# СУЧАСНІ АСПЕКТИ ФУНКЦІО НУВАННЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В РИНКОВИХ УМОВАХ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

# СУЧАСНІ АСПЕКТИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В РИНКОВИХ УМОВАХ

Монографія

За редакцією доцента О. В. Россолова

Харків
Видавництво «ЛІДЕР»
2021

УДК 656.02:005.932
Т 65

А в т о р с ь к и й к о л е к т и в:
*О. В. Россолов, С. Б. Дульфан, Н. В. Шиллє,*
*Д. М. Копитков, Т. В. Луценко, Г. О. Самчук*

Р е ц е н з е н т и:
*В. О. Вдовиченко* – доктор техн. наук,
професор кафедри транспортних технологій
Харківського національного автомобільно дорожнього університету;
*І. Е. Линник* – д.т.н., професор кафедри міського будівництва
Харківського національного університету міського господарства
ім. О. М. Бекетова

*Рекомендовано до друкуна засіданні вченої ради*
*Харківського національного університету міського господарства імені*
*О. М. Бекетова(протокол № 1 від 01 жовтня 2021 р.)*

Т 65 Сучасні аспекти функціонування транспортно-логістичної інфраструктури в ринкових умовах :монографія / О. В. Россолов, С. Б. Дульфан, Н. В. Шиллєта ін. ; зазаг. ред. доц. О. В. Россолова – Харків :Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова, Видавництво «Лідер», 2021. – 224 с.

В монографії відображені результати наукових досліджень щодо сучасних аспектів функціонування транспортної та логістичноїінфраструктури в ринкових умовах. Розглядаються проблемні питання щодо організації та безпеки дорожнього руху, ергономічного забезпечення транспортних процесів іситем, їх техологічне проектування та логістичне управління, економічна оцінка, а також питання у сфері митної справи.

**УДК 656.02:005.932**

© Колективавторів, 2021
© Видавництво «Лідер», 2021

## ЗМІСТ

**ВСТУП**…… 8

**ОРГАНІЗАЦІЯ ТА БЕЗПЕКА ДОРОЖНЬОГО РУХУ**…… 9
ЗАКОНОМІРНОСТІ ВПЛИВУ ТРАНСПОРТНОГО ПОПИТУ НА ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ …… 10
1. Моделі зміни показників часу руху..... 10
2. Моделі зміни показників пробігу ……... 12
3 Модель зміни середньої швидкості руху …… 16
ОПТИМАЛЬНЕ СПІВВІДНОШЕННЯ РІВНЯ АВТОМОБІЛІЗАЦІЇ І ЩІЛЬНОСТІ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ..... 20
ВПЛИВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАТОРІВ НА БЕЗПЕКУ ДОРОЖНЬОГО РУХУ……... 30
РОЗРОБКА ПРАКТИЧНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ – ВИДІЛЕННЯ СПЕЦІАЛЬНОЇ СМУГИ ДЛЯ РУХУ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ ……... 39

**ЕРГОНОМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ……** 47
РОЗРОБКА ГРАФІКА РОБОТИ РУХОМОГО СКЛАДУ НА МАРШРУТІ З УРАХУВАННЯМ СТАНУ ВОДІЯ …… 48
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕРГОТИЧНОЇ СИСТЕМИ «ВОДІЙ-АВТОМОБІЛЬ-ДОРОГА-СЕРЕДОВИЩЕ»……. 62
1. Актуальні проблеми функціонування ерготичної системи «Водій–Автомобіль–Дорога–Середовище» у темну пору доби..... 62
2. Характеристики уваги водіїв…… 65
3. Експериментальні дослідження уваги водіїв…… 67
СОЦІАЛЬНИЙ ЕФЕКТ ВІД ВЗАЄМОДІЇ СИСТЕМИ «ЛЮДИНА – ТРАНСПОРТ – НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ»……. 73
1.Правові питання у забезпеченні позитивного соціального ефекту…… 73
2. Вплив розвитку транспорту в системі «Людина – 74

транспорт – навколишнє середовище»…….
2.1 Забруднення атмосферного повітря……... 75
2.2 Шумове забруднення……... 76
2.3 Вплив транспортної вібрації……... 77
2.4 Вплив електромагнітного випромінювання…….. 78
КЛАСИФІКАЦІЯ АВАРІЙНО-НЕБЕЗПЕЧНИХ СИТУАЦІЙ І ЇХ ВПЛИВ НА ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН ВОДІЯ ……... 81
1. Класифікація аварійно-небезпечних ситуацій…… 81
2. Вплив аварійно-небезпечних ситуацій на функціональний стан водія…… 83

**ТЕХНОЛОГІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ…….** 87
МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ НА МАРШРУТАХ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ ПРИ ЗМІННОМУ ПОПИТІ НА ПЕРЕВЕЗЕННЯ ……. 88
МОДЕЛЬ І МЕТОД УЗГОДЖЕННЯ РОЗКЛАДІВ РУХУ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ У ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНИХ ВУЗЛАХ ……..... 91
СТРАТЕГІЇ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ В ПІДПРИЄМСТВАХ ПОВНОГО ТА НЕПОВНОГО ЦИКЛУ ……..... 104
1. Сучасний стан питання…… 104
2. Розробка моделі…… 106
3. План експерименту…….. 107
4. Результат експерименту……... 108
5. Аналіз результатів…… 109
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО РОЗПОДІЛУ ПІШОХІДНИХ ПОТОКІВ У МІСТАХ..... 112
1. Особливості руху пішоходів …….. 112
2. Побудова моделі руху пішоходів…… …….. 113
3. Вплив вхідних показників моделі на загальний час руху по мережі ……..... 118
4. Вплив вхідних показників моделі на середній час пішого пересування……..... 122
5. Вплив вхідних показників моделі на середню відстань пішого пересування..... 124

ТРАНСПОРТУВАННЯ ВАНТАЖІВ В МЕЖАХ МІСТА БЕЗПІЛОТНИМИ ЛІТАЛЬНИМИ АППАРАТАМИ…….. 127
1. Аналіз стану питання транспортування вантажів безпілотними літальними апаратами…… 127
2. Компанії та підприємства, які планують використання БПЛА……... 130
АНАЛІЗ ПОТОЧНОГО СТАНУ ПИТАННЯ ВПЛИВУ ТРАНСПОРТНОЇ ВТОМИ НА ПАСАЖИРІВ МІСЬКОГО ТРАНСПОРТУ…… 134
1. Формування структури моделі об’єкту дослідження…… 141
2. Визначення цільової функції та системи обмежень…….. 144
3. Вибір методики досліджень щодо визначення транспортної втоми……... 146

**ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ ТА СИСТЕМ ……..** 154
РОЗРОБКА ПРАКТИЧНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ КОМБІНОВАНОГО РЕЖИМУ РУХУ НА АВТОБУСНИХ МАРШРУТАХ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ……... 155
РОЗРОБКА ТА НАПРЯМИ РЕАЛІЗАЦІЇ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНОГО МЕХАНІЗМУ УПРАВЛІННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИМ КАПІТАЛОМ ……. 167
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИБОРУ ВИДУ ТРАНСПОРТУ ……... 176

**МИТНА СПРАВА……** 183
АНАЛІЗ ЧАСОВИХ НОРМАТИВІВ ТА ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЕЛЕКТРОННОГО ДЕКЛАРУВАННЯ ЗОВНІШНЬОТОРГОВЕЛЬНИХ ВАНТАЖІВ …… 184

**ЛОГІСТИЧНЕ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ПРОЦЕСАМИ МІСТ……...** 195
ФОРМАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛЕЙ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ РОЗВЕЗЕННЯ ТАРНО-ШТУЧНИХ ВАНТАЖІВ В МІСТАХ.. 196
1. Аналіз підходів формування моделей управління процесом розвезення…….. 196
2. Розробка моделі формування управління процесом

розвезення вантажів …….. 198
3. Висновок по розділу……. 209
КОНЦЕПУТАЛЬНІ ОСНОВИ ЛОГІСТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОЮ ВЗАЄМОДІЄЮ АВТОТРАНСПОРТУ В ПАРАЛЛЕЛЬНИХ КАНАЛАХ РОЗПОДІЛУ…… 211

# ВСТУП

Монографія присвячена представленню результатів наукових досліджень щодо сучасних аспектів функціонування транспортної та логістичної інфраструктури в ринкових умовах. Розглянуто питання щодо закономірності впливу транспортного попиту на функціонування транспортної мережі, проблеми автомобілізації та заторів у містах, формування транспортних та пішохідних потоків, проектуванню шляхів сполучення, організації вантажних та пасажирських перевезень, ергономіки, логістики, економічної оцінки існуючих транспортних систем.

Актуальність цієї монографії визначена сучасними проблемами безпеки руху автомобілів і пішоходів, функціонування ергономічних, транспортних та логістичних систем.

Транспортно-логістичні процеси є досить складними динамічними системами, їх функціонування залежить від безліч чинників навколишнього середовища. Науковий аналіз цих чинників і математичний опис їх впливу на транспортні та логістичні процеси є сучасним викликом щодо вивчення сучасних соціальних і економічних наслідків, і є важливим напрямком підвищення їх ефективності.

Підвищення безпеки, ефективності і надійності в транспортно-логістичних системах за рахунок сучасних механізмів управління є однією із головних цілей організації дорожнього руху та логістики. Результати такого управління позитивно впливають на параметри транспортного процесу, підвищують соціальні параметри міст та сприяють економічному розвитку.

Розділи монографії містять перелік заходів щодо вдосконалення і розвитку теоретичних знань з проблематики представленого напрямку дослідження. Наукові результати досліджень вчених кафедри транспортних систем і логістики представлено в розділах монографії: «Організація та безпека дорожнього руху»; «Логістичне управління транспортними процесами міст»; «Ергономічне забезпечення транспортних процесів»; «Технологічне проектування транспортних процесів»; «Економічна оцінка транспортних процесів та систем», «Логістичне управління транспортними процесами міст».

# ОРГАНІЗАЦІЯ ТА БЕЗПЕКА ДОРОЖНЬОГО РУХУ

# ЗАКОНОМІРНОСТІ ВПЛИВУ ТРАНСПОРТНОГО ПОПИТУ НА ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ

Дослідження закономірностей впливу транспортного попиту на функціонування транспортної мережі виконується за допомогою розробленої моделі функціонування транспортної мережі (ТМ) міста.

## 1. Моделі зміни показників часу руху

Дослідження закономірностей впливу транспортного попиту на ефективність функціонування ТМ виконуємо згідно із відомою методикою [3, 13].

Обираємо діапазон варіювання рівнем автомобілізації *РА* = 130…200 авт./1000 меш.

Моделювання розподілу транспортних кореспонденцій по ТМ при різних значеннях рівня автомобілізації дозволило отримати показники ефективності функціонування ТМ. Для визначення виду та параметрів моделей були використані сучасні комп'ютерні програми обробки статистики («STATGRAPHICS Plus-5.1»), які дозволяють описати отриману статистику різними видами математичних функцій. Так, було виконано спроби описати статистику зміни показників часу руху простою лінійною, поліноміальною, параболічною, логарифмічною функціями. Згідно з виконаними за допомогою програми «STATGRAPHICS Plus-5.1» розрахунків, найкращу точність та адекватність продемонстрували поліноміальні моделі залежності показників часу руху від *РА*.

Отримана модель зміни загального часу руху всіх транспортних засобів по ТМ має вигляд:

$$T_{сум} = 7{,}56 \cdot 10^{-3} \cdot PA^2 - 1{,}9 \cdot PA + 149{,}83, \qquad (1)$$

де $T_{сум}$ – загальний час руху всіх транспортних засобів по ТМ, авт.·год.;

*РА* – рівень автомобілізації у місті, авт./1000 меш.

На рис. 1 надана залежність загального часу руху всіх транспортних засобів у ТМ від *РА*.

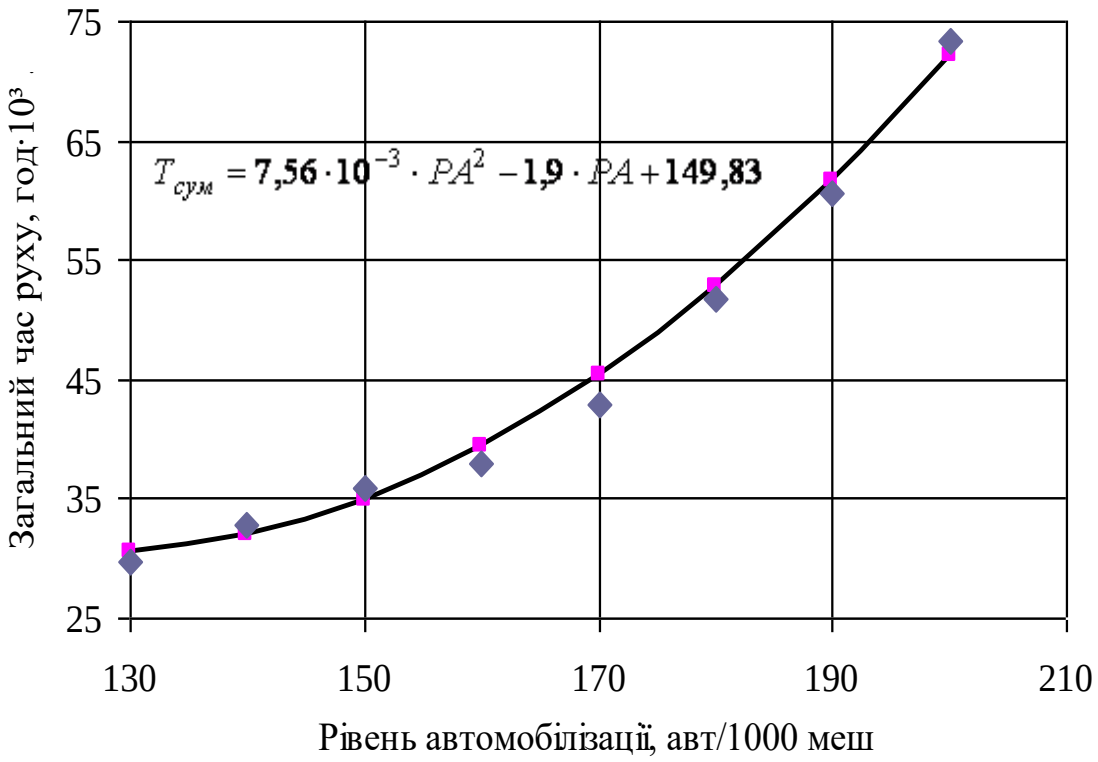



Рисунок 1.Залежність загального часу руху всіх транспортних засобів від рівня автомобілізації

З отриманої залежності загального часу руху всіх транспортних засобів від рівня автомобілізації (рис.1) можна побачити, що в цілому зростання *PA* викликає збільшення загального часу руху. Функція $T_{сум}= f(PA)$ є нелінійною. При збільшенні *PA* швидкість зміни функції $\frac{\partial T_{сум}}{\partial PA}$ зростає. В діапазоні, що розглядається, збільшення *PA* на 38 % викликає зростання $T_{сум}$ на 73 %.

Отримані закономірності зміни загального часу руху пояснюються параболічною залежністю швидкості транспортних потоків від інтенсивності руху. Збільшення *PA* викликає зростання обсягів утворення та поглинання транспортних потоків у вузлах ТМ. Внаслідок цього у місті збільшуються обсяги руху.

Це, у свою чергу, проявляється у зростанні інтенсивності руху. При підвищенні інтенсивності руху зменшується швидкість транспортних потоків за квадратичною залежністю. Все це і визначає характер функції $T_{сум}= f(PA)$ (рис. 1). Можна передбачити, що теоретичне максимальне значення Тсум буде досягнуте при такому рівні автомобілізації, коли на всіх вулицях міста рух транспортних потоків буде відбуватись у режимі затору.

За результатами розрахунків розподілу транспортних потоків було отримано також залежність середнього часу пересування транспортного засобу по ТМ від рівня автомобілізації. Дана модель має вигляд:

$$T_{1A} = 4{,}8 \cdot 10^{-3} \cdot PA^2 - 1{,}298 \cdot PA + 117{,}04, \qquad (2)$$

де $T_{1A}$ – середній час пересування транспортного засобу по ТМ, год./авт.

Графічно модель зміни середнього часу пересування транспортного засобу по ТМ представлена на рис. 2.

Між середнім часом пересування транспортного засобу по ТМ та загальним часом руху всіх транспортних засобів у ТМ існує взаємозв'язок. Але залежність між $T_{1A}$ і $T_{сум}$ не є пропорційною. Зростання $PA$ викликає збільшення $T_{сум}$ і $T_{1A}$ . Але на $T_{1A}$ вплив $PA$ є меншим. Так, у тому ж діапазоні зміни $PA$ зростання $T_{1A}$ складає лише 32 % ( проти 73 % зростання $T_{сум}$).

Незважаючи на це, залежність середнього часу пересування транспортного засобу по ТМ від рівня автомобілізації подібна до залежності на рис. 1.

В табл. 1 наведені основні характеристики моделей зміни показників часу руху. За даними табл. 1 середня помилка апроксимації дорівнює моделей (1) та (2) дорівнює відповідно 5,68% та 7,13 %.

За даними табл. 1 можна зробити висновок, що отримані моделі зміни показників часу руху є адекватними. Це надає можливість використання даних моделей для вирішення практичних завдань.

## 2. Моделі зміни показників пробігу

Розробка моделей залежності показників пробігу від рівня автомобілізації здійснювалась за відпрацьованою методикою.

Статистичні дані про загальний пробіг всіх транспортних засобів та середній пробіг одного переміщення були отримані шляхом моделювання транспортних потоків при різних значеннях $PA$.

На відміну від попередньо розроблених моделей, найкращу точність та адекватність показали прості лінійні моделі залежності показників пробігу від $PA$.

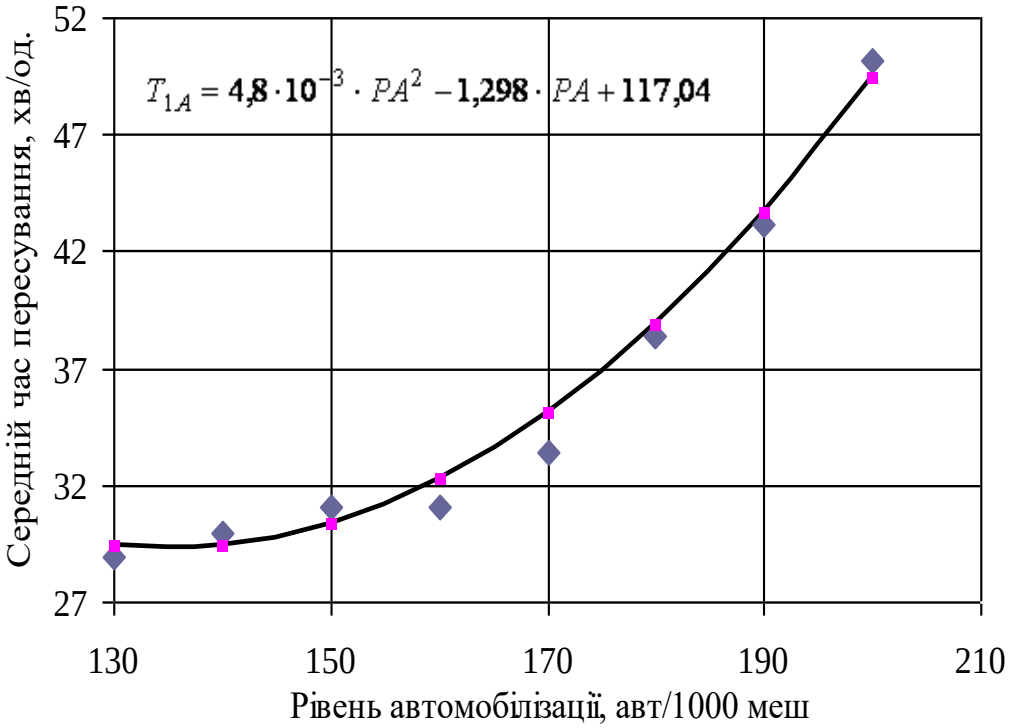



Рисунок 2. Залежність середнього часу пересування транспортного засобу по ТМ від рівня автомобілізації

Згідно з розрахунками, модель зміни загального пробігу всіх транспортних засобів по ТМ має такий вигляд:

$$L_{сум} = 4{,}48 \cdot PA - 22{,}19, \qquad (3)$$

де $L_{сум}$.– загальний пробіг всіх транспортних засобів по ТМ, авт.·км.

Таблиця 1

**Характеристики моделей зміни часу руху**

| Рівняння моделі | Коефіцієнт кореляції | Стандартна помилка оцінки | Середня помилка апроксимації, % |
|---|---|---|---|
| 1. Модель зміни загального часу руху $T_{сум} = 7{,}56 \cdot 10^{-3} \cdot PA^2 - 1{,}9 \cdot PA + 149{,}83$ | 0,96 | 1,05 | 5,68 |
| 2. Модель зміни середнього часу пересування $T_{1A} = 4{,}8 \cdot 10^{-3} \cdot PA^2 - 1{,}298 \cdot PA + 117{,}04$ | 0,94 | 0,58 | 7,13 |

На рис. 3 надано графічне зображення моделі загального пробігу всіх транспортних засобів по ТМ.

В цілому зростання *РА* викликає збільшення загального пробігу. З рис. 3 видно, що зростання *РА* викликає пропорційне збільшення $L_{сум}$. Тобто ця залежність має лінійний характер в розглянутому діапазоні зміни *РА*. При збільшенні *РА* відбувається пропорційне зростання обсягів руху. Якщо при цьому маршрути транспортних зв'язків між всіма парами вузлів ТМ суттєво не змінюються, то це забезпечує пропорційне зростання $L_{сум}$.

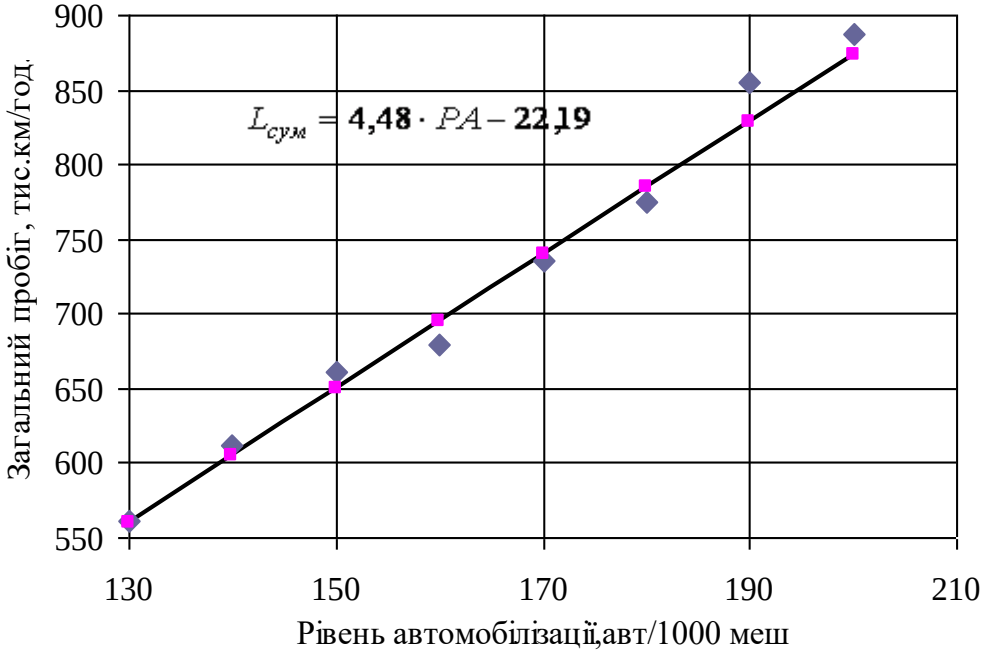



Рисунок 3. Залежність загального пробігу всіх транспортнихзасобів по ТМ від рівня автомобілізації

Можна передбачити, що зміна маршрутів транспортних сполучень по ТМ міста буде відбуватись при значно більшому перевантаженні ТМ рухом. Відповідно для цього потрібен і значно вищий рівень автомобілізації в місті.

Регресійна модель зміни середньої відстані одного переміщення по ТМ має наступний вигляд:

$$L_{1A} = 1{,}23 \cdot 10^{-2} \cdot PA + 7{,}5 . \qquad (4)$$

де $L_{1A}$ – середня відстань одного переміщення по ТМ, км/авт.

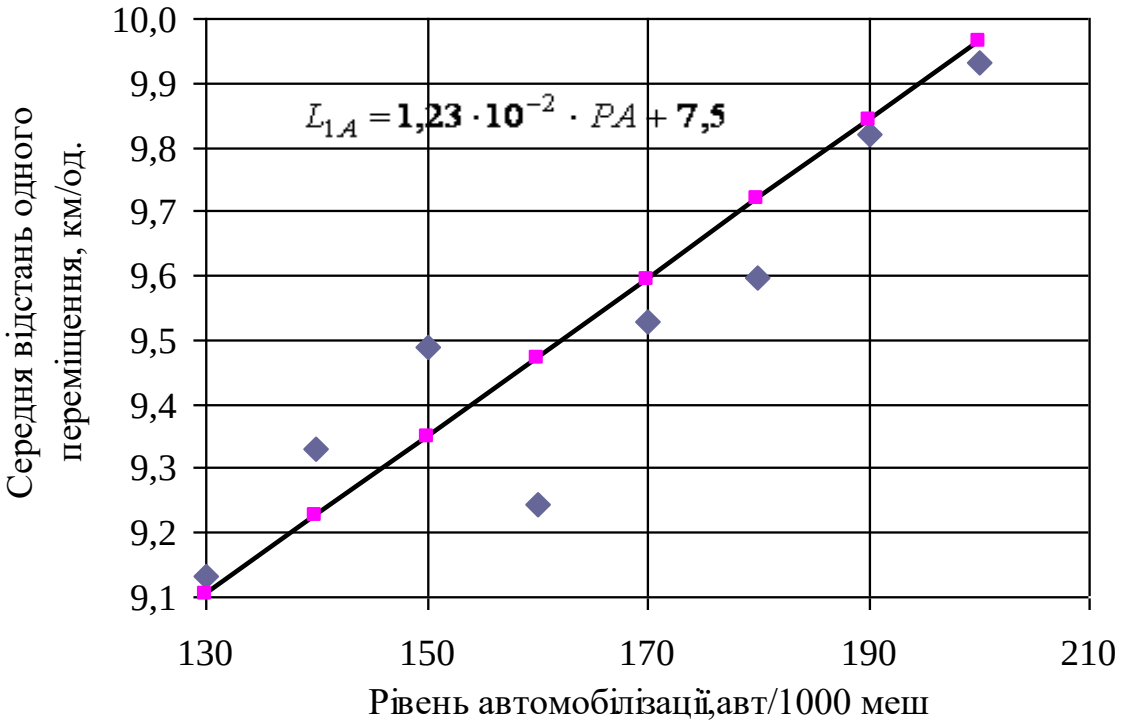



Рисунок 4. Залежність середньої відстані одного переміщенняпо ТМ від рівня автомобілізації

Залежність середньої відстані одного переміщення по ТМ від рівня автомобілізації зображена на рис. 4 Зростання *PA* супроводжується збільшенням $L_{1A}$. За своїм характером ця функція близька до лінійної.

У порівнянні із залежністю $L_{сум}=f(PA)$ рівень автомобілізації значно менше впливає на $L_{1A}$. У розглянутому діапазоні зростання *PA* середня відстань одного переміщення збільшується лише на 4 %. Причиною збільшення $L_{1A}$ є зростання обсягів руху під впливом *PA*.

При зростанні обсягів руху деякі фрагменти ТМ стають перевантаженими рухом. Відповідно для деяких кореспонденцій, маршрути яких проходять через такі фрагменти, оптимальними за критерієм мінімуму часу пересування стають маршрути з більшою протяжністю. Тому зміна $L_{1A}$ не є пропорційною зміні $L_{сум}$. Крім того, характер залежності $L_{1A}=f(PA)$, головним чином, визначається параметрами ТМ, особливостями її планувальної структури.

Основні характеристики моделей зміни показників пробігу наведені в табл. 2.

Таблиця 2

**Характеристики моделей зміни показників пробігу**

| Рівняння моделі | Коефіцієнт кореляції | Стандартна помилка оцінки | Середня помилка апроксимації, % |
|---|---|---|---|
| 1. Модель зміни загального пробігу $L_{сум} = 4{,}48 \cdot PA - 22{,}19$ | 0,94 | 0,743 | 8,11 |
| 2. Модель зміни середньої відстані одного переміщення $L_{1A} = 1{,}23 \cdot 10^{-2} \cdot PA + 7{,}5$ | 0,93 | 0,016 | 9,13 |

Згідно з даними табл. 2 середня помилка апроксимації моделі (3) складає 8,11 %, що свідчить про досить високу точність.

Дані табл. 2 показують, що розроблені моделі характеризуються досить високою точністю та адекватністю. Таким чином можна зробити висновок про можливість їх використання на практиці.

## 3. Модель зміни середньої швидкості руху

Моделювання транспортних потоків дозволило також отримати необхідну статистику для розробки моделі зміни середньої швидкості пересування транспортних засобів по ТМ. Після декількох спроб описати статистику швидкості транспортних потоків різними функціями визначили, що найбільшу точність та адекватність має поліноміальна модель наступного вигляду:

$$V_{1A} = -1{,}29 \cdot 10^{-3} \cdot PA^2 + 0{,}326 \cdot PA - 1{,}66 . \qquad (5)$$

де $V_{1A}$.– середня швидкість пересування транспортних засобів по ТМ, км/год.

На рис. 5 надана залежність середньої швидкості пересування транспортного засобу по ТМ від рівня автомобілізації.

В цілому зростання $PA$ забезпечує нелінійне зменшення $V_{1A}$. Така тенденція обумовлена параболічною залежністю швидкості транспортних потоків від інтенсивності руху.

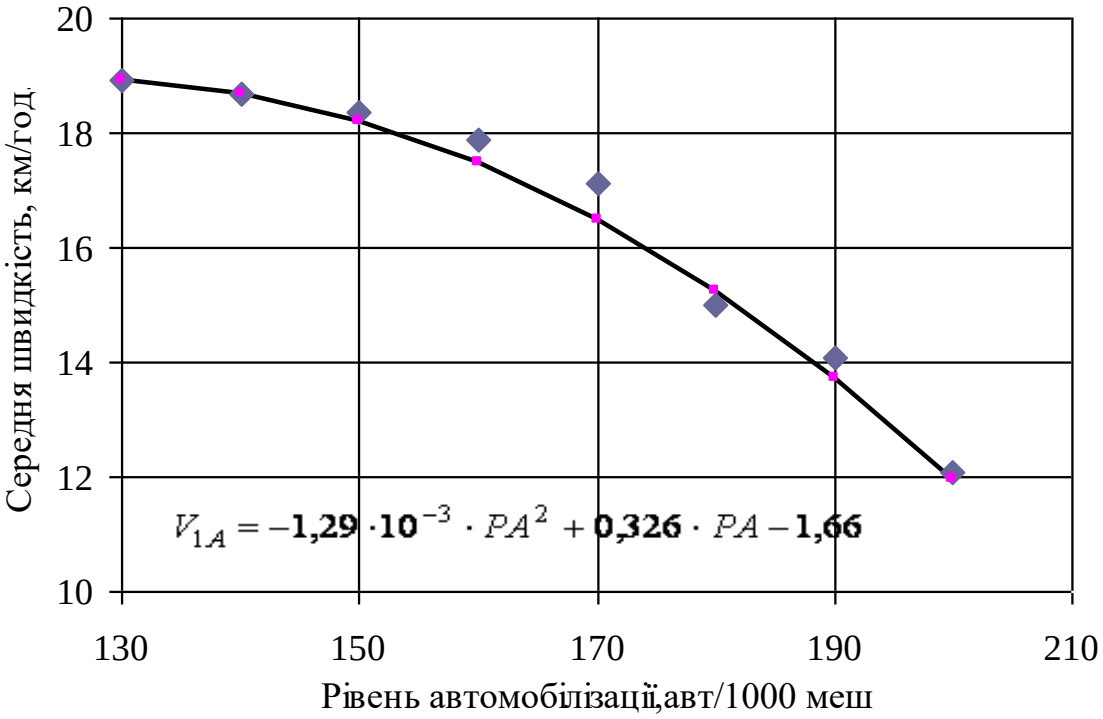



Рисунок 5. Залежність середньої швидкості пересування транспортного засобу по ТМ від рівня автомобілізації

Подальше зростання *PA* за межами розглянутого діапазону буде викликати зменшення швидкості ТП, доки вона не досягне швидкості руху в умовах затору.

В табл. 3 наведені статистичні дані для розробки та оцінки точності даної моделі. Згідно з даними табл. 3 середня помилка апроксимації моделі (5) складає 8,18 %, що свідчить про високу точність даної моделі.

Дані табл. 3 свідчать, що модель (5) відповідає всім необхідним вимогам та може використовуватись для виконання практичних розрахунків щодо оцінки ефективності функціонування ТМ міста.

Таблиця 3

**Характеристики моделі зміни швидкості пересування**

| Рівняння моделі | Коефіцієнт кореляції | Стандартна помилка оцінки | Середня помилка апроксимації, % |
|---|---|---|---|
| Модель зміни середньої швидкості пересування $V_{1A} = -1{,}29 \cdot 10^{-3} \cdot PA^2 + 0{,}326 \cdot PA - 1{,}66$ | 0,949 | 0,034 | 8,18 |

В цілому дослідження закономірностей впливу рівня автомобілізації на ефективність функціонування ТМ дозволили отримати залежності, які представлені на рис. 1-5. За допомогою даних залежностей можливим є визначення стану ТП при зміні рівня автомобілізації у місті.

**ДЖЕРЕЛА**


1. Системологія на транспорті. Організація дорожнього руху / Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін. ; під ред. М. Ф. Дмитриченка. – К. : Знання України, 2007. – 452 с. – (5 кн. / Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін.; кн. 4)
2. Рэнкин В. У. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения / В. У. Рэнкин, П. Клафи, С. Халберт и др. – М. : Транспорт, 1981. – 592 с.
3. Лобашов О. О. Методика дослідження впливу транспортної мережі на параметри транспортних потоків у містах / О.О. Лобашов // Інформаційно-керуючи системи на залізничному транспорті. - 2010. - №2. - С.24-25.
4. Chowdhury D. Statistical physics of vehicular traffic and some related systems / Chowdhury D., Santen L., Schadschneider A. // Phys. Rep. – 2000. – № 329. – P. 199–329.
5. Иносэ Х. Управление дорожным движением / Иносэ Х., Хамада Т. // пер с англ.; под ред. М. Я. Блинкина – М. : Транспорт, 1983. – 248 с.
6. Лобашов А. О. Алгоритм распределения транспортных потоков в городах / А. О. Лобашов, В. В. Лютый // Автомобильный транспорт. - 2000.- №4. - С.101-103.
7. Хейт Ф. Математическая теория транспортных потоков / Хейт Ф. – М. : Мир, 1966. – 286 с.
8. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими / Дрю Д.; пер. с англ. – М. : Транспорт, 1972. – 423 с.
9. Theeg G. Verkehrsnachfrage berechnung mit dem Modell EVA unter Beachtungvon Generalisierten Kosten, Diplomarbeit, Dresden, Lehrstuhlfür Theorieder Verkehrsplanungder TU Dresden, 2003. – Z. 232–254.
10. Лобашов О.О. Про вплив рівня розвитку транспортної

мережі міста на ефективність дорожнього руху / О.О. Лобашов // Інформаційно-керуючи системи на залізничному транспорті. - 2010. - №5-6. - С.45-47.
11. Лобашов А. О. К вопросу о расчете рациональных характеристик транспортных потоков в городах / А. О. Лобашов, Д. Л. Бурко // Восточно-европейский журнал передовыхтехнологий. - 2007. - Вып.5/3 (29). - С.3-5.
12. Лобашов О.О. Про напрямки зниження завантаження дорожнім рухом транспортних мереж міст / С.Б. Дульфан, О.О. Лобашов // Технологический аудит и резервыпроизводства. - 2013. - №6/1(14). - С.35-38.
13. Лобашов А.О. Моделирование функционирования транспортной сети после изменения ее параметров / А. О. Лобашов // Вісник НТУ «ХПІ». – Серія : «Нові рішення в сучасних технологіях». - 2014.- № 7 (1050). - С.88-92.
14. Kapski D. Estimating the Parameters of Traffic Flows on the Basis of Processing of Localization Data on the Movement of Vehicles / D. Kapski, V. Kasyanik, O. Lobashov, A. Volynets, . O. Kaptsevich, A. Galkin // Communications - Scientific letters of the University of Zilina. - 2019. - T. 21, n. 2. - c. 89-99

# ОПТИМАЛЬНЕ СПІВВІДНОШЕННЯ РІВНЯ АВТОМОБІЛІЗАЦІЇ І ЩІЛЬНОСТІ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ

Критеріями оцінки функціонування транспортних мереж міст може бути безліч критеріїв, які можна розподілити на наступні основні групи: економічні, соціальні, екологічні, транспортні, планувальні. Ці групи критеріїв пов'язані між собою. Особливий інтерес представляє визначення групи транспортних критеріїв функціонування транспортних мереж міст (витрат часу, транспортно-експлуатаційних витрат, пробігу в мережі), тому що їхня правильна оцінка дозволяє планувати міську мобільність з урахуванням інтересів населення міст та можливостей транспортної інфраструктури.

Проведемо оцінку впливу на показники функціонування транспортної мережі (загальні витрати часу ($T_\Sigma$, год.) та загальні транспортно-експлуатаційні витрати ($C_\Sigma$, грн.)) наступних параметрів (рівня автомобілізації ($A$, авт./$10^3$мешк.) та щільності транспортної мережі ($\delta$, км$^2$/км$^2$.))

$$T_\Sigma = f(A_i;\delta_i) \tag{1}$$

$$C_\Sigma = f(A_i;\delta_i) \tag{2}$$

Для визначення витрат часу та транспортно-експлуатаційних витрат була обрана транспортна мережа частини одного з районів міста Харкова, що має щільність $\delta_i$ = 044372 км$^2$/км$^2$ та прийнятий рівень автомобілізації в 216 авт./$10^3$мешк. Зміна рівня автомобілізації та щільності транспортної мережі призводить до зміни витрат часу та транспортно-експлуатаційних витрат (табл. 1 та табл. 4 відповідно). Також в них зазначено діапазони зміни рівня автомобілізації та щільності транспортної мережі.

Таблиця 1

**Зміна загальних витрати часу в транспортній мережі ($T_{\Sigma i}$) в залежності від рівня автомобілізації ($A_i$) та щільності мережі ($\delta_i$)**

| $A_i$ , авт./$10^3$мешк | $\delta_i$, км$^2$/км$^2$ | $T_{\Sigma i}$, год. |
|---|---|---|
| 254 | 0,01916 | 2149,6 |
| 238 | 0,02008 | 2052,2 |
| 227 | 0,022186 | 2001,5 |
| 216 | 0,02588 | 1749,0 |
| 205 | 0,02958 | 1441,6 |
| 201 | 0,033279 | 1396,5 |
| 197 | 0,044372 | 1130,7 |
| 193 | 0,049918 | 996,0 |
| 189 | 0,055465 | 926,7 |
| 187 | 0,066558 | 807,4 |

При проведенні експерименту, щодо оцінки параметрів функціонування транспортної мережі, в залежності від сукупного впливу на них рівня автомобілізації та щільності транспортної мережі в одному з районів м. Харкова виявлено наступний вплив означених характеристик на результуючу ознаку – загальні витрати часу ($T_{\Sigma i}$, год.) (рис. 1 та рис. 2).

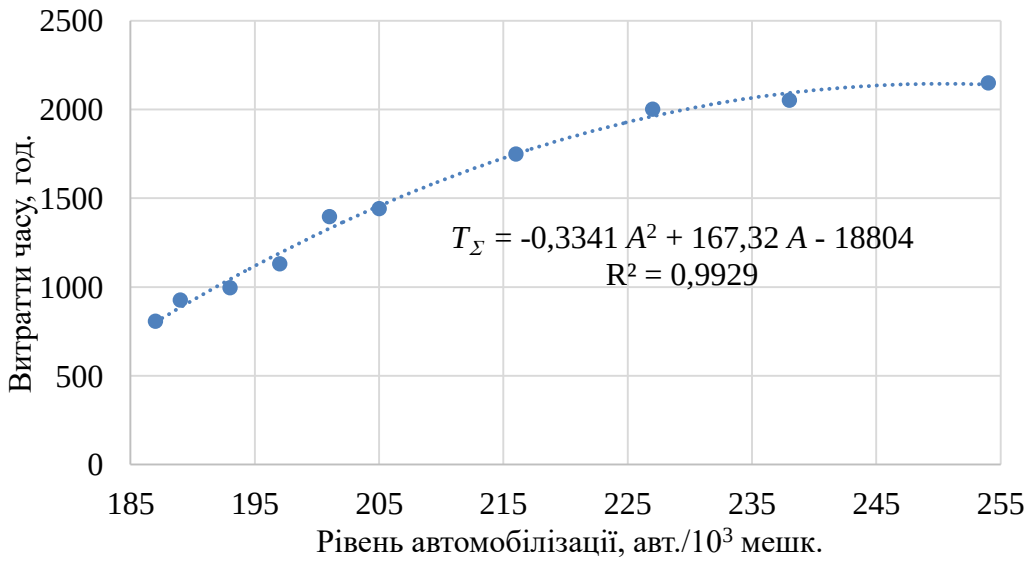



Рисунок 1. Залежність витрат часу від рівня автомобілізації

Значення коефіцієнту детермінації для фактору рівня автомобілізації $R^2 = 0{,}9929$ свідчить про високу частку дисперсії залежної змінної ($T_\Sigma$), що пояснюється впливом на неї незалежної змінної ($A$).

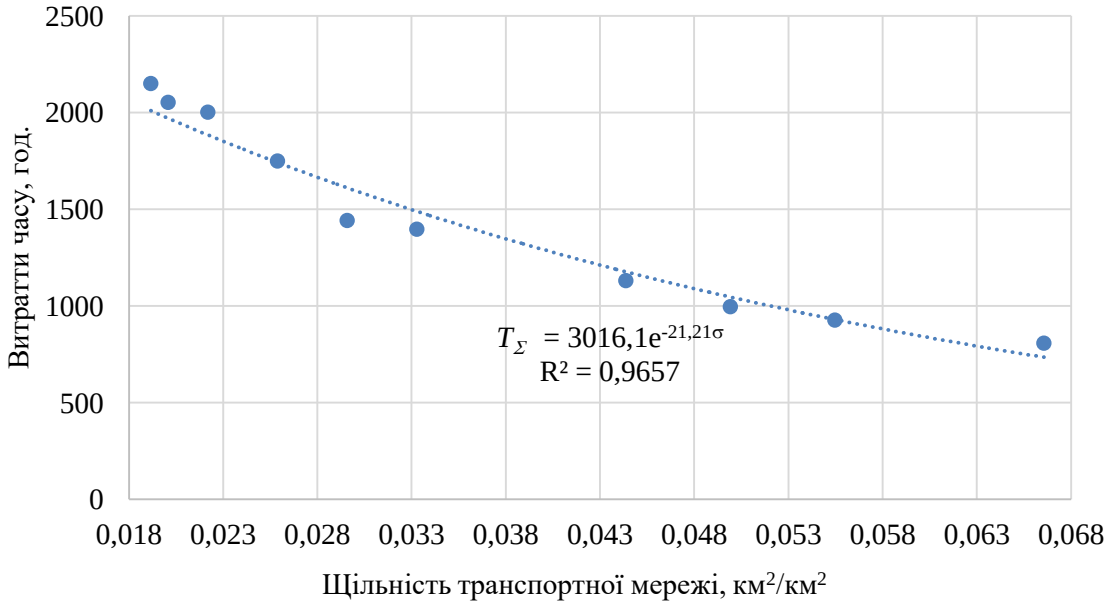



Рисунок 2. Залежність витрат часу від щільності транспортної мережі

Для залежності на рис. 2 значення коефіцієнту детермінації для фактору щільності транспортної мережі $R^2 = 0{,}9657$ свідчить про високу частку дисперсії залежної змінної ($T_\Sigma$), що пояснюється впливом на неї незалежної змінної ($\delta$). При цьому частка непоясненої дисперсії (дисперсії випадкової помилки моделі складає 3,43%).

На основі отриманих моделей (рис. 1 та 2) визначимо відсоткову помилку відхилення для $i$ – го спостереження та середню помилку апроксимації за моделлю вцілому за залежностями:

$$\zeta_i = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left| T_{\Sigma i}^{f} - T_{\Sigma i}^{m} \right|}{T_{\Sigma i}^{f}} \cdot 100\%, \tag{3}$$

$$\bar{\varepsilon} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \zeta_i}{n} \tag{4}$$

де $T^f_{\Sigma i}$ – фактичне значення витрат часу для *i*-го спостереження, год.;

$T^m_{\Sigma i}$ – значення витрат часу для *i*-го спостереження за моделлю (рис. 1 – 2), год.;

$n$ – кількість спостережень, од.

Результати визначення помилок за (3 – 4) представлені в табл. 2.

Таблиця 2

**Результати визначення помилок апроксимації**

| $A_i$, авт./$10^3$мешк | $\delta_i$, км$^2$/км$^2$ | $T^f_{\Sigma i}$, год. | $T^{Am}_{\Sigma i}$, год. | $T^{qm}_{\Sigma i}$, год. | $\zeta^A_i$,% | $\zeta^q_i$,% |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 254 | 0,01916 | 2149,6 | 2140,5 | 2009,0 | 0,42 | 6,54 |
| 238 | 0,02008 | 2052,2 | 2093,4 | 1970,2 | 2,01 | 4,00 |
| 227 | 0,022186 | 2001,5 | 1961,8 | 1884,1 | 1,98 | 5,87 |
| 216 | 0,02588 | 1749,0 | 1749,4 | 1742,0 | 0,02 | 0,40 |
| 205 | 0,02958 | 1441,6 | 1456,0 | 1610,6 | 1,00 | 11,72 |
| 201 | 0,033279 | 1396,5 | 1329,3 | 1489,1 | 4,81 | 6,63 |
| 197 | 0,044372 | 1130,7 | 1192,0 | 1177,0 | 5,42 | 4,09 |
| 193 | 0,049918 | 996,0 | 1043,9 | 1046,3 | 4,81 | 5,05 |
| 189 | 0,055465 | 926,7 | 885,1 | 930,2 | 4,49 | 0,38 |
| 187 | 0,066558 | 807,4 | 801,7 | 735,2 | 0,71 | 8,94 |
| $\bar{\varepsilon}$,% | | | | | 2,57 | 5,36 |

Значення середньої помилки апроксимації представлених моделей менше ніж десять відсотків, тому моделі можуть бути використані для подальших досліджень.

