкою раціональних розкладів руху.</li> <li>2. Використання резервних автобусів для виключення зривів рейсів на маршрут.</li> <li>3. Підвищення регулярності руху автобусів.</li> <li>4. Координація роботи автобусів з іншими видами міського пасажирського транспорту.</li> <li>5. Забезпечення відповідності провізної можливості маршрутупотребам в перевезенні пасажирів.</li> </ol>
<i>K<sub>3</sub></i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Підтримка в нормальному технічному стані рухомого складу, з метою попередження його сходу з лінії.</li> <li>2. Забезпечення централізації і автоматизації диспетчерського управління рухом.</li> <li>3. Резервування автобусів.</li> </ol>
<i>**K<sub>4</sub></i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Підвищення професійних якостей водія.</li> <li>2. Використання нормативної тривалості робочого дня водіями(9 год.).</li> <li>3. Строге використання періодичних і щоденних медичні огляди водіїв.</li> <li>4. Дотримання лінійно-транспортної дисципліни.</li> <li>5. Випуск автобусів на лінію здійснювати в кількості, що забезпечує дотримання норм місткості.</li> <li>6. Нормативне облаштування зупиночних пунктів</li> </ol>

## Способи відновлення порушеної регулярності руху

Причина порушення руху	Спосіб відновлення
1. Вибуття з руху однієї ТЗ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- випуск на маршрут резервної ТЗ;</li> <li>- переведення однієї ТЗ з менш навантаженого маршруту на даний маршрут;</li> <li>- розсунення інтервалів ТЗ, що рухаються перед і після вибувшої ТЗ.</li> </ul>
2. Вибуття з руху двох і більше ТЗ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- випуск резервних ТЗ;</li> <li>- переведення ТЗ з менш навантажених маршрутів на даний;</li> <li>- перерахунок інтервалів руху для всіх ТЗ.</li> </ul>
3. Запізнення	<ul style="list-style-type: none"> <li>- зменшення часу стоянки на ПЗ і КПЗ;</li> <li>- ліквідація запізнення нагананням у русі за рахунок збільшення швидкості;</li> <li>- відправлення ТЗ у скорочений рейс (при наявності проміжних розворотних кілець).</li> </ul>
4. Випередження графіку	<ul style="list-style-type: none"> <li>- збільшення часу стоянки на ПЗ та КПЗ;</li> <li>- зниження швидкості руху на перегонах;</li> <li>- відправлення ТЗ у подовжений рейс.</li> </ul>

## Показники та їх характеристика

Назва показника	Формула	Позначення
Транспортна робота по маршруту	$P_{\text{факт.}} = P_{\text{пр.}} + P_{\text{зв.}} = \sum_{i=1}^n (Q_i \cdot l_i)_{\text{пр}} + \sum_{i=1}^n (Q_i \cdot l_i), \text{ пас} \cdot \text{км}$	<p><math>P_{\text{пр}}</math> - кількість пасажиро-кілометрів</p> <p><math>P_{\text{зв}}</math> - кількість пасажиро-кілометрів, виконаних у зворотному напрямі, пас. км.</p> <p><math>Q_i</math> - пасажиропотік у годину пік між <math>i</math>-ми транспортними районами, пас.</p> <p><math>l_i</math> - відстань між <math>i</math>-ми транспортними районами, км</p> <p><math>n</math> - кількість транспортних районів.</p>
Середня відстань перевезення пасажирів	$l = \frac{P_{\text{факт}}}{Q_{\text{факт}}}, \text{ км}$	<p><math>Q_{\text{факт}}</math> - загальний обсяг перевезених пасажирів у годину, пас</p>
Коефіцієнт змінності пасажирів оцінюється за співвідношенням	$K_{\text{зм}} = \frac{L_{\text{м}}}{l}$	<p><math>L_{\text{м}}</math> - довжина маршруту, км</p>
Коефіцієнт наповнення салону автобусу або тролейбусу	$\gamma_{\text{нс}} = \frac{P_{\text{факт}}}{P_{\text{можл}}} = \frac{P_{\text{факт}}}{2 \cdot L_{\text{м}} \cdot Q_{\text{мах}}}$	<p><math>P_{\text{факт}}</math> - можливий пасажиропотік, пас. км</p> <p><math>Q_{\text{мах}}</math> - потужність пасажиропотоку в одному напрямі на найбільш завантаженій ділянці маршруту у годину пік, пас</p>