Для оцінки сумісного впливу рівня автомобілізації та щільності транспортної мережі на зміну витрат часу, –характеристики отриманих регресійних моделей (рис. 1 – 2) використовуються для визначення параметрів нелінійної моделі, що може бути сформована в стандартних статистичних пакетах, зокрема StatgraphicsCenturion. В результаті обробки вхідних даних отриманих вище моделей визначимо:

$$T_{\Sigma ij} = -0{,}3 \cdot A_i^2 + 152{,}3 \cdot A_i - 15919{,}3 - 1071{,}4 \cdot e^{1{,}61 \cdot q_j} \qquad (5)$$

Отримана регресійна модель (5) на зазначених в табл. 1 діапазонах варіювання вхідних характеристик, показує гарну збіжність фактичних та змодельованих значень витрат часу. Середня помилка апроксимації, визначена за залежностями (3-4) при цьому складає 2,69%. Використовуємо отриману модель (5) для оцінки сумісного впливу рівня автомобілізації та щільності транспортної мережі на значення витрат часу. Результати моделювання представлені в табл. 3. На основі даних табл. 3 будуємо поверхню, що відображає процес дослідження (рис. 3).

Таблиця 3

**Результати моделювання сумісного впливу рівня автомобілізації та щільності транспортної мережі на значення витрат часу**

| Рівень автомобілізації, авт./$10^3$ мешк. | Щільність транспортної мережі, км$^2$/км$^2$ | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,01916 | 0,02008 | 0,022186 | 0,02588 | 0,02958 | 0,0332789 | 0,044372 | 0,049918 | 0,055465 | 0,066558 |
| 254 | 2145,1 | 2143,4 | 2139,7 | 2133,1 | 2126,4 | 2119,7 | 2099,3 | 2089,0 | 2078,6 | 2057,5 |
| 238 | 2088,8 | 2087,1 | 2083,4 | 2076,8 | 2070,1 | 2063,4 | 2043,0 | 2032,7 | 2022,3 | 2001,2 |
| 227 | 1960,3 | 1958,6 | 1954,9 | 1948,2 | 1941,6 | 1934,9 | 1914,5 | 1904,2 | 1893,8 | 1872,7 |
| 216 | 1758,6 | 1757,0 | 1753,2 | 1746,6 | 1739,9 | 1733,2 | 1712,9 | 1702,5 | 1692,1 | 1671,0 |
| 205 | 1483,8 | 1482,2 | 1478,4 | 1471,8 | 1465,1 | 1458,4 | 1438,0 | 1427,7 | 1417,3 | 1396,2 |
| 201 | 1365,7 | 1364,1 | 1360,3 | 1353,7 | 1347,0 | 1340,3 | 1320,0 | 1309,6 | 1299,2 | 1278,1 |
| 197 | 1238,0 | 1236,3 | 1232,6 | 1225,9 | 1219,3 | 1212,6 | 1192,2 | 1181,9 | 1171,5 | 1150,4 |
| 193 | 1100,5 | 1098,9 | 1095,2 | 1088,5 | 1081,9 | 1075,2 | 1054,8 | 1044,5 | 1034,1 | 1013,0 |
| 189 | 953,5 | 951,8 | 948,1 | 941,4 | 934,8 | 928,1 | 907,7 | 897,4 | 887,0 | 865,9 |
| 187 | 876,3 | 874,6 | 870,9 | 864,3 | 857,6 | 850,9 | 830,5 | 820,2 | 809,8 | 788,7 |

Відповідно до викладеної раніше методики оцінки впливу рівня автомобілізації та щільності транспортної мережі на значення витрат часу в транспортній мережі, оцінимо вплив цих же показників на значення транспортно-експлуатаційних витрат. Вихідні дані для виконання оцінки такого впливу представлені в табл. 4.

При проведенні експерименту, щодо оцінки параметрів функціонування транспортної мережі, в залежності від сукупного впливу на них рівня автомобілізації та щільності транспортної мережі в одному з районів м. Харкова виявлено наступний вплив означених характеристик на результуючу ознаку – транспортно-експлуатаційні витрати ($C_{\Sigma i}$, грн.) (рис. 4 та рис. 5).

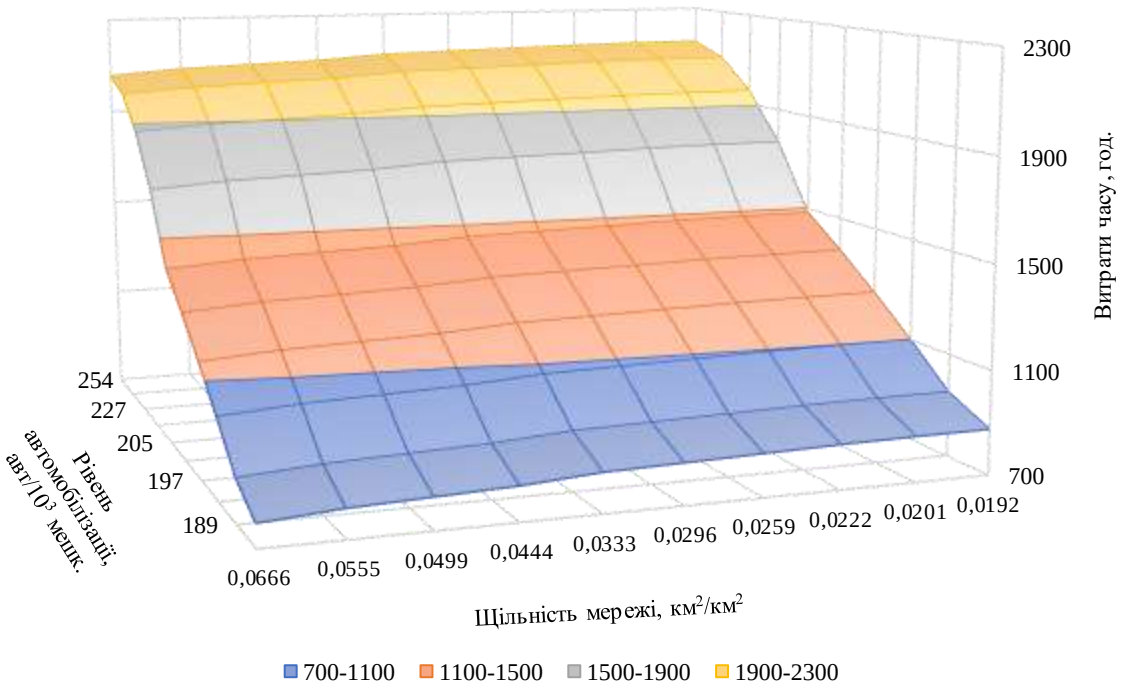



Рисунок 3. Залежність витрат часу від сумісного впливу рівня автомобілізації та щільності транспортної мережі

Таблиця 4

**Зміна транспортно-експлуатаційних витрат в транспортній мережі ($C_{\Sigma i}$) в залежності від рівня автомобілізації ($A_i$) та щільності мережі ($\delta_i$)**

| $A_i$ , авт./$10^3$мешк | $\delta_i$, км$^2$/км$^2$ | $C_{\Sigma i}$, грн. |
|---|---|---|
| 254 | 0,01916 | 13267,4 |
| 238 | 0,02008 | 12800,1 |
| 227 | 0,022186 | 11517,2 |
| 216 | 0,02588 | 10324,5 |
| 205 | 0,02958 | 9836,7 |
| 201 | 0,033279 | 9433,6 |
| 197 | 0,044372 | 7564,2 |
| 193 | 0,049918 | 6785,6 |
| 189 | 0,055465 | 5859,4 |
| 187 | 0,066558 | 5346,1 |

Значення коефіцієнту детермінації для фактору рівня автомобілізації $R^2 = 0{,}9724$ свідчить про високу частку дисперсії залежної змінної ($C_\Sigma$) на рис. 4, що пояснюється впливом на неї незалежної змінної ($A$).

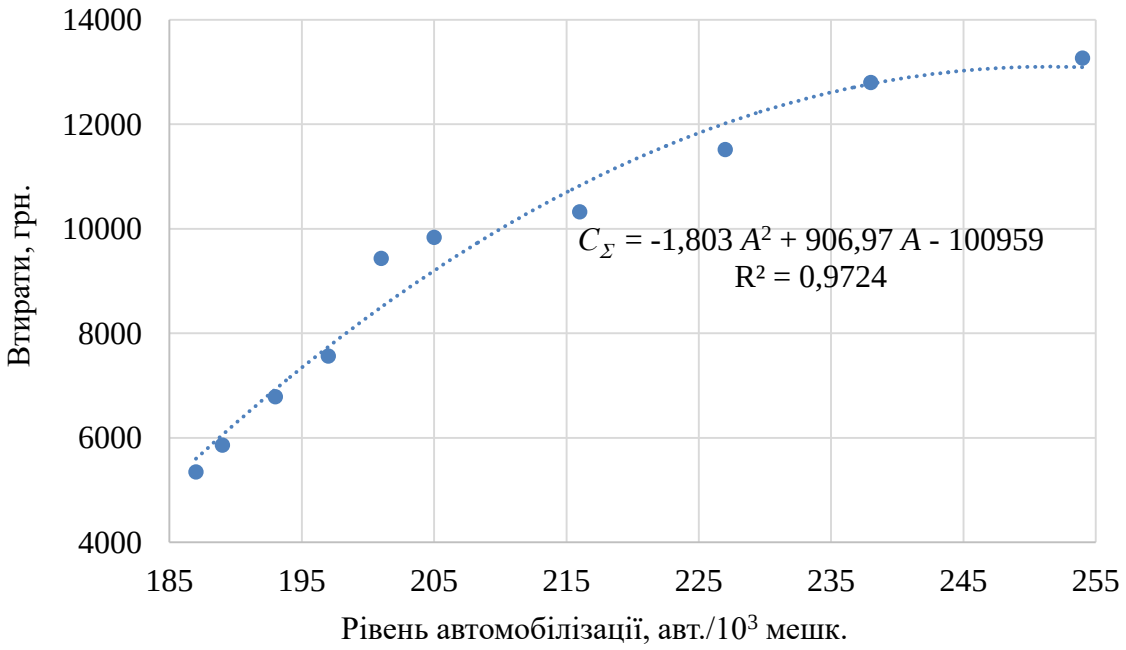



Рисунок4. Залежність транспортно-експлуатаційних витрат від рівня автомобілізації

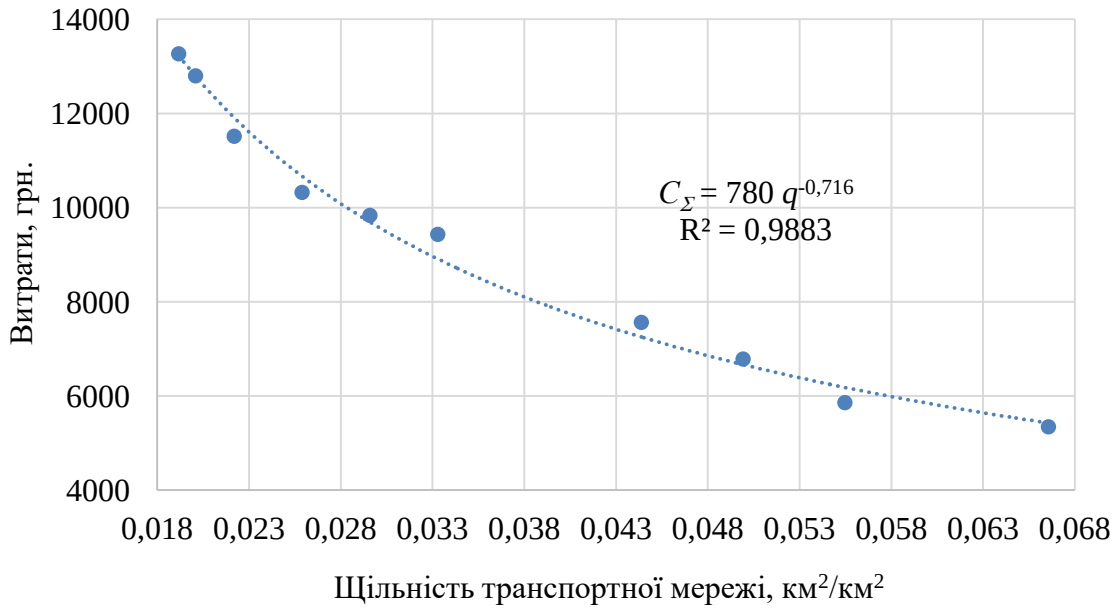



Рисунок 5. Залежність транспортно-експлуатаційних витрат від щільності транспортної мережі

Для залежності на рис. 5 значення коефіцієнту детермінації для фактору щільності транспортної мережі $R^2 = 0{,}9883$ свідчить про високу частку дисперсії залежної змінної ($C_\Sigma$), що пояснюється впливом на неї незалежної змінної ($\delta$). При цьому частка

непоясненої дисперсії (дисперсії випадкової помилки моделі складає 1,17%).

На основі отриманих моделей (рис. 4 та 5) визначимо відсоткову помилку відхилення для *i*-го спостереження та середню помилку апроксимації. Результати визначення помилок представлені в табл. 5.

Таблиця 5

**Результати визначення помилок апроксимації**

| $A_i$, авт./$10^3$мешк | $\delta_i$, км$^2$/км$^2$ | $C^f_{\Sigma i}$, грн. | $C^{Am}_{\Sigma i}$, грн. | $C^{qm}_{\Sigma i}$, грн. | $\zeta^A_i$,% | $\zeta^q_i$,% |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 254 | 0,01916 | 13267,4 | 13089,03 | 13240,35 | 1,34 | 0,20 |
| 238 | 0,02008 | 12800,1 | 12770,73 | 12803,12 | 0,23 | 0,02 |
| 227 | 0,022186 | 11517,2 | 12016,40 | 11920,71 | 4,33 | 3,50 |
| 216 | 0,02588 | 10324,5 | 10825,75 | 10675,02 | 4,85 | 3,39 |
| 205 | 0,02958 | 9836,7 | 9198,78 | 9701,67 | 6,49 | 1,37 |
| 201 | 0,033279 | 9433,6 | 8498,97 | 8917,06 | 9,91 | 5,48 |
| 197 | 0,044372 | 7564,2 | 7741,46 | 7257,14 | 2,34 | 4,06 |
| 193 | 0,049918 | 6785,6 | 6926,26 | 6670,22 | 2,07 | 1,70 |
| 189 | 0,055465 | 5859,4 | 6053,37 | 6185,54 | 3,31 | 5,57 |
| 187 | 0,066558 | 5346,1 | 5595,28 | 5428,55 | 4,66 | 1,54 |
| $\bar{\varepsilon}$,% | | | | | 3,95 | 2,68 |

Значення середньої помилки апроксимації представлених моделей менше ніж десять відсотків, тому моделі можуть бути використані для подальших досліджень.

Для оцінки сумісного впливу рівня автомобілізації та щільності транспортної мережі на зміну транспортно-експлуатаційних витрат, –характеристики отриманих регресійних моделей (рис.4-5) використовуються для визначення параметрів нелінійної моделі. В результаті обробки вхідних даних отримаємо:

$$C_{\Sigma ij} = -1{,}81 \cdot A_i^2 + 895{,}6 \cdot A_i - 99894{,}8 + 327{,}6 \cdot q_j^{-0{,}491} \qquad (6)$$

Отримана регресійна модель (6) на зазначених в табл. 5 діапазонах варіювання вхідних характеристик, показує гарну збіжність фактичних та змодельованих значень транспортно-експлуатаційних витрат. Середня помилка апроксимації, визначена

за залежностями (3-4) для моделі (6) складає 3,37%. Використовуємо отриману модель для оцінки сумісного впливу рівня автомобілізації та щільності транспортної мережі на значення транспортно-експлуатаційних витрат. Результати моделювання представлені в табл. 6.

Таблиця 6

**Результати моделювання сумісного впливу рівня автомобілізації та щільності транспортної мережі на значення транспортно-експлуатаційних витрат**

| Рівень автомобілізації, авт./$10^3$ мешк. | Щільність транспортної мережі, км$^2$/км$^2$ | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,01916 | 0,02008 | 0,022186 | 0,02588 | 0,02958 | 0,0332789 | 0,044372 | 0,049918 | 0,055465 | 0,066558 |
| 254 | 12915,0 | 12863,1 | 12756,4 | 12601,6 | 12476,6 | 12372,9 | 12143,6 | 12058,6 | 11986,7 | 11870,7 |
| 238 | 12856,4 | 12804,4 | 12697,8 | 12542,9 | 12417,9 | 12314,2 | 12084,9 | 11999,9 | 11928,0 | 11812,0 |
| 227 | 12277,6 | 12225,6 | 12119,0 | 11964,1 | 11839,1 | 11735,5 | 11506,1 | 11421,2 | 11349,2 | 11233,2 |
| 216 | 11260,1 | 11208,1 | 11101,5 | 10946,6 | 10821,6 | 10718,0 | 10488,6 | 10403,7 | 10331,7 | 10215,7 |
| 205 | 9803,9 | 9751,9 | 9645,3 | 9490,4 | 9365,4 | 9261,7 | 9032,4 | 8947,4 | 8875,5 | 8759,5 |
| 201 | 9165,6 | 9113,6 | 9007,0 | 8852,1 | 8727,1 | 8623,4 | 8394,1 | 8309,1 | 8237,2 | 8121,2 |
| 197 | 8469,2 | 8417,3 | 8310,6 | 8155,8 | 8030,8 | 7927,1 | 7697,8 | 7612,8 | 7540,9 | 7424,9 |
| 193 | 7714,9 | 7662,9 | 7556,3 | 7401,4 | 7276,4 | 7172,8 | 6943,4 | 6858,5 | 6786,5 | 6670,5 |
| 189 | 6902,5 | 6850,6 | 6743,9 | 6589,1 | 6464,1 | 6360,4 | 6131,1 | 6046,1 | 5974,2 | 5858,2 |
| 187 | 6474,6 | 6422,6 | 6316,0 | 6161,1 | 6036,1 | 5932,5 | 5703,1 | 5618,2 | 5546,2 | 5430,2 |

На основі даних табл. 6 будуємо поверхню, що відображає процес дослідження (рис. 6).

За допомогою методу регресійного аналізу оцінено сумісний вплив рівня автомобілізації та щільності транспортної мережі на закономірності зміни витрат часу та транспортно-експлуатаційних витрат в транспортній мережі. Встановлено, що в разі збільшення рівня автомобілізації зі 216 авт./$10^3$мешк. до 254 авт./$10^3$мешк., що складає 18%, очікується збільшення витрат часу в транспортній мережі з 1712,9 год. до 2099,3 год. (23%) та збільшення транспортно-експлуатаційних витрат з 10488,6 грн. до 12143,6 грн. (16%). Результати отримані з урахуванням відсутності розвитку транспортної мережі.

Представлений підхід з оцінки впливу співвідношення рівня автомобілізації і щільності транспортної мережі дозволить врахувати ці фактори при дослідженні показників функціонування транспортної мережі та планувати заходи з її розвитку.

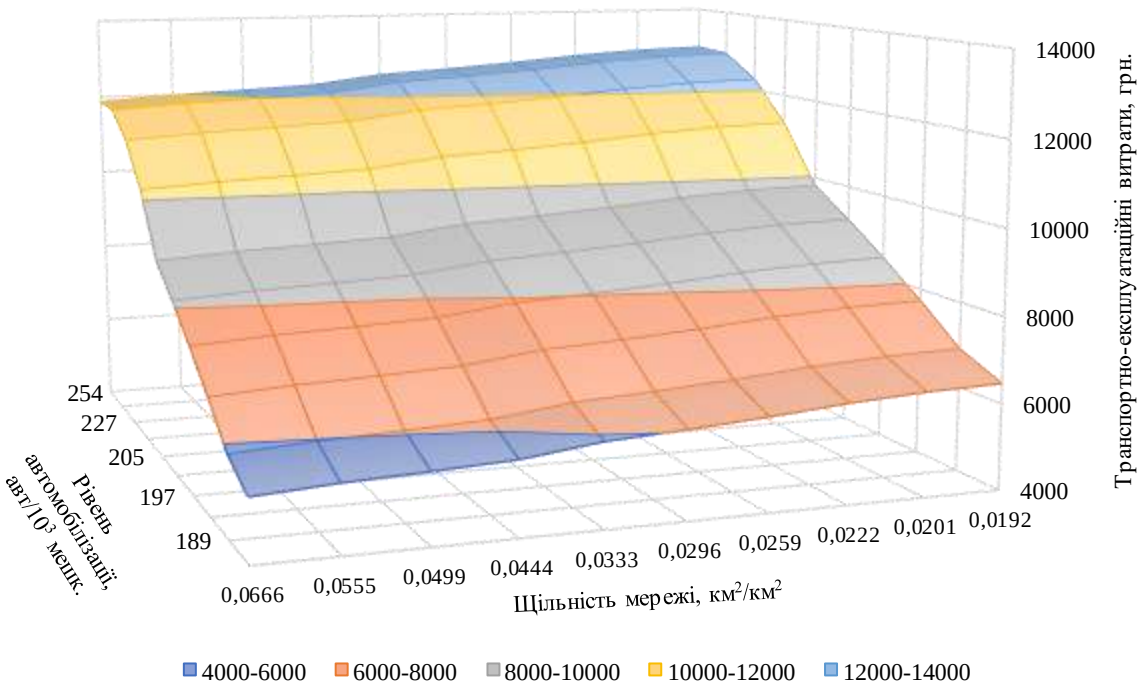



Рисунок 6. Залежність транспортно-експлуатаційних витрат від сумісного впливу рівня автомобілізації та щільності транспортної мережі

# ВПЛИВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАТОРІВ НА БЕЗПЕКУ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

Рух у транспортному потоці пов'язаний із подоланням численних дорожніх заторів, що утворюються на перехрестях, особливо в пікові періоди. Це призводить до погіршення функціонального стану водія внаслідок тимчасового розладу деяких його психічних і психологічних функцій. Погіршення функціонального стану водіїв в умовах інтенсивного міського руху і внаслідок перебування в транспортному заторі призводить до змінювання часу їхньої реакції.

Час реакції водія відіграє важливу роль у створенні безпеки руху і від нього значною мірою залежить ймовірність виникнення дорожньо-транспортних пригод.

Транспортні затори зазвичай виникають у великих і дуже великих містах. Під час перебування в них пасажири й водії витрачають багато часу, також значно збільшується час доставки вантажів.

Транспортні затори спричиняють значне зниження швидкості руху ($v$), аж до нуля. Це обумовлено перенасиченням деяких ділянок вулично-дорожньої мережі транспортними потоками.

Зі збільшенням щільності потоку ($\lambda$) інтенсивність руху ($N$) зростає доти, поки не стане такого самого, як максимальна пропускна здатність дороги ($P_{max}$). Цей процес продовжується доти, поки щільність потоку не досягне максимального значення, тобто не стане однаковою із щільністю затору.

У звичайних дорожніх умовах, коли швидкість руху не обмежена ні геометричними елементами, ні станом проїжджої частини дороги, швидкість потоку може бути більшою за оптимальну, але меншою, ніж швидкість вільного руху. Вимушене зменшення швидкості ($v < v_0$) або вимушене збільшення щільності ($\lambda > \lambda_0$) призводить до зниження пропускної здатності від $P_{max}$ до $P$ і до утворення черг і заторів на інших ділянках дороги.

Регулярність заторів обумовлюється недостатньою видимістю, зменшенням кількості смуг руху та іншими обмеженнями дорожнього руху. Регулярні затори виникають також на прилеглих дорогах, якщо потік автомобілів, що надходить з цих доріг, настільки великий, що спричиняє змінювання характеристик потоку

в правій області діаграми, а отже, відображає особливості цієї ділянки дороги.

Максимальну пропускну здатність дороги визначають на підставі аналізу базового рівняння транспортного потоку [1–3]:

$$N = \lambda \cdot v\,. \tag{1}$$

Якщо відстань між передніми бамперами послідовно рухомих автомобілів $L$ (м), а швидкість $v$ (м/с), кількість автомобілів, що пройшли через перетин за одну годину, тобто пропускна здатність смуги руху [4]:

$$P = \frac{3600 \cdot v}{L}. \tag{2}$$

Відрізок дороги $L$, який автомобіль займає під час руху, називається його динамічним габаритом і включає в себе його довжину $l_a$, шлях реакції водія $vt$ ($t$ – час реакції), шлях гальмування $s_т$ і зазор безпеки $l_0$ до переднього автомобіля [1, 4]:

$$L = v \cdot t + S_т + l_a + l_0. \tag{3}$$

Час реакції водія в заторі $t$ визначається як сума часу реакції в нормі ($T_p$) і змінювання цього часу внаслідок перебування в заторі ($\Delta T_p$) [2, 5].

$$\Delta T_p = 0{,}029 + 0{,}022 \cdot (0{,}018 \cdot B_в + 1{,}278 \cdot T_з^{\,0{,}41} - 0{,}709 \cdot P_{сп})^2, \tag{4}$$

де $B_в$ – вік водія, роки;

$T_з$ – тривалість транспортного затору, хв.;

$P_{сп}$ – рівень стомлення під час входження в транспортний затор, ум. од. за Баєвським.

З урахуванням формули (4) вираз (3) прийме наступний вигляд:

$$L = v \cdot (T_p + 0{,}029 + 0{,}022 \cdot (0{,}018 \cdot B_в + 1{,}278 \cdot T_з^{\,0{,}41} - 0{,}709 \cdot P_{сп})^2) + S_т + l_a + l_0. \tag{5}$$

Як зрозуміло із залежності (5), динамічний габарит автомобіля залежить від швидкості, часу реакції і гальмівного шляху. Зі збільшенням швидкості автомобіля збільшується його динамічний габарит.

Якщо припустити, що швидкість автомобіля не змінюється і, відповідно, не змінюється і гальмівний шлях, то на змінювання динамічного габариту впливає тільки час реакції водія. Перебування водія в транспортному заторі призводить до зростання його емоційного напруження і, відповідно, до збільшення часу його реакції. Перебування в другому або в наступних заторах призводить до подальшого зростання психоемоційного напруження і збільшення часу реакції [6].

Динамічний габарит автомобіля за залежністю (5), у разі змінювання часу реакції водія від 0,1 с до 0,5 с розраховують так. Припустимо, що автомобіль рухається з постійною швидкістю 60 км/год., яка еквівалентна 16,7 м/с. Тоді значення $S_т$ теж залишається постійним. Нехай сума $S_т$, $l_a$ і $l_0$ становить 20 м, а латентний період часу реакції водія ($t_{лр}$) до транспортного затору дорівнює 1 с. Тоді [7]:

$$L = 16{,}7 \cdot 1 + 20 = 36{,}7 \text{ м.}$$

Збільшення $t_{лр}$ на 0,1с призводить до змінювання динамічного габариту:

$$L_1 = 16{,}7 \cdot 1{,}1 + 20 = 38{,}37 \text{ м.}$$

Відповідно, якщо $t_{лр}$ дорівнює 1,2; 1,3; 1,4 і 1,5 с, динамічний габарит автомобіля зміниться так [346, 468]:

$$L_2 = 16{,}7 \cdot 1{,}2 + 20 = 40{,}04 \text{ м;}$$

$$L_3 = 16{,}7 \cdot 1{,}3 + 20 = 41{,}71 \text{ м;}$$

$$L_4 = 16{,}7 \cdot 1{,}4 + 20 = 43{,}38 \text{ м;}$$

$$L_5 = 16{,}7 \cdot 1{,}5 + 20 = 45{,}05 \text{ м.}$$

За наведеними розрахунками зрозуміло, що збільшення $t_{лр}$ на 0,1 с призводить до збільшення динамічного габариту автомобіля на 1,67 м; 0,2 с – на 3,34 м; 0,3 с – на 5,01 м; 0,4 с – на 6,68 м; 0,5 с – на 8,35 м. Якщо відстань безпеки $l_0$ дорівнює 5 м, то збільшення $t_{лр}$ на 0,3 с і більше призводить до зіткнення з переднім автомобілем, оскільки змінювання динамічного габариту автомобіля в цьому разі перевищує 5 м. Це означає, що водій, вийшовши з транспортного затору і зберігаючи послідній динамічний габарит, може допустити вчинення дорожньо-транспортної пригоди.

Також було проведено дослідження щодо визначення часу реакції водіїв із різним темпераментом під час перебування в заторі і після нього. Результати досліджень наведено на рис.1 [2].

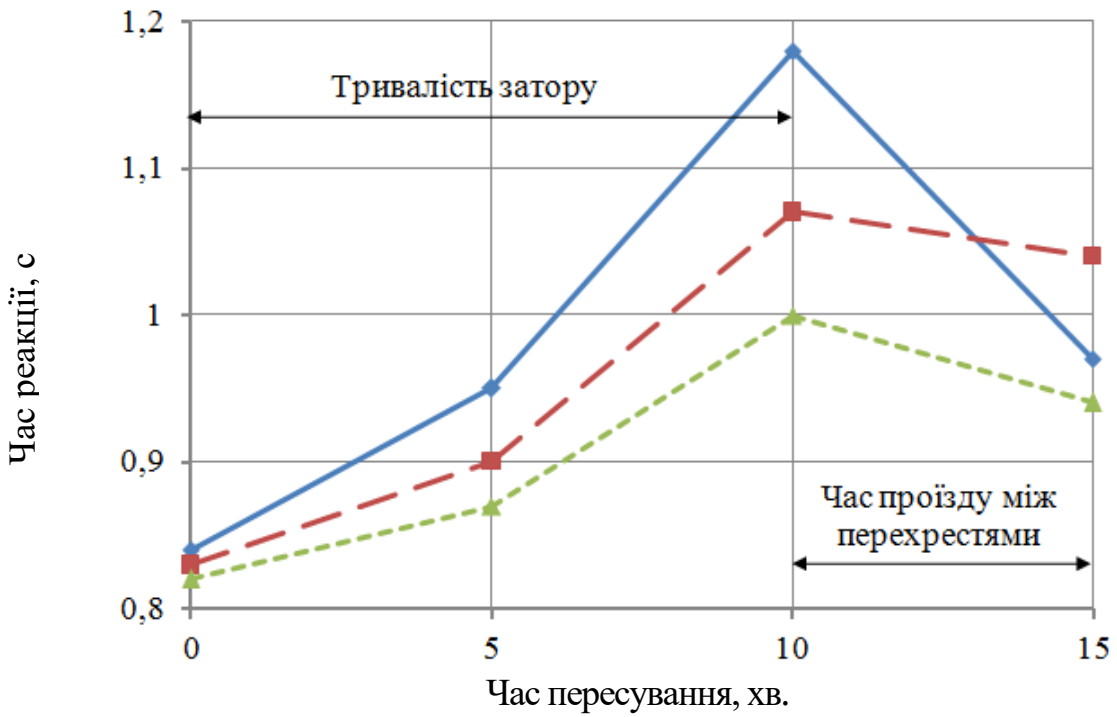



Рисунок 1. Змінювання часу реакції водіїв із різними темпераментами під час перебування в транспортному заторі і після виходу з нього:

– холерик; – сангвінік; – меланхолік.

Для оцінки впливу транспортного затору на час реакції були відібрані водії з різними темпераментами: холерик, сангвінік і меланхолік.

Як зрозуміло з рис. 1, перебування в транспортному заторі найбільше збільшує час реакції водія-холерика: від 0,83 с до 1,18 с. Проміжне місце щодо змінювання часу реакції посідає водій-

сангвінік, час реакції якого зростає з 0,83 с до 1,07 с. Найменше змінюється час реакції у водія-меланхоліка – з 0,82 с до 1,0 с.

Після виїзду з транспортного затору час реакції водія-холерика починає стабілізуватися значно швидше, ніж у представників інших темпераментів, знижуючись до 0,97 с. Час реакції водія-сангвініка відповідно знижується до 1,04 с, а у меланхоліка – до 0,94 с.

Однак, якщо простежити за тенденцією зменшення часу реакції усіх водіїв (рис. 1), то стане зрозумілим, що в разі подальшої стабілізації час реакції водія-холерика буде найменшим, а водія-сангвініка – найбільшим. Відповідно, з погляду безпеки руху, перший відрізок шляху після виходу з транспортного затору є найнебезпечнішим щодо ймовірності скоєння ДТП.

На рис. 2–5 наведено результати досліджень змінювання часу реакції водіїв різного темпераменту й віку у транспортних заторах при різних початкових рівнях стомлення ($P_{сп}$).

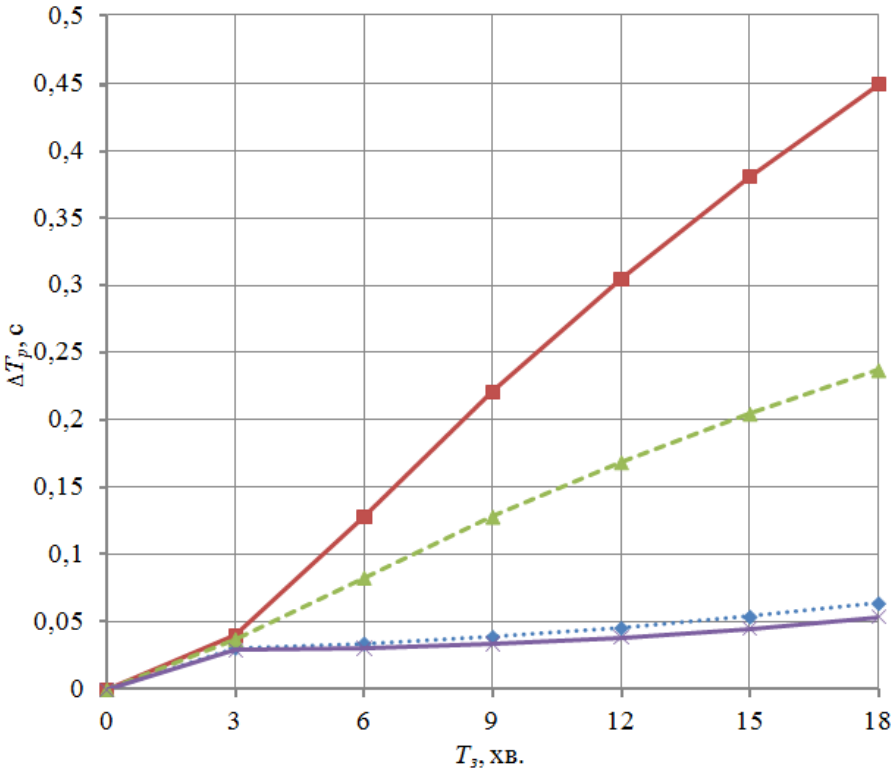



Рисунок 2. Залежність змінювання часу реакції водіїв 20 років у транспортному заторі при $P_{сп}$ = 2 ум. од.:
– меланхолік; – холерик; – сангвінік;
– флегматик.

Як зрозуміло з рис. 2, при $P_{сп}$ = 2 ум. од. в транспортному заторі час реакції збільшується у водіїв двох темпераментів – холерика і сангвініка. До кінця транспортного затору відповідне змінювання часу реакції у них буде таким: у водія-холерика – 0,45 с, у водія-сангвініка – 0,24 с.

Отже, транспортний затор у разі звичайного вихідного стану водія негативно впливає на його функціональний стан, таким чином підвищуючи час його реакції.Змінювання часу реакції водія-меланхоліка і водія-флегматика є незначною.

Динаміку змінювання часу реакції молодих водіїв усіх темпераментів у транспортному заторі при $P_{сп}$= 6 ум. од. подано на рис. 3.

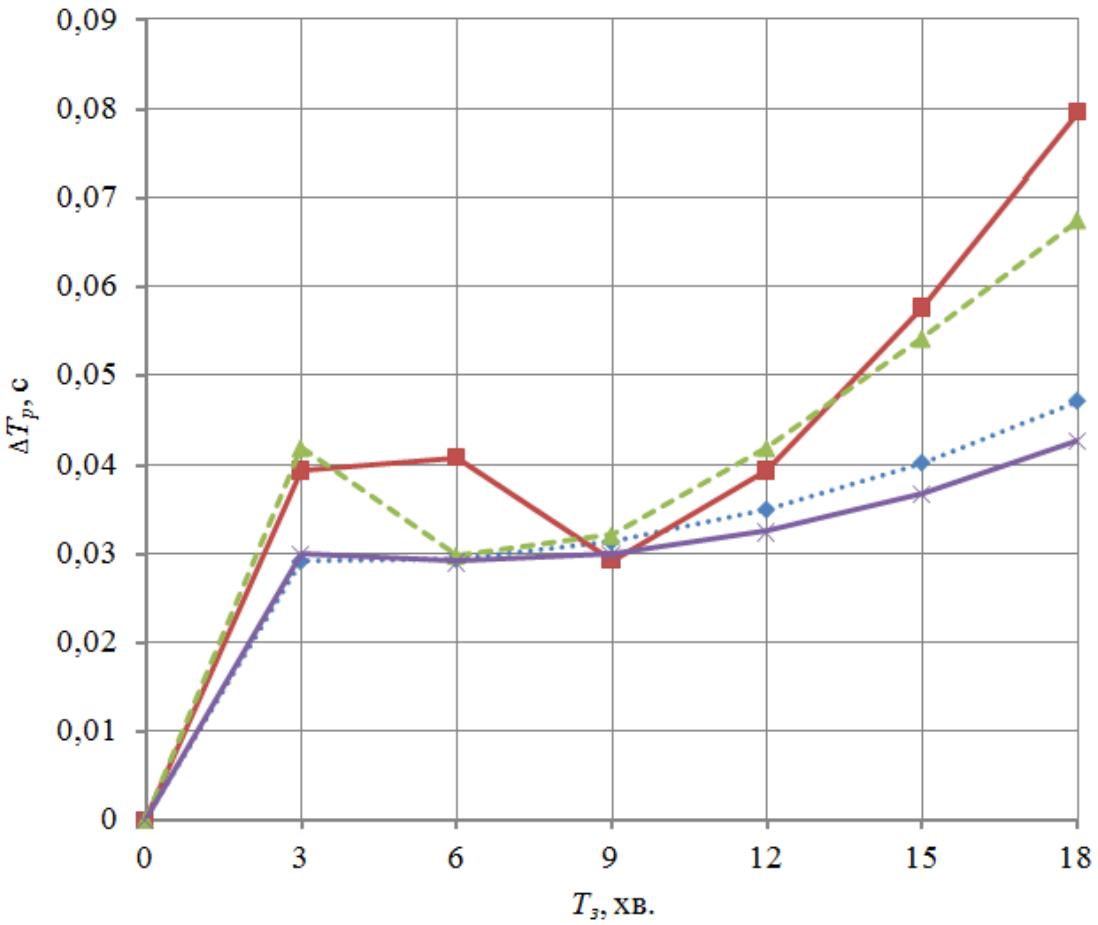



Рисунок 3. Залежність змінювання часу реакції водіїв 20 років у транспортному заторі при $P_{сп}$ = 6 ум. од.:
– меланхолік; – холерик; – сангвінік; – флегматик.

Час реакції водіїв усіх темпераментів до третьої хвилини транспортного затору трохи збільшується, до шостої хвилини дещо знижується час реакції водія-сангвініка до 0,03 с. Також зниження спостерігається у водія-холерика з шостої до дев'ятої хвилини від 0,04с до 0,03 с. Потім час реакції у водіїв усіх темпераментів зростає і відповідне змінювання цього часу у холерика буде становити 0,08 с, а у сангвініка – 0,068 с. Час реакції водія-флегматика і водія-меланхоліка поступово збільшується, а змінювання часу реакції у них до кінця транспортного затору дорівнює 0,043 с і 0,048 с відповідно.

На рис. 4 час реакції водіїв усіх темпераментів, крім флегматика, змінюється однаково до третьої хвилини затору.

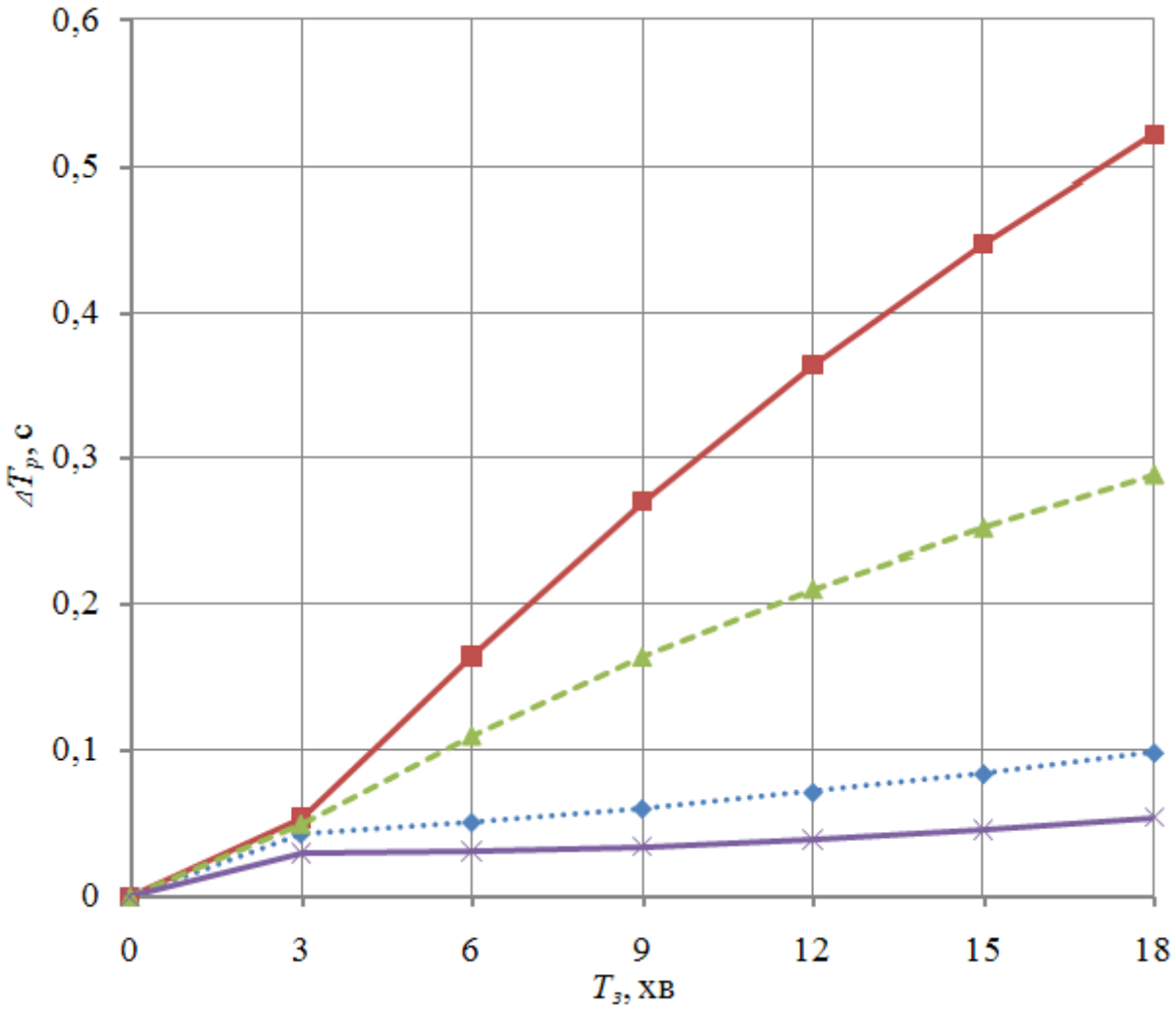



Рисунок 4. Залежність змінювання часу реакції водіїв 60 років у транспортному заторі при $P_{сп}$ = 2 ум. од.:
– меланхолік; – холерик; – сангвінік;
– флегматик.

Далі час реакції водіїв зростає, і наприкінці затору ці змінювання сягають таких значень (рис. 4): у водія-холерика – 0,52 с, у водія-сангвініка – 0,29 с, у водія-меланхоліка – 0,1 с і у водія-флегматика – 0,05 с.

На рис. 5 час реакції водія-холерика і водія-сангвініка також зростає до третьої хвилини затору, потім знижується до шостої хвилини, далі знову зростає, сягаючи наприкінці затору 0,092 с і 0,078 с відповідно.

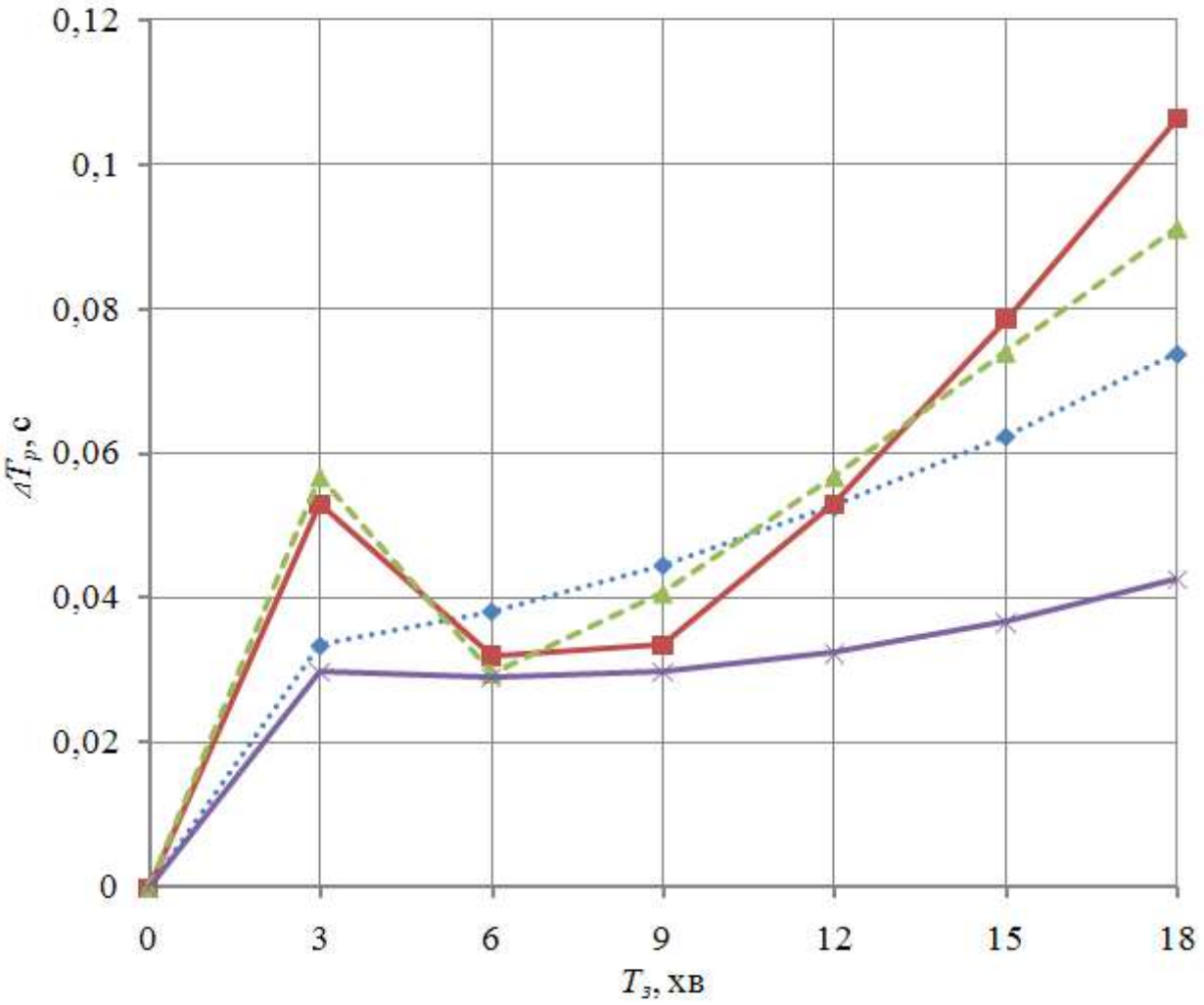



Рисунок 5. Залежність змінювання часу реакції водіїв 60 років у транспортному заторі при $P_{сп}$ = 6 ум. од.:
– меланхолік; – холерик; – сангвінік;
– флегматик.

До дванадцятої хвилини затору відповідне змінювання часу реакції всіх водіїв, крім флегматика, вирівнюється, сягаючи 0,055 с.

## ДЖЕРЕЛА


1. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими : пер.с англ. / Д. Дрю. – Москва : Транспорт, 1972. – 423 с.
2. Гюлєв Н. У. Людський фактор і дорожні затори: монографія / Н. У. Гюлєв. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 252 с.
3. Хейт Ф. Математическая теория транспортных потоков : пер. с англ. / Ф. Хейт. – Москва : Мир, 1966. – 288 с.
4. Хомяк Я. В. Организация дорожного движения / Я. В. Хомяк. – Киев : Вища школа, 1986. – 271 с.
5. Гюлєв Н. У. Вплив дорожніх заторів на функціональний стан водіїв різних вікових категорій / Н. У. Гюлев, В. К. Доля // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті : науковий журнал. – Луцьк : Луцький НТУ, 2016.– № 3(7). – С. 36–41.
6. Гюлев Н. У. О влиянии транспортных заторов на безопасность дорожного движения в городах / Н. У. Гюлєв // Безпека дорожнього руху: правові та організаційні аспекти : матеріали VII міжнародної науково-практичної конференції (м. Донецьк 15–16 листопада 2012 р.) : збірнік наукових праць / Донецька академія автомобільного транспорту. – Донецьк : ЛАНДОН–XXI, 2012. – С. 193–196.
7. Гюлев Н. У. К вопросу о влиянии транспортного затора на динамический габарит автомобиля / Н. У. Гюлев // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск : нові рішення в сучасних технологіях. – Харків : НТУ «ХПІ», 2011. – № 23. – С. 118–122.

# РОЗРОБКА ПРАКТИЧНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ – ВИДІЛЕННЯ СПЕЦІАЛЬНОЇ СМУГИ ДЛЯ РУХУ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Одним з головних завдань щодо забезпечення безпеки руху на маршрутах міського пасажирського транспорту (МПТ) є безпека пасажирів, яку потрібно розглядати у декількох аспектах:

– безпечний підхід до зупинки;

– безпечна посадка/висадка на зупинці;

– безпека у салоні транспортного засобу під час здійснення поїздки за маршрутом [1].

Безпека у салоні транспортного засобу під час здійснення поїздки по маршруту обумовлюється різноманітними факторами, серед яких дотримання правил перевезення пасажирів та відсутність дорожньо-транспортних пригод (ДТП) на трасі маршруту [2].

ДТП на вулицях міста дуже часто є причиною затримки руху, зниження швидкості, виникнення заторів, тимчасової зміни маршрутів слідування (об’їзд місця скоєння ДТП), збільшення часу поїздки. Причому, причинами затримки на маршрутах МПТ можуть бути аварійні ситуації як за участю транспортних засобів МПТ, так і з іншими транспортними засобами.

Аналіз статистичних даних ДТП у м. Харкові за 2016-2017 рр. за участю транспортних засобів МПТ виявив, що найбільш поширеним видом ДТП є «зіткнення», як з транспортними засобами МПТ (тролейбуси, трамваї, автобуси), так і з іншими транспортними засобами (легкові, вантажні автомобілі), на всіх видах МПТ питома вага цього виду найбільша:

– тролейбус – 86,56 % (2017 р.);

– трамвай – 92,62 % (2017 р.);

– автобус – 82,63 % (2017 р.) [1 - 3].

При цьому досить незначна частка зіткнень (до 10 %) відбувається між транспортними засобами МПТ, а найбільший відсоток (від 72 % до 88 %) припадає на зіткнення з іншими транспортними засобами, які рухаються в одному транспортному потоці з МПТ. Враховуючи, що рух трамваїв на більшості маршрутів організовано на відокремленому полотні, а також рух тролейбусів і трамваїв здійснюється різними вулицями (перетинаються тільки на

перехрестях) зіткнення цих видів МПТ за розглянутий період не спостерігалося [2].

Для зниження ризику зіткнення транспортних засобів та підвищення безпеки руху пропонується організація руху транспортних засобів МПТ по окремій спеціальній смузі.

Необхідні умови для пріоритетного руху МПТ можуть бути забезпечені на стадії містобудівного проектування, коли є великі можливості для виділення відповідної додаткової ширини проїзної частини, влаштування місцевих розширень перед перехрестями та інше [4].

Значно складніше реалізувати необхідність в наданні пріоритету в процесі вирішення оперативних питань організації руху або часткової реконструкції вулиць.

Для оцінки можливості впровадження швидкісного режиму руху чи систем подібних BusRapidTransit (BRT) [5] за рахунок виділення смуги руху для маршрутів МПТ розглянуто маршрутну систему м. Харкова з урахуванням таких чинників: 1 – кількість та ширина смуг руху на вулицях, по яких пролягають маршрути; 2 – умови дорожнього руху; 3 – інтенсивність транспортних потоків; 4 – призначення маршруту; 5 – історично сформована забудова та її щільність [1].

З розглянутих трас маршрутів Харкова для подальшого розгляду щодо впровадження виділеної смуги обрано маршрутну мережу Слобідського району. На підставі аналізу статистичних даних визначені найбільш аварійні місця на транспортній мережі даного району – досить велика їх кількість розташована на трасі автобусного маршруту № 226е (перехрестя пр. Л. Ландау – пр. Героїв Сталінграду, ділянки по пр. Л. Ландау та пр. Героїв Сталінграду) [6].

В результаті проведених досліджень для оцінки можливості виділення спеціальної смуги руху для маршрутів МПТ на ділянках транспортної мережі (ТМ)розроблено алгоритм, який представлено на рис. 1.

У якості критерія можливості виділення спеціальної смуги руху для маршрутів МПТ пропонується використання коефіцієнту завантаження смуги руху ($K_з$) та ймовірність виникнення ДТП ($P_{ДТП}$) [7] до і після впровадження спеціальної смуги для руху МПТ.

Рисунок 1.Схема алгоритму для оцінки можливості виділення спеціальної смуги руху для маршрутів МПТ

При визначенні фактичної пропускної здатності смуг на ділянках цього маршруту було враховано вплив таких факторів, як:

– ширина смуги руху;
– тип дорожнього покриття;
– склад транспортного потоку;
– наявність та величина повздовжніх ухилів;
– наявність та тип перетинів.

На основі отрманих результатів побудовані номограми при різному складі транспортного потоку, які дозволяють визначити коефіцієнт завантаження рухом та ймовірність виникнення ДТП на ділянці транспортної мережі:

– для крайніх правих смуг руху (з рухом МПТ) до впровадження спеціальної смуги;

– для спеціальної смуги для руху МПТ;

– для інших смуг руху (без МПТ).

Наприклад, при інтенсивності 590 авт./год.; складі транспортного потоку л.а. – 70%, МПТ – 15%, в.а. – 15%; ширині смуги руху 4 м (більше 3,75 м) коефіцієнт завантаження смуги рухом складає – 0,87 (рис. 2).

На ділянці маршруту по пр. Л. Ландау при інтенсивності 480 авт./год.; складі транспортного потоку: л.а. – 70%, МПТ – 15%, в.а. – 15%; ширині смуги руху 4 м (більше 3,75 м) отримуємо значення коефіцієнта завантаження смуги рухом 0,74 та відповідне значення ймовірності виникнення ДТП – 0,14 (рис. 3).

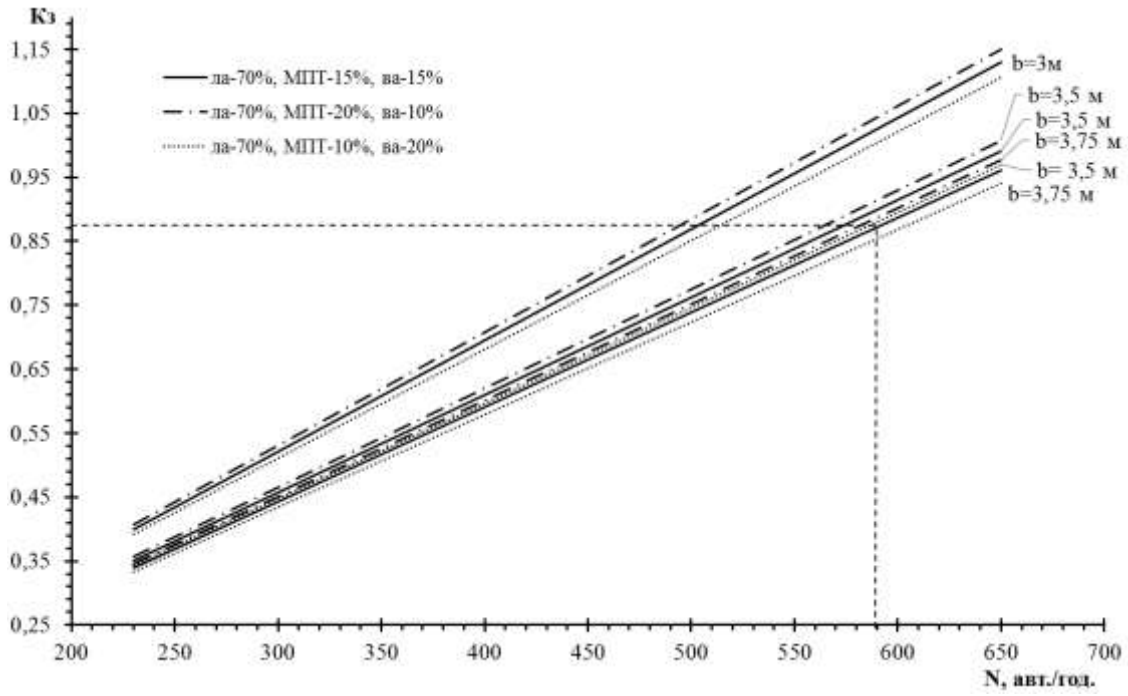



Рисунок 2. Визначення коефіцієнту завантаження смуги на крайній правій смузі руху до впровадження спеціальної смуги для МПТ

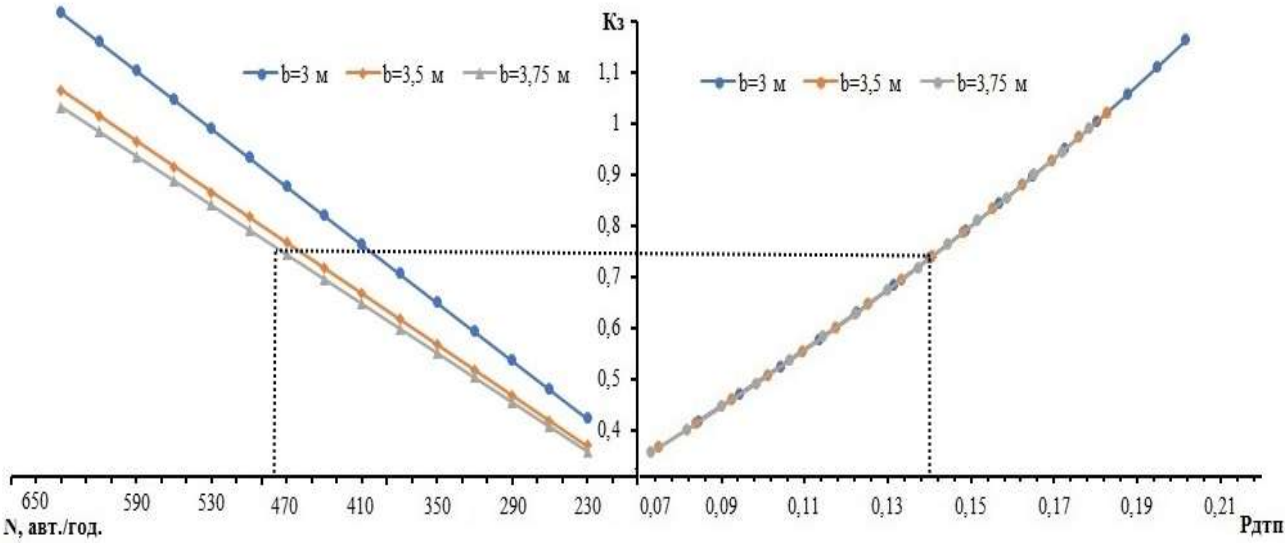



Рисунок 3.Номограма для визначення ймовірності виникнення ДТП на крайній правій смузі руху (з МПТ) до впровадження спеціальної смуги для МПТ

Після введеня спеціальної смуги для МПТ при інтенсивності 140 авт/год. (у зведених одиницях); складі транспортно потоку: МПТ – 100 %; ширині смуги руху 4 м (більше 3,75 м) отримуємо значення коефіцієнта завантаження смуги рухом 0,5 та відповідне значення ймовірності виникнення ДТП – 0,1 (рис. 4).

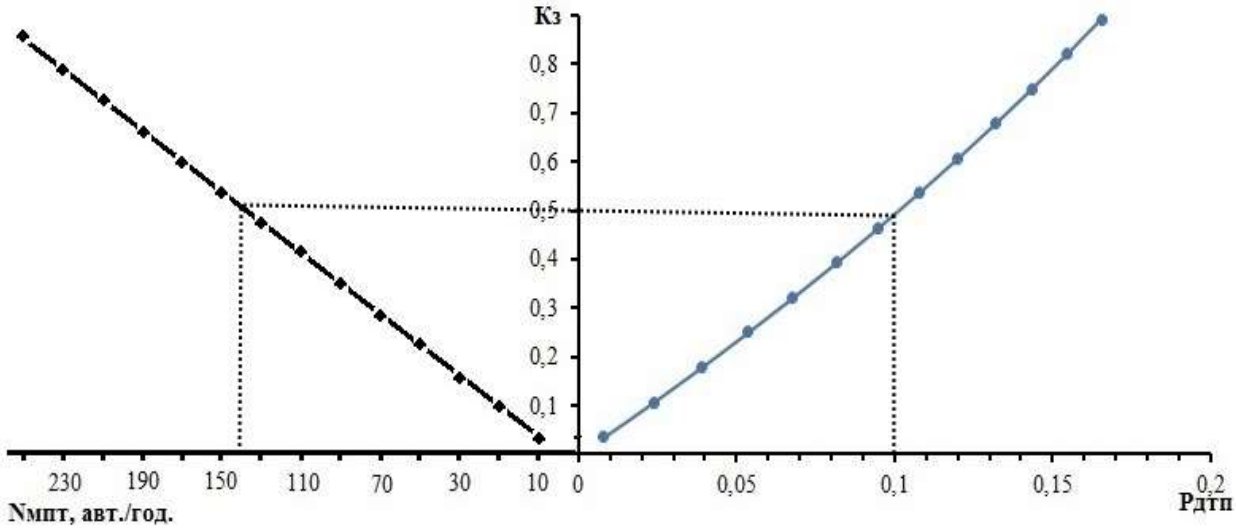



Рисунок 4.Номограма визначення ймовірності виникнення ДТП на крайній правій смузі руху після впровадження спеціальної смуги (рух тільки МПТ)

На ділянці маршруту по пр. Л. Ландау на смузі без руху МПТ при інтенсивності 590 авт./год.; складі транспортного потоку: л. а. – 80%, в. а. – 20%; ширині смуги руху 3,75 м отримуємо значення коефіцієнта завантаження смуги рухом 0,77 та відповідне значення ймовірності виникнення ДТП – 0,147 (рис. 5).

Після впровадження спеціальної смуги для МПТ на інших смугах руху збільшіться інтенсивність транспортного потоку та зміниться його склад. Проведені дослідження та розрахунки показують, що частка вантажних автомобілів може збільшитися до 25 %, тому ймовірність виникнення ДТП визначалася для складу транспортного потоку л.а. – 75 %, в.а. – 25 %.

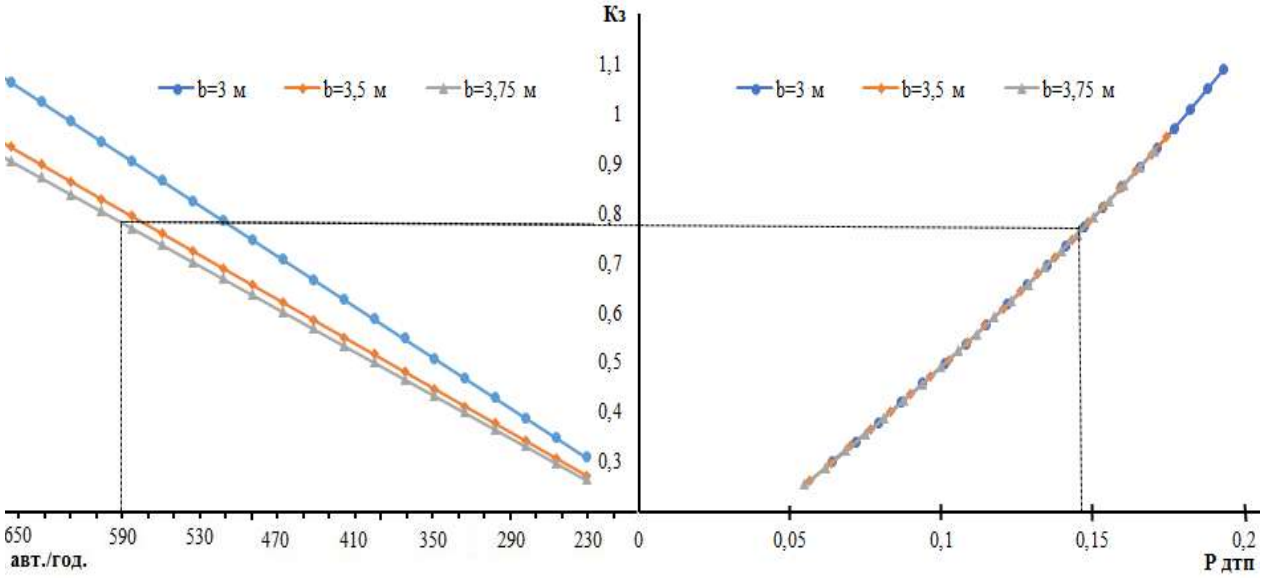



Рисунок 5.Номограма для визначення ймовірності виникнення ДТП на інших смугах руху без МПТ (до впровадження спеціальної смуги)

Проведені розрахунки свідчать про зменшення ймовірності виникнення ДТП та підвищення рівня безпеки на маршруті МПТ при виділенні спеціальної смуги (табл. 1), але на ділянці маршруту по пр. Героїв Сталінграду (до пр. Григоренка) після впровадження спеціальної смуги на іншій смузі руху спостерігається значне підвищення коефіцієнту завантаження (1,07), що приведе до виникнення заторових ситуацій [1].

На даній ділянці маршруту запропоновано розширення дороги на 3 м з кожної сторони (планувальні характеристики цієї ділянки транспортної мережі дозволяють це зробити) з метою організації 3смуг руху в кожному напрямку шириною 4 м, 3,5 м і 3,5 м.

Таблиця 1

**Значення коефіцієнтів завантаження рухом та ймовірність виникнення ДТП на ділянках автобусного маршруту № 226е**

| Ділянка маршруту | Ширина смуги, м | До впровадження спеціальної смуги | | | | Після впровадження спеціальної смуги | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | смуга руху з МПТ | | смуга руху без МПТ | | спеціальна смуга руху для МПТ | | смуга руху без МПТ | |
| | | *Кз* | *Рдтп* | *Кз* | *Рдтп* | *Кз* | *Рдтп* | *Кз* | *Рдтп* |
| Пр. Л. Ландау | 4 | 0,74 | 0,14 | 0,776 | 0,148 | 0,5 | 0,101 | 0,85 | 0,16 |
| Пр. Героїв Сталінграду (до пр. Григоренка) | 4,5 | 0,86 | 0,16 | - | - | 0,321 | 0,068 | - | - |
| | 3,5 | - | - | 0,76 | 0,14 | - | - | 1,07 | 0,19 |
| Пр. Героїв Сталінграду (після пр. Григоренка) | 4,5 | 0,49 | 0,10 | - | - | 0,214 | 0,046 | - | - |
| | 3,5 | - | - | 0,42 | 0,086 | - | - | 0,73 | 0,14 |

для МПТ і знизити коефіцієнт завантаження смуги рухом та ймовірність виникнення ДТП на двох інших смугах на 49,35 % і 43,15 %, відповідно.

Розроблений алгоритм та запропоновані номограми дозволяють оцінити можливість виділення спеціальної смуги руху для маршрутів МПТ на ділянках транспортної мережі з урахуваннях низки параметрів (ширина смуги руху; тип дорожнього покриття; склад транспортного потоку; наявність та величина повздовжніх ухилів; наявність та тип перетинів) на підставі коефіцієнту завантаження смуги руху ($K_з$) та ймовірності виникнення ДТП ($P_{ДТП}$).

Можливість виділення спеціальної смуги для МПТ в зонах перехресть в рамках даної роботи не розглядалася.

## ДЖЕРЕЛА

1. Соколова Н. А. Доцільність використання виділеної смуги руху для міських автобусних маршрутів / К. Є. Вакуленко, О. І. Лежнева, Н. А. Соколова // Вісник Національного

університету «Львівська політехніка». – Серія : Динаміка, міцність та проектування машин і приладів. – 2019. – № 911. – С. 74-78.
2. Екологічні аспекти автотранспортного комплексу : монографія / І. Е. Линник, О. І. Лежнева, Н. А. Соколова та ін. – Харків : Видавництво «Стильна типографія», 2020. – 194 с.
3. Соколова Н. А. Оцінка доцільності організації комбінованого режиму руху на міських маршрутах з урахуванням впровадження виділеної смуги руху / К. Є. Вакуленко, О. І. Лежнева, Н. А. Соколова, Шиллє Н. В. // Комунальне господарство міст. – Серія: Технічні науки та архітектура. – 2020. – том 1, Вип. 154. – С. 253 – 260.
4. Клинковштейн Г. И. Организациядорожногодвижения [Текст] : Учебник для вузов. – 5-е изд., перераб. и доп. / Г. И. Клинковштейн, М. Б. Афанасьев. – Москва : Транспорт, 2001. – 247 с.
5. BusRapidTransit [Text] // Volume 1: CaseStudiesinBusRapidTransit: Transportationresearchboard – Washington, 2003. – 62 p.
6. Соколова Н. А. Дослідження показників безпеки руху на маршрутах міського пасажирського транспорту /Н. А. Соколова, К. Є. Вакуленко, Р. Г. Гвінджілія // Перспективи розвитку територій : теорія і практика : матеріали всеукраїнської наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти і молодих вчених, Харків, листопад 2018 р. / ред. кол. : М. К. Сухонос та ін. ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім.. О. М. Бекетова.– Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018 – С. 327 – 329.
7. Доля В.К. Визначення закономірностей зміни ймовірності виникнення ДТП / В.К. Доля, О.М. Єрмак // Восточно-Европейский журнал передовыхтехнологий. – 2012. – Вип. 59. – С. 4-6.

# ЕРГОНОМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ

# РОЗРОБКА ГРАФІКА РОБОТИ РУХОМОГО СКЛАДУ НА МАРШРУТІ З УРАХУВАННЯМ СТАНУ ВОДІЯ

Існуючий підхід для складання розкладу руху транспортних засобів на маршруті, описаний у працях [1-4] не враховує зміни стану організму водія протягом робочого дня і швидкості руху транспортних засобів у залежності від цього стану. У процесі роботи стан водія змінюється внаслідок впливу умов діяльності. Описати зміну даного стану можливо з використанням показника активності регуляторних систем водія [5]. Результати розрахунків моделі зміни цього показника приведені в табл. 1, 2.

Таблиця 1

**Характеристика моделі зміни показника активності регуляторних систем водія протягом робочого дня**

| **Фактори** | Позначення, розмірність | Границі вимірів | Коефіцієнт | Стандартна помилка | Критерій Стьюдента | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | розрахунковий | табличний |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Показник активності регуляторних систем перед початком роботи | $P^{ПД}_{Д}$, бал | 1 – 7 | 0,22 | 0,11 | 2,01 | 2,0 |
| Довжина маршруту | $L_M$, км | 4,95 – 24,93 | 13,83 | 3,21 | 4,31 | 2,0 |
| *Довжина автобуса* | $L_A$, м | 4,8 – 13,5 | 0,22 | 0,06 | 3,61 | 2,0 |
| Відношення вартості нового автобуса до номінальної місткості | $Ц_Н/М_Н$, у.о./м.н | 596,54 – 1416,67 | -0,0016 | 0,0004 | 4,25 | 2,0 |
| *Час роботи* | $T_P$, год | 0,33 – 11,75 | 0,29 | 0,06 | 4,99 | 2,0 |
| Відношення віку водія до стажу роботи на автобусі | $B_A/S_A$ | 3,5 – 42 | 0,046 | 0,02 | 2,66 | 2,0 |

Таблиця 2

**Довірчі інтервали**

| **Фактори** | Нижня межа | Верхня межа |
|---|---|---|
| Показник активності регуляторних систем перед початком роботи | -0,008 | 0,44 |
| Довжина маршруту | 7,17 | 20,49 |
| Довжинаавтобуса | 0,09 | 0,34 |
| Відношення вартості нового автобуса до номінальної місткості | -0,002 | -0,0008 |
| Час роботи | 0,17 | 0,41 |
| Відношення віку водія до стажу роботи на автобусі | 0,01 | 0,08 |

Модель зміна показника активності регуляторних систем водія протягом робочого дня, $P^{ПД}_{П,}$, бали,має такий вигляд:

$$P^{ПД}_{П} = 0{,}22P^{ПД}_{Д} + 13{,}83(1/L_M) + 0{,}22L_A - 0{,}0016Ц_H/M_H + 0{,}29T_P + +0{,}046B_B/S_A. \quad (1)$$

З усіх досліджуваних факторів, значимими виявилися тільки шість, про що свідчить розрахункове значення критерію Стьюдента, що більше табличного значення, і відсутність нуля в довірчому інтервалі кожного коефіцієнта моделі.

Результати розрахунків статистичної оцінки моделі приведені в табл. 3.

Таблиця 3

**Результати оцінки моделі зміни показника активності регуляторних систем водія протягом робочого дня**

| **Показники** | Значення |
|---|---|
| Критерій Фішера: табличний<br>розрахунковий | 1,39<br>103,13 |
| Коефіцієнт множинної кореляції | 0,98 |
| Середня помилка апроксимації, % | 16,1 |

Дана модель описує зміну стану організму водія протягом робочого дня. Тривалість роботи водія може досягати 12 годин. Це досить великий проміжок часу. У результаті проведених досліджень представляється можливим оцінити зміну стану водія за час роботи з погрішністю 16%. Це є припустимим для такого часового інтервалу. Таким чином, можна зробити висновок про можливість використання розробленої моделі для планування режимів праці і відпочинку водіїв.

Вихідним є стан водія на початку роботи, обумовлений умовами його нічного відпочинку і поїздки на роботу. Це стан разом з умовами руху визначає швидкість сполучення на маршруті при виконанні першого рейса. Дана швидкість з урахуванням довжини маршруту і часу простою на кінцевому пункті визначає час рейсу. За час рейсу відбувається закономірна зміна значення показника активності регуляторних систем водія. Отримане значення є вихідним при виконанні наступного рейсу. Далі аналогічним чином проводились розрахунки швидкості сполучення, часу рейсу і показника активності регуляторних систем водія для другого і наступних рейсів. Після розрахунку параметрів кожного рейсу проводився аналіз зміни показника активності регуляторних систем водія. Неприпустимим вважається перехід стану регуляторних систем організму на рівень різко вираженої функціональної напруги, що відповідає значенню показника активності регуляторних систем рівному 5 [293], після якого настає перенапруга регуляторних механізмів, поява патологічних синдромів і захворювань [195].

Розробка моделі (1) проводилася на підставі експериментальних даних, що враховують зміну стан людини протягом часу роботи. Для побудови графіка роботи водія протягом робочого дня істотним є не тільки зміна стану водія при виконанні досліджуваного елемента транспортного процесу, але і його зміна протягом усього робочого часу. Результати розрахунків приведені в табл. 4, 5.

Модель зміни різниці значення показника активності регуляторних систем після закінчення роботи і перед її початком, $\Delta P_{\text{СК}}$, бали, має такий вигляд:

$$\Delta P_{\text{СК}} = -3{,}65 + 0{,}008 T_{\text{Р}}. \qquad (2)$$

Таблиця 4

**Характеристики моделі зміни різниці значення показника активності регуляторних систем водія після закінчення роботи і перед її початком**

| Фактори | Позначення, розмірні роз | Границі вимірів | Коефі-цієнт | Стан-дартна помилка | Критерій Стьюдента | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | розрахун-ковий | таблич-ний |
| Час роботи | $T_{\text{Р}}$, хв. | 0,33-11,75 | 0,008 | 0,001 | 7,79 | 2,45 |

Таблиця 5

**Довірчі інтервали коефіцієнтів моделі**

| **Фактори** | Нижня границя | Верхня границя |
|---|---|---|
| Час роботи | 0,0054 | 0,0106 |

Про значимості незалежної перемінної свідчить розрахункове значення критерію Стьюдента, що більше табличного значення, і відсутність нуля в довірчому інтервалі кожного коефіцієнта моделі.

Після розробки регресійної моделі проводилася її статистична оцінка. Результати розрахунків приведені в табл. 6.

Таблиця 6

**Результати оцінки моделі зміни показника активності регуляторних систем водія за період роботи**

| Показники | Значення |
|---|---|
| Критерій Фішера: табличний<br>розрахунковий | 4,28<br>60,61 |
| Коефіцієнт множинної кореляції | 0,92 |
| Середня помилка апроксимації, % | 18,2 |

Унаслідок цього, з використанням моделі (2) з’являється можливість коректування зміни стану водія після простою на кінцевій зупинці маршруту. Після додаткового відпочинку розрахунок показника активності регуляторних систем водія після

виконання кожного рейсу проводився з використанням моделей (1) і (2).

Після чотирьох годин роботи водієві надається перерва для прийняття їжі і відпочинку, відповідно до раніше розроблених рекомендацій. Тривалість обідньої перерви визначається в залежності від зниження значення показника активності регуляторних систем водія і може змінюватися від 45 хвилин до 2 годин. Після обіду порядок складання графіка роботи аналогічна. Кінець робочого дня визначається технологічними умовами.

Розрахунки для маршруту довжиною 7 км. Дана довжина визначає середні параметри досліджуваних маршрутів міського пасажирського транспорту. Результати розрахунків приведені на рис. 1-8.

При цьому розглядалися умови роботи на маршруті досвідчених водіїв з великим стажем роботи, і водіїв з недостатньою кваліфікацією. Дані умови описувалися значенням відносини віку водія до його стажу роботи на автобусах.

У першому випадку це відношення приймалося рівним 2, що відповідає, наприклад, вікові водія 50 років і 25 рокам його стажу роботи на автобусі. В другому випадку використовувалося значення 20, що відповідає вікові 50 років і стажеві 2,5 років.

Аналіз отриманих результатів показує, що більш досвідченим водіям можна планувати більшу кількість рейсів. Це обумовлюється декількома причинами. По-перше, у них менш інтенсивна зміна стану організму протягом робочого дня. Унаслідок цього зменшується потреба в кількості додаткових періодів короткострокового відпочинку, що збільшує безпосередній час руху протягом робочого дня. По-друге, унаслідок взаємозв’язку швидкості сполучення і показника активності регуляторних систем водія, більш досвідчені можуть виконати рейс за менший час. Збільшення кількості рейсів при цьому по-різному для всіх марок рухомого складу. На автобусах Mazda-E2200 водії зі співвідношенням $B_{\text{В}}/S_{\text{А}} = 2$ роблять у 1,7 рази більше рейсів, чим водії с. $B_{\text{В}}/S_{\text{А}} = 20$ На автобусах Citaro G CNG це співвідношення збільшується в 3,3 рази.

Планова кількість рейсів різна для всіх марок транспортних засобів. Це обумовлюється зміною швидкості сполучення в залежності від їхніх параметрів.

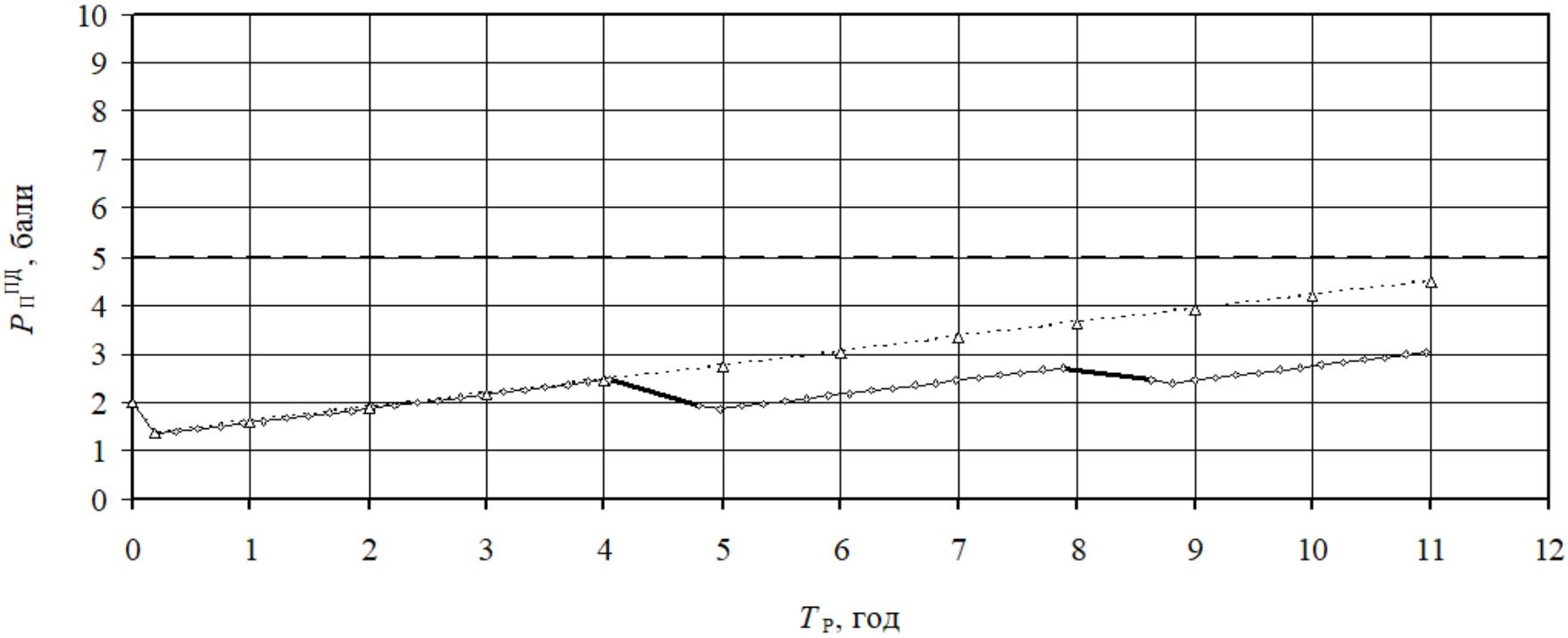



Рисунок 1 - Графік зміни показника активності регуляторних систем водія зі співвідношенням $B_{В}/S_{А} = 2$ при виконанні 52 рейсів по маршруту довжиною 7 км протягом робочого дня на автобусі марки Mazda-I2200:

-△-△-△- – без надання перерв;

-◇-◇-◇- – при наданні двох перерв на обід тривалістю по 45 хвилин;

▬▬ – обідня перерва;

▬ ▬ ▬ – гранично припустиме значення показника активності регуляторних систем водія.

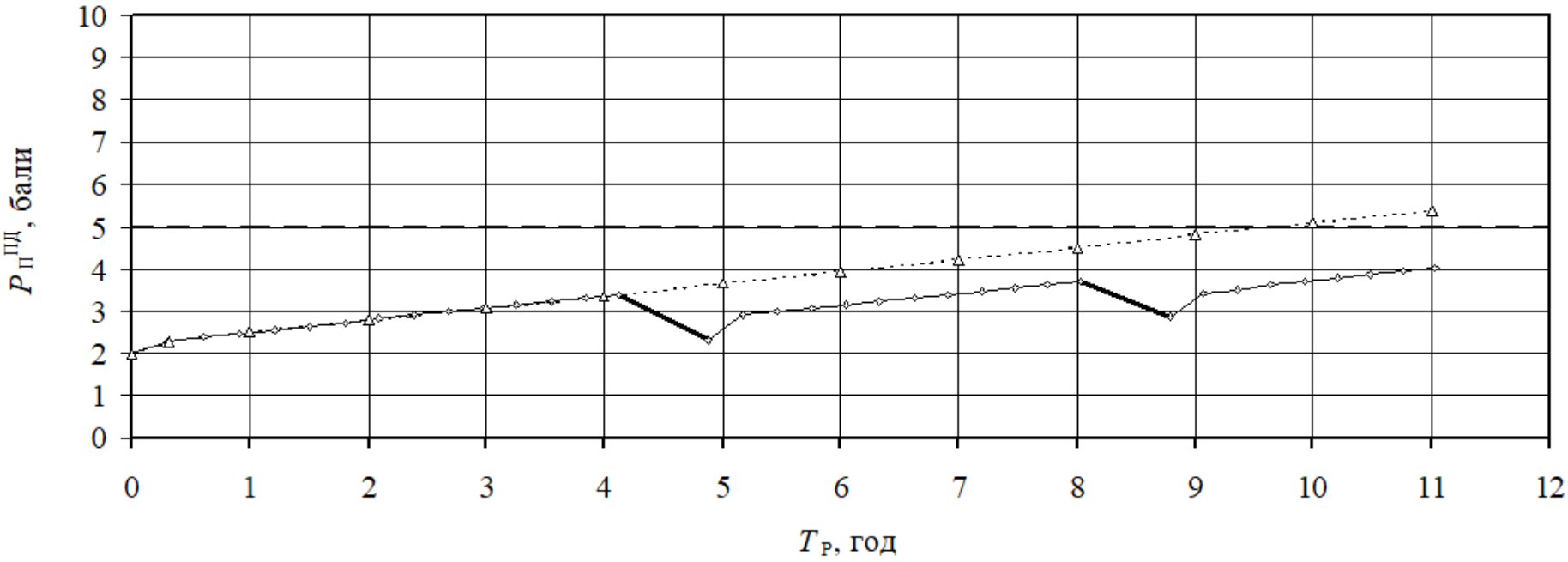



Рисунок 2 - Графік зміни показника активності регуляторних систем водія зі співвідношенням $B_{В}/S_{А}$ =20 при виконанні 33 рейсів по маршруту довжиною 7 км протягом робочого дня на автобусі марки Mazda-I2200:

-△-△-△- – без надання перерв;

-◇-◇-◇- – при наданні двох перерв на обід тривалістю по 45 хвилин;

▬▬▬ – обідня перерва;

– – – – гранично припустиме значення показника активності регуляторних систем водія.

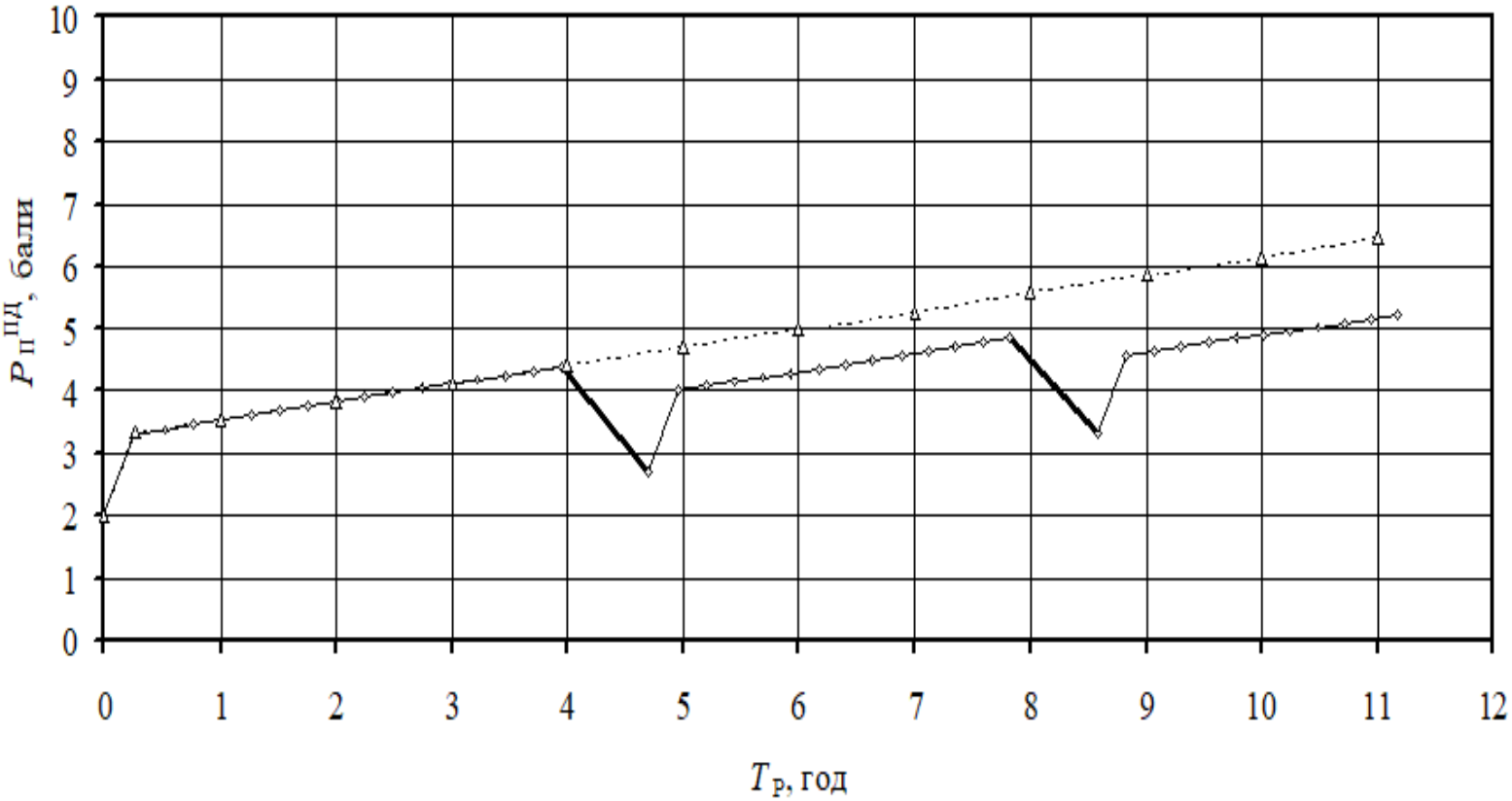



Рисунок 3 - Графік зміни показника активності регуляторних систем водія зі співвідношенням $B_{В}/S_{А}$ =2 при виконанні 42 рейсів по маршруту довжиною 7 км протягом робочого дня на автобусі марки Volvo-V10M:

-Δ-Δ-Δ- – без надання перерв;

-◇-◇-◇- – при наданні двох перерв на обід тривалістю по 45 хвилин;

▬▬ – обідня перерва;

▬ ▬ ▬ – гранично припустиме значення показника активності регуляторних систем водія.

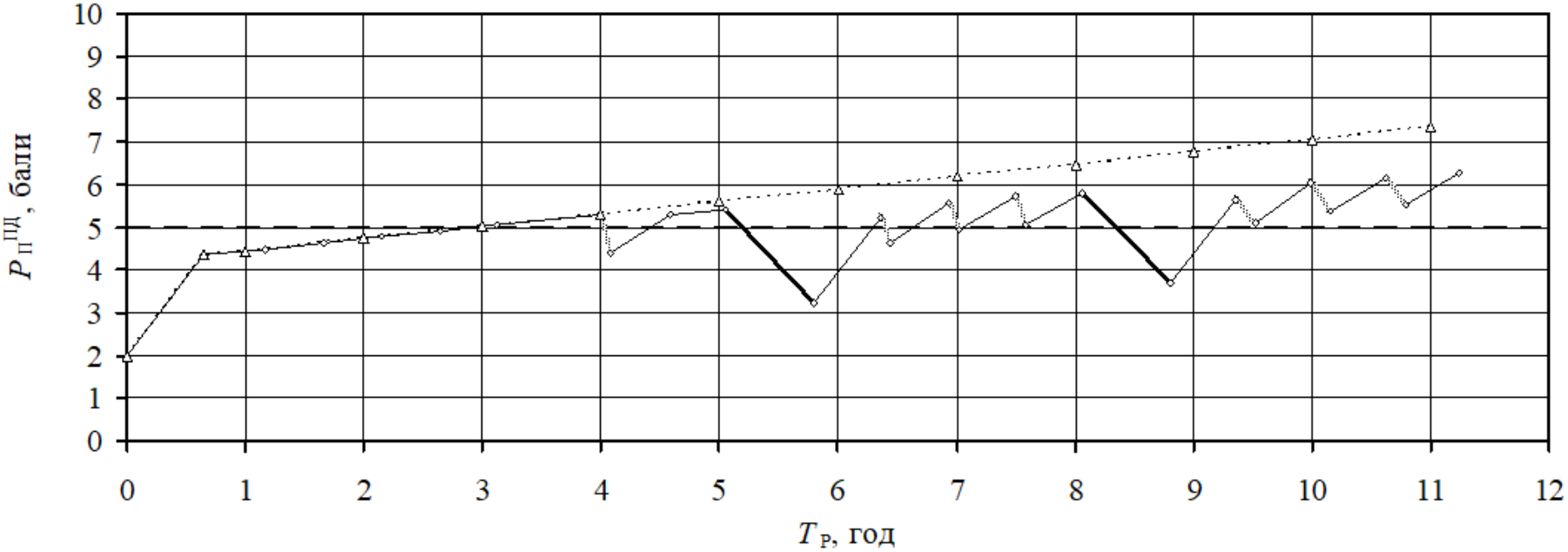



Рисунок 4 - Графік зміни показника активності регуляторних систем водія зі співвідношенням $B_В/S_А$ =20 при виконанні 16 рейсів по маршруту довжиною 7 км протягом робочого дня на автобусі марки Volvo-V10M:

-Δ-Δ-Δ- – без надання перерв;

-◇-◇-◇- – при наданні двох перерв на обід тривалістю по 45 хвилин, чотирьох додаткових простоїв на кінцевих пунктах по 5 хвилин і трьох по 10 хвилин;

▬▬ – обідня перерва;

····· – простій на кінцевому пункті;

▬ ▬ ▬ – гранично припустиме значення показника активності регуляторних систем водія.