Кількість транспортних засобів на маршруті	$A_{ТЗ} = \frac{Q_{max} \cdot T_{об}}{q_{н.м.} \cdot 60}$	$T_{об}$ – час обігу транспортного засобу на маршруті $q_{н.м.}$ - номінальна місткість транспортного засобу, пас
Інтервал руху транспортного засобу на маршруті	$I_M = \frac{T_{об}}{A_{ТЗ}}, \text{ хв.}$	$T_{об}$ – час обігу транспортного засобу на маршруті $A_{ТЗ}$ - кількість транспортних засобів на маршруті
Кількість рейсів транспортних засобів на маршруті	$N_P^H = \frac{(T_M - t_{об}) \cdot 60}{t_p}$	$T_M$ - час на маршруті, год $t_p$ - час рейсу на маршруті, хв $t_{об}$ - тривалість обідньої перерви
Комплексний коефіцієнт якості транспортного обслуговування	$K_{як} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4$	$K_1$ - коефіцієнт відносних витрат часу на пересування пасажирів $K_2$ - коефіцієнт відносного наповнення салону транспортного засобу $K_3$ - коефіцієнт регулярності руху $K_4$ - коефіцієнт динамічної зміни рівня дорожньо-транспортних пригод
Коефіцієнт відносних витрат часу на пересування пасажирів	$K_1 = \frac{t_{п}^H}{t_{п}^{\Phi}}$	$t_{п}^{\Phi}$ - витрати часу на поїздку пасажирів у фактичних (реальних) умовах



		$t_{\Pi}^H$ - витрати часу на поїздку пасажирів у теоретично абсолютно комфортних умовах, хв
Витрати часу на поїздку пасажирів у теоретично абсолютно комфортних умовах	$t_{\Pi}^H = 15,85 + 0,51 \cdot \sqrt{F_M}$ , хв	$F_M$ - площа забудованої частини міста, км <sup>2</sup>
Витрати часу на поїздку пасажирів у фактичних (реальних) умовах	$t_{\Pi}^{\phi} = t_{\text{під}} \varepsilon_{\text{під}} + t_{\text{оч}} \varepsilon_{\text{оч}} + t_{\text{рух}} \varepsilon_{\text{рух}}$ , хв.	<p><math>\varepsilon_{\text{під}}</math> - ваговий коефіцієнт психологічної оцінки пасажирів витрат часу на підхід до зупинки</p> <p><math>\varepsilon_{\text{оч}}</math> - ваговий коефіцієнт психологічної оцінки пасажирів часу на очікування транспортних засобів</p> <p><math>\varepsilon_{\text{рух}}</math> - ваговий коефіцієнт психологічної оцінки пасажирів часу на пересування в транспорті</p> <p><math>t_{\text{під}}</math> - час підходу пасажирів до зупинного пункту, хв</p> <p><math>t_{\text{оч}}</math> - час очікування пасажиром транспорту, хв.</p> <p><math>t_{\text{рух}}</math> - час руху пасажирів в транспорті, хв</p>

<p>Час підходу пасажиру до зупинного пункту</p>	$t_{\text{під}} = \frac{60}{V_{\text{піш}}} \left( \frac{1}{3 \cdot \sigma_{\text{м}}} + \frac{\overline{l_{\text{пер}}}}{4} \right), \text{ хв}$	<p><math>V_{\text{піш}}</math> - швидкість пішого пересування  <math>\sigma_{\text{м}}</math> - середня щільність маршрутної мережі  <math>\overline{l_{\text{пер}}}</math> - середня довжина перегону на маршруті</p>
---	---	--

Середня щільність маршрутної мережі	$\sigma_M = \frac{L_{MM}}{F_M}, \text{км}^{-1}$	$L_{MM}$ - загальна протяжність маршрутів міста середня довжина перегону на маршруті
Середня довжина перегону на маршруті	$\bar{l}_{nep} = \frac{L_M}{N_{nep}}$	$N_{nep}$ - число перегонів на маршруті
Час очікування засобів транспорту дорівнює	$t_{оч} = \frac{l_p}{2}$	$l_p$ - інтервал руху, хв
Час руху пасажирів в транспорті	$t_{пyx} = \frac{\bar{l} k_{np} 60}{v_c}, \text{хв.}$	$\bar{l}$ - середня дальність поїздки пасажирів в транспортному засобі, км. $k_{np}$ - коефіцієнт пересадочності $v_c$ - швидкість сполучення
Швидкість сполучення	$v_c = \frac{L_M \cdot 60}{t_p - t_{кз}}, \frac{\text{км}}{\text{год}}$	$t_{кз}$ - час простою на одній кінцевій зупинці, хв
Коефіцієнт відносного наповнення салону транспортного засобу	$K_2 = \frac{\gamma_n}{\gamma^{\partial}}$	$\gamma_n$ - нормативне значення коефіцієнту наповнення салону транспортного засобу пасажирів у годину пік $\gamma^{\partial}$ - фактичне значення коефіцієнту наповнення салону транспортного засобу пасажирів

Коефіцієнт регулярності руху транспортних засобів	$K_3 = \frac{N_{\Pi}^{\Phi}}{N_{\Pi}^{\Pi}}$	$N_{\Pi}^{\Phi}$ - кількість рейсів, виконаних фактично транспортним засобом $N_{\Pi}^{\Pi}$ - кількість рейсів, передбачених розкладом руху розраховується за формулою
Коефіцієнт динамічної зміни рівня дорожньо-транспортної пригоди (ДТП) дорівнює	$K_4 = \frac{1}{1 + a_k \cdot \frac{n_0 + \frac{n_1 L_0}{2 \cdot L_1} + \frac{n_2 L_0}{2 \cdot L_2} + \frac{n_3 L_0}{2 \cdot L_3}}{2 \cdot L_0}}$	$a_k$ - коефіцієнт відносних витрат часу при пересуванні, пов'язаних з ДТП $n_0 \dots n_3$ - число штрафних балів, нарахованих за показниками безпеки руху $L_0 \dots L_3$ - загальний річний пробіг парку автобусів у 0 3 даному році, млн. км
Коефіцієнт відносної важливості $\mu$ -ї цілі	$a_{\mu} = \sum_{i=1}^m a_{i\mu} \left( \sum_{\mu=1}^k \sum_{i=1}^m a_{i\mu} \right)$	$a_{i\mu}$ - бал, наданий $i$ -м експертом $\mu$ -й цілі $m$ - кількість експертів $k$ - кількість цілей підсистеми
Коефіцієнт відповідної важливості $j$ -ї функції для досягнення $\mu$ -ї цілі	$b_j^{(\mu)} = \sum_{i=1}^m b_{ij}^{(\mu)} \left( \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m b_{ij}^{(\mu)} \right)^{(\mu)}$	$n$ - кількість функцій підсистеми
Коефіцієнт відносної важливості функцій системи оперативного управління	$g_j = \sum_{\mu=1}^k a_{\mu} b_i^{(\mu)}$	

<p>Показник регулярності руху транспортних засобів для автобусних маршрутів міста</p>	$R_k = \frac{I_{pk} - \sqrt{\sum x^2 (n_k - 1)}}{I_{pk}} \cdot 100\%$	<p>де <math>x</math> – відхилення фактичного інтервалу руху <math>I_{pk}</math> від планового <math>x = I_{фк} - I_{pk}</math>, хв  <math>I_{pk}</math> – плановий інтервал руху в <math>k</math>-й період з постійним інтервалом руху, хв.  <math>n_k</math> – кількість транспортних засобів, які прослідували через контрольний пункт за <math>k</math>-й період спостережень</p>
<p>Регулярність руху за <math>m</math> періодів роботи транспорту з постійним інтервалом руху</p>	$R = \sum_{k=1}^m R_k (n_k - 1) / \sum_{k=1}^m (n_k - 1)$	<p><math>m</math> – загальна кількість періодів роботи транспорту з постійним інтервалом руху</p>
<p>Регулярність руху для маршрутів електротранспорту</p>	$R = n_{\phi} / n_{пл} \cdot 100$	<p><math>n_{\phi}</math> – фактична кількість прибуття транспортних засобів на контрольні пункти системи керування за розкладом  <math>n_{пл}</math> – планова кількість прибуття транспортних засобів на контрольний пункт</p>
<p>Фактична кількість прибуття транспортних засобів</p>	$t_{ij}^{пл} - \tau \leq t_{ij}^{\phi} + \tau$	<p><math>\tau</math> - +2 – (-1) хв. для маршрутів з плановим інтервалом руху  <math>t_{ij}^{пл}</math> - відповідно, фактичний і плановий час прибуття <math>i</math>-го транспортного засобу на <math>j</math>-й контрольний пункт</p>