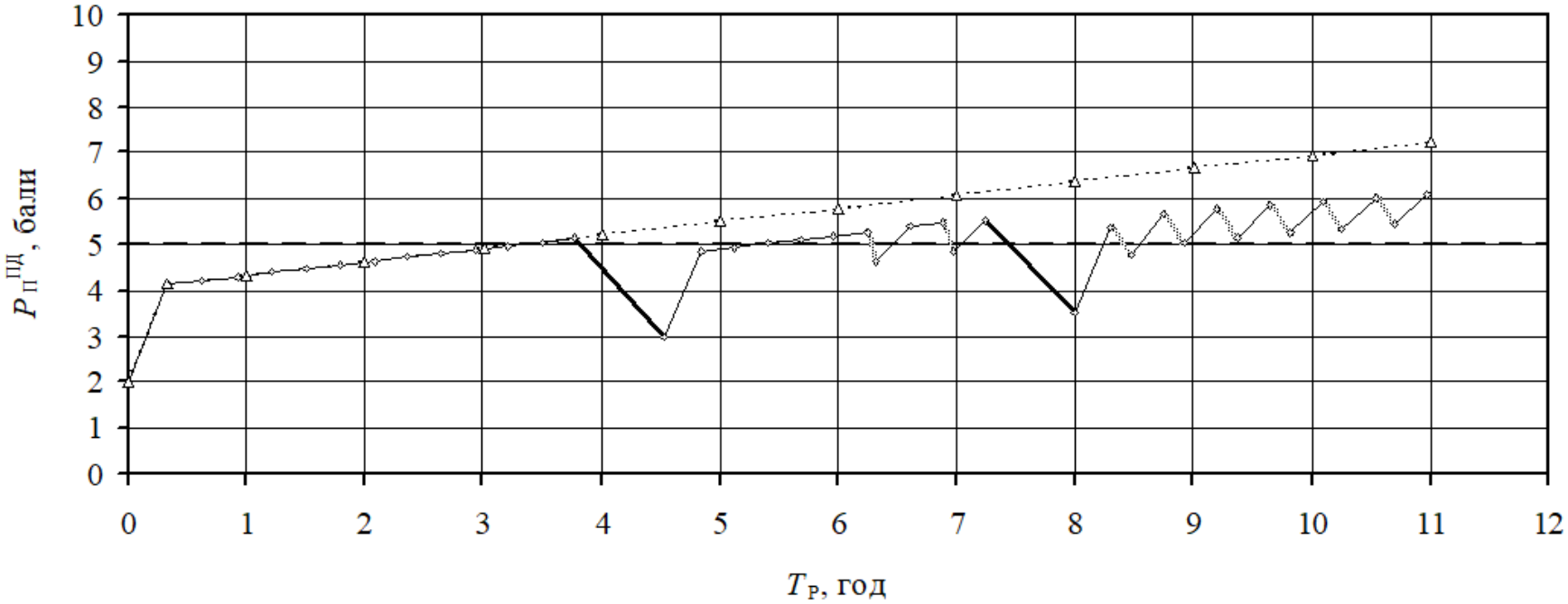



Рисунок 5 - Графік зміни показника активності регуляторних систем водія зі співвідношенням $B_В/S_А$ =2 при виконанні 28 рейсів по маршруту довжиною 7 км протягом робочого дня на автобусі марки Богдан А14532:

-△-△-△- – без надання перерв;

-◇-◇-◇- – при наданні двох перерв на обід тривалістю по 45 хвилин, двох додаткових простоїв на кінцевих пунктах по 5 хвилин і шести по 10 хвилин;

▬▬ – обідня перерва;

┈┈┈┈ – простій на кінцевому пункті;

▬ ▬ ▬ – гранично припустиме значення показника активності регуляторних систем водія.

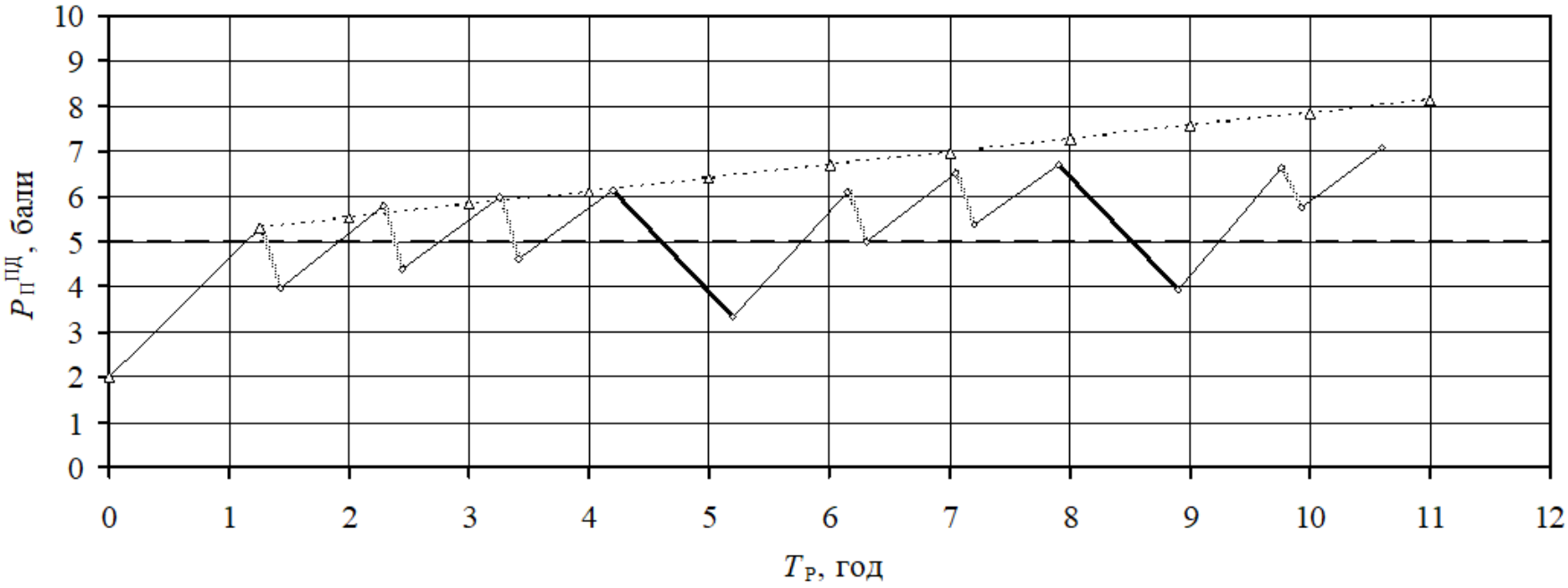



Рисунок 6 - Графік зміни показника активності регуляторних систем водія зі співвідношенням $B_В/S_А$ =20 при виконанні 9 рейсів по маршруту довжиною 7 км протягом робочого дня на автобусі марки Богдан А14532:

-△-△-△- – без надання перерв;

-◇-◇-◇- – при наданні двох перерв на обід тривалістю по 60 хвилин і шести додаткових простоїв на кінцевих пунктах по 10 хвилин;

▬▬ – обідня перерва;

┈┈┈ – простій на кінцевому пункті;

▬ ▬ ▬ – гранично припустиме значення показника активності регуляторних систем водія.

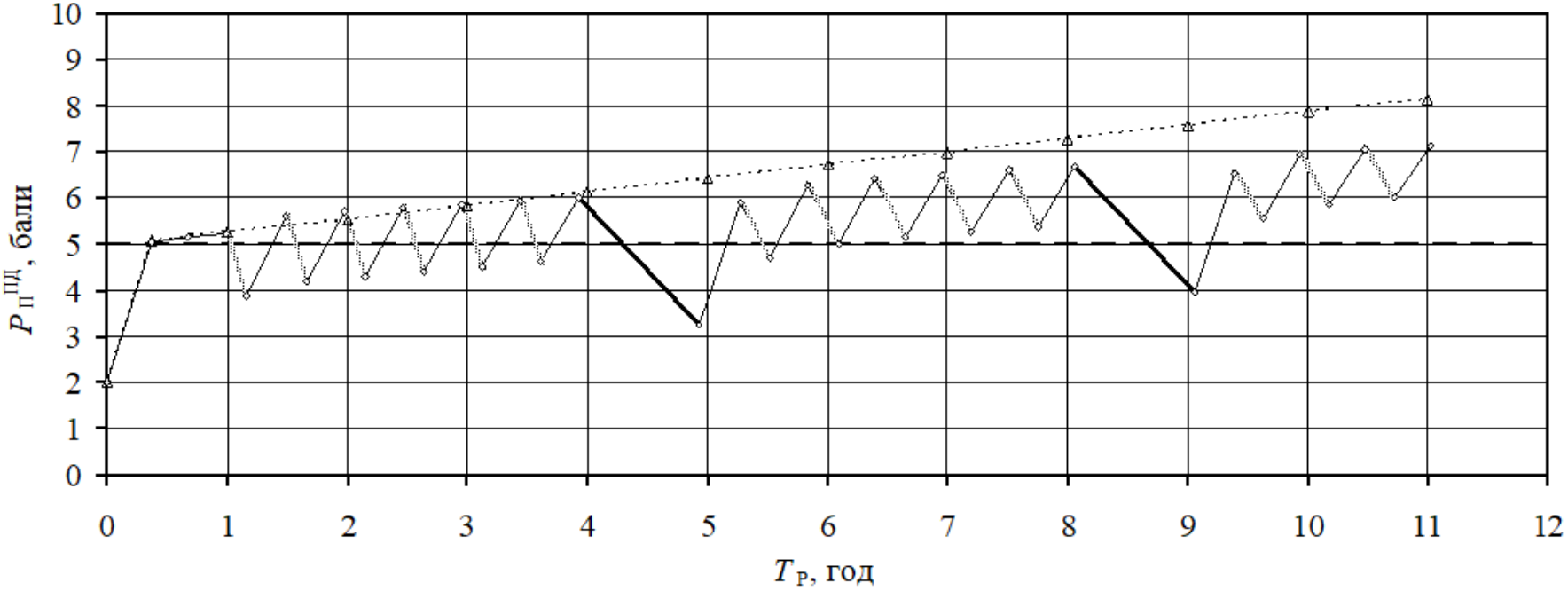



Рисунок 7 - Графік зміни показника активності регуляторних систем водія зі співвідношенням $B_В/S_А$ =2 при виконанні 20 рейсів по маршруту довжиною 7 км протягом робочого дня на автобусі марки Citaro G CNG:

-△-△-△- – без надання перерв;

-◇-◇-◇- – при наданні двох перерв на обід тривалістю по 60 хвилин, шести додаткових простоїв на кінцевих пунктах по 10 хвилин і восьми по 15 хвилин;

▬▬▬ – обідня перерва;

┈┈┈ – простій на кінцевому пункті;

▬ ▬ ▬ – гранично припустиме значення показника активності регуляторних систем водія.

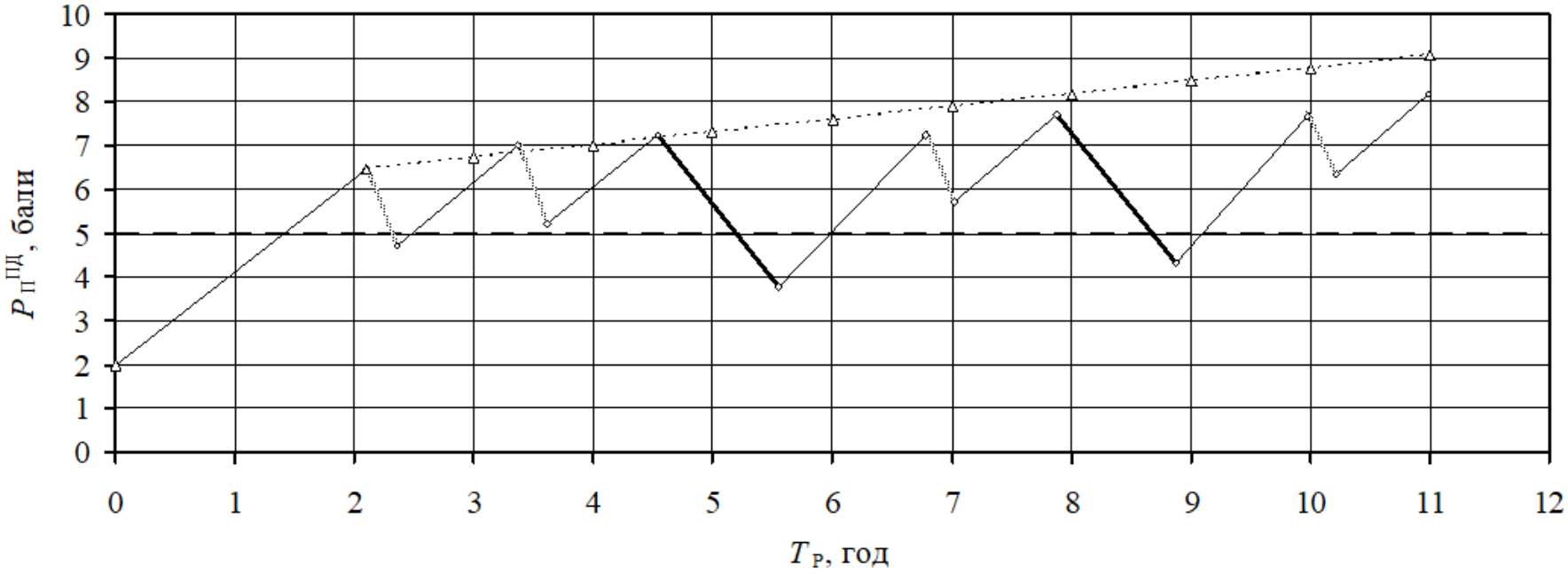



Рисунок 8 - Графік зміни показника активності регуляторних систем водія зі співвідношенням $B_{В}/S_{А}$ =20 при виконанні 6 рейсів по маршруту довжиною 7 км протягом робочого дня на автобусі марки Citaro G CNG:

-△-△-△- – без надання перерв;

-◇-◇-◇- – при наданні двох перерв на обід тривалістю по 60 хвилин і чотирьох додаткових простоїв на кінцевих пунктах по 15 хвилин;

▬▬ – обідня перерва;

〰〰 – простій на кінцевому пункті;

▬ ▬ ▬ – гранично припустиме значення показника активності регуляторних систем водія.

Крім того, зі збільшенням номінальної місткості транспортних засобів, відбувається відповідна зміна витрат праці водія при виконанні завдання на перевезення, що обумовлює більш інтенсивну зміну його показника активності регуляторних систем. Унаслідок цього, при розробці графіків роботи зі підвищенням номінальної місткості транспортних засобів виникає необхідність у наданні більшої кількості перерв у роботі для відпочинку і збільшення їхньої тривалості.

**ДЖЕРЕЛА**


1. Ефремов И.С. Теория городских пассажирских перевозок: Учеб. пособие для вузов / И.С.Ефремов, В.М.Кобозев, В.А. Юдин. - М.: Высш. школа, 1980. - 535 с.
2. ТарановА.Т.Перевозка пассажиров автомобильным транспортом:
3. Учебноепособие для инженерно-экономических ВУЗов и факультетов / А.Т.Таранов. - Изд. 2еперераб. и дополн. - М.: Транспорт, 1972. - 316 с.
4. Блатнов М.Д. Пассажирские автомобильные перевозки / М.Д. Блатнов. - М.: Транспорт, 1981. - 222 с.
5. Дуднев Д.И. Организация перевозокпассажиров автомобильным транспортом / Д.И.Дуднев, М.И.Климова, А.А. Менн. - М.: Транспорт, 1974. - 296 с.
6. Баевский Р.М. Прогнозирование состояния на грани нормы и патологии / Р.М. Баевский. - М.: Медицина, 1979. - 292 с.

# ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕРГОТИЧНОЇ СИСТЕМИ «ВОДІЙ-АВТОМОБІЛЬ-ДОРОГА-СЕРЕДОВИЩЕ»

## 1. Актуальні проблеми функціонування ерготичної системи «Водій–Автомобіль–Дорога–Середовище» у темну пору доби

Дорожньо-транспортні пригоди (ДТП) в темну пору доби – важлива проблема. Незважаючи на незначний обсяг руху (15-20%) в темний час відбувається 41-50% ДТП. За даними НДІАТ, кількість ДТП на 100 тис. транспортних одиниць складає: в ранкові сутінки 26; світлий час дня 2; вечірні сутінки 65; вночі 4 од. відповідно. Вночі відбуваються найбільш важкі ДТП за тяжкістю наслідків. Ряд досліджень показує, що в темний час доби на 30-40% збільшується тяжкість наслідків ДТП. Наприклад, в Австрії число поранених в ДТП в темну пору доби становить 33%, загиблих 55%. У Німеччині підраховано, що рух вночі в 3,5 рази небезпечніше, ніж днем, а небезпека загинути в ДТП вночі зростає до 10 разів [1-4]. Проте, проблема виникнення ДТП у вечірні сутінки маловивчена. Пропонується розглянути зміну фізіологічних показників уваги водіїв з урахуванням умов руху у вечірні сутінки.

Близько 90 відсотків водій отримує інформації за допомогою зору. В темну пору доби велике значення для зору має освітленість дороги [2]. Для того щоб очі могли розпізнати предмет, необхідний певний рівень освітленості. Предмети можуть розпізнаватися за силуетом – коли яскравість об’єкта нижче яскравості оточуючого його фону, або коли яскравість перешкоди більше оточуючого його фону. Найбільші труднощі для водія відбуваються при різких змінах освітленості дороги, при русі в умовах недостатньої освітленості. Швидка зміна рівнів освітленості викликає роздратування сітчатки очей, і настає тимчасове засліплення. Час засліплення коливається в широких межах і може тривати від кількох секунд до кількох хвилин. Зміна освітлення також впливає на час реакції водія. Несвоєчасні або неточні реакції нерідко призводять до дорожньо-транспортних пригод. Водій не завжди може розгледіти траєкторії руху інших автомобілів чи розгледіти раптово з’явившогося пішохода на проїзній частині. Час реакції у цьому випадку може коливатися в широких межах від 0,4 до 2,5 сек. в залежності від професійного досвіду і індивідуальних психофізіологічних особливостей водія [1–8 ].

В останні роки все більша увага приділяється транспортним проблемам, які можуть змінити когнітивний і емоційний стан водіїв. Оцінка зору водія, при цьому, може бути корисна для виявлення безпечного або небезпечного типу поведінки на дорогах. Відстеження очей використовується для оцінки сприйняття водіями дорожніх елементів, а також для розробки стратегії керування автомобілем і запобігання аварій. Під час фіксації погляду водій концентрує свою увагу на певному об'єкті дорожнього середовища. Час фіксації погляду водія може коливатись від 0,1 до 2,5 секунд в залежності від складності дорожньо-транспортної ситуації та функціонального стану водія. Щодо особливостей зорового сприйняття слід зазначити, що увага водія є складною характеристикою, яка залежить від багатьох факторів. В дослідженні [4] вказано, що психічний стан водія може мати деякі характеристики відповідно до уваги водія. 1) Спокійна увага – зосередження погляду в просторі поблизу очікуваного сигналу, коротких фіксацій мало, моргань теж. 2) Напружена увага – переважання коротких фіксацій, є особливо тривалі фіксації, пропуски важливих сигналів, відсутність стеження рухів, скорочення кількості моргань. 3) Емоційна напруженість – переважання особливо тривалих і коротких фіксацій. 4) Втома – поява і розвиток стеження рухів, переважання тривалих фіксацій, велика кількість моргань, підвищення порогів сприйняття, пропуски корисних сигналів. 5) Сенсорний голод (нестача інформації) – велика кількість відстежуючих рухів, тривалих фіксацій, пропуски корисних сигналів. 6) Перевантаження інформацією – велика кількість коротких фіксацій зі значною амплітудою відхилення, скорочення кількості тривалих фіксацій і моргань.

Умови руху по дорогах в темний період доби різко відрізняються від денних. Вдень при нормальному освітленні на прямій ділянці водій бачить предмети на дорозі на відстані більше 1 км. У похмуру погоду видимість скорочується до 800-900 м. Вночі при освітлені дальнім світлом фар можна побачити предмет на відстані лише за 100 – 130 м, тобто на відстані, значно менше, ніж необхідно для впевненого руху з високими швидкостями. Багато предметів, що контрастно відрізняються оком від покриття при денному світлі, на великих відстанях вночі зливаються з покриттям і стають видимими лише поблизу від автомобілів. Тим часом, як показують спостереження за режимами руху автомобілів, незважаючи на погіршення умов видимості, швидкості руху

змінюються порівняно мало, знижуючись в середньому лише на 5-7 км / год [8]. Тому, незважаючи на різкий спад інтенсивності руху, кількість дорожньо-транспортних пригод в темний час доби непропорційно велика. Значно підвищується вона в період сутінків, особливо вечірніх, коли рух відбувається в умовах погіршення видимості без світла фар. В цей час позначається також втома після робочого дня водіїв і пішоходів, які повертаються з роботи [5]. Безпека руху погіршується у зв'язку з тим, що в темний час доби світло фар зустрічних автомобілів, навіть при своєчасному переході на ближнє світло, погіршує умови видимості для водіїв. Виникає небезпека наїзду на перешкоду або пішоходів на узбіччі [4].

Ступінь інтенсивності уваги визначають за формулою [2]:

$$I_У = (1 - \frac{n}{m}) \cdot 100, \qquad (1)$$

де $m$ – число простих математичних операцій, які може виконати людина при абсолютному зосередженні на них уваги;

$n$ – число таких же операцій, які може виконати людина паралельно з виконанням даної роботи.

Проте, даний підхід не дозволяє врахувати реальні події під час руху водія та застосовується в лабораторних умовах. Крім того, дослідження зосередженості уваги показали, що основним фактором, що впливає на надійність водія є фіксація погляду [4]. Під час фіксації погляду водій витрачає певний проміжок часу для оцінки траєкторії чи положення об'єктів середовища руху. Доведено що значне емоційне напруження збільшує час фіксації погляду, звужується поле зору водія. Водій не встигає сприймати та переробляти отриману інформацію. Все це є причиною помилок водієм.

Отже, дослідження особливостей зорового сприйняття водія у темну пору доби (вечірні сутінки) з використанням технології відстеження погляду є перспективним напрямом, що може дати відповіді на питання невідповідності умов руху до психофізіологічних параметрів зорового сприйняття людини.

## 2.Характеристики уваги водіїв

Метою дослідження є визначення впливу вечірніх сутінок на особливості зорового сприйняття водіїв. Розглянуто закономірності зміни уваги водіїв під час настання вечірніх сутінок.

Згідно із законом Джеркса-Додсона існує оптимальне емоціональне напруження, при якому досягається максимальний успіх при виконанні роботи [2–4]. Також дослідження показують, що в аварійних ситуаціях, коли у людини немає часу для усвідомленого прийняття рішення, емоції виступають в якості командного сигналу для початку ланцюга дій, спрямованих на самозбереження. Емоції впливають на діяльність при усвідомлених рішеннях. Для кожного виду діяльності існує оптимальна величина емоційного напруження. Емоційний стан, що перевищує оптимум, дезорганізує діяльність водія. Увага залежить від емоційного напруження водія [4]. Основними властивостями уваги є: концентрація, стійкість, розподіл, обсяг, переключення. Концентрація уваги водія характеризується зосередженням лише на одному об’єкті з одночасним відволіканням від всього іншого. Стійкість уваги є властивістю щодо утримання водієм об’єкта сприйняття в свідомості протягом певного проміжку часу. Розподіл уваги – здатність утримувати та контролювати в свідомості одночасно декілька видів діяльності, що виконує водій. Водій може розподіляти свою увагу між декількома діями, якщо одна з них виконується на рівні автоматизму, тобто певного навику. Для цього дуже важливо мати певний обсяг уваги, що характеризується можливістю сприймати одночасно декілька об’єктів. Людина може одночасно сприймати від 4 до 6 об’єктів. Важливою складовою уваги є здатність переключення, тобто переходу в свідомості від сприйняття об’єктів одного виду діяльності до сприйняття об’єктів іншої діяльності. Всі перелічені особливості зорового сприйняття водія є важливими характеристиками, що дозволяють визначати надійність водія. На рис. 1 представлено класифікацію параметрів уваги водія.

Особливим аспектом організації праці водія є оцінка його надійності відносно уваги. Надійність характеризує інтегральну якість водія, здатність виконувати функції по керуванню автомобілем протягом певного інтервалу часу. Показниками надійності водія можуть бути: ймовірність безвідмовної роботи; середній час безвідмовної роботи; середній час наробітку на відмову;

інтенсивність (швидкість появи) відмов та ін. Отже, надійністю водія характеризується його здатність правильно та своєчасно реагувати на зміну дорожньо-транспортних ситуацій та забезпечувати безпечний руху протягом певного часу. Також, розрізняють зміну надійності водія через функціональну відмову – фізіологічні зміни в організмі, що зумовлюють тимчасову втрату стану працездатності. Нефункціональна відмова водія є відмовою психологічного характеру, що виявляється в помилках сприйняття дорожньої обстановки, прийнятті рішень і дій. Відмови напряму залежать від уваги [1, 2].

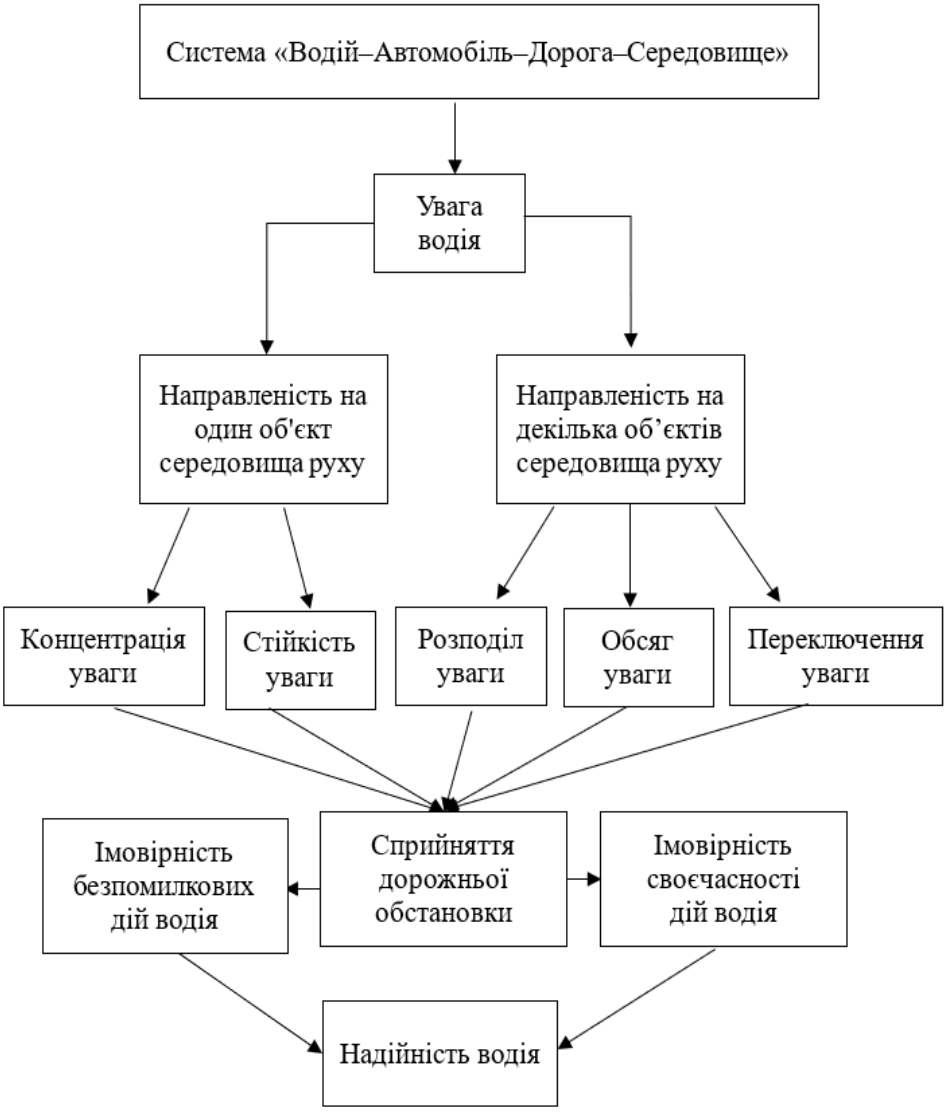



Рисунок 1. Класифікація параметрів уваги водія

Експериментальні дослідження зміни показників уваги водіїв в умовах вечірніх сутінок виконували на різних категоріях міських вулиць. В дослідженні приймали участь водії віком від 20 до 52 років.

Для дослідження показників уваги водіїв використовували окуляри Pupil Labs (рис. 2). Окуляри мають декілька камер, що знімають очі в інфрачервоному зображенні та оточуюче середовище з високою роздільною здатністю.

Рисунок 2. Окуляри для визначення показників уваги водія

## 3. Експериментальні дослідження уваги водіїв

Показник уваги водія визначали за формулою:

$$B_У = \frac{\sum_{i=1}^{k} T_{фi}}{T_{рух}} \cdot 100, \% \qquad (2)$$

де $T_{фi}$ – час фіксації погляду водія на певному *i*-му об’єкті середовища руху;

*к* – кількість фіксацій погляду водія;

$T_{рух}$ – загальний час руху.

Кількість фіксацій погляду водія з урахуванням часу рух визначали за формулою:

$$N_{\phi} = \frac{\sum_{i=1}^{k} {}_{\phi i}}{T_{рух}} \cdot 100, \% \qquad (3)$$

де ${}_{\phi i}$ – *i*-та фіксація погляду водія на певному *i*-му об’єкті середовища руху.

Дослідження зміни освітленості при настанні сутінок виконували за допомогою люксметру NEULOG (рис. 3). Заміри виконувались синхронно з записом параметрів руху автомобіля та параметрів зорового сприйняття водія в режимі реального часу.

Рисунок 3. Прилад для визначення зміни освітленості

Під час реєстрації параметрів погляду водіїв фіксували одночасно рівень освітленості у вечірні сутінки. На рис. 4 показано фіксації погляду водія при зміні освітленості на певному об’єкті середовища руху.

Експеримент тривав наступним чином. Водій перед сутінками прибував на місце заїзду. Тим самим час впрацьовування водія враховувався на початку досліджень. Ділі водій виконував серії заїздів по відомим маршрутам після заходу сонця протягом 30 хвилин.

На рис. 5 представлено закономірності зміни уваги водія, яка визначалась як відношення загального часу фіксацій погляду до загального часу руху (формула 2).

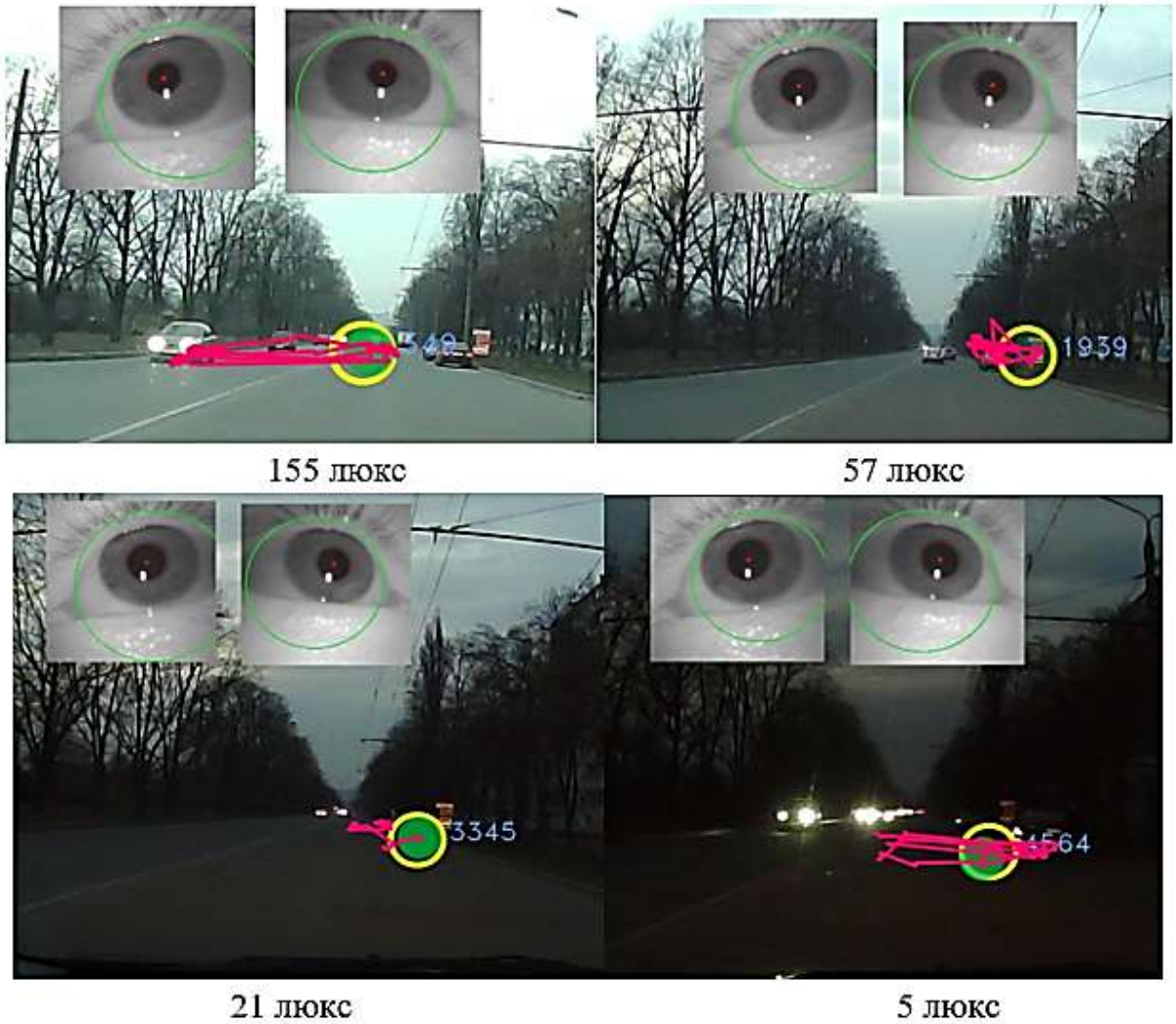



Рисунок 4. Приклад замірів параметрів фіксації погляду водія при зміні освітленості у сутінки

Під час замірів параметрів погляду водія слід відзначити, що було виявлено наступні ознаки сприйняття поля концентрації уваги у темну пору доби під час сутінок. Так наприклад, при появі пішохода водій його помічав, лише при умові, якщо пішохід був одягнений у світлоповертаючий одяг або у одяг світлого кольору. Це спостерігалось при умові наявності зустрічного транспорту та при рівні освітленості починаючи від 10 люкс.

На рис. 6 представлено закономірності зміни кількості фіксацій погляду водія, які визначали, як відношення кількості фіксацій до загального часу руху (формула 3).

Отримані експериментально залежності зміни показника уваги водіїв та кількості фіксацій погляду в умовах вечірніх сутінок можна використовувати для побудови багатофакторних моделей з урахуванням параметрів руху на різних категоріях вулиць.

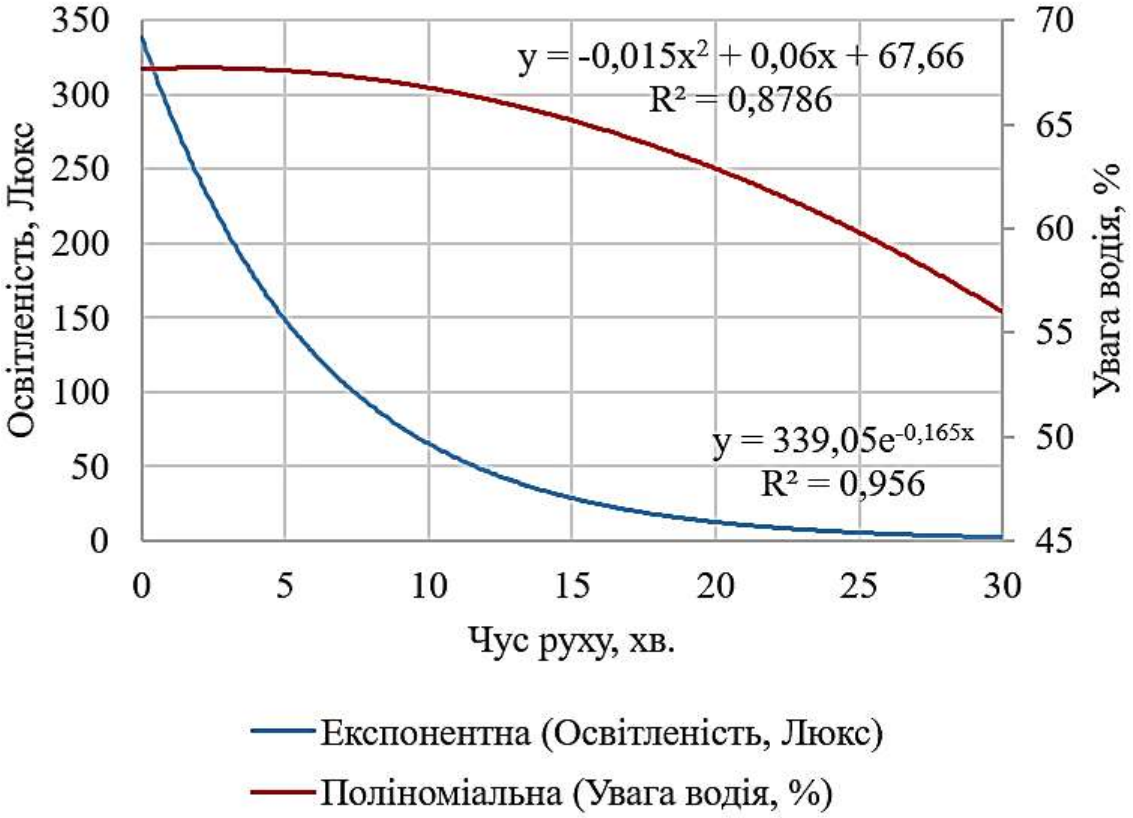



Рисунок 5. Зміна уваги водія в умовах вечірніх сутінок

Дослідження повинні бути спрямовані на таких характеристиках: вік та стаж водія, швидкість руху, інтенсивність руху, рівень завантаження дороги рухом і ін.

Показник уваги може бути використаний для визначення імовірності безвідмовної роботи водія в момент часу *t*. Тобто імовірність безпомилкових дій водія в момент часу *t* та імовірність своєчасності дій водія в момент часу *t* є функцією від показника уваги $B_y$. Показник уваги слід розглядати відносно умов руху (кількість конфліктних ситуацій, рівень завантаження дороги рухом, швидкість руху, освітленість і ін.) та відносно здвигу функціонального стану водія. Використовуючи співвідношення $T_{фi}$ до еталонного значення часу фіксації погляду водія на певному об'єкті середовища руху при оптимальному емоційному напруженні можна визначити показники надійності для різних умов руху. Для визначення параметрів фіксації погляду водія слід використовувати технологію «Eyetracking».

Отже, в умовах вечірніх сутінок значно знижується увага водія. Водій при зміні освітленості від 50 люкс і менше відчуває зорове стомлення від постійного пошуку об'єктів на дорозі. При цьому, кількість фіксацій значно зменшується, так як водій більше часу

витрачає на розпізнавання та пошук потрібних елементів дорожньої обстановки, пішоходів і ін.

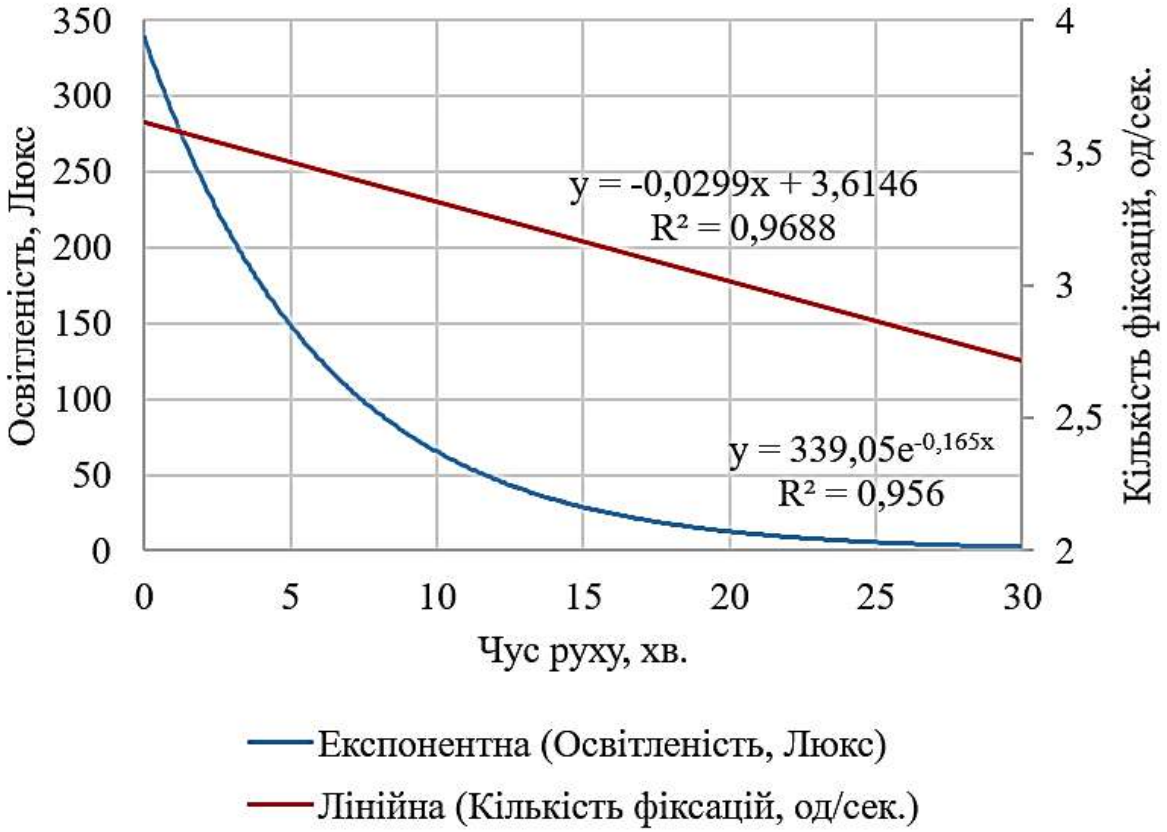



Рисунок 6. Зміна кількості фіксацій погляду в умовах вечірніх сутінок

## ДЖЕРЕЛА


1. Гаврилов Э. В. Теоретические основы проектирования и организации условий дорожного движения с учетом закономерностей поведения водителей [Текст]: дис. … докт. техн. наук / Э. В. Гаврилов. – К. : КАДИ, 1992. – 300 с.
2. Гаврилов Э. В. Эргономика на автомобильном транспорте. / Гаврилов Э. В. – К.: Техника, 1976. – 152 с.
3. Бегма И. В. Учет психофизиологии водителей при проектировании автомобильных дорог [Текст] / И. В. Бегма, Э. В. Гаврилов, Я. А. Калужский. — М. : Транспорт, 1976. — 88 с.
4. Лобанов Е. М. Проектирование дорог и организация движения с учетом психофизиологии водителя / Лобанов Е. М. – М. : Транспорт, 1980. – 311 с.
5. Прасоленко О.В. Впливконфліктнихситуацій на міськихвулицях на показникитрудовоїдіяльностіводія у темну

пору доби //Коммунальное хозяйство городов. – 2019. – Вип. 3 (149). – С. 152-157.
6. NizamiGyulyev, OleksiiLobashov, OleksiiPrasolenko, DmytroBurko (2018). Research of Changing the Driver’s Reaction Time in the Traffic Jam. International Journal of Engineering & Technology, 7 (4.3), 308-314
7. Prasolenko, O., Lobashov, O., &Galkin, A. (2015). The Human Factor in Road Traffic City. International Journal ofAutomation, Control and Intelligent Systems, 1(3), 77-84.
8. Отраслевой дорожный методический документ: Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах – Москва 2002.

# СОЦІАЛЬНИЙ ЕФЕКТ ВІД ВЗАЄМОДІЇ СИСТЕМИ«ЛЮДИНА – ТРАНСПОРТ – НАВКОЛИШНЄСЕРЕДОВИЩЕ»

## 1. Правові питання у забезпеченні позитивного соціального ефекту

Законодавством встановлено, що підприємства транспорту несуть відповідальність за шкоду, заподіяну навколишньому природному середовищу. Вони зобов'язані забезпечувати безпеку життя і здоров'я громадян, безпеку експлуатації транспортних засобів, охорону навколишнього природного середовища.

Соціальний ефект від взаємодії системи «людина – транспорт – навколишнє середовище» (ЛТНС) може бути досягнутий через подальший розвиток і удосконалювання законодавчої бази в області екології транспорту.

Така діяльність охоплює дуже великий спектр питань – від удосконалювання базових законів, що регламентують діяльність транспорту як компонента економіки (Закон про транспорт, Закон про автомобільний транспорт і т.п.) до розробки конкретних нормативних актів спеціального призначення (стандарти, правила тощо). Для забезпечення входження України у світову транспортну систему варто передбачати гармонізацію нормативно-правового забезпечення в транспортному комплексі з регіональним і міжнародним законодавством.

Базові закони повинні враховувати існуючі економічні відносини в суспільстві, передбачати, принаймні, найближчу їхню еволюцію і поширюватися на:

- імпортерів і вітчизняних виробників автотранспортної техніки;
- перевізників усіх форм власності й організації праці;
- суб'єктів усіх форм власності й організації праці, що здійснюють будь-які види автосервісних послуг;
- експедиторів;
- суб'єктів усіх форм власності й організації праці, що здійснюють нафтопереробку і поширення нафтопродуктів;
- органи державного і відомчого контролю [1–2].