<p>Загальні витрати часу при проходженні перехрестя і пішохідних переходів зі світлофорним регулюванням</p>	$T_{\text{світ}} = (t_b + t_{\text{світ}} + t_a)N_{\text{світ}} / 60 = (v_p / 3,6\bar{b} + t_{\text{світ}} + v_p / 3,6\bar{a})N_{\text{світ}} / 60, \text{ хв.}$	<p><math>t_b = v_p / 3,6\bar{b}</math> - час гальмування від розрахункової швидкості руху до зупинки, с</p> <p><math>t_{\text{світ}}</math> = середній час очікування біля світлофора з можливістю подальшого руху транспортного засобу, с</p> <p><math>t_a = v_p / 3,6\bar{a}</math> = час розгону транспортного засобу після зрушення до розрахункової швидкості руху, с</p> <p><math>N_{\text{світ}}</math> = число перехрестя і пішохідних переходів зі світлофорним регулюванням на маршруті при русі в даному напрямку</p> <p><math>v_p</math> - розрахункова швидкість руху транспортного засобу на перегоні, км/год</p> <p><math>\bar{a}</math> = середнє прискорення транспортного засобу, м/с<sup>2</sup></p> <p><math>\bar{b}</math> = середнє сповільнення транспортного засобу, м/с<sup>2</sup>.</p>
---	--	---

Загальні витрати часу в зоні пункту зупинки	$T_{\text{пз}} = (t_b + \overline{t_{\text{пз}}} + t_a) N_{\text{пз}} / 60 = (v_p / 3,6\overline{b} + \overline{t_{\text{пз}}} + v_p / 3,6\overline{a}) N_{\text{пз}} / 60, \text{ хв}$	$N_{\text{пз}}$ - кількість зупинних пунктів на даному напрямку маршруту $\overline{t_{\text{пз}}}$ - середній час стоянки транспортного засобу на пункті зупинки
середній час стоянки транспортного засобу на пункті зупинки	$\overline{t_{\text{пз}}} = \overline{t_b} + \frac{t_{\text{пас}}(\overline{q_{\text{вих}}} + \overline{q_{\text{вх}}}) k_{\partial}}{n} + \overline{t_3}, \text{ хв}$	$\overline{t_{\text{пз}}}$ , $\overline{t_3}$ - середній час, відповідно, відкриття і закриття дверей транспортного засобу $k_{\partial}$ - коефіцієнт нерівномірності висадки і посадки по дверях транспортного засобу
Загальні витрати часу, пов'язані з технічними зупинками	$t_{\text{тз}} = (t_b + t_{\text{тз}} + t_a) N_{\text{тз}} / 60 = (v_p / 3,6\overline{b} + t_{\text{тз}} + v_p / 3,6\overline{a}) N_{\text{пз}} / 60, \text{ хв.}$	$t_{\text{тз}}$ - середні затримки транспортних засобів при технічній зупинці $N_{\text{тз}}$ - число технічних зупинок, передбачених на даному напрямку маршруту
Довжина шляху розгону транспортного засобу після зрушення до розрахункової швидкості руху	$l_a = v_p^2 / 3,6^2 \cdot 2\overline{a}, \text{ м.}$	