Для ефективної дії всього комплексу заходів в області охорони навколишнього середовища необхідно організовувати правову сторону питання таким чином, щоб будь-якому суб'єкту

автотранспортного ринку було невигідно, насамперед з економічної точки зору, займатися перевізною чи сервісною діяльністю, що не задовольняє прийнятим в Україні екологічним нормам.

## 2. Вплив розвитку транспорту в системі «Людина – транспорт – навколишнє середовище»

В даний час транспорт, невід'ємно увійшов в наше життя, внісши в неї як позитивні, так і негативні риси, особливо автомобільний транспорт. Частка автомобілів в забрудненні атмосфери навколишнього середовища великих міст становить 80 – 90%, в кілька разів перевищуючи частку промислових підприємств. Вплив транспорту на навколишнє середовище та населення – найбільш насущна і актуальна проблема сучасного суспільства.

Транспортні засоби є джерелом підвищеної небезпеки для життя і здоров'я людей через можливі дорожньо-транспортні пригоди, шкідливі викиди, транспортний дискомфорт, споживання природних ресурсів. Водночас, транспортні засоби спричинюють позитивні соціально-економічні та морально-психологічні ефекти.

До позитивних впливів розвитку транспорту у системі ЛТНС можна віднести:

– розвиток торгівлі, політичних, культурних зв'язків, розширення контактів;

– стимулювання науково-технічного прогресу та сприяння створенню додаткових робочих місць;

– підвищення доступності соціально-побутових послуг для споживачів;

– задоволення потреби споживачів у широкому асортименті товарів тощо.

Негативні наслідки впливу розвитку транспорту у системі ЛТНС розглядаються у трьох основних аспектах:

1. Охорона праці соціальних груп, зайнятих у сфері міського пасажирського транспорту (водії, кондуктори) у зв'язку із імовірністю виникнення професійних захворювань та підвищенням класу небезпеки умов праці.

2. Екологічна безпека учасників дорожнього руху (загибель, травмування, збільшення стресового навантаження, гіподинамія тощо).

3. Екологічна безпека соціальних груп та об’єктів, що не використовують послуги окремих видів міського транспорту (витрати енергетичних, матеріальних, земельних, водних, повітрянихресурсів, загибель, травмування та отруєння людей та живихорганізмів).

До основних факторів негативного впливу транспорту відносять:

– забруднення атмосферного повітря;
– шум;
– вібрація;
– електромагнітне випромінювання [3].

2.1 Забруднення атмосферного повітря

Шкідливі речовини, що містяться у викидах відпрацьованих газів автомобілів, вкрай негативно впливають на здоров’я людини. Аналіз статистичних даних і оцінок негативного впливу автомобільного транспорту на навколишнє середовище і населення свідчить, що загальна сума викидів забруднювальних речовин в атмосферу в країнах СНД щорічно становить майже 21,2 млн. т., зокрема, 19,2 млн. т, (90 %) — від автомобільного транспорту, і 2,0 млн. т, від інших викидів [4].

Середній внесок окремих видів транспортних засобів в забруднення атмосфери наведений на рис.1.

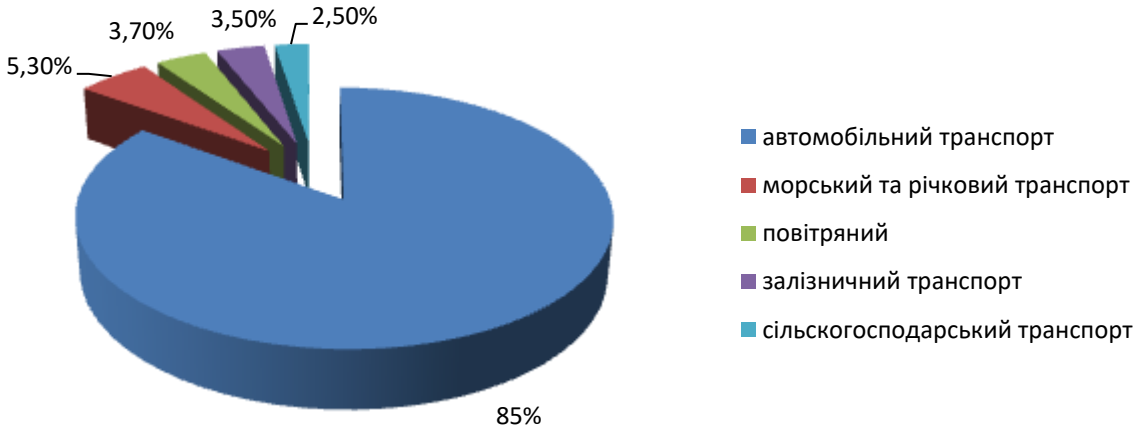



Рисунок 1. Процентне співвідношення джерел забруднення навколишнього середовища

Основними джерелами забруднення повітря від автомобіля є:

1) відпрацьовані гази, що викидаються через вихлопну трубу (65%);

2) гази картерів (20%);

3) вуглеводні в результаті випаровування палива з бака, карбюратора і трубопроводів (15%).

За розрахунками фахівців, «внесок» автомобільного транспорту в атмосферу становить до 90% по окису вуглецю і 70% по окису азоту. Більшість досліджень впливу автомобільного транспорту на здоров'я людини пов'язані із захворюваністю органів дихання. Численні дослідження встановлюють зв'язок між транспортними викидами і різноманітністю симптомів і хвороб органів дихання [5].

## 2.2 Шумове забруднення

Зростання міст супроводжується прискореним розвитком транспорту, і, як наслідок, збільшенням шумового забруднення. Шкідливий шумовий вплив транспорту супроводжує людину все життя і посилюється одночасною дією вібрації, загазованості й інших видів впливу [6].

Рівень вуличних шумів обумовлюється інтенсивністю, швидкістю і характером (складом) транспортного потоку. Основні джерела транспортного шуму наведені на рис. 2.

Крім того, він залежить від планувальних рішень (поздовжній і поперечний профіль вулиць, висота і щільність забудови) і таких елементів благоустрою, як покриття проїзної частини та наявність зелених насаджень [7].

Дослідження впливу шуму на людину засвідчили розвиток у них загальної неспецифічної реакції, яка характеризується:

– зниженням споживання кисню всіма тканинами головного мозку;
– дистрофічними змінами в мозку та внутрішніх органах;
– появою судинних розладів;
– біохімічними змінами у внутрішніх органах, що свідчить про напруженість захисно-пристосувальних сил організму.
– порушенням сну;
– появою підвищеної втомлюваності та роздратованості тощо.

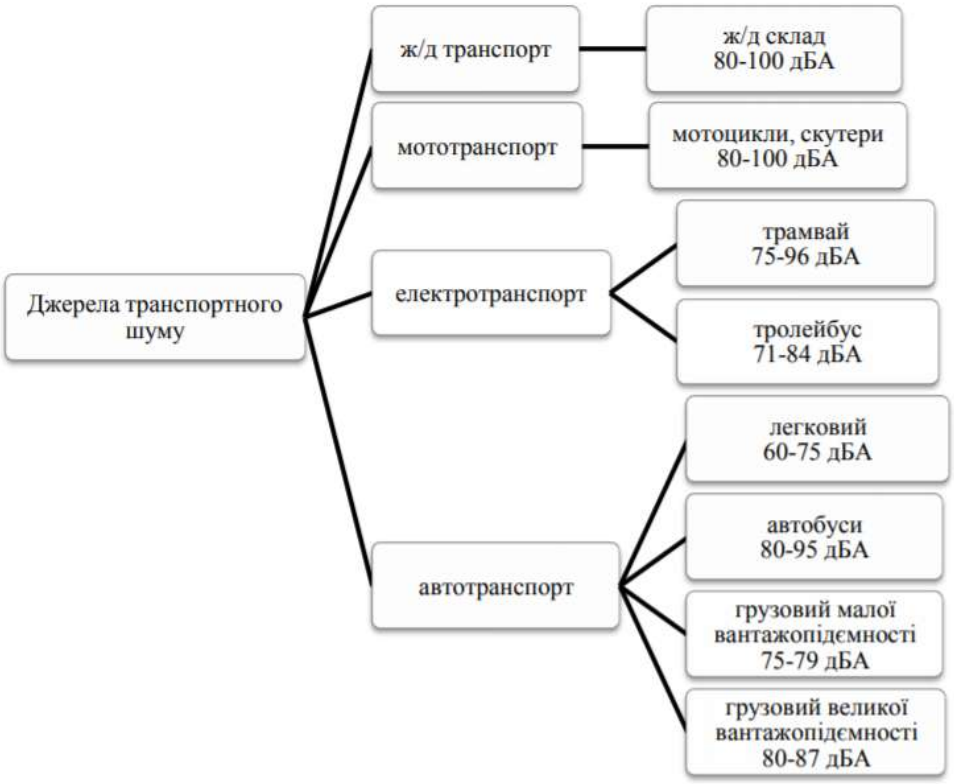



Рисунок 2. Джерела транспортного шуму

Зниження міського транспортного шуму пов’язано з особливостями зовнішнього середовища – його поглинальною, відбиваючою, екрануючою і ізолюючою акустичною здатністю. Шумозахист у місті залежить від правильності планування, забудови й озеленення, тобто всього комплексу архітектурно-планувальних рішень, які видозмінюють середовище і можуть створити оптимальні умови для зниження шуму транспортних потоків.

## 2.3 Вплив транспортної вібрації

Транспортна вібрація – коливання, що впливають на людину, яка знаходиться в умовах робочих місць причіпних чи самохідних машин. Сюди відносять транспортні засоби, що коливаються під час руху по дорогах чи іншій місцевості, а також у процесі їх розробки. Серед осередків транспортної вібрації знаходяться: промислове та сільськогосподарське самохідне устаткування (комбайни); вантажні автомобілі (сюди відносять скрепери, тягачі, грейдери а також котки); транспорт гірничошахтний, що відноситься до самохідного рейкового, наприклад машини для вбирання снігу тощо.

Під час руху автомобіля виникають коливання, спричинені нерівностями дороги, а також неврівноваженими силами двигуна й трансмісії, які здійснюють обертальні або зворотно-поступальні рухи. Ці коливання передаються на раму, кузов автомобіля і через полотно дороги на елементи придорожнього простору. Тому розрізняють два види впливу вібрацій:

– вплив на водія і пасажирів автомобіля;
– вплив на навколишні об’єкти.

Вплив вібрації на людину викликає ряд негативних змін у її органах і системах:

– зміна ритму й частоти дихання;
– зміна артеріального тиску;
– зниження гостроти зору, особливо бінокулярного;
– порушення діяльності нервової системи;
– зниження концентрації уваги.

Коливання з частотою близькою до 40 Гц викликають у людини неприємні відчуття. Найбільшої шкоди завдають коливання, частоти яких близькі до резонансних частот окремих органів і систем.

Зменшення вібрації у джерелі виникнення конструктивними і технологічними методами та зменшення вібрації на шляху розповсюдження засобами віброізоляції та вібропоглинання є найбільш ефективними засобами зниження негативного впливу даного явища.

## 2.4 Вплив електромагнітного випромінювання

На об’єктах транспортної сфери, як однієї з наукоємних промислових галузей, що інтенсивно технологічно розвивається, вплив електромагнітних полів постійний, його зазнають 1,5 - 2 млн. працівників галузі, а вплив на пасажирів і населення, по суті, призводить до того, що електромагнітні поля транспорту впливають на кожну людину. До основних джерел електромагнітного випромінювання можна віднести електричний транспорт, зокрема метрополітен, авіаційний та морський транспорт.

Результатом впливу електромагнітних випромінювань на організм в цілому є:

– швидка стомлюваність;
– біль у суглобах;

– головний біль у людей, виробнича діяльність яких пов'язана зі змінними електромагнітними полями;

– електромагнітні поля підвищеної напруженості здатні викликати у людини зоровий ефект миготіння й порушення орієнтації.

Ступінь біологічного впливу електромагнітних полів на організм людини залежить від частоти коливань, напруженості та інтенсивності поля, режиму його генерації (імпульсне, безперервне), тривалості впливу.

Таким чином, багатогранність автотранспортного комплексу як складної соціально-економічної системи спричиняє її багатосторонній зв'язок з навколишнім природним середовищем та безпосередньо людиною. Це, своєю чергою, потребує різнопланових заходів для підвищення екологічної безпеки при його експлуатації. Вирішення проблем підвищення екологічної безпеки на транспорті можливе застосуванням багатьох технічних заходів, основні з яких це – заходи на етапі експлуатації транспортних комплексів та заходи на етапі проектування і будівництва об'єктів транспорту.

## ДЖЕРЕЛА


1. Вартість забруднення повітря: вплив транспорту на здоров'я. Дослідження організації економічного співробітництва і розвитку, 2014 р. Доступно: http://www.oecd-library.org/docserver/download/9789264210448-sumen.pdf .
2. Rice, Susan A. «Human health risk assessment of CO2: survivors of acute high-level exposure and populations sensitive to prolonged low-level exposure».–Environments 3.5 (2014): 7-15.
3. Селиванов С.Е., Бажинов А.В. Экологические проблемы Харькова – транспортный аспект // Вестник Харьковского национального автомобильнодорожного университета. 2010. № 49. С. 143-151.
4. Русіло П. О. Вплив на довкілля автомобільного транспорту на всіх стадіях його життєвого циклу / П. О. Русіло, В. В. Костюк, В. М. Афонін // Науковийвісник НЛТУ України. – 2008. – № 18(3). – С. 85–89. – ISSN 5-7763-2435-1.

5. Степанчук І. М. Автомобільний транспорт і екологічні проблеми міст / І. М. Степанчук, О. В. Степанчук // Екологія довкілля та безпека життє діяльності. – 2004. – № 6. – С. 88–93.
6. Запорожець О. І. Транспортна екологія: навчальний посібник / О. І. Запорожець, С. В. Бойченко, О. Л. Матвєєва, С. Й. Шаманський, Т. І. Дмитруха, С. М. Маджд; за заг. редакцією С. В. Бойченка. – К.: НАУ, 2017. – 507 с.
7. Дідковський В. С. Основи акустичної екології / В. С. Дідковський, В. Я. Акименко, О. І. Запорожець та ін. – Кіровоград: Імпекс ЛТД, 2001. – 520 с.

# КЛАСИФІКАЦІЯ АВАРІЙНО-НЕБЕЗПЕЧНИХ СИТУАЦІЙ І ЇХ ВПЛИВ НА ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН ВОДІЯ

Аварійно-небезбечні ситуації розглядаються як один із головних факторів відмови системи «водій – автомобіль – дорога – середовище» (ВАДС). Система ВАДС це складна система взаємодії технічних чинників та психофізіологічних властивостей людини.

Водії під час керування автомобілем постійно стикаються з проблемою вибору й оброблення інформації, що надходить до неї. Прийняття правильного рішення вимагає врахування величезної кількості факторів, обробки значних обсягів інформації. Інтенсивність інформаційного потоку, який впливає на людину (водія) та збільшення швидкостей руху, призводить до того, що час, необхідний для прийняття рішення, неухильно зменшується[1-2].

Під час керування автомобілем, в мозку людини безперервно будуються різні моделі дорожньої ситуації. Збільшення потоку інформації як поза автомобілем (специфічна поведінка іншого транспортного засобу, пішоходи, які перебувають неподалік дороги, неадекватна поведінка пішохода, який перетинає проїжджу частину, природні феномени), так і в салоні автомобіля (використання стільникового зв’язку, телефонні розмови), впливає на психоемоційний стан водія і знижує його реакцію, що підвищує ймовірність виникнення дорожньо-транспортних пригод (ДТП). Водіймає короткий проміжок часу (0,6-1,2с) для аналізу дорожніх подій, прийняття рішення та реагування [3]. Не випадково більшість ДТП стається з вини водія, а не автомобіля або дороги. В основі причин ДТП лежить особистий фактор – психіка людини [4].

## 1. Класифікація аварійно-небезпечних ситуацій

У процесі руху виникають небезпечні ситуації, які змушують водія змінювати режим руху транспортного засобу [5]. При цьому аварійно-небезпечні ситуації можна поділити на три категорії:

Розглядаючи транспортний процес в цілому слід відзначити, що модель керування транспортним засобом (ТЗ) є відкритою динамічною системою, яка складається з кінцевого числа ТЗ, які беруть участь у транспортному процесі. При цьому ТЗ у кожен момент часу описується наступними параметрами: положення на дорозі (координати певних точок), курсовий кут, лінійна швидкість,

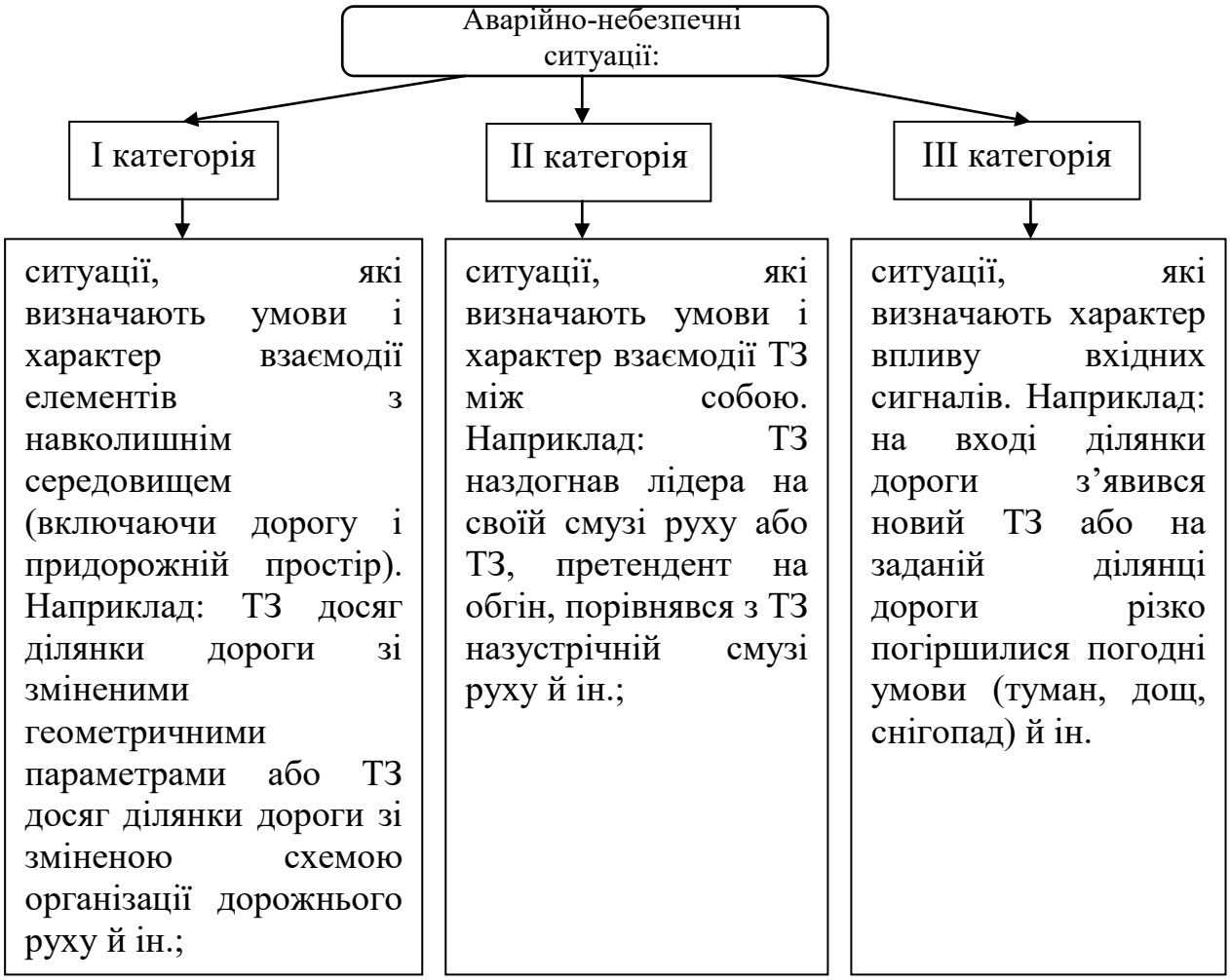



Рисунок 1. Класифікація аварійно-небезпечних ситуацій

прискорення (уповільнення), напрямок повороту рульового колеса, номер передачі коробки передач тощо. Тобто кожен елемент системи представляється у вигляді вектора кінцевої довжини, кожна компонента якого може змінюватися у заданих межах [6].

Виникнення аварійно-небезпечних ситуації часто призводять до дорожньо-транспортних пригод (ДТП). Статистичні дані дозволяють нам припустити, що причини виникнення ДТП залежать від водіїв ТЗ та недисциплінованості певної категорії учасників дорожнього руху. Кожна ДТП є індивідуальною за своїми характеристиками, проте мають спільні деталі та ознаки, що дозволяє віднести їх до певного виду.

Аналізуючи вплив різних факторів на виникнення ДТП, лише в рідкісних випадках ДТП можуть бути пояснені однією причиною. Зазвичай, вони є результатом взаємодії ряду факторів системи ВАДС, один з яких вирішальний.

У залежності від механізму події ДТП поділяються:

- зіткнення транспортних засобів(при зустрічному та попутному рухові, бокові зіткнення) тобто зіткнення двох або більше транспортних засобів;
- наїзд транспортного засобу на пішохода, нерухомий транспортний засіб, перешкоду, велосипедиста;
- падіння пасажирів з рухомого транспортного засобу або усередині нього унаслідок різкого гальмування, прискорення або зміни напряму руху;
- інші події, що стають наслідком грубого порушення правил руху чи експлуатації транспортного засобу самими постраждалими (падіння транспорту в урвище, з мосту тощо).

Рисунок 2. Класифікація ДТП у залежності від механізму події

Залежно від ступеня тяжкості наслідків ДТП діляться на ті, що призвели:

- матеріальний збиток;
- легкі тілесні ушкодження;
- тілесні ушкодження середнього ступеня важкості та важкі;
- смерть потерпілого;
- особливо важкі наслідки (загинуло 4 і більш або поранено 15 і більш людей).

Рисунок 3. Класифікація ДТП у залежності від ступеня тяжкості наслідків

## 2. Вплив аварійно-небезпечних ситуацій на функціональний стан водія

Функціональний стан водія у транспортному процесі визначається комплексом взаємопов’язаних медико-біологічних, психофізіологічних та зовнішніх факторів. Якісна характеристика працездатності водія є його надійністю і визначається кількісною характеристикою – результативністю та ефективністю його працездатності. До основних чинників, які визначають надійність

водія, слід віднести: професійну придатність, підготовленість, працездатність. На результативність і ефективність працездатності водія впливають: індивідуальні психологічні особливості, умови діяльності, особливості потоку інформації [7].

При дослідженні аварійно-небезпечних ситуацій дослідження закономірностей функціонального стану водія ТЗ мають пріоритетне значення. Зокрема, в переважній більшості випадків ДТП могло не статися, якби водій не переоцінював свої зорові здібності. Тобто, процес зорового сприйняття водієм об'єктів навколишнього середовища заснований на надходженні через сітківку ока водіяі нформації в зорову систему, порушення нервових клітин в зоровій області кори великих півкуль мозку людини, що в кінцевому рахунку впливає на психомоторну реакцію водія ТЗ, увагу, оперативне мислення, самовладання тощо [8].

Таким чином на виникнення аварійно-небезпечних ситуацій впливають наступні закономірності функціонального стану водія:

1. Зорове сприйняття водієм ТЗ динамічних подій при дорожньому русі в транспортному процесі;
2. Психомоторна реакція водія у транспортному процесі.

Відповідно до цього, для зорового сприйняття водієм дорожньої обстановки, розглянуто поняття «коефіцієнт інформаційного бачення» водія:

$$k_б = k_c(V_{1,}V_2), \quad (1)$$

де $k_c$ – коефіцієнт складності автодороги;

$V_1$ – результат процесу зорового сприйняття, який залежить від сприйняття водієм частини інформації про об'єкт та повного обсягу інформації про об'єкт;

$V_2$ – соціально-психофізиологічна надійність роботи водія, що забезпечує зорове сприйняття, яке залежить як від кутового просторового видалення площини інформаційно гооб'єкта, так і від напрямку уваги й інших зовнішніх факторів на автодорозі.

Загальний час реакції водія, з урахуванням коефіцієнтів зорового сприйняття водієм дорожньої обстановки може бути розрахований наступним чином:

$$t_p = t_o(1 + K_v + K_t + K_l + K_{нз} + K_{зо} + K_x + K_v + K_з) + t_1(1 + K_g + K_j), \quad (2)$$

де $t_o$ – тривалість виявлення водієм сигналу в оптимальних умовах сприйняття, с;

$K_v$ – коефіцієнт, що враховує швидкість руху;

$K_t$– коефіцієнт ступеня втоми водія;

$K_l$ – коефіцієнт монотонності траси;

$K_{нз}$ – коефіцієнт, що враховує наявність небезпечної (аномальної) зони;

$K_{зо}$ – коефіцієнт, що враховує зорове орієнтування;

$K_x$ – коефіцієнт світлотехнічних умов зорового сприйняття;

$K_з$ – коефіцієнт психофізіологічних характеристик зору водія;

$t_1$ – тривалість переробки водієм інформації і формування відповідної дії при оптимальних умовах сприйняття, с;

$K_g$ – коефіцієнт щільності об'єктів в полі зору водія;

$K_j$ – коефіцієнт швидкості переробки інформації водієм протягом робочого дня.

## ДЖЕРЕЛА


1. Рэнкин В. У. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения / В. У. Рэнкин, П. Клафи, С. Халберт и др. – М. : Транспорт, 1981. – 592 с.
2. Кипор Г. В. Влияние комплекса информационно энергетических факторов на психофизиологическое состояние водителей: сообщение 1 – вариационные характеристики и графические модели статуса функциональной асимметрии / Г.В. Кипор, С. Ф. Гончаров, В. А. Бессонов, А. С. Ишков. — Медицина катастроф. — 2009, 2 (66). — С. 43–47.
3. Жук М. М. Методика досліджень впливу функціонального стану водія на час реакції у складних і простих ситуаціях / М. М. Жук, В. В. Ковалишин // Вісн. Донец. акад. автомоб. трансп. — 2011. — № 4. — С. 12–17.
4. Жулев В. И. Предупреждение дорожно-транспортных происшествий [Текст] / В. И. Жулев // Практическое пособие. — М.: Юрид. лит., 1989.
5. Козлов И. В. Исследование и моделирование процессов автоматизированного контроля параметров движения транспортных средств, влияющих на дорожно-транспортные происшествия [Текст]: автореф. дис…канд. техн. наук :

05.13.06 / И. В. Козлов ; [Орловский государственный технический университет]. — Орел, 2005. — 19 с.
6. Квитчук А. С. Проблемы совершенствования системы безопасности дорожного движения / А. С. Квитчук Н. А. Синькевич // Транспортное право. – 2007. — № 4. — С. 12–29
7. Котик М. А. Природа ошибок человека-оператора на примерах управления транспортными средствами / Котик М. А., Емельянов А. М. — М:Транспорт .1993. — 252 с.
8. Лобанов Е. М. Проектирование дорог и организация движения с учетом психофизиологии водителя / Лобанов Е. М. — М.: Транспорт, 1980. — 311 с

# ТЕХНОЛОГІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ

# МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ НА МАРШРУТАХ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ ПРИ ЗМІННОМУ ПОПИТІ НА ПЕРЕВЕЗЕННЯ

За умов змінного попиту на перевезення розглядається взаємозв'язок між параметрами пасажиропотоку та перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту. У цьому випадку первинною характеристикою попиту на перевезення є матриця пасажирських міжрайонних кореспонденцій. На підставі результатів мережного розрахунку визначаються шляхи реалізації кореспонденцій між усіма транспортними районами в результаті чого виконується розподіл кореспонденцій між маршрутами міського пасажирського транспорту та визначаються пасажиропотоки з визначеними параметрами на кожному маршруті.

У такому випадку, керованими змінними виступають пасажиромісткість та кількість транспортних засобів. Параметри пасажиропотоку та обсяг перевезень є змінними величинами, що визначаються цими показниками. Ступінь заповнення за певної пасажиромісткості визначається кількістю транспортних засобів.

В якості цільової функції використовуємо максимум прибутку перевізника з урахуванням обмежень на рівень обслуговування пасажирів. Цільова функція може бути представлена таким чином:

$$П = Д - В \to \max . \tag{1}$$

де $Д$ – доходи перевізника, грн.;

$В$ – витрати перевізника, грн.

Доходи перевізника визначаються:

$$Д = Q \cdot T , \tag{2}$$

$Q$ – обсяг перевезень, пас.

$T$ – тариф, грн.

Витрати перевізника визначаються за формулою (3):

$$C_{пер\,\tau} = S_{1км}^{q_н} \cdot V_e \cdot \tau \cdot A_\tau . \tag{3}$$

$$S_{1км}^{q_н} = a + b \cdot q_н \tag{4}$$

Обсяг перевезень визначається на підставі мережного розрахунку при використані в якості змінних пасажиромісткості транспортних засобів ($q_н$) та їх кількості ($A$). Зміна обсягу перевезень з достатньою точністю апроксимується залежністю вигляду:

$$Q = a_0 \cdot q_н^{\varepsilon_1} A^{\varepsilon_2}, \tag{5}$$

де $a_0$, $\varepsilon_1$, $\varepsilon_2$ – коефіцієнти моделі.

З урахуванням зазначених залежностей цільова функція може бути представлена таким чином:

$$П = T \cdot \left(a_0 \cdot q_н^{\varepsilon_1} A^{\varepsilon_2}\right) - V_е \cdot \tau \cdot A_\tau (a + b \cdot q_н) \to \max . \tag{6}$$

В якості обмежень на параметри цільової функції уведено такі:

– імовірність відмови пасажиру у посадці не має перевищувати заданої величини $\xi$:

$$P^z_{выдм} \le \xi, \tag{7}$$

$\xi$ – мале число, що наближається (прямує) до 0.

– інтервал руху транспортних засобів має знаходитись у діапазоні від $I_{\min}$ до $I_{max}$.

$$I_{\min} \le I^z_{пл} \le I_{\max}, \tag{8}$$

Як і у попередньому випадку (умови сталих параметрів пасажиропотоку, розділ 5) $I_{\min}$ =2 хв. та $I_{\max}$ =12 хв.

–ступінь заповнення салону транспортного засобу на найбільш завантаженому перегоні має задовольняти умові:

$$\alpha^z \le \alpha_{(opt)}, \tag{9}$$

$$\alpha_{(opt)} = \begin{cases} -2 + 5 \cdot K_{довж}, \text{ при } K_{довж} \in [1;\ 2) \\ 8 \text{ пас/м}^2, \text{ при } K_{довж} \in [2;\ 2{,}3] \end{cases} \tag{10}$$

Умова (7) цілком визначає мінімальну та максимальну кількість транспортних засобів, що мають працювати на маршруті. Якщо

$$I_{пл} = \frac{t_{об}}{A}, \tag{11}$$

то приймаючи, що $I_{пл} = I_{\min}$, та враховуючи умови щодо цілочисельності показника, після перетворень отримуємо:

$$A_{\max} = \left\lceil \frac{t_{об}}{I_{\min}} \right\rceil, \tag{12}$$

Аналогічне рівняння може бути записано для обмеження щодо мінімальної кількості транспортних засобів:

$$A_{\min} = \left\lceil \frac{t_{об}}{I_{\max}} \right\rceil. \tag{13}$$

# МОДЕЛЬ І МЕТОД УЗГОДЖЕННЯ РОЗКЛАДІВ РУХУ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ У ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНИХ ВУЗЛАХ

Розвиток транспортно-пересадочних вузлів (ТПВ) є важливим завданням, яке повинне бути вирішене для максимального охоплення території міста транспортними послугами, підтримки мультимодальних перевезень та забезпечення сталої мобільності. ТПВ − ключовий елемент транспортної системи, в якому відбувається взаємодія пасажирського транспорту та перерозподіл пасажиропотоків. Вони є важливою та невід'ємною складовою створення ефективної маршрутної мережі, оскільки неможливо забезпечити безпересадочний доступ «від дверей до дверей» у всіх напрямках. Проте нескоординоване сполучення маршрутів міського пасажирського транспорту (МПТ) зменшує якість обслуговування та привабливість громадського транспорту для пасажирів.

На теперішній час у ТПВ існують наступні економічні, екологічні та соціальні проблеми, вирішення яких дозволить досягнути ефективність їх функціонування:

- відсутність синхронізації розкладів руху спричиняє додаткові витрати часу пасажирів у ТПВ;
- через незкоординованість прибуття транспортних засобів на зупиночні пункти виникає їх скупчення;
- простій транспортних засобів у черзі перед зупиночним пунктом провокує викиди забруднюючих речовин.

Основним технологічним механізмом для усунення зазначених проблем у ТПВ є синхронізація розкладу руху, крім того, розширення зупиночного пункту є дієвим технічним механізмом. Оцінювати ефективність функціонування ТПВ пропонується на основі погодження з базовими принципами сталого розвитку транспортних систем [1−2]. Оскільки жоден індикатор не може адекватно описати таке комплексне поняття, як сталість транспортної системи та перевезень, використовуються набори індикаторів. Беремо за основу тривимірну систему індикаторів [3], яку розширюємо, додаючи технічний вимір (рис. 1).

Індикатор технічного виміру, що характеризує розміри зупиночного пункту і залежить від кількості місць одночасного знаходження транспортних засобів, формує альтернативні варіанти

для прийняття рішення щодо значень параметрів функціонування ТПВ.

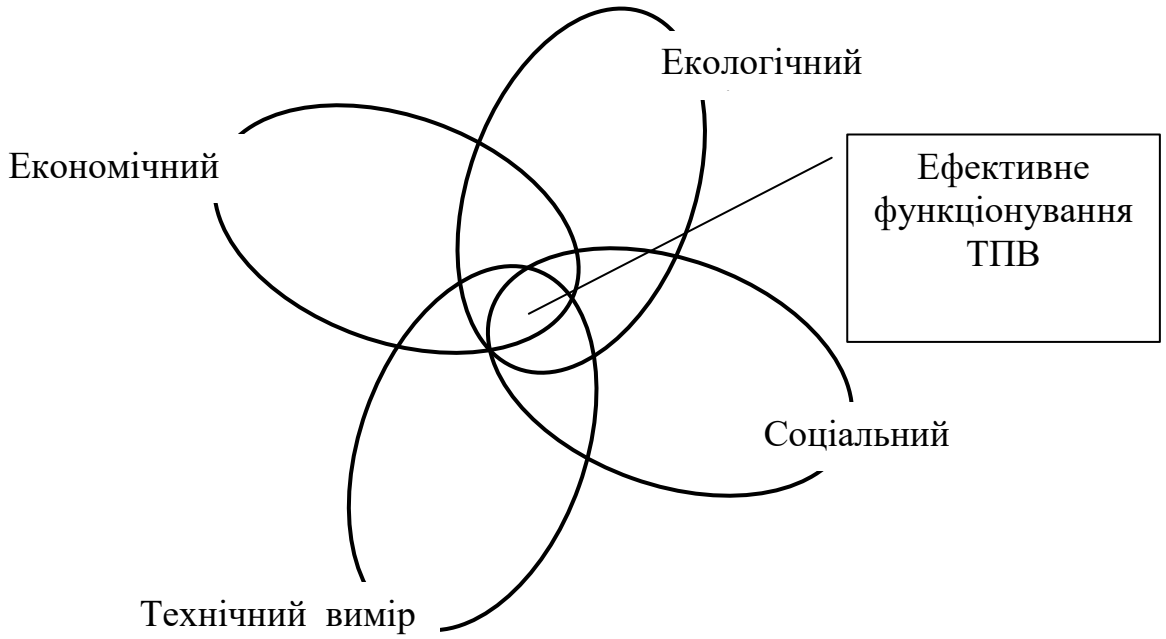



Рисунок 1. Виміри оцінки сталості функціонування ТПВ

Час очікування у ТПВ, один з найголовніших показників транспортних послуг з позиції пасажирів, що залежить від якості синхронізації розкладів руху у ТПВ, є індикатором, що дозволяє відобразити критерій соціальної ефективності функціонування ТПВ. Також велике значення для ефективного функціонування ТПВ має безпека виконання технологічних операцій. Скупчення транспортних засобів на зупиночному пункті збільшує ймовірність виникнення ДТП, адже присутні конфліктні ситуації через очікування транспортних засобів у черзі. Використовуємо кількість транспортних засобів, що очікують у черзі, як індикатор соціального виміру. Індикатором оцінки впливу на економічний вимір обрано час простою транспортних засобів у ТПВ, що включає час очікування у черзі та час знаходження на зупиночному пункті. У якості індикаторів впливу на екологічне середовище обрано викиди, еквівалентні $CO_2$.

Індикатори, запропоновані для характеристики вимірів, зведені у табл. 1.

Таблиця 1

**Індикатори, що характеризують виміри**

| Вимір | Індикатор |
|---|---|
| Економічний | Витрати, пов'язані із знаходженням транспортних засобів у ТПВ, $C_V$ |
| Соціальний | Час очікуванняпасажирів, $tp$ |
| | Кількість конфліктних ситуацій у зоні ТПВ між транспортними засобами МПТ, $N_{KT}$ |
| Екологічний | Об'єм викидів парникових газів, $Q_{CO2}$ |
| Технічний | Кількість місць одночасного обслуговування на зупиночному пункті,$L$ |

Представлені індикатори дозволяють всебічно та комплексно оцінити функціонування ТПВ, а досягнення мінімізації кожного з них повинне бути враховане при проведені синхронізації розкладу.

Виявлення вектора значень керуючих параметрів $\overset{\omega}{x} \in \Omega$, що забезпечить мінімізацію цільової функції при певній кількості місць на зупиночному пункті є задачею багатокритеріальної оптимізації, яку сформулюємо наступним чином:

$$\min_{\overset{\omega}{x} \in \Omega} \{C_V(\overset{\omega}{x}), tp(\overset{\omega}{x}), N_{KT}(\overset{\omega}{x}), Q_{CO2}(\overset{\omega}{x})\}. \quad (1)$$

Складність пошуку рішення для задач багатокритеріальної оптимізації полягає у неоднозначності вибору того чи іншого альтернативного варіанту. Оскільки індикатори, якими описуються критерії, знаходяться у протиріччі, і покращення одних призводить до погіршення інших, то точка, у якій вони одночасно мінімізуються (максимізуються), є майже недосяжною у переважній більшості випадків, тобто є «утопічною». Особа, яка приймає рішення, має обрати варіант у залежності від можливих переваг та втрат, що несе окрема альтернатива. Наукова література не пропонує уніфікованого методу для вирішення задач багатокритеріальної оптимізації, учені представляють різні підходи та їх класифікації [4–5].

Найбільш поширеними є методи, що засновані на скалярній згортці критеріїв. Основним недоліком їх є те, що негативні результати за певним критерієм можуть нівелюватися значеннями

інших, тому при оцінці функціонування ТПВ з позиції сталого розвитку та для екологічної ефективності прийнятого рішення накладається обмеження на об'єм викидів, еквівалентних $CO_2$, тобто часу простою у черзі при розгляді технологічних показників. Також обраний вектор значень параметрів функціонування ТПВ має гарантувати безпечність виконання технологічних операцій, що виступає у якості категорії соціального виміру, тому доцільно розглядати у якості обмеження кількість конфліктних ситуацій між транспортними засобами у ТПВ.

Оскільки індикатори, що описують економічний та соціальний виміри: час очікування пасажирів та витрати при знаходженні транспортних засобів у ТПВ, відповідно, мають різну розмірність, для можливості подальшої оцінки потрібно привести їх до єдиних одиниць вимірювання, трансформувавши значення витрат часу пасажирів у ТПВ у грошовий еквівалент. Витрати пасажирів на очікування оцінюється виходячи з вартості однієї пасажиро-години. Чисельне значення пасажиро-години може бути отримано за допомогою різноманітних методик [6].

Вартісна оцінка часу очікування пасажирів у ТПВ визначається за формулою:

$$C_P = tp \cdot C_{ph}, \tag{2}$$

де $C_P$ – вартісна оцінка витрат часу пасажирів у ТПВ, грн;

$C_{ph}$ – вартісна оцінка одиниці часу, грн/с.

Для визначення вартісної оцінки часових витрат при знаходженні транспортних засобів МПТу ТПВ користуємося наступноюзалежністю:

$$\widetilde{C}_V = \widetilde{T}st \cdot C_{1h}, \tag{3}$$

де $\widetilde{T}st$ – час знаходження транспортних засобів у ТПВ, що є випадковою величиною, с;

$C_{1h}$ – вартісна оцінка часу знаходження транспортного засобу у ТПВ, грн/с.

Емісія парникових газів, еквівалентних $CO_2$, виникає при непродуктивному простої транспортних засобів МПТ у зоні зупиночних пунктів ТПВ. Таким чином, зменшення викидів

парникових газів досягається при запроваджені технічних та технологічних заходів для усунення непродуктивного простою.

Для оцінки фінансових та земельних витрат, капіталовкладень, що супроводжують зміну параметрів зупиночних пунктів, у рамках дослідження розглядається довжина зупиночного пункту, що встановлюється згідно кількості місць одночасного знаходження транспортних засобі, вимагає окремого економічного обґрунтування та/або залучення експертів, які можуть зробити висновок щодо доцільності таких змін, спрогнозувати вигоду для усіх суб'єктів.

Синхронізація розкладів руху застосовується для зменшення витрат часу пасажирів при здійснені пересадки та непродуктивних простоїв. Управляти моментом прибуття транспортних засобів для досягнення синхронізації можливо змінюючи час відправлення з початкового зупиночного пункту, тобто зміщення відбувається шляхом додавання величини $z_i$ до існуючого значення:

$$td'_i = td_i^{(1)} + z_i,\ z_i \in Z_+. \tag{4}$$

де $td'_i$ – відкоригований час відправлення першого транспортного засобу *i*-го маршруту з початкового зупиночного пункту, с;

$td_i^{(1)}$– час відправлення першого транспортного засобу *i*-го маршрутуз початкового зупиночного пункту, с;

$z_i$– величина зміщення часу відправлення транспортного засобу *i*-го маршруту, що належитьмножині невід'ємних цілих чисел $Z_+$, с.

Задача є комбінаторною, оскільки множина часів відправлення транспортних засобів маршрутів МПТ з початкового зупиночного пункту є скінченною, а моменти відправлення – дискретними.

Час відправлення першого транспортного засобу маршрутів, що проходять через зупиночні пункти ТПВ, із початкового зупиночного пункту за розрахунковий період обрано як керуючі змінні $\overset{\rho}{x}_k = \{td'_1, td'_2, ..., td'_{N_R}\}$, вектор значень яких необхідно визначити для досягнення ефективного функціонування ТПВ при певному значені кількості місць на зупиночних пунктах.

Частиною синхронізації з метою зменшення витрат пасажирів на очікування є також штучне збільшення часу знаходження на зупиночному пункті транспортних засобів МПТ, що у разі виявлення необхідності проводиться.

Таким чином мінімізація критерію досягається при наступних заходах:

– синхронізація розкладів руху при незмінних інших факторах;

– синхронізація розкладів руху при зміні часу знаходження транспортних засобів на зупиночному пункті, кількість місць незмінна;

– синхронізація розкладів руху при зміні кількості місць, час знаходження на зупиночному пункті незмінний;

– синхронізація розкладів руху, зміна часу знаходження транспортних засобів на зупиночному пункті та кількості місць.

Задача багатокритеріальної оптимізації перетворюється у наступний вигляд:

$$C_k = C_V(\overset{\rho}{x}_k) + C_P(\overset{\rho}{x}_k) \to \min_{\overset{\rho}{x} \in \Omega_k},\ k = 1,2,...,N_L, \tag{5}$$

$$\Omega_k : \begin{cases} tq(\overset{r}{x}_k) \le tq'; \\ N_{KT}(\overset{r}{x}_k) \le N'_{KT}; \\ td_i^{(1)} \le td'_i < td_i^{(1)} + I_i; \\ td_i^{(1)}, td_i^{(B_i)} \in [\tau_S; \tau_E]; \\ L = k, \end{cases}$$

де $C_k$ – вартісна оцінка часових витрат пасажирів та МПТ у ТПВ при кількості місць на зупиночному пункті *k*, грн;

*k*– індекс кількості місць на зупиночному пункті;

$tq(\overset{\rho}{x}_k), tq'$ – розрахункове та граничне значення часу очікування транспортних засобів у черзі, с;

$N_{KT}(\overset{\rho}{x}_k), N'_{KT}$ – розрахункове та граничне значення кількості конфліктних ситуацій між транспортними засобами на зупиночному пункті у ТПВ, од.;

$td_i^{(B_i)}$ – момент відправлення останнього транспортного засобу *i*-го маршруту з початкового зупиночного пункту за розрахунковий період, с;

$\tau_S; \tau_E$ – початок та кінець розрахункового періоду, відповідно, с;

$B_i$– кількість транспортних засобів *i*-го маршруту, що прибувають у ТПВ за розрахунковий період, од.;

*L*– кількість місць для одночасного знаходження транспортних засобів, од.;

$N_L$ – максимальна кількість місць для одночасного знаходження транспортних засобів на зупиночному пункті, од.

Отже, необхідно розв’язати множину задач комбінаторної оптимізаціїіз узгодженнярозкладів руху,кількість яких відповідає можливій кількості місць одночасного знаходження транспортних засобів МПТ на зупиночному пункті.

Із метою гарантування екологічної доцільності прийнятого рішення встановлено обмеження: час очікування транспортних засобів у черзі, під час якого відбуваються викиди парникових газів, при реалізації запропонованих заходів не повинен бути вище ніж у базовому (поточному) варіанті.

Крім того, критерій передбачає введення обмеження на кількість конфліктних ситуацій між транспортними засобами на зупиночних пунктах. Третя складова в системі обмежень вказує, що час відправлення з початкового зупиночного пункту змінюється у межах інтервалу руху на *i*-му маршруті.

Також відзначено, що час відправлення першого та $B_i$-го транспортного засобу *i*-го маршруту повинен належати розрахунковому періоду. Під розрахунковим періодом розуміється проміжок часу, що характеризується відносно сталими умовами та параметрами руху транспортних засобів МПТ.

В обмеженнях зазначається кількість місць, для яких відбувається пошук екстремальних значень цільової функції.

Граничне значення часу очікування у черзі та граничне значення кількості конфліктних ситуацій між транспортними засобами на зупиночному пункті задається на основі розрахункових чисельних значень базового (поточного) стану функціонування.

Задача вирішується при допущеннях:

- час відправлення з початкового зупиночного пункту є детермінованою та заданою величиною;
- відправлення відбувається у відповідності до розкладу руху;
- при прибутті на занятий зупиночний пункт транспортний засіб чекає звільнення місця;
- транспортний засіб займає одне місце на зупиночному пункті;
- пасажиромісткість транспортних засобів достатня для задоволення попиту;
- час переходу між зупиночними пунктами маршрутів *i* та *j* у ТПВ є детермінованою величиною та єдиною для усіх груп пасажирів;

– пасажир очікує певний маршрут.