<p>Довжина шляху гальмування транспортного засобу від розрахункової швидкості руху до зупинки</p>	$l_b = v_p^2 / 3,6^2 \cdot 2\bar{b} = 1,4 v_p^2 / 3,6^2 \cdot 2\bar{a} = 1,4l_a$	
<p>Загальний час руху транспортного засобу на ділянках з і-м рівнем обмеження швидкості</p>	$T_{p \cdot v_i} = \frac{3,6}{60v_i} \cdot l_{v_i}$ $= 0,06/v_i (l_{v_i}^{\text{крив}} + l_{v_i}^{\text{спуск}} + l_{v_i}^{\text{зп}} + l_{v_i}^{\text{сч}} + l_{v_i}^{\text{тим}})$ $= 0,06/v_i \sum_{i=1} l_{v_i}$	<p><math>v_i</math> – найбільша дозволена швидкість і-го рівня обмеження, км/год;  <math>l_{v_i}</math> – загальна довжина шляху, прохідного транспортного засобу з найбільшою дозволеною швидкістю і-го рівня обмеження, м  <math>l_{v_i}^{\text{крив}}</math> – загальна довжина кривих з і-м рівнем обмеження швидкості на даному напрямку маршруту, м  <math>l_{v_i}^{\text{спуск}}</math> – загальна довжина спусків з і-м рівнем обмеження швидкості на даному напрямку маршруту, м  <math>l_{v_i}^{\text{зп}}</math> – загальна довжина ділянок з і-м рівнем обмеження швидкості при проходженні залізничних переїздів на даному напрямку маршруту, м  <math>l_{v_i}^{\text{сч}}</math> – загальна довжина ділянок з і-м рівнем обмеження швидкості при проходженні спеціальних частин шляху й контактної мережі на даному напрямку маршруту, м</p>



		$l_{vi}^{тим}$ – загальна довжина ділянок з і-м рівнем обмеження швидкості, тимчасово встановленого з урахуванням їхнього технічного стану на даному напрямку маршруту, м
Загальний час руху транспортного засобу з розрахунковою швидкістю	$T_{рух.вп} = 3,6/60v_p [L - (l_a + l_b (N_{світ} + N_{пз} + N_{тз}) - \sum_i l_{v_i})], \text{ хв}$	L – довжина маршруту в даному (одному) напрямку, м $\sum_i l_{v_i}$ - сумарна довжина ділянок з обмеженнями швидкості руху на даному напрямку маршруту, м.
Час рейсу	$T_p = T_{світ} + T_{пз} + T_{тз} + T_{рух.вп} + \sum_i T_{v_i}, \text{ хв}$	
Час кругорейсу	$T_{кр} = T_{p1} + t_{кпз} + T_{p2} = 2T_p + t_{кпз}, \text{ хв}$	$T_{p1}, T_{p2}$ - час рейсу, відповідно, в прямому і зворотньому напрямку руху, хв. $t_{кпз}$ - час стоянки на кінцевому пункті зупинки.
Час підходу транспортного засобу до пункту зупинки	$t_1 = v / 3,6b$	v – швидкість руху транспортного потоку в зоні зупинки, км/год b – прискорення керування транспортним засобом.

<p>Сумарний час висадки-посадки пасажирів</p>	$T_3 = \bar{Q}_{пв} \cdot \bar{\tau}_{пв} / m$	<p><math>\bar{Q}_{пв}</math> - середня кількість пасажирів, які здійснюють посадку-висадку, пас;  <math>m</math> - кількість дверей у транспортному засобі  <math>\bar{\tau}_{пв}</math> - час висадки посадку одного пасажирів, с/пас.</p>
<p>Час відходу транспортного засобу від пункту зупинки</p>	$t_4 = v / 3,6a$	<p><math>a</math> – прискорення транспортного засобу</p>
<p>Інтенсивність потоку обслуговування залежить від пропускної здатності пункту зупинки,</p>	$\mu = 3600 / (t_1 + t_2 + t_3 + t_4)$	<p><math>t_1</math> – час підходу транспортного засобу до пункту зупинки, с;  <math>t_2</math> – сумарний час відкриття і закриття дверей транспортних засобів,  <math>t_3</math> – сумарний час висадки-посадки пасажирів, с;  <math>t_4</math> - час відходу транспортного засобу від пункту зупинки, с.</p>
<p>Частка часу простою системи</p>	$\varepsilon = P_0 = 1 - \gamma$	

Середня кількість замовлень, що знаходяться в системі:	$n_c = \gamma / (1 - \gamma)^2$	
Середня довжина черги	$n_r = \gamma^2 / (1 - \gamma)$	
Середній час перебування замовлень в системі	$\tau_c = 1 / (\mu - \lambda)$	
Середній час перебування замовлення в черзі	$\tau_r = \gamma / (\mu - \lambda)$	
Цільова функція маршрутного транспорту	$F = D_{пп} - R_{ев}$	$D_{пп}$ - доходи від перевезення пасажирів; $R_{ев}$ - сумарні експлуатаційні витрати на здійснення перевезень.
Дохід від перевезення пасажирів на маршруті одним транспортним засобом за один рейс	$D_{пп} = C_T (1 - \alpha) N_{пр} - D_{пк},$	$C_T$ - тариф, грн. $\alpha$ - частка пасажирів пільгового контингенту; $N_{пр}$ - сумарна кількість пасажирів за рейс $D_{пк}$ - втрати доходів через погіршення комфортності поїздки, грн.