Вирішення задачі проводиться у три етапи. Перший етап − виявлення вектору вхідних параметрів, при якому обраний критерій ефективності досягне свого мінімуму, для цього застосовуються технологічні заходи. Розрахунок проводиться для кожного значення кількості місць одночасного знаходження транспортних засобів МПТ на зупиночному пункті, що досліджується, для інших зупиночних пунктів кількість визначається як незмінна характеристика. Зміна кількості місць є технічним рішенням, і розглядається як характеристика зупиночного пункту для проведення узгодження розкладів при інших умовах. На другому етапі формується таблиця альтернатив у відповідності до кількості місць одночасного знаходження транспортних засобів на зупиночному пункті, за якою особа, що приймає рішення, на третьому етапі визначає остаточні параметри функціонування ТПВ, що забезпечать їх ефективність з позиції сталого розвитку.

Для розробки реалістичних та адекватних моделей необхідно враховувати випадковий характер різних параметрів руху громадського транспорту. На функціонування громадського транспорту впливає значна кількість різних збурень: природні явища, вихід з ладу рухомого складу, можливі ДТП, зміни напрямків і інтенсивності транспортних потоків. Це обумовлює стохастичну природу такого показника, як тривалість руху від початкового зупиночного пункту до ТПВ. До випадкових величин також відносяться тривалість знаходження на зупиночному пункті, оскільки будь-яке коливання попиту призводить до відхилення тривалості посадки-висадки пасажирів, крім того, цей показник залежить від часу, що витрачається на звільнення зупиночного пункту.

Визначити момент прибуття транспортних засобів можливо, додаючи до моменту відправлення *b*-го транспортного засобу *i*-го маршрутуз початкового зупиночного пункту випадкову величину часу руху до ТПВ:

$$\widetilde{Ma}_i^{(b)} = td_i^{(b)} + \widetilde{t}_i^{(b)},\ i = \overline{1, N_R},\ b = \overline{1, B_i}, \tag{6}$$

де $\widetilde{Ma}_i^{(b)}$ – момент прибуття *b*-го транспортного засобу *i*-го маршруту у ТПВ, с;

$td_i^{(b)}$ – час відправлення *b*-го транспортного засобу*i*-го маршруту з початкового зупиночного пункту, с;

$\widetilde{t}_i^{(b)}$ – час руху *b*-го транспортного засобу*i*-го маршруту від початкового зупиночного пункту до ТПВ, с.

Відправлення з початкового зупиночного пункту транспортних засобів здійснюється через проміжок часу, що дорівнює інтервалу руху на *i*-му маршруті,тобто відправлення для *b*-го транспортного засобу *i*-го маршруту за період розрахунку визначаємо наступним чином:

$$td_i^{(b)} = td_i^{(1)} + (b-1) \cdot I_i \ , \tag{7}$$

де $td_i^{(b)}$ – час відправлення *b*-го транспортного засобу*i*-го маршруту з початкового зупиночного пункту, с;

$I_i$ – інтервал на *i*-му маршруті, с.

Знаходження *b*-го транспортного засобу *i*-го маршруту у ТПВ ($\widetilde{t}\mathrm{s}t_i^{(b)}$) складається з простою у черзі в очікуванні звільнення зупиночного пункту (за наявності) та часу знаходження на зупиночному пункті, тривалість яких має випадкову природу:

$$\widetilde{t}\,\mathrm{s}t_i^{(b)} = \widetilde{t}\,q_i^{(b)} + \widetilde{t}\,\mathrm{s}_i^{(b)}, \tag{8}$$

де $\widetilde{t}\,q_i^{(b)}$ – часочікування *b*-го транспортногозасобу у черзіперед зупиночним пунктом, с;

$\widetilde{t}\,s_i^{(b)}$ – час знаходження *b*-го транспортногозасобу на зупиночному пункті у ТПВ, с.

До складу часу знаходження на зупиночному пункті належить тривалість наступних операцій: маневрування, відкриття/закриття дверей, посадка-висадка пасажирів, додатковий простій.

Момент відправлення *b*-го транспортного засобу *i*-го маршруту з зупиночного пункту розраховується за наступною залежністю:

$$\widetilde{M}d_i^{(b)} = \widetilde{M}a_i^{(b)} + \widetilde{t}\,\mathrm{s}t_i^{(b)}. \tag{9}$$

Під час моделювання технологічних операцій для транспортних засобів МПТ у момент прибуття кожного з них перевіряється наявність вільного місця на зупиночному пункті, у разі відсутності такого, транспортний засіб очікує у черзі певний час. Для встановлення значення останнього необхідно визначити різницю моменту відправлення транспортного засобу, що знаходився на

зупиночному пункті, та моменту прибуття транспортного засобу, що очікує.

Нехай є $m$ – кількість зайнятих місць на зупиночному пункті, загальна кількість $L$, транспортними засобами $a_1$, $a_2$,…, $a_m$, для яких час відправлення $\widetilde{M}d_{i_1}^{(b)}, \widetilde{M}d_{i_2}^{(b)}, \ldots, \widetilde{M}d_{i_m}^{(b)}$, тоді час очікування у черзі транспортного засобу, що прибув у час $\widetilde{M}a_i^{(b)}$

$$\widetilde{t}q_i^{(b)} = \begin{cases} 0, \text{при } m < L; \\ \min\left\{\widetilde{M}d_{i_1}^{(b)}, \widetilde{M}d_{i_2}^{(b)}, \ldots, \widetilde{M}d_{i_m}^{(b)},\right\} - \widetilde{M}a_i^{(b)} \end{cases}. \tag{10}$$

Загальний час очікування у черзі на $q$-му зупиночному пункті

$$\widetilde{T}q_q = \sum_{i=1}^{N_{Rq}} \sum_{b=1}^{B_i} \widetilde{t}q_i^{(b)}. \tag{11}$$

Визначення часу знаходження транспортних засобів маршрутів МПТ у ТПВ ($\widetilde{T}st$) за період моделювання здійснюється шляхом підсумування значень для усіх транспортних засобів, що прибувають

$$\widetilde{T}st = \sum_{i=1}^{N_R} \sum_{b=1}^{B_i} \widetilde{t}\,\mathrm{st}_i^{(b)}. \tag{12}$$

Час очікування у ТПВ формалізується як різниця між появою пасажира, який здійснює пересадку з $i$-го маршруту, на зупиночному пункті $j$-го маршруту та посадкою у транспортний засіб $j$-го маршруту. Момент появи пасажира можна визначити, додаючи до моменту прибуття $b$-го транспортного засобу $i$-го маршрутуз урахуванням часу очікування у черзі (за наявності) часу переходу між лініями маршрутів. Так, підрахунок часу очікування пасажирів між певною парою транспортних засобів виконується за формулою

$$\widetilde{t}_{ij}^{bd} = (\widetilde{M}b - (\widetilde{M}a_i^{(b)} + \widetilde{t}q_i^{(b)} + tw_{ij}) \cdot Q_{ij}, \tag{13}$$

де $\widetilde{t}p_{ij}^{bd}$ – час очікування пасажирів, які здійснюють пересадку між парою транспортних засобів $i$-го та $j$-го маршрутів, с;

$\widetilde{M}b$ – момент посадки пасажира у $d$-й транспортний засіб $j$-го маршруту, с;

$tw_{ij}$ – час переходу між лініями маршрутів $i$та $j$, с;

$Q_{ij}$ – середня кількість пасажирів, які здійснюють пересадку між парою транспортних засобів *i*-го та *j*-го маршрутів, пас.

Момент посадки пасажира у *d*-й транспортний засіб *j*-го маршруту:

$$\widetilde{M}b = \max(\widetilde{M}a_i^{(b)} + \widetilde{t}q_i^{(b)} + tw_{ij};\ \widetilde{M}a_j^{(d)} + \widetilde{t}q_j^{(d)}),\ d = \overline{1, D_j}. \tag{14}$$

Час очікування пасажирів під час пересадки для маршрутів *i*,*j* за період моделювання:

$$\widetilde{t}p_{ij} = \sum_{b=1}^{B_i} \widetilde{t}p_{ij}^{bd}\ , \tag{15}$$

де *d*визначається як:

$$\left[\begin{array}{l} d = 1 \text{ та } \widetilde{t}p_{ij}^{bd} \geq 0; \\ \widetilde{t}_{ij}^{bd-1} < 0; \text{а } \widetilde{t}p_{ij}^{bd} \geq 0. \end{array}\right. \tag{16}$$

Для визначення загальних витрат часу пасажирів у ТПВ необхідно підсумувати значення для усіх пар маршрутів

$$\widetilde{t}p = \sum_{i=1}^{N_R} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{N_R} \widetilde{t}p_{ij}. \tag{17}$$

Пошук змішення часу відправлення транспортного засобу із початкового зупиночного пункту виконується перебором значень, але оскільки задача синхронізації розкладів руху транспортних засобів, що прибувають у ТПВ, часто є NP-складною, для пошуку вектора значень вхідних даних з метою оптимізації цільової функції необхідно використовувати наближені (еволюційні) алгоритми, що забезпечать інтелектуальний пошук. До переваг узгодження розкладів руху методом повного перебору зміщень часу відправлення з початкового зупиночного пункту та оцінки значення критерію відноситься знаходження значення глобального мінімуму, а до недоліків − значні часові витрати, неефективність для задач великої розмірності. Узгодження розкладів можна проводити за допомогою еволюційного алгоритму, до недоліків якого належить надання близько оптимального значення, а до переваг − швидкість

розрахунків, можливість використання для задач великої розмірності.

Найкраща альтернатива обирається аналізуючи отримані розрахункові значення критерію при кожному значені місць на зупиночну пункті з урахуванням соціальних та екологічних обмежень. Послідовність дій для проведення синхронізації ТПВ наведена на рис. 2.

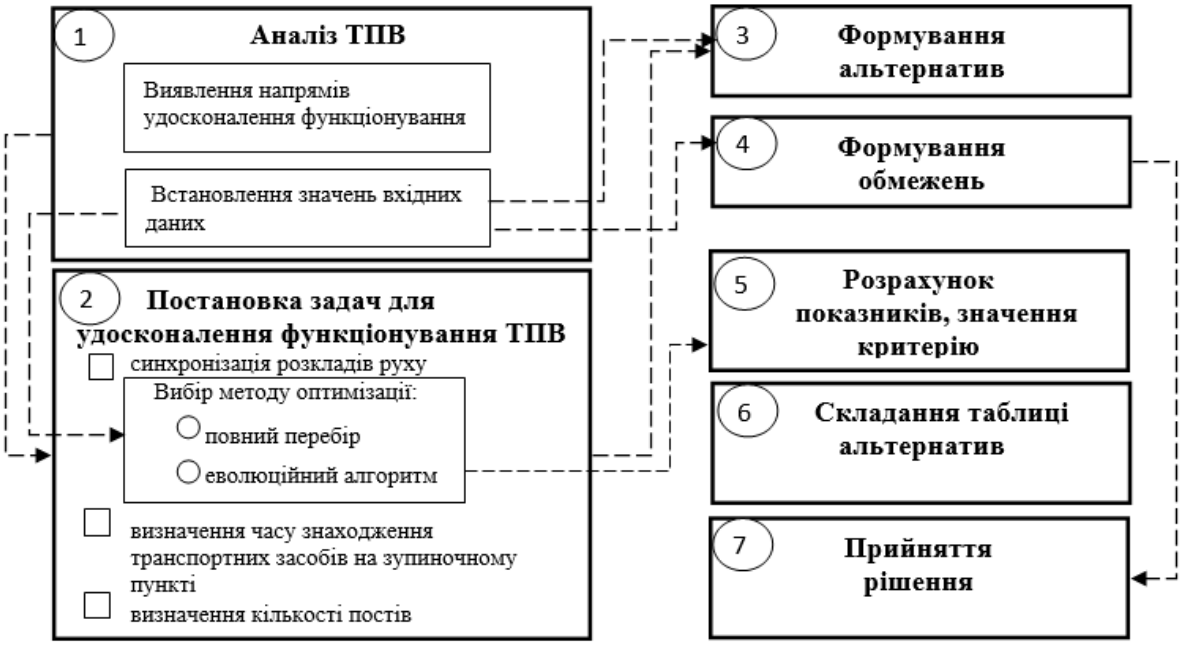



Рисунок 2. Послідовність дій для проведення синхронізації ТПВ

У результаті виконання наведених кроків отримаємо можливість визначити необхідні корективи розкладу руху МПТ з метою узгодження взаємодії та прийняти рішення щодо зміни довжини зупиночного пункту (за необхідності), що забезпечать мінімальні значення критерію.

## ДЖЕРЕЛА


1. UNWCED: United Nations World Commission on Environment and Development. Our Common Future(Brundtland Report), Oxford: University Press, 1987. Available from: http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf.
2. Sharachchandra M. Lélé. Sustainable development: A critical review. World Development. –1991. – Vol. 19,Issue 6. – P. 607–621. – Available from:

http://www.atree.org/sites/default/files/pubs/slele/journal-publications/Lele_SusDev_review_WDev.pdf.

3. Litman T. Well Measured Developing Indicators for Sustainable and Livable Transport Planning / T.Litman // Victoria Transport Policy Institute. – 2014. − Режимдоступу до ресурсу: www.vtpi.org/wellmeas.pdf.
4. Сачков С.Н. Принцип максимума для многокритериальной динамической задачи при неопределенности / С.Н. Сачков // Известия института математики и информатики. −2001. −Выпуск 1(21). −Ижевск: Издательство Удмуртского гос. Университета.− С. 83–92.
5. Кириллов Ю.В. Разработка и использование алгоритмов решения многокритериальных задач управления на основе принципа гарантированного результата: дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации»/ Ю. В. Кириллов. – Новосибирск. – 2005. – 157 с.
6. Аземша С.А. Оптимизация интервалов движения транспортных средств при городских перевозках пассажиров в регулярном сообщении / С.А. Аземша, А.Н. Старовойтов, С.В. Скирковский // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. 2013. № 1 (27). – С. 1- – Режим доступу до ресурсу: https://www.researchgate.net/publication/262247464_Optimization_of_vehicles_movements_intervals_at_passengers_city_transportations_in_the_regular_massage.

# СТРАТЕГІЇ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ В ПІДПРИЄМСТВАХ ПОВНОГО ТА НЕПОВНОГО ЦИКЛУ

## 1. Сучасний стан питання

Побудова систем доставки вантажів на основі принципів стійкості останнім часом виконується в першу чергу з метою зниження негативного впливу транспорту на навколишнє середовище. При цьому зниження обсягів викидів $CO_2$ в атмосферу займає лідируючі позиції. Одним з ефективних способів досягнення цієї мети є організація так званих постачань в нічний час [1]. Наприклад, в результаті великомасштабних заходів щодо обмеження руху вантажного транспорту в денний час в місті Нью Йорк досягнуто зниження на 67 відсотків обсягів викидів $CO_2$ в атмосферу. При цьому позитивний економічний ефект в цілому за рік повинен скласти в розмірі 20 мільйонів доларів. На ефективність впровадження заходів такого характеру впливає розмір міста або агломерації в цілому. Згідно з дослідженнями [1] при оцінці прямого впливу постачань в нічний час на міську територію встановлена пряма кореляція між скороченням обсягів викидів $CO_2$ в атмосферу і чисельності жителів у міській території. Так групою вчених встановлено, що найбільший ефект від постачань в нічний час досягається для міст з понад 15 млн. мешканців.

Вартісна оцінка транспортного процесу також є важливою в рамках парадигми стійкості. Зниження негативного впливу транспорту на навколишнє середовище можливо також при мінімізації транспортної роботи (як наслідок знижується потреба в паливі) в рамках маршрутизації. При цьому ефективність вирішення даної проблеми підвищується при її розгляді спільно з завданням мульти ешелонування [2]. В рамках міської логістики широке застосування отримали двох ешелонної системи дистрибуції, які передбачають використання в рамках кожного ешелону раціональний за вантажопідйомністю рухомий склад. При такій постановці завдання мінімізація загальних витрат на транспортування можлива шляхом локального рішення VRP на кожному ешелоні, наприклад, як запропоновано [3]. Авторами доведена можливість синхронної мінімізації транспортних витрат і обсягів викидів в атмосферу $CO_2$ за рахунок раціонального закріплення транспортних засобів за

розподільними центрами при формуванні транспортних циклів в рамках міської території. При розробці таких заходів в рамках приміської агломерації слід брати до уваги відмінності в щільності дислокації клієнтів в порівнянні з міською територією. Обгрунтовані сценарії міської логістики можуть бути неефективні для приміської території. Так в[4] проведена оцінка зміни собівартості доставки товарів для різних типів територій обслуговування. Показується, що висока щільність трафіку в центральній частині міста, наявність конфлікту між вантажним транспортом і громадським пасажирським тягне за собою найбільшу собівартість доставки в порівнянні з іншими територіями. Однак і збільшення відстаней поставки товарів також привід до підвищення собівартості доставки, що є істотним при великій площі приміської агломерації. Слід брати до уваги, що збільшення відстаней в даному випадку буде також негативно позначатися на зміні обсягів викидів $CO_2$.

Структура ланцюга поставки, а саме, ешелонування безпосередньо впливає на загальний пробіг і обсяг викидів діоксиду вуглецю. У дослідженні [5] встановлено взаємозв'язок між пробігом і обсягом $CO_2$ через формалізацію відношення коефіцієнту викидів вуглецю. Розглянуті сценарії дозволили визначити галузі раціонального використання в ланцюгу постачання локальних складів для мінімізації обсягу викидів $CO_2$. Однак у запропонованому завданні не приділялося уваги знаходженню оптимальної кількості локальних складів і не проводилася грошова оцінка від шкоди викидів $CO_2$ в атмосферу.

Елементи складської інфраструктури відіграють важливу роль при виконанні процесу дистрибуції товарів [6]. Так, використання міських розподільчих центрів дозволяють знизити загальний пробіг [7]. При варіативної попиті актуальним питанням є визначення оптимальної кількості та розташування локальних складів, використовуваних в рамках другого ешелону. Одним з варіантів вирішення даного питання є використання мобільних складів на прикладі TNT Express в Брюсселі [8]. Однак вони припускають невисоку корисну завантаження транспортного засобу, який виступає в якості мобільних складів, так як він додатково перевозить необхідну вантажну техніку і транспортні засоби для доставки товарів кінцевому споживачеві. Внаслідок цього ефективність мобільних складів обмежена міськими умовами, при яких пробіг їх буде невеликим. Таким чином, при організації ланцюга приміської

поставки необхідно застосовувати стаціонарні локальних складів в рамках другого ешелону.

## 2. Розробка моделі

При побудові ланцюга поставки на принципах сталого розвитку важливим показником є сукупний результат від функціонування цієї системи. Виходячи з того, що результат може бути як прямим, так і непрямим, пропонується виділити два види впливу: економічного характеру (прямий) і впливу на навколишнє середовище (непрямий). Перший характеризує витрати на функціонування приміської ланцюга поставки з прямим урахуванням транспортних і складських витрат. Другий дозволяє оцінити збиток, що завдається навколишньому середовищу, внаслідок операційної діяльності ланцюга поставки. Математична постановка досліджуваного процесу має такий вигляд:

$$R_G = R_T + R_W + R_E \to \min \tag{1}$$

$$R_T = f\left(q_v, N_{cl}, \overline{Q}, \overline{d}, \overline{d}^{\,i-(i+1)}\right), \tag{2}$$

$$R_W = f\left(F_W, N_W, S_{1m}\right), \tag{3}$$

$$R_E = f\left(D_G, E_t\right), \tag{4}$$

де $R_G$ – сукупний результат від функціонування ланцюга поставки, грн.;

$R_T$ – витрати на виконання транспортування товарів, грн.;

$R_W$ – витрати на складські операції і зміст складів, грн.;

$R_E$ – збиток, що завдається навколишньому середовищу приміської ланцюгом поставки, грн.;

$q_v$ – вантажопідйомність транспортних засобів, т;

$N_{cl}$ – кількість клієнтів на полігоні обслуговування, од.;

$\overline{Q}$ – середній розмір замовлення на адресу одного клієнта, т;

$\overline{d}$ – середня відстань від пункту відправлення до першого клієнта в розвізному маршруті, км;

$\overline{d}^{i-(i+1)}$ – середня відстань пробігу транспортного засобу між двома клієнтами на розвізному маршруті, км;

$F_W$ – площа пункту тимчасового зберігання товарів, м$^2$;

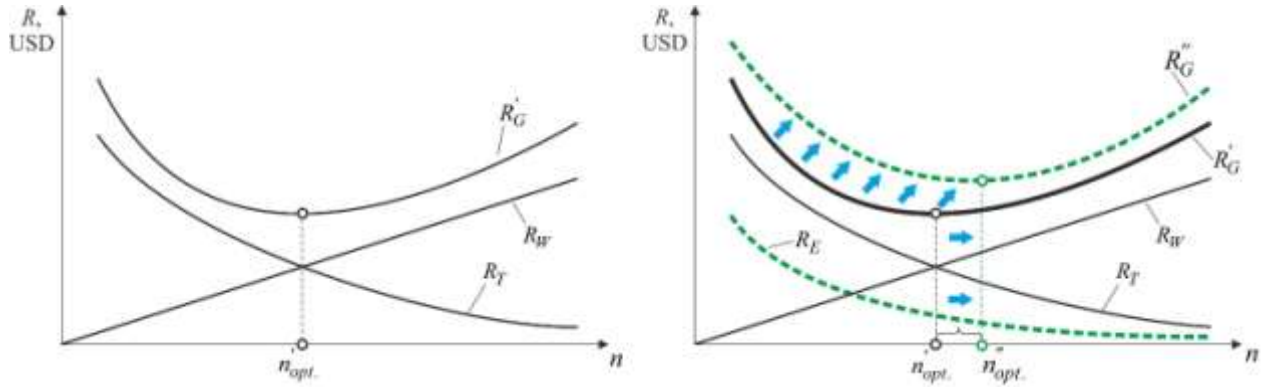
$N_W$ – кількість пунктів тимчасового зберігання на території приміської агломе-рації, од.;

$S_{1m}$ – вартість зберігання 1 тонни товару за добу, грн./добу;

$D_G$ – сукупний пробіг, який реалізується транспортними засобами для доставки товарів в мережі, грн./добу;

$E_t$ – тип двигуна транспортних засобів.

На рис. 1 представлено два варианти вирішення поставленої задачі: «класичний» (рис. 1a) та сталий варіант (рис. 1b).




a b

Рисунок 1. «Класичний» та сталий підхід щодо визначення структури ланцюгу постачань

## 3. План експерименту

Дослідження можливих станів приміської ланцюга поставки здійснюється на основі екстремального плану експерименту, що дозволяє оцінити граничні стани об’єкта дослідження. Кожен досвід з табл. 1 проводиться для умов варіативності кількості пунктів проміжного зберігання (межі варіювання від 1 до 4). При цьому береться до уваги різний можливий склад транспортних засобів, що дозволяє досліджувати кожен досвід для автомобілів вантажопідйомністю 0.6, 1.0 і 2.0 тонни. У підсумку загальна матриця дослідів матиме такий вигляд –табл. 1.

Таблиця 1

**Розгорнутий план експерименту**

| Вантажопідйомність автомобіля, т | Номер досвіду | Кількість проміжних пунктів зберігання в приміському ланцюзі поставки | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | |
| | | $X_1$ | $X_2$ | $X_1$ | $X_2$ | $X_1$ | $X_2$ | $X_1$ | $X_2$ |
| 0.6 | 1 | 300 | 45 | 300 | 45 | 300 | 45 | 300 | 45 |
| | 2 | 150 | 45 | 150 | 45 | 150 | 45 | 150 | 45 |
| | 3 | 300 | 30 | 300 | 30 | 300 | 30 | 300 | 30 |
| | 4 | 150 | 30 | 150 | 30 | 150 | 30 | 150 | 30 |
| 1.0 | 1 | 300 | 45 | 300 | 45 | 300 | 45 | 300 | 45 |
| | 2 | 150 | 45 | 150 | 45 | 150 | 45 | 150 | 45 |
| | 3 | 300 | 30 | 300 | 30 | 300 | 30 | 300 | 30 |
| | 4 | 150 | 30 | 150 | 30 | 150 | 30 | 150 | 30 |
| 2.0 | 1 | 300 | 45 | 300 | 45 | 300 | 45 | 300 | 45 |
| | 2 | 150 | 45 | 150 | 45 | 150 | 45 | 150 | 45 |
| | 3 | 300 | 30 | 300 | 30 | 300 | 30 | 300 | 30 |
| | 4 | 150 | 30 | 150 | 30 | 150 | 30 | 150 | 30 |

## 4. Результат експерименту

Керуючись розгорнутим планом експерименту, на базі вище представлених моделей проведена експериментальна оцінка можливих витрат на функціонування приміської ланцюга поставки. Моделювання станів системи постачання проводилося для двох альтернативних варіантів: без урахування екологічної складової і з її оцінюванням. Ключовим аспектом при проведенні експерименту була фіксація «зсуву» оптимальної кількості пунктів проміжного зберігання швидкопсувних продуктів харчування при порівнянні класичного методу побудови ланцюга поставки і запропонованого стійкого варіанту. Також проведена оцінка зміни обсягів викиду $CO_2$ в атмосферу при різній кількості пунктів проміжного зберігання з урахуванням зміни вантажопідйомності рухомого складу. У табл. 2 представлені основні результати експерименту, що відображають характер зміни результату функціонування ланцюга поставки без при різних її компонентах. Зроблено акцент на зміні сукупного результату функціонування ланцюга поставки з оцінкою збитку від викидів $CO_2$ в атмосферу. Розмір збитку від викиду однієї тонни $CO_2$ прийнята як середня ставка для країн Західної Європи в розмірі 200 євро.

## 5. Аналіз результатів

Запропнований підхід до побудови стійкого варіанту ланцюга поставки передбачає визначення оптимальної кількості проміжних пунктів зберігання з урахуванням збитку, що наноситься автомобільним транспортом навколишньому середовищу. На основі математичного моделювання і теорії планування екстремальних експериментів проведена оцінка можливих станів стійкої і звичайного варіантів ланцюга поставки. У дослідженні взято до уваги варіативність попиту на обслуговування і різна вантажопідйомність парку рухомого складу. Встановлено, що стійкий варіант приміської ланцюга поставки передбачає використання більшої кількості проміжних пунктів зберігання в порівнянні зі звичайним варіантом системи поставок. Доведено, що запропоновану концепцію побудови стійкої ланцюга поставки дозволяє зменшити сукупне негативний вплив транспорту економічного та екологічного характеру.

Table 2. Результати експерименту

| Вантажність автомобіля т | Показника системи | Номер серії досліду | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | | 4 | | | |
| | | Кількість проміжних пунктів зберігання | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 0.6 | $R^{/}_{G}$ | 436 | 215 | 193 | 231 | 289 | 162 | 162 | 210 | 305 | 164 | 164 | 207 | 212 | 127 | 146 | 197 |
| | $CO_2$, т | 0.69 | 0.28 | 0.16 | 0.12 | 0.44 | 0.19 | 0.11 | 0.08 | 0.48 | 0.20 | 0.12 | 0.08 | 0.32 | 0.14 | 0.09 | 0.06 |
| | $R^{//}_{G}$ | 592 | 278 | 229 | 258 | 388 | 205 | 187 | 228 | 413 | 209 | 191 | 225 | 284 | 159 | 166 | 211 |
| | $n^{/}_{opt}$ | 3 | | | | 2 | | | | 3 | | | | 2 | | | |
| | $n^{//}_{opt}$ | 3 | | | | 3 | | | | 3 | | | | 2 | | | |
| 1.0 | $R^{/}_{G}$ | 327 | 180 | 175 | 221 | 240 | 147 | 156 | 210 | 247 | 141 | 152 | 202 | 181 | 118 | 140 | 197 |
| | $CO_2$, т | 0.69 | 0.29 | 0.18 | 0.13 | 0.49 | 0.22 | 0.13 | 0.11 | 0.52 | 0.22 | 0.13 | 0.09 | 0.37 | 0.16 | 0.10 | 0.08 |
| | $R^{//}_{G}$ | 483 | 246 | 216 | 250 | 351 | 197 | 185 | 235 | 365 | 191 | 181 | 222 | 265 | 154 | 163 | 215 |
| | $n^{/}_{opt}$ | 3 | | | | 2 | | | | 2 | | | | 2 | | | |
| | $n^{//}_{opt}$ | 3 | | | | 3 | | | | 3 | | | | 2 | | | |
| 2.0 | $R^{/}_{G}$ | 274 | 164 | 167 | 220 | 222 | 145 | 160 | 213 | 205 | 130 | 149 | 205 | 167 | 120 | 146 | 205 |
| | $CO_2$, т | 0.57 | 0.26 | 0.15 | 0.12 | 0.45 | 0.22 | 0.14 | 0.11 | 0.42 | 0.19 | 0.12 | 0.09 | 0.30 | 0.17 | 0.10 | 0.08 |
| | $R^{//}_{G}$ | 403 | 223 | 201 | 247 | 324 | 195 | 192 | 238 | 300 | 173 | 176 | 225 | 235 | 158 | 169 | 223 |
| | $n^{/}_{opt}$ | 2 | | | | 2 | | | | 2 | | | | 2 | | | |
| | $n^{//}_{opt}$ | 3 | | | | 3 | | | | 2 | | | | 2 | | | |

## ДЖЕРЕЛА


1. Holguín-Veras J., Encarnación, T., González-Calderón, C.A., Winebrake, J., Wang, C., Kyle, S., Herazo-Padilla, N., Kalahasthi, L., Adarme, W., Cantillo, V., Yoshizaki, H., Garrido, R., 2018. Direct Impacts of Off-Hour Deliveries on Urban Freight Emissions. Transportation Research Part D Transport and Environment 61, 84–103.
2. Gonzalez-Feliu, J., 2008. Models and methods for the City Logistics: The Two-Echelon Capacitated Vehicle Routing Problem. PolitecnicodiTorino, pp. 148.
3. Eitzen, H., Lopez-Pires, F., Baran, B., Sandoya, F., Chicaiza, J. L., 2017. A Multi-Objective Two-Echelon Vehicle Routing Problem. An Urban Goods Movement Approach for Smart City Logistics. XLIII Latin American Computer Conference, pp. 11.
4. Rodrigue, J.-P., Dablanc, L., Giuliano, G., 2017. The Freight Landscape: Convergence and Divergence in Urban Freight Distribution. Journal of Transport and Land Use 11.1, 1–16.
5. Goodchild, A., Wygonik, E., Mayes, N., 2018. An analytical model for vehicle miles traveled and carbon emissions for goods delivery scenarios. European Transport Research Review 10.8, pp. 10.
6. Nuzzolo, A., Persia, L., Polimeni, A., (2018). Agent-Based Simulation of urban goods distribution: a literature review. Transportation Research Procedia 30, 33–42.
7. Russo, F., Comi, A., 2012. City characteristics and urban goods movements: A way to environmental transportation system in a sustainable city. Social andBehavioral Sciences 39, 61–73.
8. Verlinde, S., Macharis, C., 2016. Innovation in urban freight transport: the Triple Helix model. Transportation Research Procedia 14, 1250–1259.

# ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО РОЗПОДІЛУ ПІШОХІДНИХ ПОТОКІВ У МІСТАХ

## 1. Особливості руху пішоходів

Планувальні відмінності схем шляхів прямування характеризують містобудівні фактори. Таким являються пунктів тяжіння пішоходів, що розташовані в плані міста, тип забудови, розвиток комплексної забудови мікрорайонів [1, 2].

Вулично-дорожня мережа та її структура, методи і режими регулювання руху, інтенсивність та швидкість руху транспортних та пішохідних потоків, а також планувальні характеристики вулиць відносяться до дорожньо-планувальних факторів [1, 2].

Склад пішохідного потоку за віком, гендерній приналежності, призначення пересування за метою, ефективність нагляду за дисципліною пішоходів характеризують соціальні фактори [1, 2].

Капітальні витрати на будівництво та утримання пішохідних шляхів а також споруд, які забезпечують необхідну пропускну здатність, комфорт та безпеку руху пішохідів характеризують економічні фактори [1, 2].

Екологічні фактори характеризують збалансованість і сталість території на місцевому (локальному) та регіональному рівнях в екологічному аспекті [1, 2].

Рух пішоходів по міським шляхам сполучення носить імовірностний характер і визначається досить значною кількістю факторів [3-5].

Виділяють чотири типи пішохідного руху:

1 – неорганізований, тривалий в звичайних умовах, вільний;

2 – поточний, коротко-часовий в звичайних умовах, стиснутий;

3 – теж саме але в аварійних ситуаціях;

4 – теж саме, що і 2, однак не тривалий.

Мережа пішохідних шляхів повинна передбачати просторове розділення з основними напрямками руху транспору. При вирішенні питань безпеки й організації пішоходного руху необхідно мати правдиву інформацію про розмір та характер руху пішохідів на ВДМ [6].

Показники, що здебільшого характеризують рух пішохідів як потік, це інтенсивність пішохідного потоку, щільність і середня

швидкість пішохідного потоку [1, 5, 7].

За останні два десятиліття до моделей поведінки пішоходів приділяється особлива увага через те, що пішохідні моделі можуть забезпечити цінні інструменти для проектування і планування пішохідних зон, метро, або залізничних станцій, великих будівель, торгових центрів, тощо.

Моделі руху пішохідних потоків являються інструментом для розрахунку і прогнозу параметрів функціонування мережі, до яких можна віднести інтенсивність, щільність і питому інтенсивність руху пішоходів, витрати часу пішохідних потоків по мережі, середній час одного пішого пересування та середня дальність одного пішого пересування [1, 2, 9, 10].

## 2. Побудова моделі руху пішоходів

В якості критеріїв ефективності моделі пішохідного руху на вуличній мережі міста застосуємо такі показники, як витрати часу пішохідних потоків по мережі, середній час одного пішого пересування та середня дальність одного пішого пересування.

Витрати часу пішохідних потоків по мережі визначається за залежністю:

$$C_{Псум} = \sum_{z=1}^{n} F_{pij} \cdot t_{ij} . \qquad (1)$$

де $F_{ij}$ – потік пішоходів по ділянці мережі *i-j*, піш.;

$t_{ij}$ – час руху по ділянці мережі *i-j*, с.

Середній час одного пішого пересування визначається за залежністю:

$$\bar{t} = \frac{\sum_{z=1}^{n} F_{pij} \cdot t_{ij}}{\sum_{i}^{n} HO_i} . \qquad (2)$$

де $HO_i$ – обсяг відправлення з району *i*, піш.

Середня дальність одного пішого пересування визначається за залежністю:

$$\overline{L} = \frac{\sum_{z=1}^{n} F_{pij} \cdot L_{ij}}{\sum_{i}^{n} HO_i}. \qquad (3)$$

Район дослідження розподілено на мікрорайони, тобто проведено мікрорайонування та розроблено модель пішохідної мережі у вигляді направленого графу (рис. 1).

Вузлами графу являються центри мікрорайонів, а дугами графу виступають шляхи руху пішоходів. В якості одиниць виміру довжини дуги обрано час, який визначався виходячи із відстані, що була визначена за допомогою картографічного сервісу Google Maps.

На основі обстеження входу-виходу з житлових будинків людей, визначені обсяги відправлення і прибуття пішоходів в райони за годину [11].

Дані по обсягах генерації та поглинання потоків пішоходів, а також дані по дугах мережі вводимо в програмне забезпечення, яке служить для розрахунків матриці кореспонденцій і відповідних пішохідних потоків[9, 10].

Кореспонденції визначаються за гравітаційною моделлю:

$$h_{ij} = \frac{HP_j \cdot HO_i \cdot k_j \cdot d_{ij}}{\sum_{z=1}^{n} (HP_z \cdot k_z \cdot d_z)}, \qquad (4)$$

де $h_{ij}$ – кореспонденція пішого пересування на мережі із пункту *i* в пункт *j*, піш.;

$HP_j$ – обсяг прибуття пішоходів в пункт *j* пішохідної мережі;

$HO_i$ – обсяг відправлення пішоходів з пункту *i* пішохідної мережі;

$k_j$ – балансувальний коефіцієнт моделі;

$d_{ij}$ – функція тяжіння пішоходів до пунктів прибуття пішохідної мережі.

Программа поперше визначає найкоротші відстані, наступним етапом розраховуються кореспонденції, і завершальним етапом є визначення потоків пішоходів по кожній ланці мережі.

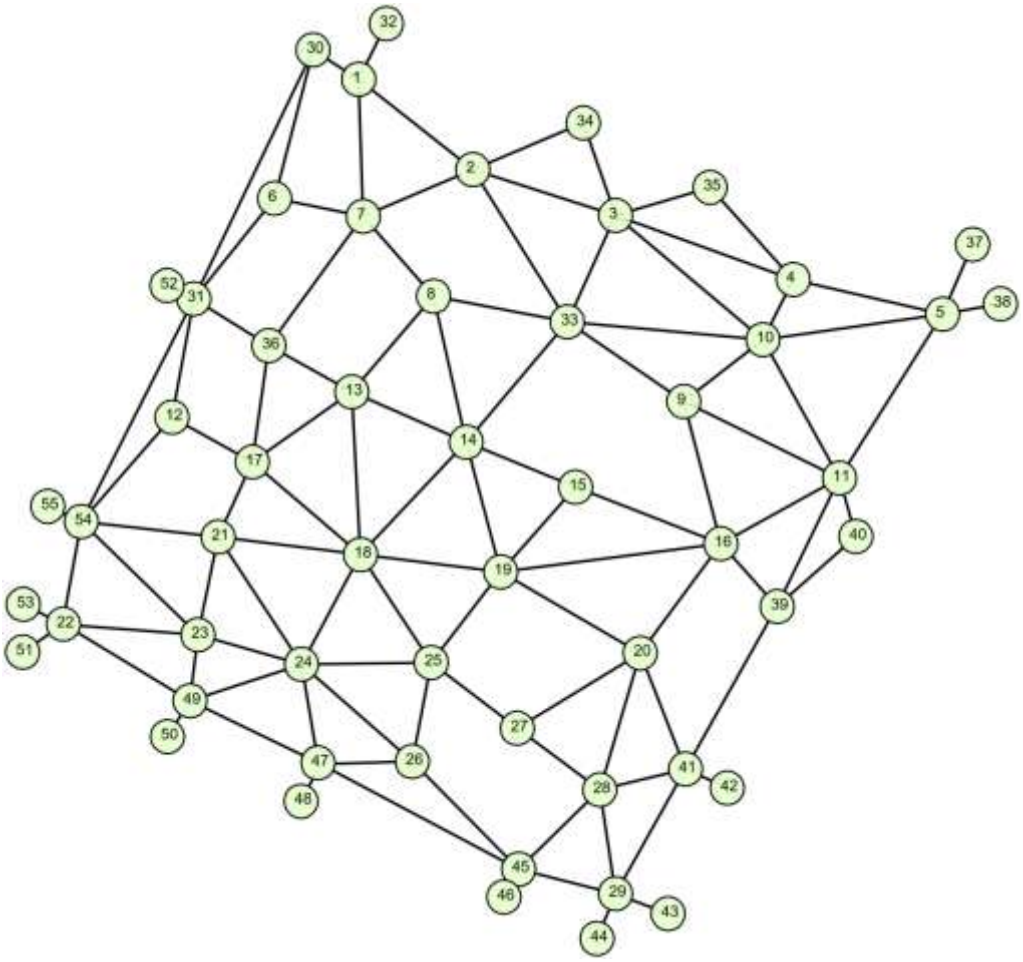



Рисунок 1. Граф пішохідної мережі

Людські потоки визначаються шляхом накладення кореспонденцій між пунктом *i* в пункт *j* на коротший шлях між тими самими пунктами.

На основі даних щодо потоків пішоходів по кожній ланці, визначаємо адекватність моделі розподілу пішохідних потоків по мережі. Для цього визначаємо абсолютну і відносні похибки.

Абсолютна похибка визначається за залежністю:

$$\Delta = X_M - X_Ф, \tag{5}$$

де $X_M$ – значення досліджуваної величини по моделі;

$X_Ф$ – значення досліджуваної величини фактичні.

Відносна похибка визначається за залежністю:

$$\delta = \frac{|X_M - X_Ф|}{X_Ф} \cdot 100\%. \tag{6}$$

Середня абсолютна і відносна похибки визначаються за формулаю відповідно:

$$\bar{\Delta} = \frac{\sum_{i=1}^{n} |\Delta|}{n}, \tag{7}$$

$$\bar{\delta} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \delta}{n}, \tag{8}$$

$$\bar{\Delta} = \frac{3689}{208} = 17,74 \text{ люд.}, \qquad \bar{\delta} = \frac{2062,3}{208} = 9,91 \text{ \%}.$$

Оскільки $\bar{\delta} < 10$ %, то вважається, що отримана модель адекватна.

Загальні витрати часу по мережі складають:

$$C_{Псум} = 3309,51 \text{ люд.} \cdot \text{год},$$

Середній час одного пішого пересування складе:

$$\bar{t} = 3309,51 / 22782 = 0,145269 \text{ год} = 8,72 \text{ хв.},$$

Середня відстань одного пішого пересування дорівнює:

$$\bar{L} = 16546271,9 / 22782 = 726 \text{ м}.$$

На основі отриманої моделі руху пішоходів по мережі, визначаємо як зміняться показники оцінки функціонування мережі, що визначаються за залежностями (1) – (3) при зміні обягів відправлення/прибуття пішоходів та зміні довжини пішохідної мережі.

Зміну обсягів відправлення та прибуття прийнято від 80% до 120% від фактичних значень з кроком 10%.

В табл. 1 наведено зміну показника функціонування мережі в залежності від обсягів відправлення.

По перше, проводимо зміну довжини пішохідної мережі. Будемо проводити розрахунок для 80% довжини від базової мережі, для 90%, для 110% та 120%.

Для мережі 90% від базової довжини видаляємо з розрахунку дуги 7-36; 16-11; 18-19; 18-21; 21-54; 54-23; 23-24; 24-26.

Таблиця 1

**Зміна показника функціонування мережі в залежності від обсягів відправлення**

| Обсяг відправлення, люд. | 18227 | 20504 | 22782 | 25064 | 27337 |
|---|---|---|---|---|---|
| Показник функціонування мережі, $C_{Псум}$, люд.·год. | 2647,73 | 2978,31 | 3309,51 | 3641,04 | 3971,28 |

В табл. 2 наведено зміну показника функціонування мережі в залежності від обсягів відправлення при довжині пішохідної мережі 90% від базової.

Таблиця 2

**Зміна показника функціонування мережі в залежності від обсягів відправлення при довжині пішохідної мережі 90% від базової**

| Обсяг відправлення, люд. | 18227 | 20504 | 22782 | 25064 | 27337 |
|---|---|---|---|---|---|
| Показник функціонування мережі, $C_{Псум}$, люд.·год | 2708,97 | 3047,17 | 3386,03 | 3725,24 | 4063,09 |

Для мережі 80% від базової довжини ще видаляємо з розрахунку наступні дуги: 5-10; 2-33; 8-14; 14-15; 15-19; 19-16; 16-9; 18-13.

В табл. 3 наведено зміну показника функціонування мережі в залежності від обсягів відправлення при довжині пішохідної мережі 80% від базової.

Для мережі 110% від базової довжини додаємо до розрахунку наступні дуги: 19-27; 27-26; 27-45; 29-42; 42-39; 15-33; 17-31; 6-36.

В табл. 4 наведено зміну показника функціонування мережі в залежності від обсягів відправлення при довжині пішохідної мережі 110% від базової.

Для мережі 120% від базової довжини щє додаємо до розрахунку наступні дуги: 20-39; 9-15; 21-12; 13-7; 8-2; 6-1; 2-32.

В табл. 5 наведено зміну показника функціонування мережі в залежності від обсягів відправлення при довжині пішохідної мережі 120% від базової.

Таблиця 3

**Зміна показника функціонування мережі в залежності від обсягів відправлення при довжині пішохідної мережі 80% від базової**

| Обсяг відправлення, люд. | 18227 | 20504 | 22782 | 25064 | 27337 |
|---|---|---|---|---|---|
| Показник функціонування мережі, $C_{Псум}$, люд.·год | 2820,77 | 3173,96 | 3525,85 | 3879,06 | 4230,92 |

Таблиця 4

**Зміна показника функціонування мережі в залежності від обсягів відправлення при довжині пішохідної мережі 110% від базової**

| Обсяг відправлення, люд. | 18227 | 20504 | 22782 | 25064 | 27337 |
|---|---|---|---|---|---|
| Показник функціонування мережі, $C_{Псум}$, люд.·год | 2607 | 2932,41 | 3258,54 | 3585 | 3910,08 |

Таблиця 5

**Зміна показника функціонування мережі в залежності від обсягів відправлення при довжині пішохідної мережі 120% від базової**

| Обсяг відправлення, люд. | 18227 | 20504 | 22782 | 25064 | 27337 |
|---|---|---|---|---|---|
| Показник функціонування мережі, $C_{Псум}$, люд.·год | 2571,64 | 2893,63 | 3214,33 | 3536,36 | 3857,03 |

## 3. Вплив вхідних показників моделі на загальний час руху по мережі

У відповідності з розрахунками функціонування пішохідної мережі проводимо визначення показників ефективності функціонування мережі при зміні вхідних параметрів моделі, які визначаються за залкжностями (2) – (3). Результати розрахунків наведено в табл. 6-10.

Для визначення закономірностей зміни показників функціонування пішохідної мережі залежно від обсягів відправлення, довжини пішохідної мережі за даними табл. 6-10 будуємо графіки цих залежностей (рис. 2-5) та виконуємо підбір

адекватних до заданих значень функціональних залежностей з урахуванням коефіцієнту детермінації.

Таблиця 6

**Розрахунок показників ефективності функціонування мережі при обсязі відправлення 18227 люд./год.**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Довжина пішохідної мережі, км | 23,39 | 25,77 | 27,96 | 30,21 | 32,21 |
| Показник функціонування мережі, $C_{Псум}$, люд.·год. | 2820,77 | 2708,97 | 2647,73 | 2607 | 2571,64 |
| Середній час пішого пересування, $\bar{t}$, хв. | 9,29 | 8,92 | 8,72 | 8,58 | 8,47 |
| Середня відстань пішого пересування, $\bar{L}$, км | 0,774 | 0,743 | 0,727 | 0,715 | 0,706 |
| Щільність пішохідної мережі, км/км$^2$ | 27,39 | 30,18 | 32,74 | 35,37 | 37,72 |

Таблиця 7

**Розрахунок показників ефективності функціонування мережі при обсязі відправлення 20504 люд./год.**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Довжина пішохідної мережі, км | 23,39 | 25,77 | 27,96 | 30,21 | 32,21 |
| Показник функціонування мережі, $C_{Псум}$, люд.·год. | 3173,96 | 3047,17 | 2978,31 | 2932,41 | 2893,63 |
| Середній час пішого пересування, $\bar{t}$, хв. | 9,29 | 8,92 | 8,72 | 8,58 | 8,47 |
| Середня відстань пішого пересування, $\bar{L}$, км | 0,774 | 0,743 | 0,727 | 0,715 | 0,706 |
| Щільність пішохідної мережі, км/км$^2$ | 27,39 | 30,18 | 32,74 | 35,37 | 37,72 |

Таблиця 8

**Розрахунок показників ефективності функціонування мережі при обсязі відправлення 22782 люд./год.**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Довжина пішохідної мережі, км | 23,39 | 25,77 | 27,96 | 30,21 | 32,21 |
| Показник функціонування мережі, $C_{Псум}$, люд.·год. | 3525,85 | 3386,03 | 3309,51 | 3258,54 | 3214,33 |
| Середній час пішого пересування, $\bar{t}$, хв. | 9,29 | 8,92 | 8,72 | 8,58 | 8,47 |

Продовження табл. 8

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Середня відстань пішого пересування, $\overline{L}$, км | 0,774 | 0,743 | 0,727 | 0,715 | 0,706 |
| Щільність пішохідної мережі, км/км$^2$ | 27,39 | 30,18 | 32,74 | 35,37 | 37,72 |

Таблиця 9

**Розрахунок показників ефективності функціонування мережі при обсязі відправлення 25064 люд./год.**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Довжина пішохідної мережі, км | 23,39 | 25,77 | 27,96 | 30,21 | 32,21 |
| Показник функціонування мережі, $C_{Псум}$, люд.·год | 3879,06 | 3725,24 | 3641,04 | 3585 | 3536,36 |
| Середній час пішого пересування, $\bar{t}$, хв | 9,29 | 8,92 | 8,72 | 8,58 | 8,47 |
| Середня відстань пішого пересування, $\overline{L}$, км | 0,774 | 0,743 | 0,727 | 0,715 | 0,706 |
| Щільність пішохідної мережі, км/км$^2$ | 27,39 | 30,18 | 32,74 | 35,37 | 37,72 |

Таблиця 10

**Розрахунок показників ефективності функціонування мережі при обсязі відправлення 27337 люд./год.**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Довжина пішохідної мережі, км | 23,39 | 25,77 | 27,96 | 30,21 | 32,21 |
| Показник функціонування мережі, $C_{Псум}$, люд.·год. | 4230,92 | 4063,09 | 3971,28 | 3910,08 | 3857,03 |
| Середній час пішого пересування, $\bar{t}$, хв. | 9,29 | 8,92 | 8,72 | 8,58 | 8,47 |
| Середня відстань пішого пересування, $\overline{L}$, км | 0,774 | 0,743 | 0,727 | 0,715 | 0,706 |
| Щільність пішохідної мережі, км/км$^2$ | 27,39 | 30,18 | 32,74 | 35,37 | 37,72 |

Так, залежність загальних витрат часу руху пішоходів по мережі від обсягів відправлення описується лінійною моделлю, яка має наступний математичний вигляд:

$$C_{Псум} = 0{,}1453 HO_i \; - \; 0{,}6629 . \qquad (9)$$

Коефіцієнт детермінації дорівнює $R^2 = 1$ (рис. 2).

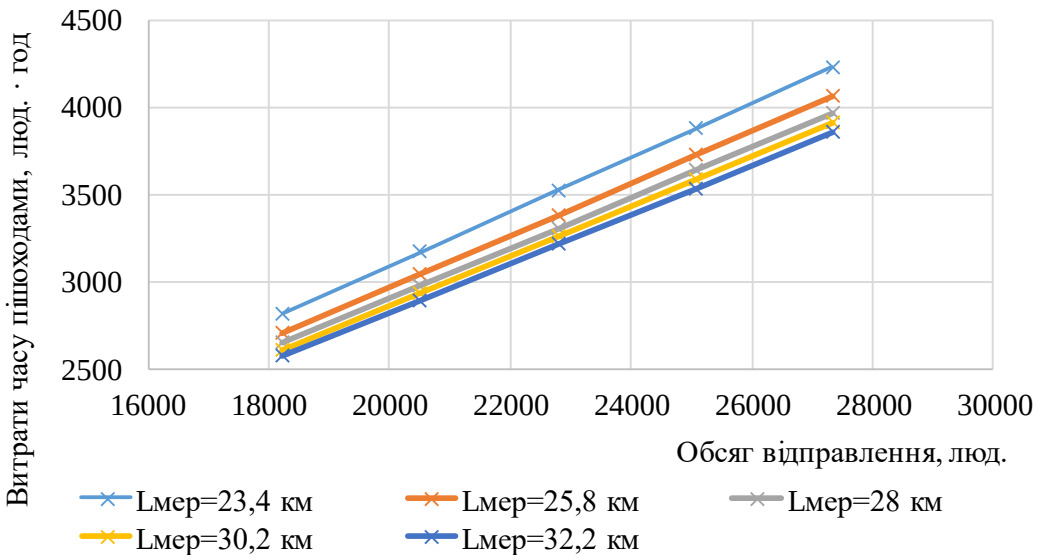



Рисунок 2. Залежність витрат часу пішохідних потоків по мережі від обсягів відправлення

Дана залежність нам дає зрозуміти, що із збільшенням обсягів відправлення, тобто наповнення мережі пішоходами, збільшуються і загальні витрати часу руху по мережі.

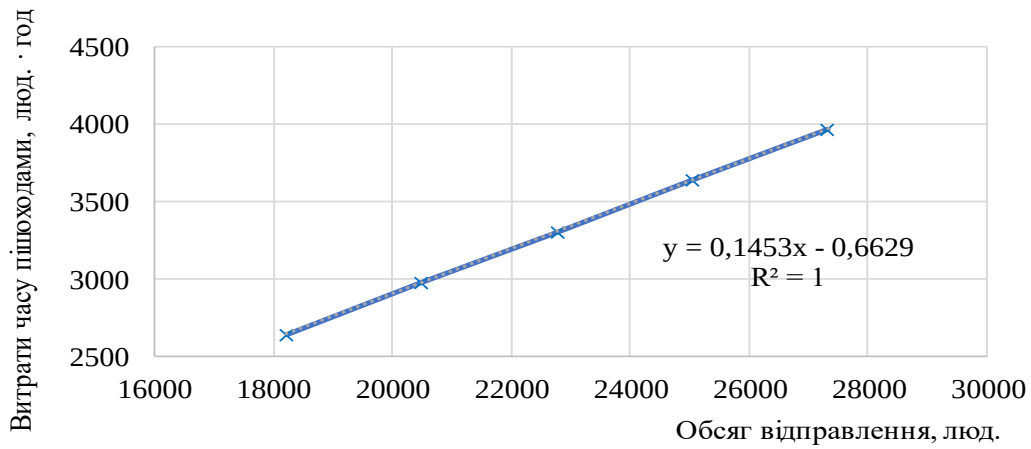



Рисунок 3. Залежність витрат часу пішохідних потоків по мережі від обсягів відправлення для базової пішохідної мережі

Модель витрат часу пішохідних потоків по мережі від довжини пішохідної мережі описується поліномом другого ступеню (рис. 4) з коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0,996$ та має наступний вигляд:

$$C_{Псум} = 2,8936L^2 - 195,09L + 6501,4. \quad (10)$$

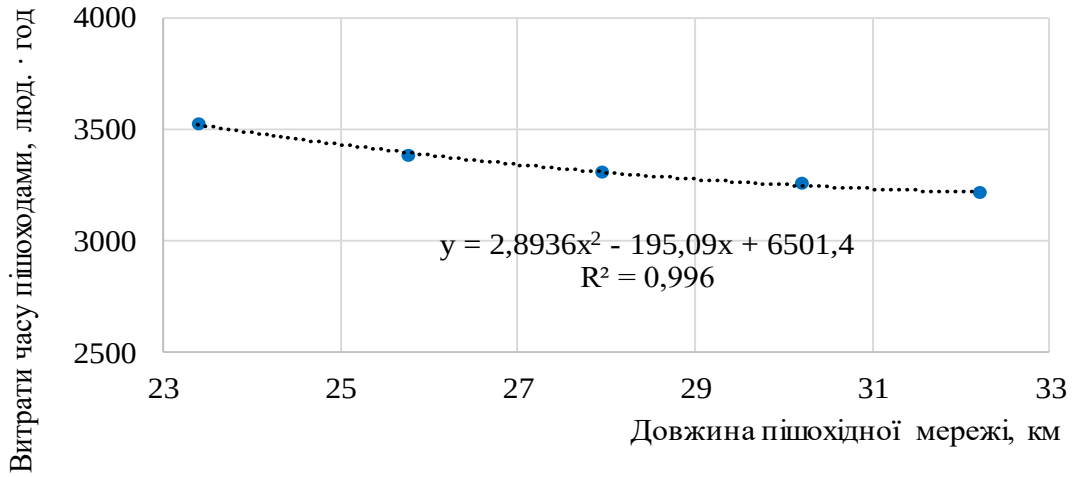



Рисунок 4. Залежність витрат часу пішохідних потоків по мережі від довжини пішохідної мережі

Модель витрат часу пішохідних потоків по мережі від щільності пішохідної мережі описується поліномом другого ступеню (рис. 5) з коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0{,}9961$ та має наступний математичний вигляд:

$$C_{Псум} = 2{,}1103\rho_L^{\ 2} - 166{,}62\rho_L + 6501{,}9. \qquad (11)$$

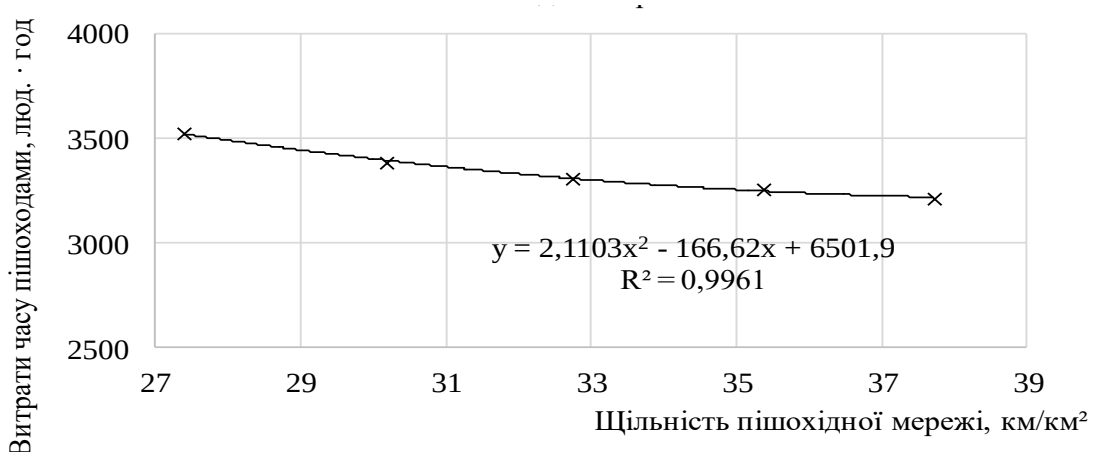



Рисунок 5. Залежність витрат часу пішохідних потоків по мережі від щільності пішохідної мережі

**4. Вплив вхідних показників моделі на середній час пішого пересування**

За даними табл. 3-10 будуємо графіки зміни середнього часу пішого пересування від довжини і щільності пішохідної мережі (рис. 6-7).

Модель середнього часу пішого пересування від довжини пішохідної мережі описується поліномом другого ступеню (рис. 6) з коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0{,}9965$ та має наступний математичний вигляд:

$$\bar{t} = 0{,}0077L^2 - 0{,}5207L + 17{,}223. \quad (12)$$

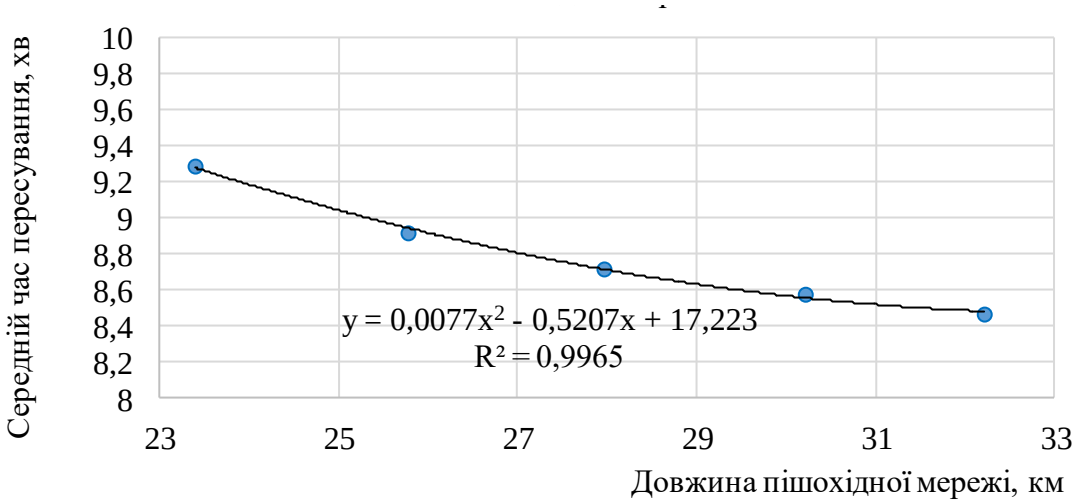



Рисунок 6. Залежність середнього часу пішого пересування від довжини пішохідної мережі

Модель середнього часу пішого пересування від щільності пішохідної мережі описується поліномом другого ступеню (рис. 7) з коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0{,}9966$ та має наступний математичний вигляд:

$$\bar{t} = 0{,}0056\rho_L^{\,2} - 0{,}4448\rho_L + 17{,}224. \quad (13)$$

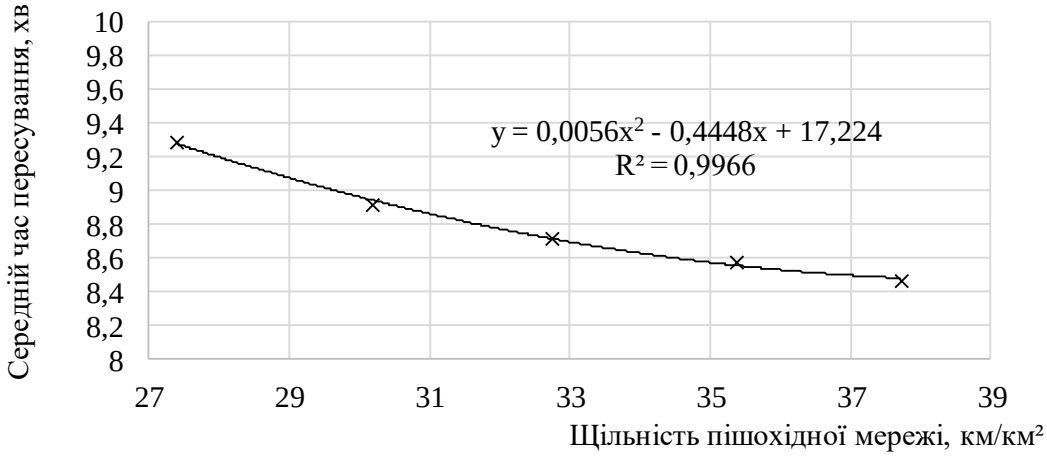



Рисунок 7. Залежність середнього часу пішого пересування від щільності пішохідної мережі

## 5. Вплив вхідних показників моделі на середню відстань пішого пересування

За даними табл. 6-10 будуємо графіки зміни середнього часу пішого пересування від довжини і щільності пішохідної мережі (рис. 8-9).

Модель середньої відстані пішого пересування від довжини пішохідної мережі описується поліномом другого ступеню (рис. 8) з коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0,9961$ та має наступний математичний вигляд:

$$\bar{t} = 0,0006L^2 - 0,0431L + 1,4308. \quad (14)$$

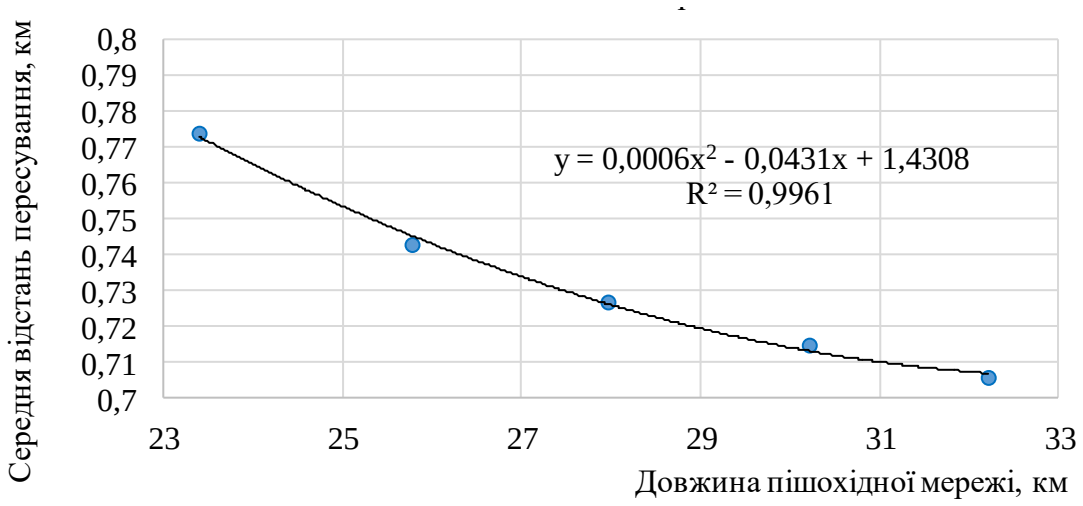



Рисунок 8. Залежність середньої відстані пішого пересування від довжини пішохідної мережі

Модель середньої відстані пішого пересування від щільності пішохідної мережі описується поліномом другого ступеню (рис. 9) з коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0,9962$ та має наступний математичний вигляд:

$$\bar{t} = 0,0005\rho_L{}^2 - 0,0368\rho_L + 1,4309. \quad (15)$$

При розробці моделі руху пішоходів визначено пішохідні потоки по кожній ділянці вуличної мережі. На основі даних пішохідних потоків по дугах, визначені витрати часу потоками пішоходів по кожній дузі та вцілому по мережі. Визначені критерії

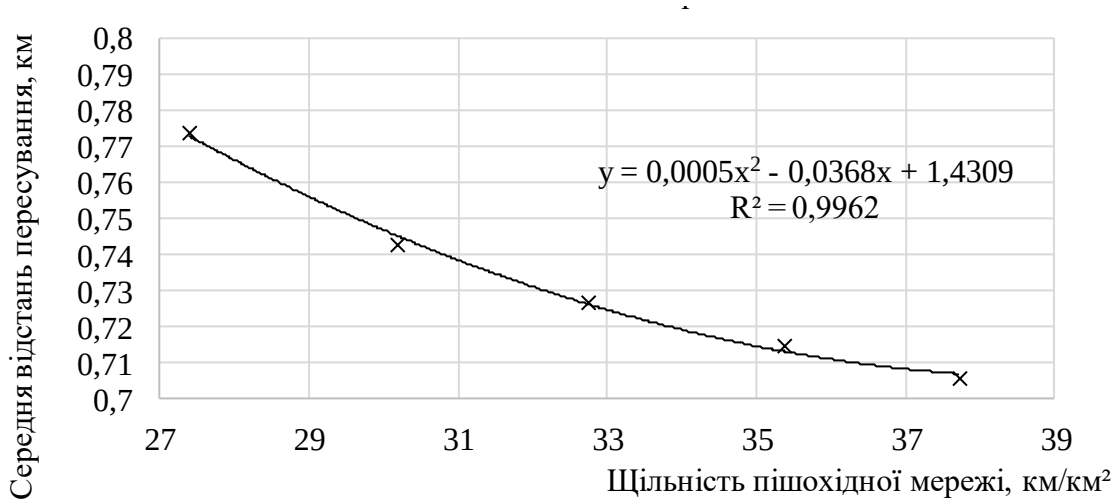



Рисунок 9. Залежність середньої відстані пішого пересування від щільності пішохідної мережі

функціонування мережі, а саме, загальні витрати часу пішохідних потоків по мережі складають 3309,51 люд.·год., середній час одного пішого пересування складає 8,72 хв., середня дальність одного пішого пересування складає 0,727 км.

Визначено залежності загальних витрат часу пішохідних потоків по мережі, середнього часу та середньої відстані пішого пересування від обсягів відправлення та довжини пішохідної мережі.

Визначено, що із розвитком пішохідної мережі, тобто збільшення її довжини, а, й відповідно, і щільності, загальні витрати часу руху пішохідних потоків зменшуються.

Також, розвиток пішохідної мережі позитивно впливає на такі показники ефективності пішохідної мережі, як середній час та середню відстань пішого пересування. Так, із збільшенням довжини пішохідної мережі зменшуються середній час та середня відстань пішого пересування.

## ДЖЕРЕЛА

1. Буга П.Г. Пешеходное движение в городах / П. Г. Буга, Ю. Д. Шелков. – М.: Стройиздат, 1979. –232с.
2. Чикалина С.Л. Оценка комфортности условий движения пешеходов / С.Л.Чикалина, А.Г.Левашев – Иркутский государственный технический університет, 2009, – 10с.

3. Вельев П. Пешеходные пространства городских центров / П.Вельев.– М.: Стройиздат, 1983. –189с.
4. В.А. Любченко. Плануваннямiст і транспорт / В.А. Любченко, Г.Р.Фоменко. – Х.: ХНАДУ, 2009. –192с.
5. Лобанов Е.М. Транспортная планировка городов / Е.М. Лобанов.– М.: Транспорт, 1990. –239с.
6. Безлюбченко О.С. Плануваннямiст і транспорт / О.С.Безлюбченко, С.М.Гордієнко, О.В.Завальний. - Х: ХНАМГ, 2008. – 156 с.
7. Методические рекомендации по регулированию пешеходного движения. – М.: ВНИИБДД МВД СССР, 1977. – 51 с.
8. Фукс Г. Б. Організація пішохідного руху на підходах до національного спортивного комплексу “Олімпійський” / Г. Б.Фукс, Д. І.Панасюк// Містобудування та терит. планув., – 2004. Вип. 17.С. 352–359.
9. Бугайов І.С. Моделювання пішохідних потоків у містах [Текст] / В.К. Доля, І.С. Бугайов, О.В. Прасоленко // Комунальне господарств оміст. – 2017. - №135. С. 154-158.
10. Бугайов І.С. Розробка моделі розподілення пішохідних кореспонденцій по дугах ВДМ / Застосування моделей і методів ергономіки і логістики в транспортних системах: монографія / [В. К. Доля, Ю. О. Давідіч, О. О. Лобашов та ін.]; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ваім. О. М. Бекетова. – Харків : Видавництво «Лідер», 2016. – 332 с.
11. Бугайов І.С. Щодо дослідження пунктів тяжіння пішохідних потоків / І.С. Бугайов, О.М. Єрмак // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». – Луцьк: Луцький національний технічний університет – 2014. – Вип. №46. – С. 43 – 49.
12. Lohse, D., Teichert, H. Ermittlung von Verkehrsströmenmit n-linearen Gleichungs systemen – Verkehrsnachfrage modellierung, nochunveröffentlichte 2. Auflage. – Dresden, Lehrstuhlfür Theorie der Verkehrsplanung der TU Dresden. – 2003. – 350p.
13. Lohse, D., Glücker, C., Teichert, H. A demand model for urban commercial transport : 2nd Symposium on Networks for Mobility. – Stuttgart, 2004. P. 320–402.

# ТРАНСПОРТУВАННЯ ВАНТАЖІВ В МЕЖАХ МІСТА БЕЗПІЛОТНИМИ ЛІТАЛЬНИМИ АПАРАТАМИ

## 1. Аналіз стану питання транспортування вантажів безпілотними літальними апаратами

Доставка дронами – один з перспективних напрямків, над яким працюють багато виробників БПЛА і компаній з доставки товарів по всьому світу. Сучасні стартапи вже можуть скласти конкуренцію службам доставки.

БПЛА відрізняються габаритами, функціональністю, дальністю польотів, рівнем автономності та іншими характеристиками. Конструкція і функціональність змінюються в залежності від призначення апарату.

Дане відгалуження в авіації не перше сторіччя бентежить уми вчених і конструкторів. Першим, хто створив маленький радіокерований БПЛА, був Нікола Тесла в 1899 році. Довгий час БПЛА, як і багато винаходів, вивчався і виготовлявся лише у військових цілях.

Тільки в 2000-х з’явилися цивільні дрони. Їх виробляють невеликими об’ємами і з вузькою спеціалізацією, що дозволяє їм бути більш технологічними. Відстеження потреб споживчого ринку дозволяє інженерам враховувати пріоритети і швидко реагувати конструктивними змінами. [1]

Збільшення кількості БПЛА цивільного, військового та спортивного призначення значно ускладнює проблему безпеки польотів в єдиному повітряному просторі. До чинників, які найсильніше впливають на безпеку і ефективність застосування БПЛА, необхідно зазначити:

– руйнування при зіткненні з землею;

– нанесення шкоди життю та здоров’ю людей або їх майну, що знаходяться на землі;

– зіткнення в повітрі з іншими літальними апаратами.

Аналіз методів управління безпекою руху малих БПЛА вітчизняних та закордонних вчених показав, що дані процеси мають свої специфічні особливості й потребують вдосконалення науково-методичної бази для їх реалізації.

В Україні за останнє десятиліття велику популярність набули безпілотні літальні апарати (БПЛА), тому в 2018 році було

ініційовано розробку законодавчого врегулювання руху БПЛА в повітряному просторі, а також визначення оцінки пропускної здатності.

Однак введений тимчасовий порядок використання повітряного простору не враховує всіх особливості застосування даного виду техніки у межах населенних пунктів. На відміну від польтів на висоті повітряного просторуде є невелика кількість перешкод, при польоті на невеликій висоті в повітряному просторі необхідно враховувати геометричну мінливість існуючих статичних перешкод, таких як будівлі і місцевість.Деякі країни світу (Великобританія, Канада, США Японія та ін.) ввели обмеження на експлуатацію БПЛА в населенних пунктах, а саме:

– мінімальна відстань від людей;
– мінімальна відстань від споруд;
– мета польоту;
– вага БПЛА;
–висота польоту.

На сьогодні БПЛА використовують:

– Міністерство надзвичайних ситуацій;
– Міністерство внутрішніх справ;
– прикордонна служба;
– лісове та водне господарство.

З допомогою БПЛА:

– здійснюють польоти над закритими територіями;
– ведуть аеро-, фото- і кінозйомки;
– проводять радіолокаційну і радіаційну розвідку;
– проводять моніторинг поверхні.

Використання БПЛА допомагає вирішувати величезний спектр наукових і прикладних задач пов’язаних з:

– екологією;
– метеорологією;
– геологією;
– зоологією;
– сільським господарством;
– вивченням клімату;
– пошуком корисних копалин;
– та інше.

За даними статистики в США на 2016 рік ринок БПЛА і пов’язаних з ним послуг розподілились наступним чином

(рис. 1) [2]. При цьому прогнозується подальше зростання і розширення сфери використання при подоланні низки технічних і адміністративних бар'єрів, що обмежують використання БПЛА в повітряному просторі.

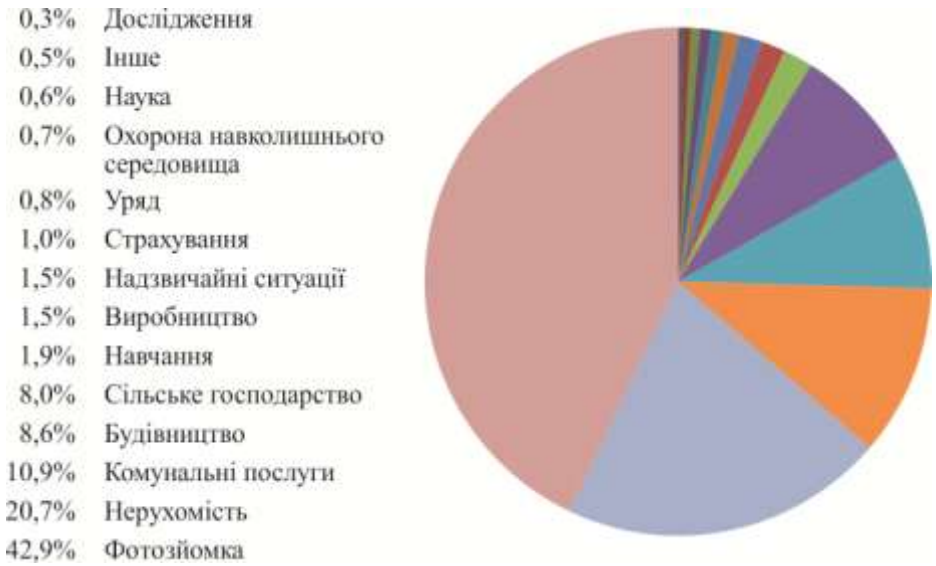



Рисунок 1. Топ галузей промисловості, які користуються дронами

На даний момент найбільш розповсюдженими труднощами є:

– отримання дозволу на використання дронів;

– кібератака на систему управління доставкою;

– можливість легкої крадіжки дрона з посилкою шляхом його перехоплення в польоті;

– труднощі при доставці посилки клієнту «в руки»;

– перепони природнього чи техногенного характеру (дерева, будівлі, транспорт, гори тощо);

– обмеження у масі вантажу, який перевозиться;

– обмеження у тривалості польоту (дальність польоту) тощо.

З метою покращення розвитку даного напрямку плануються розробки методик для утримання необхідної дистанції від інших повітряних суден, резервування зон для конкретних маршрутів, з урахуванням обмежень повітряного простору та неблагополучних погодних умов.

Також заплановано розробити базу даних, яка буде містить інформацію про експлуатантів БПЛА, програмні та апаратні підсистеми БПЛА, заплановані точки маршруту та ін.

## 2. Компанії та підприємства, які планують використання БПЛА

Європейська Комісія у 2014 р. спрогнозувала, що найближчі роки БПЛА зможуть запропонувати значно більше послуг повязаних з транспортуванням товарів.

У 2016 р. представники дослідницького центру NASA запропонували концепцію методології управління безпілотним трафіком, в який запропонували технології управління відповідно до рівня технічних можливостей програмних та апаратних систем.

Державний поштовий оператор «Укрпошта» офіційно оголосив про плани доставки посилок за допомогою дронів та провів пробні польоти-тестування в 2016 році. В подальшому компанія має надію застосовувати подібний спосіб доставки по всій країні [2].

Компанія «Нова пошта» також зацікавилася даним напрямком та почала проводити тестування доставки БПЛА. А в 2018 році співзасновниками компанії було відзначено про плани залучення до їх структури інжинірингові компанії, які будуть займатися доставкою пошти за допомогою БПЛА.

Сьогодні, під час світової епідемії не дивлячись на процвітання цифрового віку, фізична доставка пошти має надзвичайну вагу. Не зважаючи на складні умови,  суворі обмеження, яких зазнали всі сфери діяльності, лише частково відчули на собі працівники пошти.

Під час карантину призупинили, або організували дистанційно свою роботу майже всі заклади. А працівники пошти виконують свої обов’язки. Саме тому, питання доставки безпілотними літальними апаратами (БПЛА) або дронами, яким не раз цікавилися компанії, що займаються доставкою, наразі як ніколи є актуальним.

Поведінка крупних компаній на цьому ринку демонструє їх впевненість в тому, що законодавство країни неминуче поступиться своїми вимогами, і це призведе до зручностей в житті людини. Тому проблемні питання (наприклад, безпека) вирішуються в даний момент.

Світовий лідер ринку – AMAZON PrimeAir – інвестує проекти, які вже зробили свої пристрої максимально доброзичливими і безпечними (вони реагують на жести людини, а при наявності несправності самознищуються, зводячи наслідки потенційної аварії до мінімуму).

Німецька компанія DeutschePost DHL також провела експерименти та випробування доставки з використанням спеціально спроектованого дронаParcelcopter. Ця компанія має намір використовувати БПЛА для доставки у важкодоступні та малонаселені райони [3]. В процесі випробувань, що проводяться, літальні апарати піддаються таким стрес-тестам, як велика вага посилки, великі відстані і навігація по важкій гірській місцевості. Навігація дронів по важкій гірській місцевості – це велика проблема. Багато існуючих підходів спираються на складні карти, які підказують дронам місцезнаходження щодо перешкод, що не дуже практично в реальних умовах з непередбачуваною поведінкою об'єктів і може загрожувати катастрофами.

Одне із рішень команди Массачусетського технологічного інституту і лабораторії штучного інтелекту (CSAIL) – система, яка враховує положення дрона в просторі з плином часу як невизначений і насправді моделює і розраховує цю невизначеність. Це дозволяє не тільки будувати плани руху для поточного поля зору, а й передбачити, як потрібно рухатися в прихованому полі зору, яке він уже бачив [4].

Певна проблема існує і з програмуванням та системою управління дронами. Відкриті протоколи (наприклад, Mavlink (Micro Air Vehicle Communication Protocol) – відкритий комунікаційний протокол, який підтримують контролери типу APM/Pixhawk, MultiWii, Navio та інші, які використовують мови Pyton та інші), для комерційних потреб непридатні – необхідні захищені канали та протоколи зв'язку.

Рішенням проблем комерційного використання дронів є застосування спеціалізованих програмних комплексів, як, наприклад, рішення від компанії DJI. Їх платформа DJI FlightHub дозволяє задіяти приватні хмарні сховища або власну інфраструктуру з використанням протоколів безпеки і планування робочих процесів для флотів дронів. Високі вимоги щодо безпеки даних забезпечують транслювання даних у захищених мережах, з організацією передача двох потоків інформації і управління на базу.

У 2019 на сайті державної авіаційної служби України впровадили мапу, що відобразила місця дозволені та заборонені для польотів, але незрозумілим є відмінності зон заборони від зон обмежень. Окрім того тимчасовий порядок використання

повітряного простору України передбачає модифікацію правил, тому необхідна гнучка система, яка спроможна змінювати мапу, при зміні зон обмеження та заборони.

**Висновки.** Переваги використання подібної техніки в цілому можуть оскаржити тільки співробітники, які позбулися роботи через автоматизацію процесів. У всякому разі для успішного запуску подібних програм необхідна спільна робота багатьох структур, наприклад, Департаменту транспорту і місцевих посадовців для розробки ініціатив, які дозволять українським компаніям в кінцевому підсумку використовувати безпілотники для цілей доставки, це дасть можливість вирішити наступні задачі:

1. Створення раціональних алгоритмів управління рухом БПЛА в межах міста (з урахуванням їх швидкості та траєкторії).
2. Розробити нормативні документи, щодо використання БПЛА в повітрянному просторі населенних пунктів.
3. Створити класифікацію польотних завдань в межах населенних пунктів для БПЛА, з використанням бібліотеки базових стереотипів адаптивної поведінки БПЛА та розглянутих зон польоту.
4. Розробити програмне забезпечення управління трафіком БПЛА в межах міста.

## ДЖЕРЕЛА


1. Воронько В. В. Аналіз питання доставки пошти безпілотними літальними апаратами / В. В. Воронько, В. Є. Зайцев, І. О. Воронько // Integración dela scienci as fundamental esyaplica dasenel paradigma dela sociedad post-industrial: Colección de documento scientíficos «ΛΌΓΟΣ» conactasdela Conferencia Internacional Científicay Práctica (Vol. 2), 24 deabrilde 2020. Barcelona, España: Plataforma Europea de la Ciencia. – С. 57-60. DOI 10.36074/24.04.2020.v2.14
2. Алексей Бойко (ABloud) (2016). Аналитики BI Intelligence подготовили отчет TheDronesReport с прогнозами по мировому рынку БЛА. *RoboTrends*. Вилучено з: http://robotrends.ru/pub/1615/analitiki-bi-intelligence-podgotovili-otchet-the-drones-report-s-prognozami-po-mirovomu-rynku-bla.

3. Укрпошта (2016) Укрпошта тестує доставку пошти дронами. Вилучено з:. https://ukrposhta.ua/ukrposhta-testuye-dostavku-poshti-dronami/.
4. Володимир Федоричак (2019) Доставка дронами: привіт із майбутнього? LEMARBET. Вилучено з: https://lemarbet.com/ua/razvitie-internet-magazina/dostavka-dronami/.
5. ROBOGEEK (2018) Летающие роботы. Программирование дронов для полетов в условиях неопределенности. Вилучено з: http://www.robogeek.ru/letayuschie-roboty/programmirovanie-dronov-dlya-poletov-v-usloviyah-neopredelennosti.

# АНАЛІЗ ПОТОЧНОГО СТАНУ ПИТАННЯ ВПЛИВУ ТРАНСПОРТНОЇ ВТОМИ НА ПАСАЖИРІВ МІСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Рівень розвитку міського пасажирського транспорту (МПТ) має дуже велике економічне й соціальне значення для сучасного міста. До економічних наслідків функціонування МПТ можна віднести ефект, що отримується від зниження втрат часу в галузях матеріального виробництва і невиробничій сфері через ріст продуктивності суспільної праці, економії коштів на розвиток соціальної інфраструктури через підвищення рівня її концентрації.

До соціальних наслідків транспортного обслуговування населення відносять збільшення вільного часу пасажирів, поширення можливостей для користування послугами культурно-побутових закладів, покращення здоров’я людей та зниження транспортної втоми.

Доведено що МПТ, змінюючи положення пасажира у просторі й часі, завдає змін й функціональному стану пасажира. Але й у теперішній час залишаються недостатньо вивченими соціальні наслідки дії пасажирського транспорту, які, у першу чергу, проявляються у створенні так званої транспортної втоми, що призводить до зниження продуктивності пасажира на основному місці роботи, а в цілому, до зменшення рівня виробничої ефективності всього сучасного міста.

Існуючи підходи до організації функціонування МПТ, переважно, містять у собі технічні, технологічні та економічні показники ефективності його роботи, і взагалі не враховують або враховують не у повному ступені оцінку впливу перевізного процесу пасажирів на зниження їх виробітки внаслідок транспортної втоми.

Таким чином, відсутність доступної процедури визначення таких негативних соціальних наслідків від дії МПТ призводить до нераціонального вкладення коштів у МПТ і потребує розв’язання.

Для забезпечення ефективності виробничої діяльності пасажира на основному місці роботи матеріальної або нематеріальної галузі виробництва важливе значення мають такі показники як умови роботи, фізичні впливи навколишнього середовища, біомеханічні і фізіологічні чинники та втома [1].

Втома – це психологічний і фізіологічний стан людини, що є наслідком тривалої або напруженої роботи, або перебування особи в некомфортних умовах. Втома проявляє себе в тимчасовому зниженні працездатності і є захисною реакцією організму людини на дію чинників, що її викликали. Розрізняють різні види втоми – фізичну, розумову, емоційну (психоемоційну) та транспортну, яка може поєднувати перші три види. Однак, певна ступінь втоми, в свою чергу, стимулює відновлювальні процеси у організмі людини, що при повторному і поступово збільшуваному навантаженні сприяє підвищенню працездатності.

Транспортна втома характеризується як втрата продуктивності праці робітників у зв'язку з перебуванням в транспортних засобах, передусім, міського пасажирського транспорту; позначається в перші години роботи на виробництві і залежить від дії так званих транспортних факторів (або параметрів пересування); враховується при вирішенні низки економічних завдань, пов'язаних з розміщенням трудових ресурсів в межах міст, при обґрунтуванні схем розвитку міського транспорту.

Загальні питання впливу транспортної втоми на якість та продуктивність праці наведено, наприклад, у дослідженнях [2 – 7].

Транспортна втома позначається не тільки на рівні виконання норм виробітку. Фізична стомлюваність, нервове напруження, які є наслідками транспортної втоми, призводять до розсіювання уваги, до зривів в ритмі роботи і, як наслідок, – до збільшення відсотка браку в роботі і погіршення якості продукції, що випускається.

Вперше вплив транспортної втоми на продуктивність та якість виконуваної роботи вдалося експериментально простежити в 70-х роках минулого сторіччя на Московському шовковому комбінаті ім. Щербакова [3]. Виявилося, що з 270 обстежених робітниць ткацького цеху гладі 47 ткаль (17 %) допустили зниження сортності продукції (замість продукції першого сорту випустили продукцію третього сорту).

Чисельність ткаль (в %), які допустили зниження сортності продукції, склала: при витратах часу на поїздку до місця роботи до 15 хвилин – 15% (6 ткаль з 40 допустили зниження сортності продукції), до 30 хвилин – 15 % (17 ткаль з 112), до 60 хвилин – 26,5% (17 ткаль з 64), більше 60 хвилин на приміському поїзді – 13% (7 ткаль з 54).

Втрати від зниження сортності продукції в середньому на одну ткалю в залежності від витрат часу на поїздку до місця роботи склали: при пересуванні тривалістю до 15 хвилин – 2 %, до 30 хвилин – 1,5%, до 60 хвилин – 4,1%, понад 60 хвилин (електропоїздом) – 1,4 %. Як видно з наведених даних, найбільше число ткаль, які допустили зниження сортності продукції (26,5%), а також максимальні втрати від зниження сортності продукції (4,1% на кожну ткалю), спостерігаються у групи ткаль, які потребували б на поїздку до місця роботи до 60 хвилин з двома-трьома пересадками на міському транспорті.

У роботі [32] встановлено, що кожні 10 хвилин витрат часу на поїздку, вищі за нормативні, вели до скорочення продуктивності праці на 3,96 %. У дослідженні [36] продемонстровано, що робітники, які що витрачали на трудову поїздку більше години (1,1 години) з декількома пересадками, виробляли продукції на 7 – 8 % менше, ніж робітники, що у мешкали в 40-хвилинній доступності до місця роботи. Найбільш повним й точним виявився підхід [40], в якому разом з часом на переміщення запропоновано також розглядати вид транспорту, його наповненість й кількість пересаджень. За результатами дослідження виявилось, що час на переміщення разом з іншими зазначеними показниками, який не перевищує 30 хвилин, несуттєво впливає на продуктивність праці, тоді як тривалість пересування від 30 до 60 хвилин призводить до втрати продуктивності у 2 – 2,5 %.

В ході досліджень, проведених у 80 – 90-тіроки минулого століття на виробничих підприємствах Польщі та Німеччині встановлено, що тривалі поїздки в переповненому громадському транспорті призводять до зниження продуктивності праці до 30 % в першу годину роботи і приблизно до 10 % – у другу, а гранична тривалість переміщення має не перевищувати 72 хвилини, інакше «робітник починає завдавати збитку як собі, так й роботодавцю» [16].

Таким чином, слід зауважити, що транспортна втома працівників істотно впливає не тільки на продуктивність, але й на якість виконуваної ними роботи, й може призводить до підвищеної імовірності захворювання та виробничого травматизму на робочому місці [6]. Тривале та постійне транспортне стомлення може привести до перевтоми, яке є небезпечним для здоров’я людини.

Узагальнюючу оцінку впливу витрат часу на трудові пересування на продуктивність осіб робітничих спеціальностей м. Алма-Ати на основі дослідження [8] наведено у табл. 1.

Таблиця 1

**Вплив втрат часу на трудові пересування на продуктивність робітників**

| Вид підприємства | Продуктивність праці, % | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Витрати часу, хвилин | | | |
| | До 15 | 15 – 30 | 30 – 45 | Більш 45 |
| Інструментальний завод | 107,6 | 107,4 | 106,9 | 104,3 |
| Фабрика взуття | 105,7 | 103,6 | 96,6 | 91,1 |
| Фабрика канцтоварів | 101,6 | 99,9 | 99,8 | 98,4 |

Відповідно до наведених даних отримано залежність продуктивності від витрат часу на пересування [8]:

$$\ddot{I}_{\ddot{i}} = 100 - 0{,}0352781 \cdot \grave{O} - 0{,}0020382 \cdot \grave{O}^2, \qquad (1)$$

де $T$ – час на пересування, хв.

У роботі [2] також наводиться і інший вплив транспортної втоми на характеристики праці. Підвищення часу трудових пересувань на 10 хвилин від встановленої границі (40 хвилин для 80 % населення великих і надвеликих міст, 30 – хвилин для інших міст) призводить до зниженню продуктивності праці на 3 – 4 %, а у осіб, що мешкають в радіусі 5 км від місця роботи, рівень продуктивності праці на 12 % є нижчим, ніж у тих, що мешкають у зоні пішохідної доступності до місця прикладення праці. Середньозважене зниження продуктивності робітників на виробництві складає приблизно 4 %.

Наведена методика має суттєвий недолік, оскільки автори, у якості показника, що впливає на транспортну втому, використовують лише час пересування. Хоча дослідженнями встановлено, що транспортна втома виникає під час комплексної дії як часу вищезгаданого пересування, так й інших транспортних чинників – комфорту поїздки (ступеню наповнення салону транспортного засобу), кількості пересадок, виду МПТ. Значним недоліком є й неврахування віку робітників, що обстежувалися,

тоді як відомо, що біологічний вік є однією з вагомих причин виникнення втоми, зокрема, й транспортної [9].

Протягом другої половини 80-х – початку 90-х років минулого сторіччя подальшим розвитком у дослідженні транспортної втоми було отримання та вивчення аналітичних залежностей щодо її впливу на продуктивність людей робітничих спеціальностей, що користуються послугами міського пасажирського транспорту (МПТ) [10 – 12]. Експериментальні дослідження проводилися з метою встановлення впливу так званого «функціонального стану» пасажира на продуктивність на робочому місці. Функціональний стан, в свою чергу, був функцію 25 соціально-економічних чинників, які, на думку авторів, повно та всебічно описували вплив перевізного процесу МПТ на організм людини. Але внаслідок вибору великої кількості чинників отримана регресійна модель виявилася занадто неточною, тому їх кількість було зменшено до декількох – так званих транспортних чинників (час пересування, ступінь наповнення салону під час поїздки й т.і.).

За функціональний стан вважався комплекс властивостей, що визначав рівень життєдіяльності організму, відгук організму на фізичне навантаження, в якому відбивалась адекватність функцій організму виконуваній роботі. Оцінка функціонального стану проводилася засобами медичної діагностики, електрокардіографами, шляхом реєстрації кардіограми и визначення показника активності регуляторних систем пасажира (ПАРС), до яких входять пульс, вазомоторне збудження серця й т.і., за методикою [13]. Даний показник відображає загальну реакцію організму на вплив факторів зовнішнього середовища і характеризує напругу інформаційних каналів регуляції в організмі людини, реакцію цих каналів на вплив факторів зовнішнього середовища. Визначається шляхом обробки електрокардіограми людини і вимірюється в балах, за якими можна визначити в якому стані вона знаходиться: до 3 балів – нормальний стан; від 3 до 6 балів – стан напруги; від 6 до 8 балів – стан перенапруження; від 9 до 10 балів – стан виснаження.