<p>Кількість пасажирів <math>N_{\text{ПР}}</math>, які зможуть здійснити поїздки в одному транспортному засобі за час його рейсу</p>	$N_{\text{ПР}} = P_{\text{пз}} - Q_{\text{від}}$	<p><math>P_{\text{пз}}</math> - сумарна кількість потенційних пасажирів на пункті зупинки;  <math>Q_{\text{від}}</math> сумарна кількість потенційних пасажирів, яким відмовлено в транспортному обслуговуванні</p>
<p>Сумарна кількість потенційних пасажирів</p>	$P_{\text{пз}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{пзі}} = (T_{\text{кр}}/N_{\text{ТЗ}} + \tau_{\text{в}}) \sum_{i=1}^n \lambda_i = (l_{\text{р}} + \tau_{\text{в}}) \sum_{i=1}^n \lambda_i$	<p><math>P_{\text{пзі}}</math> - кількість потенційних пасажирів на <math>i</math>-му пункті зупинки  <math>n</math> - кількість потенційних пасажирів на <math>i</math>-му пункті зупинки;  <math>l_{\text{р}}</math> - інтервал руху, хв.  <math>\tau_{\text{в}}</math> - відхилення від розкладу руху, хв.;  <math>\lambda</math> - потік потенційних пасажирів, що підходять на пункт зупинки, пас/хв.  <math>T_{\text{кр}}</math> - час кругорейсу, хв.;  <math>N_{\text{ТЗ}}</math> - кількість транспортних засобів на маршруті.</p>
<p>Час кругорейсу</p>	$T_{\text{кр}} = T_{\text{р1}} + T_{\text{р2}} + t_{\text{кпз}}$	<p><math>T_{\text{р1}}, T_{\text{р2}}</math> - час рейсу, відповідно, в прямому і зворотному напрямках, хв.;  <math>t_{\text{кпз}}</math> - час стоянки транспортного засобу на кінцевому пункті зупинки, хв.</p>

Кількість пасажирів, які знаходяться в салоні транспортного засобу після і-го пункту зупинки	$q_{\text{пасі}} = q_{\text{пас}(i-1)} + (l_p + \tau_b)(\lambda_i - \mu_i)$	$q_{\text{пасі}} > K_{\text{зм}}, \text{ то } q_{\text{пасі}} = K_{\text{зм}} \cdot B$ <i>K<sub>зм</sub> - максимально припустиме значення коефіцієнта заповнення Салону</i> <i>B – місткість рухомого складу, пас</i>
Кількість пасажирів, яким відмовлено в обслуговуванні на і-му пункті зупинки через переповнення салону транспортного засобу	$q_{\text{пасі}} = q_{\text{пас}(i-1)} + (l_p + \tau_b)(\lambda_i - \mu_i) - K_{\text{зм}} \cdot B$	
Сумарна кількість пасажирів, яким було відмовлено в обслуговуванні за час рейсу	$q_{\text{від}} = \sum_{i=1}^n q_{\text{віді}}$	
коефіцієнт комфортності за коефіцієнтом заповнення салону	$K_{\text{зі}} = q_{\text{пасі}}/B$	
Втрати доходів через погіршення комфортності	$D_{nk} = C_T \cdot (1 - \alpha)(I + \tau) \sum_{i=1}^n \lambda_i (1 - K_{\text{оплі}})$	
Сумарні експлуатаційні витрати R <sub>ев</sub> на здійснення перевезень одним транспортним засобом за один рейс	$R_{\text{ев}} = C_n \cdot N_{\text{пр}}$	C <sub>n</sub> - собівартість перевезень, при вирішенні задач оперативного управління вважати незмінною.