Таким чином, величина ПАРС за результатами здійснення поїздки з *i*-го до *j*-го пунктів, визначена в балах, складала:

$$\ddot{I}_{kij} = a_0 - 0{,}007 \cdot t_{\ddot{i}^3\o\,.} - 0{,}061 \cdot t_{\hat{i}\div\,.} - 0{,}158 \cdot k\gamma_{\ddot{i}} \cdot t_{\ddot{i}}\,, \qquad (2)$$

де $t_{ï^3ø\,.}$ – час пішого підходу до зупинки та відходу від неї до місця призначення, хв.;

$t_{î\div.}$ – час очікування транспортного засобу на зупинці, хв.;

$\gamma_{ï}$ – коефіцієнт заповнення салону під час поїздки, хв.;

$t_{ï}$ – час здійснення поїздки, хв.;

$k$ – коефіцієнт приведення.

Тоді на місці роботи зниження продуктивності у відсотках складатиме:

$$Ð_{ij} = -0{,}0709 + 0{,}545 \cdot (Ï_{\hat{e}ij} - 3)^2 . \qquad (3)$$

Продовженням вивчення транспортної втоми у 2000 роки стало використання отриманих та інших уточнених залежностей для оцінки вибору пасажиром шляху пересування [14 – 16] , вибору марок транспортних засобів для перевезення пасажирів [17 – 19], проектування транспортно-пересадочних вузлів та автобусних станцій з урахуванням розвитку транспортної втоми та пошуку шляхів її мінімізації [20, 21].

При виборі пасажиром шляху пересування та марки транспортного засобу використовуються наступні залежності:

$$Ï_1 = -0{,}21 + 1{,}045(Ï_2(1 - 0{,}14(k\gamma_{ïï} + 0{,}6)\ln t_{ïï}) + k\gamma_{ïï}(k\gamma_{ïï} + 0{,}6)\ln t_{ïï}), \qquad (4)$$

де $П_1$ – параметр, що описує функціональний стан пасажира наприкінці поїздки, бали;

$k\gamma_{ïï}$ – значення коефіцієнту заповнення салону під час поїздки;

$t_{ïï}$ – час пересування, хв.;

$П_2$ – параметр, що описує функціональний стан пасажира перед поїздкою, бали.

Параметр $П_2$, що описує функціональний стан пасажира перед поїздкою, виражається залежністю:

$$П_2 = 3{,}075 + 0{,}256\ln(t_{оч.} + 1) + 0{,}00107 t_{оч.}, \qquad (5)$$

де $t_{оч.}$ – час очікування, хв.

Вищенаведена методика, що враховує функціональний стан пасажира, й на його основі дозволяє визначити падіння

продуктивності робітника на основному місці роботи після здійснення пересування з використанням МПТ, також має низку недоліків, а саме: 1) використання коштовного і громіздкого обладнання у вигляді електрокардіографів для отримання кардіограми й визначення ПАРС; 2) наявність у дослідника спеціальної освіти для отримання і правильного тлумачення даних; 3) врахування не всіх транспортних чинників, а також віку пасажира, що істотно впливають на транспортну втому; 4) визначення зниження продуктивності внаслідок транспортної втоми лише у пасажирів робітничих спеціальностей, тоді як у осіб з вищою освітою, викладачів, представників «творчих» професій таке визначення провести неможна через відсутність кількісного виміру продукції як результату їх праці.

Враховуючи недоліки вищезазначених підходів, найбільш універсальним показником, що характеризує транспортну втому, на нашу думку, було б використання часу адаптації пасажира як робітника на робочому місці незалежно від галузі матеріального або нематеріального виробництва.

Час адаптації – час, необхідний для змін в організмі, які відбуваються в результаті відповідної реакції на той стрес або подразнення, яке він відчуває під дією фізичних або інших навантажень. Іншими словами, це час на процес пристосування (звикання) організму до фізичних або інших (розумових, психоемоційних) навантажень [22].

Функції організму можуть нормально здійснюватися лише тоді, коли умови зовнішнього середовища повністю відповідають його потребам. Якщо умови зовнішнього середовища, в тому числі виробничого, стають несприятливими, ускладнюють його життєдіяльність, то на протидію їм організм спрямовує спеціальні механізми, які зберігають постійність внутрішнього середовища або змінюють його в межах, визначених фізіологічними законами. Це механізми адаптації. Адаптація (пристосування) – це динамічний процес, завдяки якому в організмі підтримується постійність внутрішнього середовища в мінливому зовнішньому середовищі. Вона полягає в перебудові фізіологічних процесів в залежності від зміни умов взаємодії організму з навколишнім середовищем, в широкому комплексі фізіологічних зрушень в організмі. Цей термін також широко використовується у спортивній медицині для визначення ступеня пристосування спортсменів до

тренувальних навантажень й подальших спортивних досягнень [23] та у фізіології праці [9].

Можливість використання такого показника як всеохоплюючої характеристики транспортної втоми в межах працездатного віку (18 – 60 років) та незалежно від професійної спрямованості пасажира на основному місці роботи вперше запропоновано у дослідженні [24]. Проте автори вважають, що для визначення залежності часу адаптації, що характеризує транспортну втому, достатньо використати лише час пересування й комфортність поїздки, й не розглядають інші важливі транспортні (кількість пересадок, час на пересадку, час очікування транспортних засобів) й біологічні чинники (вік пасажира). Така обмеженість є невірною, що й підтверджують результати обстежень, в яких наводиться значущість транспортних параметрів або параметрів пересування за думкою пасажирів [25 – 27]. Безумовно, час пересування та наповненість салону транспортного засобу є одними з найвагоміших показників, але на попередніх етапах дослідження доцільно розглядати комплексний вплив багатьох параметрів пересування на час адаптації робітника на місці прикладення праці.

## 1. Формування структури моделі об’єкту дослідження

У загальному випадку досліджуваний об’єкт або процес кількісно можна охарактеризувати векторами зовнішніх, внутрішніх і вихідних параметрів відповідно. Одні і ті ж фізичні, механічні, інформаційні, соціальні характеристики об’єкта або процесу в моделях різного рівня і змісту можуть виконувати роль, як зовнішніх або внутрішніх, так і вихідних параметрів.

Під вхідними параметрами системи розуміється комплекс параметрів зовнішнього середовища (в тому числі вихідні параметри систем, зовнішніх по відношенню до даної, наприклад, систем управління), які суттєво впливають на стан і значення вихідних параметрів даної системи і піддаються обліку і аналізу засобами, наявними в розпорядженні дослідника.

Вихідні параметри – це комплекс параметрів системи, які безпосередньо впливають на стан зовнішнього середовища і значущих з точки зору мети дослідження.

Важливою особливістю функціонування складних систем є принципова невизначеність істинного стану зовнішнього середовища в кожен момент часу. Природа цієї невизначеності пов'язана з наявністю низки причин, найважливіші з яких обумовлені наступними факторами:

1) про деякі, можливо, безпосередньо впливають на поведінку системи параметрах зовнішнього середовища (тобто параметрах, які слід було б віднести до категорії «вхідних»), дослідник часто не знає, і, отже, не може їх враховувати;

2) деякі параметри зовнішнього середовища не можуть бути виміряні в силу технічної непристосованості інформаційних засобів;

3) чисельні значення врахованих параметрів оцінюються з помилками вимірювань, які визначаються, з одного боку, внутрішніми шумами вимірювальних пристроїв, а з іншого – зовнішніми перешкодами.

Вплив на систему подібних неврахованих факторів компенсується введенням в модель додаткових зв'язків – зовнішніх впливів або «шумів».

Таким чином, виходячи з попередніх результатів досліджень, вважаємо, що процес виникнення транспортної втоми, можна представити у вигляді моделі «білої скрині», тобто такої моделі, в якої процеси, що відбуваються всередині даної системи, повністю відомі, також як входи і виходи.

При побудові моделі «білої скрині» слід враховувати, що виникнення втоми внаслідок дії несприятливих факторів, в тому числі, й параметрів перевезення зазвичай відбувається у кілька етапів (або фаз). Коротко розглянемо ці фазі.

Фаза 1. Прихована (компенсована) втома характеризується початковим станом обмеженості функціонування людини на робочому місці, істотними змінами структури рухів, але ще не супроводжується зниженням працездатності внаслідок використання компенсаторних механізмів організму людини. Ще спостерігаються активна і свідома участь у трудовій діяльності; прагнення до ефективного вирішення поставлених завдань, відсутність реакції у вигляді певних негативних проявів, які викликані необхідністю виконання професійної або трудової діяльності.

Фаза 2. Явна (некомпенсована) втома – функціональний стан організму, який проявляється в зниженні працездатності і неповним усвідомленням взаємозв'язку теоретичних знань зі сферою практичного застосування; для вирішення завдань професійної діяльності виділяються окремі фрагменти знань; ситуативний прояв ініціативи при здійсненні діяльності; прояв байдужості до якості діяльності або результату праці; фрагментарна ефективність при практичній діяльності.

Фаза 3. Хронічна втома – пограничний функціональний стан організму, при якому до початку чергового трудового циклу зберігаються суб'єктивні і об'єктивні ознаки стомлення від попередньої роботи, для ліквідації яких необхідний додатковий відпочинок.

Характеризується пасивністю, вимушеною участю у професійній діяльності, нерідко супроводжується проявом зовнішньої негативної реакції на дії, які необхідно виконати; байдужістю до якості діяльності; відсутністю і небажанням отримання досвіду ефективного вирішення практичних завдань, що виникають протягом професійної діяльності.

Наступ дії тієї чи іншої фази характеризується часом. Встановлено [1], що прихована (компенсована) втома починає з'являтися у людини через 60 – 90 хвилин після праці або перебування у некомфортних умовах проїзду, явна (некомпенсована) втома – після 3 – 4 годин, хронічна втома – після декількох днів праці або перебування у некомфортних умовах.

Таким чином, розглядувана модель характеризується трьома групами змінних: 1) вхідними змінними (вихідною змінною), які генеруються системами, зовнішніми щодо досліджуваної, тобто часом пересування $t_{пер.}$, наповненням салону транспортного засобу $\gamma$, кількістю пересадок $n$, що здійснює пасажир, та його біологічним віком $B$; 2) вихідними змінними, що визначають вплив досліджуваної системи на навколишнє середовище, тобто часом адаптації пасажира на своєму робочому місці після здійснення поїздки – $T_{адапт.}$; 3) параметрами стану (внутрішніми параметрами), що характеризують динамічну поведінку досліджуваної системи – тривалістю фаз транспортної втоми; 4) зовнішніми факторами, на які дослідник не може вплинути або змінити (стабільністю політичної обстановки, умовами руху транспортних пасажирських

засобів, кліматичними умовами й т.і.) – *Z*. Модель «білої скрині» виникнення транспортної втоми наведено на рис. 1.

Рисунок 1. Модель «білої скрині» виникнення транспортної втоми

## 2. Визначення цільової функції та системи обмежень

Цільова функція – залежність кількох змінних, що підлягає оптимізації (мінімізації або максимізації) з метою вирішення певної оптимізаційної задачі. Крім цільової функції в задачі оптимізації для змінних можуть бути задані обмеження у вигляді системи рівностей або нерівностей. У загальному випадку аргументи цільової функції можуть задаватися на довільних множинах.

Як вже зазначалося у розділі 1, транспортну втому пропонується визначати через узагальнюючий показник – час адаптації пасажира як працівника галузей матеріального та нематеріального виробництва на робочому місці.

Таким чином, засновуючись на попередніх результатах досліджень з вивчення транспортної втоми [28] та чинників, що на думку пасажирів є найбільш вагомими під час вибору виду транспорту, маршруту пересування й, взагалі, описують якість транспортного обслуговування населення міста (час пересування, комфорт поїздки, кількість пересаджень) [26, 27], а також біологічному показнику – віку пасажира як робітника [29], цільова функція часу адаптації матиме наступний вигляд

$$\grave{O}_{\grave{a}\grave{a}\grave{a}\ddot{i}\grave{o}\ .} = f(t_{\ddot{i}\mathring{a}\eth\ .}, \gamma, n, \hat{A}) \to \min, \qquad (6)$$

де $t_{\ddot{i}\mathring{a}\eth\ .}$ – час пересування, хв.;

$\gamma$ – ступінь наповнення салону транспортного засобу;

$n$ – кількість пересаджень на шляху прямування пасажира, од.;

$\hat{A}$ – вік пасажира, роки.

Час пересування пасажира розраховується за формулою

$$t_{\ddot{i}\mathring{a}\eth\ .} = 60 \cdot (\frac{1}{V_{\ddot{i}}\, k_{\ddot{i}}} + \frac{l_{\ddot{i}}}{2V_{\ddot{i}}}) + \frac{i}{2} + \frac{60\bar{l}}{V_{\grave{o}}} + (\frac{\bar{l}}{l_{\ddot{i}}} - 1) \cdot t_{\varsigma\ddot{i}} + t_{\hat{a}^{3}\ddot{a}\tilde{a}}, \qquad (7)$$

де $V_n$ – середня швидкість пішохода, км/год.;

$k_n$ – щільність маршрутної мережі, км/км$^2$;

$l_n$ – середня довжина перегонів на маршруті, км;

$i$ – інтервал руху автобусів на маршруті, хв.;

$\bar{l}$ – середня довжина поїздки пасажира, км;

$V_m$ – середня швидкість технічна швидкість автобуса, км/год.;

$t_{зп}$ – середній час простою автобусу на проміжній зупинці, хв.;

$t_{відх.}$ – час на відхід від зупинки до об’єкта тяжіння, хв.

Умови поїздки або її комфорт характеризуються коефіцієнтом використання місткості, який визначається за формулою:

$$\gamma = \frac{q_{ф}}{q_{н}}, \qquad (8)$$

де $q_{ф}$ – фактичне наповнення салону транспортного засобу, пас.

$q_{н}$ – номінальна місткість транспортного засобу, пас.

Кількість пересадок під час поїздки визначається як:

$$n = k_{м} - 1, \qquad (9)$$

де $k_{м}$ – кількість маршрутних поїздок під час пересування від місця мешкання до місця прикладення праці, од.

Вік є біологічним параметром і фіксується фактично за матеріалами обстеження.

Система обмежень визначається, виходячи зі значень параметрів пересування і віку пасажирів, які встановлені в результаті анкетного обстеження пасажирів маршрутів ПП «Трансмейл – 2012», детальний опис якого наведено у розділі 3.

Отже, система обмежень становитиме:

$$\begin{cases} 15 \le t \le 90; \\ 0{,}4 \le \gamma \le 1{,}1; \\ 1 \le n \le 2; \\ 18 \le \hat{A} \le 60. \end{cases} \qquad (10)$$

## 3. Вибір методики досліджень щодо визначення транспортної втоми

Транспортна втома супроводжується значними фізіологічними та психоемоційними змінами у організми людини під час здійснення поїздки. Для реєстрації таких змін й, відповідно, встановлення ступеня втоми використовують медичні та тестові методи [5, 28, 39], короткий аналіз яких буде наведено нижче.

Оцінка психофізіологічного стану організму через реєстрацію електроенцефалограми (ЕЕГ). ЕЕГ як метод, що дозволяє отримувати при стаціонарних дослідженнях дуже цінну інформацію як про роботу окремих центрів, так і про всю центральну нервову системі в цілому, є виключно тонким і досить точним інструментом. Але якщо в якості подразника подається не один сигнал, а цілий потік, який викликає активну роботу відразу декількох областей кори головного мозку, то це призводить до затушовування характеристик ЕЕГ. Більш того, такий запис може характеризувати тільки загальну активність центральної нервової системи, а не будь-якої окремої технічної функції.

Оцінка функціонального стану організму щодо змін в електрокардіограмі (ЕКГ). У психологічних дослідженнях найбільш часто в якості показника загального стану організму людини або відповіді його на який-небудь зовнішній вплив використовується ЕКГ. З усіх психофізіологічних показників ЕКГ найбільш вивчена, а методика її вимірювання та аналізу найбільш досконала. Це пояснюється тим, що ЕКГ широко використовується в клінічній практиці як інструмент вивчення серцево-судинної системи. У

психофізіології ЕКГ служить як основний індикатор емоційного стану людини при фізичному і розумовому навантаженнях.

Метод шкірно-гальванічної реакції (ШГР) – метод реєстрації біоелектричної активності шкіри як показника мимовільної вегетативної активності. Використовується для оцінки зміни функціональних станів, орієнтовних і емоційних реакцій, індивідуальних відмінностей. Для реєстрації ШГР може здійснюватися замір різниці шкірних потенціалів (метод Тарханова) або зміни шкірного опору (метод Фере). Однак в робочій обстановці вид записи ШГР як сумарної кривої настільки складний, що виділити в ній якесь одне коливання практично неможливо.

Застосування критичної частоти злиття мигтіння для оцінки функціонального стану людини. Визначення критичної частоти злиття мигтіння (КЧСМ) широко застосовується в психології, фізіології, ергономіці та інших наукових дисциплінах для вирішення найрізноманітніших завдань, пов’язаних як з оцінкою стану зорового аналізатора, так і з вивченням за допомогою цього методу основних властивостей нервової діяльності. Результати досліджень показали високу чутливість і велику інформативність цього методу при вирішенні задач. Разом з тим вкрай незначна кількість досліджень присвячена вивченню механізмів феномена, які лежать в основі визначення КЧСМ, а відсутність єдиних методичних підходів і стандартного апаратного забезпечення призводить до вкрай суперечливих результатів у різних авторів і практично виключає можливість порівняння отриманих в різних лабораторіях даних.

Оцінка функціонального стану людини тестовими методами. Низка характеристик надійності роботи людини не має яскраво виражених кореляцій, так як під їх впливом змінюються всі психофізіологічні показники. Цим до певної міри пояснюється те, що сьогодні немає єдиної методики кількісної оцінки таких характеристик, як увага, ступінь напруженості, стомлення. У дослідженнях при необхідності отримання оцінки таких характеристик зазвичай зіставляють значення психофізіологічних показників в певний момент з фоновими значеннями і розглядають отриману оцінку як якісну, тому що психофізіологічні зміни показників викликані не якимось одним психічним станом, а всім процесом сприйняття зовнішнього світу.

Методи якісної оцінки дозволяють при безперервній реєстрації функціонального стану людини розпізнати періоди різної напруженості його роботи, але мало придатні для оцінки динаміки зміни працездатності. Тому в дослідженнях для визначення надійності доводиться використовувати методи, що дозволяють оцінювати досліджувані психічні процеси не прямо, а опосередковано, використовуючи спеціальні тести, при виконанні яких підключаються ті ж механізми центральної нервової системи, що і в досліджуваній трудової діяльності. Робота з тестами дозволяє отримувати кількісні характеристики процесів, які не мають конкретних зовнішніх кореляторів в психофізіологічних показниках людини.

Тестові дослідження доцільно проводити у вигляді анкетного обстеження, тобто статистичного несуцільного спостереження, що припускає роздачу певному колу осіб особливих анкет з переліком питань. Анкетне спостереження передбачає неповне повернення анкет або неправильне заповнення їх частини. До переваг анкетного опитування відносяться: порівняльна економічність; можливість охоплення великих груп людей; застосовність до самих різних сторін життя; хороша формалізація результатів; мінімум впливу дослідника на опитуваного; оперативність; економія коштів і часу.

Не дивлячись на певні недоліки, головним з яких є суб’єктивна й неточна оцінка свого функціонального стану самою людиною, що обстежується, використання тестових методів у вигляді анкетного обстеження має очевидні переваги, а саме: не потребує коштовного медичного обладнання, забезпечує велике охоплення респондентів, порівняльно низьку трудомісткість проведення тестування та обробки результатів, виключення помилок, суб’єктивності та перевірку надійності отриманих результатів методами математичної статистики.

Разом з позитивними результатами, функціонування МПТ супроводжується й значними негативними наслідками, серед яких одним з найважливіших є транспортна втома. Вона характеризується як втрата продуктивності праці робітників у зв’язку з перебуванням в транспортних засобах, передусім, міського пасажирського транспорту; позначається в перші години роботи на виробництві і залежить від дії транспортних факторів (параметрів пересування).

Існуючі підходи до визначення такого значущого соціального явища як транспортна втома містять значні недоліки: використання коштовного і громіздкого медичного обладнання для визначення величини транспортної втоми; потреба у спеціальної медичній освіти для отримання і правильного тлумачення даних, отриманих у вигляді кардіограм; врахування лише частки транспортних чинників, а також відсутність в певних дослідженнях віку пасажира, що істотно впливають на транспортну втому; визначення зниження продуктивності внаслідок транспортної втоми є можливим лише у пасажирів робітничих спеціальностей, тоді як у осіб з вищою освітою, керівників, викладачів, таке визначення провести неможна через відсутність кількісних результатів їх праці.

Використання універсального показника «час адаптації на робочому місці» та врахування всіх транспортних чинників, що є вагомими для пасажирів, дозволяє визначити транспортну втому незалежно від галузі матеріального або нематеріального виробництва, до якої належать пасажири як робітники.

Визначено, що процес виникнення транспортної втоми доцільно відображати у вигляді «білої скрині», що відображає взаємодію впливу параметрів перевезення (час пересування, комфорт поїздки кількість пересаджень) та біологічних показників (віку пасажира) на стадії виникнення транспортної втоми та час адаптації, який її характеризує.

На основі попередніх досліджень щодо вивчення транспортної втоми  в якості цільової функції обрано час адаптації пасажира як робітника певної галузі матеріального або нематеріального виробництва, яка передбачає мінімізацію такого часу.

Виходячи з аналізу методів визначення транспортної втоми, можна дійти висновку, що медичні інструментальні методи мають низку значних недоліків, що обмежують їх застосування, а саме: використання коштовного медичного обладнання; потреба у спеціальної медичній освіти для отримання і правильного тлумачення даних, отриманих у вигляді кардіограм або електроенцефалограм.

В той же час, використання тестових методів у вигляді анкет має очевидні переваги, а саме: не потребує коштовного медичного обладнання, дозволяє охопити великі групи людей, забезпечує прийнятну формалізацію результатів; мінімум впливу дослідника на опитуваного; оперативність; економію коштів і часу, дозволяє

проводити виключення помилок, суб'єктивності думок респондентів та перевірку надійності отриманих результатів методами математичної статистики.

## ДЖЕРЕЛА


1. Аганянц Е. К. Физиология человека / Е. К. Аганянц. — М. : Сов. Спорт, 2001. – 336 с.
2. Баевский Р.М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р.М. Баевский. – М. : Наука, 1984. – 222 с.
3. Вакуленко Е. Е. К вопросу о выборе марки пассажирских транспортных средств для обслуживания городских маршрутов в условиях конкуренции на рынке автотранспортных услуг / Е. Е. Вакуленко, В. Ф. Харченко // Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта, 2008. № 25. – С. 185 – 188
4. Вініченко В.С. Аналіз факторів і умов, які впливають на якість пасажирських перевезень на міському пасажирському транспорті / В.С. Вініченко, І.Ю. Тарасюк // Комунальне господарство міст. – 2011. – № 99. – С. 369 – 374.
5. Григорова Т.М. Мониторинг влияния параметров поездки на изменение транспортной утомляемости пассажиров пригородного сообщения / Т.М. Григорова, Ю.А. Давидич, В.К. Доля // Вісник НТУ "ХПІ" №14 (1123), 2015. – С. 120 – 124.,
6. Григорова Т.М. Проектирование пригородных автобусных станций и транспортная утомляемость пассажиров / Т.М. Григорова // Вестник Национальной ассоциации ученых Украины, № III (8). – 2015. – С. 46 – 47.
7. Григорьева М.В. Психология труда / М.В. Григорьева. – М. : Высшее образование, 2006. – 270 с.
8. Гюлев Н. У. Выбор рационального количества автобусов на маршрутах города с учетом влияния человеческого фактора [Текст]: дис… канд. техн. наук : 05.21.01 / Низами Уруджевич Гюлев. – Харьков, 1993. – 174 с.

9. Давідіч Ю. О. Розробка розкладу руху транспортних засобів при організації пасажирських перевезень / Ю.О. Давідіч. – Харків: ХНАМГ, 2010. – 345 с.
10. Доля В. К. Пасажирські перевезення / В. К. Доля. – Харків : Форт, 2010. – 504 с.,
11. Доля В. К. Пасажирські перевезення / В. К. Доля. – Харків: Форт, 2015. – 504 с.
12. Доля В.К. Методы организации перевозок пассажиров в городах / В.К. Доля. – Харьков : Основа, 1992. – 144 с.
13. Доля В. К. Теоретические основы и методы организации маршрутных автобусных перевозок пассажиров в крупнейших городах: Автореф. дисс. … д-ра техн. наук: 05.22.10. – М.: МАДИ, 1993. – 42 с.
14. Доля В.К. Цільова функція вибору пасажиромісткості транспортних засобів на міських маршрутах / В.К. Доля, Д.П. Понкратов //Збірник наукових праць УкрДУЗТ, 2016, вип. 165. – С. 59 – 68
15. Елисеев М.Е. О проведении обследований городских автобусных маршрутов с целью их последующего моделирования / М.Е. Елисеев, А.В. Липенков, О.А. Маслова // Автотранспортное предприятие. – 2012. – № 1. – С. 42 – 44.
16. Ефремов И.С. Теория городских пассажирских перевозок / И.С. Ефремов, В.М. Кобозев, В.А. Юдин. – М.: Высшая школа, 1980. – 535 с.
17. Ильина И.Н. Экономика городского хозяйства / И. Н. Ильина. – М. : Кнорус, 2016. – 248 с.
18. Крушельницька Я.В. Фізіологія і психологія праці / Я.В. Крушельницька. – К.: КНЕУ, 2003. – 367 с.
19. Кужель В.П. Визначення рівня якості пасажирських перевезень з позиції пасажира / В.П. Кужель, А.П. Іщенко, М.О. Бишко // Вісник СНУ ім. Володимира Даля. – 2013. – № 15 (204). – С. 12 – 16.
20. Кучеренко В.З. Применение методов статистического анализа для изучения общественного здоровья и здравоохранения / В.З. Кучеренко. – Ульяновск: Геотар-Мед, 2004. – 192 с.
21. Леонова А.Б. Функциональные состояния и работоспособность человека в профессиональной деятельности / А.Б. Леонова, А.С. Кузнецова. – В кн. :

Психология труда, инженерная психология и эргономика. – М. : Юрайт, 2015. – 619 с.
22. Лившиц В.Н. Системный анализ экономических процессов на транспорте. – М.: Транспорт, 1986. – 240 с.
23. Мармоза А.Т. Теорія статистики / А.Т. Мармоза. – К. : Центр учбової літератури, 2013. – 592 с.
24. Медведєв В. И. Физиологические принципы разработки режимов труда и отдыха / В. И. Медведєв. – Л. : Наука, 1984. – 140 с.
25. Минин К.П. Социальные нормативы качества обслуживания пассажиров в планировании развития городского пассажирского транспорта / К.П. Минин, В.В. Инишева // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов. Тезисы докладов III научно-практической конференции (г. Екатеринбург, 13 – 15 июня 1996 г.). – Екатеринбург, 1996. – С. 26 – 27.
26. Минько А. А. Статистический анализ в MS Excel / А. А. Минько. – М. : Изд. дом “Вильямс”, 2004. — 448 с.
27. Митропольский А. К. Техникастатистическихвычислений / А. К. Митропольский. – М. : Наука, 1971. – 578 с.
28. Михайлов А.С. Управление рынком городских перемещений / А.С. Михайлов. – Алма-Аты : НИЦ “Гылым”, 2003. – 237 с.
29. Очеретенко С.В. Учет влияния функционального состояния пассажира при выборе им маршрута следования / С.В. Очеретенко, А. Авуа // Комунальне господарство міст, 2014, вип. 118. – С. 82 – 85.
30. Понкратов Д. П. Вибір пасажиромісткості транспортних засобів для роботи на міських маршрутах [Текст] / Д. П. Понкратов, Г. І. Фалецька, А. Т. Піпія // Комунальне господарство міст: наук.-техн. зб. − Харків: Техніка, 2014. – Вип. 116. – С. 93 – 96.
31. Понкратов, Д. П. Вибір пасажирами шляху пересування у містах [Текст] /Д.П. Понкратов, Г.І. Фалецька. – Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2015. – 164 с.
32. Правдин Н.В. Исследование влияния длительности поездки пассажира к месту работы на производительность труда и методики определения стоимости пассажиро-часа /Н.В. Правдин // Труды БИИЖТ. – 1967. Вып. 61. – С. 32 – 37.

33. Психофизиология / Под ред. Ю. И. Александрова. — СПб. : Питер, 2014. — 464 с.
34. Рыженко Л.И. Обоснование нормативов качества обслуживания пассажиров городским транспортом / Л.И. Рыженко, Н.Н. Прокопенко // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов. Тезисы докладов III научно-практической конференции (г. Екатеринбург, 13 – 15 июня 1996 г.). – Екатеринбург, 1996. – С. 23 – 25.
35. Самарский А.А. Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. – М. : Физматлит, 2001. – 320 с.
36. Сегединов А.А., Кабакова С.И. Социально-экономические аспекты подземной урбанизации // А.А. Сегединов, С.И. Кабакова. / Городское хозяйствово Москвы. – 1975. – № 8. – С. 12– 14.
37. Сорокин А.А. Пассажирский транспорт – механизм развития социально-экономической инфраструктуры города // Сорокин А.А., Касторнова Т.А. // Материалы 49-й научно-методической конференции “Университетская наука – региону”. – Ставрополь : Издательство СГУ, 2004. – С. 89 – 91.
38. Тавокин Е.П. Основы методики социологического исследования / Е.П. Тавокин. – М. : ИНФРА-М, 2009. — 239 с.
39. Толоконцев Н.А. Здоровье человека и абиологические тенденции в современных условиях и образе жизни. Общественные науки и здравоохранение // Н.А. Толоконцев. – М. : Наука, 1987. С. 126 – 139.
40. Томсен А.А. Экономическая оценка транспортной усталости / А.А. Томсен //Проблемы больших городов. Обзор. № 47. – М.: ГОСИНТИ, 1971 – 10 с.
41. Фалецкая Г.И. Вероятност ьвыбора пассажирами пути следования при городских пассажирских перевозках / Г.И. Фалецкая. Коммунальное хозяйство городов, 2008. №81. – С. 316 – 321.

# ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ ТА СИСТЕМ

# РОЗРОБКА ПРАКТИЧНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ КОМБІНОВАНОГО РЕЖИМУ РУХУ НА АВТОБУСНИХ МАРШРУТАХ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Система BRT (BusRapidTransit) – є новим типом високоефективної системи автобусного сполучення та комплексною системою масового обслуговування, що поєднує в собі елементи автобусного маршрутного обслуговування та обслуговування метрополітеном. Впровадження системи BRT (рис. 1, 2) в містах сприяє зменшенню транспортних заторів, ефективному зменшенню витрат на проїзд, покращенню якості, ефективності перевезень, завдяки чому його переваги стають ефективним способом поліпшити стан міського руху [1 - 3].

Швидкісний автобус або Метрóбус (англ. Bus rapid transit, BRT) – спосіб організації автобусного (або тролейбусного) повідомлення, що відрізняється більш високими експлуатаційними характеристиками в порівнянні зі звичайними автобусними маршрутами (швидкість, надійність, провізна здатність). За деякими параметрами (зокрема, по швидкості) системи швидкісного автобусного транспорту можна порівняти з системами швидкісного трамвая. Огляд принципів формування та складових BRT системи (рис. 1) показує, що в деяких випадках вона має схожі показники з громадським транзитом (експресним рухом), при цьому дана система має унікальні характеристики(рис. 2) [1 - 5].

Від звичайних систем автобусного транспорту, швидкісні системи відрізняються наступними особливостями (рис. 2). Організація системи зупинок (рис. 2, 3) сприяють більш швидкій посадці пасажирів в автобус, оскільки перевірка і покупка квитків здійснюється до посадки в автобус [1 - 5].

Для покращення обслуговування пасажирів системами BRT існує стандарт [5], що встановлює загальне визначення BRT і визначає кращі приклади систем BRT в світі. BRT стандарт – це інструмент оцінки для BusRapidTransit систем по всьому світу, що оснований на кращих міжнародних практиках.

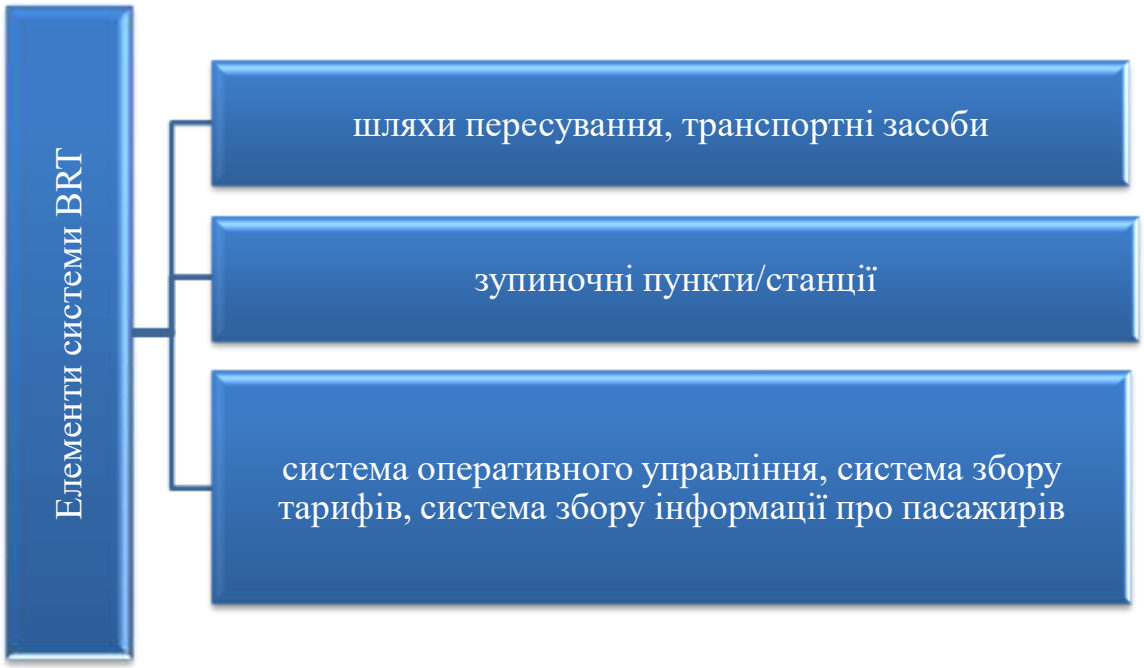



Рисунок 1. Основні елементи системи BRT [1 - 4]

Рисунок 2. Особливості системи BRT [1 - 5]

Рисунок 3. Організація системи BRT у м. Гуанчжоу, Китай [1 - 5]

Стандарт встановлює загальне визначення BRT і визначає кращі приклади систем BRT в світі.

Стандартом визначено п’ять основних характеристик систем BRT (рис. 4) [5].

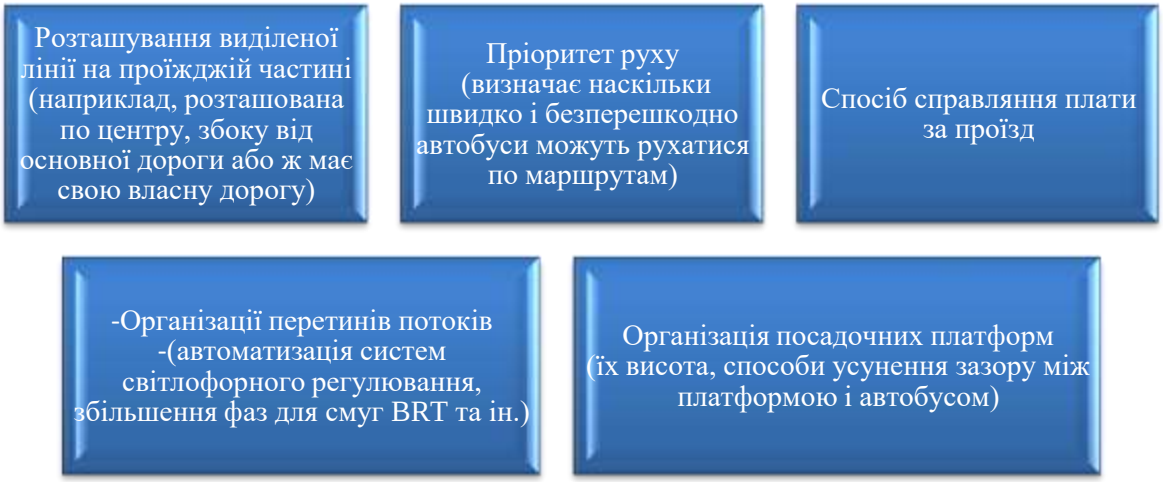



Рисунок 4. П’ять основних характеристик систем BRT відповідно до стандарту [5]

На рис. 5 наведені додаткові характеристики, що визначають найвищі стандарти системи.

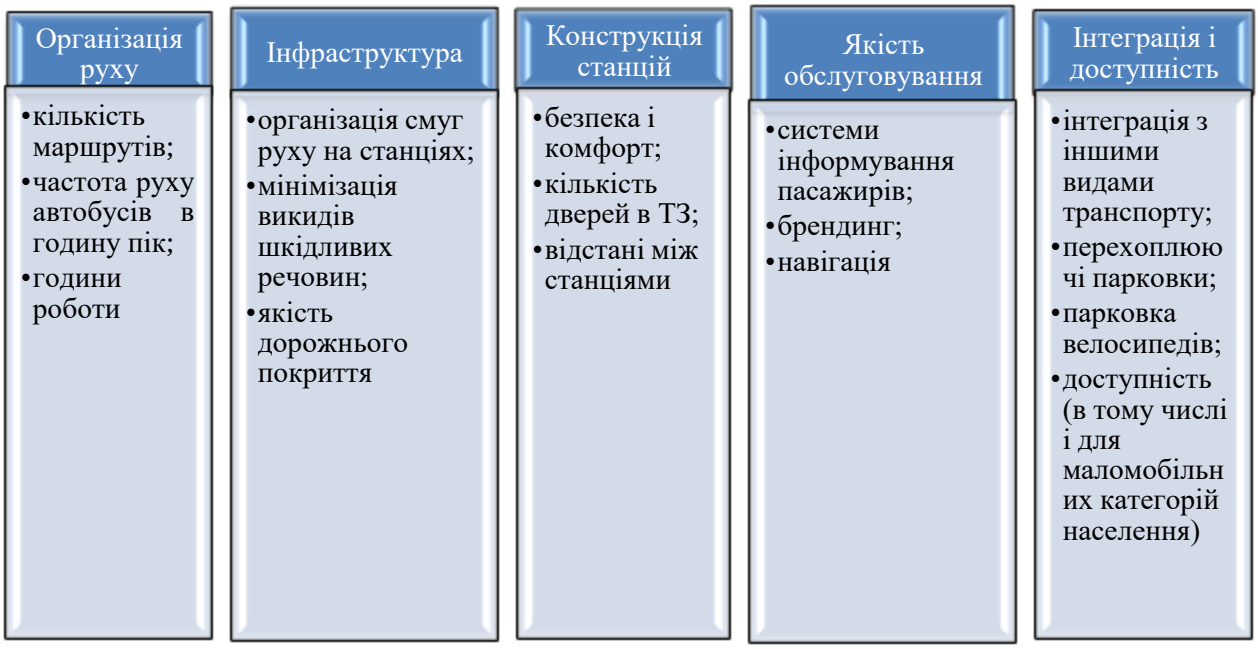



Рисунок 5. Характеристики, що визначають найвищі стандарти системи BRT [5]

На основі всіх показників системам призначаються бали, загальна сума яких визначає положення в рейтингу та присвоєння відповідного ступеню: стандарт, бронза, серебро и золото. BRT може бути ефективною послугою перевезення пасажирів, особливо для міст у країнах, що розвиваються, де існує велике населення, яке залежить від транзиту, і фінансові ресурси обмежені [1-5]: м. Гуанчжоу (Китай), м. Богота (Колумбия), м. Курітіба (Бразилия), м. Ріо-де-Жанейро (Бразилия), м. Ліма (Перу), м. Гвадалахара (Мексика), м. Медельїн (Колумбія), м. Делі (Індія), м. Джакарта (Індонезія) та ін.

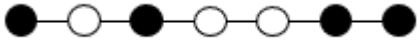
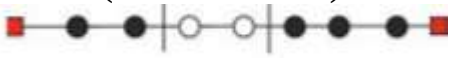
Для покращення якості роботи BRT розглядаються комбіновані схеми оптимізації та планування руху. Результати експериментів показують, що загальна вартість значно зменшується після використання комбінованих стратегій плануванняна кшталт системи BRT. При організації руху за системою BRT планується частота руху ТЗ для кожного маршруту, а саме обчислюється пробіг та інтервали руху. Відповідно до форми експлуатації транспортного засобу BRT та кількості зупинок, планування регулярно поділяється на три форми: звичайне планування, зональне планування та експресне планування. З нормальною формою розкладу транспортні засоби курсують за маршрутом та зупиняються на кожній станції від початкової зупинки до кінця.

Зональне планування – зупиняються у межах зони з високою інтенсивністю руху, тоді як для експрес-розкладу транспортні засоби зупиняються лише на певних станціях зі значним обсягом перевезень (табл. 1) [6].

Відповідно до Закону України «Про автомобільний транспорт» від 23 лютого 2006 р. №3492-IV існують наступні режими руху автобусів [7]: звичайний та експресний режим руху(табл. 1).

Таблиця 1

**Особливості режимів руху автобусів**

| Система BRT | Закону України «Про автомобільний транспорт» від 23 лютого 2006 р. №3492-IV |
|---|---|
| Звичайне планування руху (Normal schedule) | Звичайний режим руху |
| Експрес планування (Express schedule) | Експресний режим руху  |
| Зональне планування (Zone schedule)  | |
| –зупиночний пункт, де зупиняються автобуси | |

Однією з проблем планування BRT є визначення зупиночних пунктів для зупинки ТЗ різних форм організації руху. Ця проблема називається проблемою комбінації планування для автобусів. Більшість досліджень зосередилися на традиційному плануванні руху ТЗ, для систем BRT ця проблема є мало дослідженою. Вирішення даної задачі розглядалось в роботах [6]. Методи рішення зазвичай евристичні. Проектування та призначення зупиночних пунктів для BRT відповідних форм руху є дуже важливим завданням планувальників транспорту. В роботах запропоновано метод, що забезпечує оптимальне комбінацію руху ТЗ за рахунок мінімізації загальної вартості (включаючи час очікування, час у дорозі, вартість операції BRT) [6].

Впровадження швидкісних режимів руху чи систем подібних BRT потребує врахування історичної побудови, призначення районів та міста в цілому, типу транспортної мережі, щільності забудови та інше.

На автобусних маршрутах МПТ можливе створення комбінованих режимів руху, що є сукупністю звичайного і експресного режимів руху.

Для удосконалення організації руху на автобусних маршрутах міста Харкова пропонується впровадження комбінованого режиму руху (організація руху подібна до BRT системи), що складається з поєднання звичайного та експресного режимів з виділенням спеціальної смугу руху та додержання умов, при яких може бути організоване експресне сполучення на маршрутах міста (рис. 6).

| | |
|---|---|
| Експресне сполучення на маршруті може бути організовані при виконанні таких умов: | • дорожня мережа та організація руху дозволяє обгони одиночних автобусів іншими;<br>• пасажиропотік має достатню інтенсивність для організації швидкісних або експресних рейсів з прийнятним інтервалом руху автобусів (не більше 15хв.), або разових рейсів. |

Рисунок 6. Умови організації експресного сполучення [8]

При впровадженні комбінованого режиму руху автобусів у міському сполученні пропонується розглядати наступну цільову функцію[9 - 12]:

$$Z = Z^{(n)} + Z^{(ex)} \Big/ N^{(n)} + N^{(ex)} = const \to min, \qquad (1)$$

де $Z^{(n)}$, $Z^{(ex)}$ – загальні витрати при звичайному та експресному русі на маршруті відповідно, грн./пас.;

$N^{(n)}$ – кількість ТЗ, що працюють в звичайному режимі руху, од.;

$N^{(ex)}$ – кількість ТЗ, що працюють в експресному режимі руху, од..

У повному розгорнутому вигляді цільову функцію (2) можна записати у наступному вигляді [9 - 12]:

$$Z = \frac{\tau \cdot N^{(n)}\left(E_{ET}^{variable} \cdot V_e^{(n)} + E_{TE}^{permanent}\right) + \left(RI_{pas1}^{(n)} \cdot Q_1^{(n)} + RI_{pas2}^{(n)} \cdot Q_2^{(n)}\right)}{Q_{total}^{(n)}} + \frac{\tau \cdot N^{(ex)}\left(E_{ET}^{variable} \cdot V_e^{(ex)} + E_{TE}^{permanent}\right) + \left(RI_{pas1}^{(ex)} \cdot Q_1^{(ex)} + RI_{pas2}^{(ex)} \cdot Q_2^{(ex)}\right)}{Q_{total}^{(ex)}} + \to \min$$

$$N^{(n)} + N^{(ex)} = const \qquad (2)$$

де $N^{(n)}$ – кількість ТЗ, що працюють в звичайному режимі руху, од.;

$N^{(ex)}$ – кількість ТЗ, що працюють в експресному режимі руху, од.;

$E_{TE}^{variable}$ – змінні витрати транспортного підприємства, грн./км;

$E_{TE}^{permanent}$ – постійні витрати транспортного підприємства, грн./год.;

$\tau$ – тривалість розрахункового періоду, год.;

$V_e^{(n)}$, $V_e^{(ex)}$ – експлуатаційна швидкість на маршруті при звичайному та експлуатаційному режимах руху відповідно, км/год.;

$RI_{pas1}^{(n)}$, $RI_{pas2}^{(n)}$, $RI_{pas1}^{(ex)}$, $RI_{pas2}^{(ex)}$ – зниження доходу пасажира внаслідок транспортного пересування при звичайному та експресному режимах русі в прямому та зворотному напрямках відповідно, грн./пас.;

$Q_1^{(n)}$, $Q_2^{(n)}$, $Q_1^{(ex)}$, $Q_2^{(ex)}$ – обсяг перевезень на маршруті в прямому та зворотному напрямках при звичайному та експресному режимах руху відповідно, пас;

$Q_{total}^{(n)}$, $Q_{total}^{(ex)}$ – загальний обсяг перевезень при звичайному та експресному режимах руху відповідно, пас..

Схема оцінки ефективності впровадження комбінованого режиму руху з можливостю виділення спеціальної смуги руху на автобусних маршрутах м. Харкова представлена на рис. 6.1.6 [9 - 12].

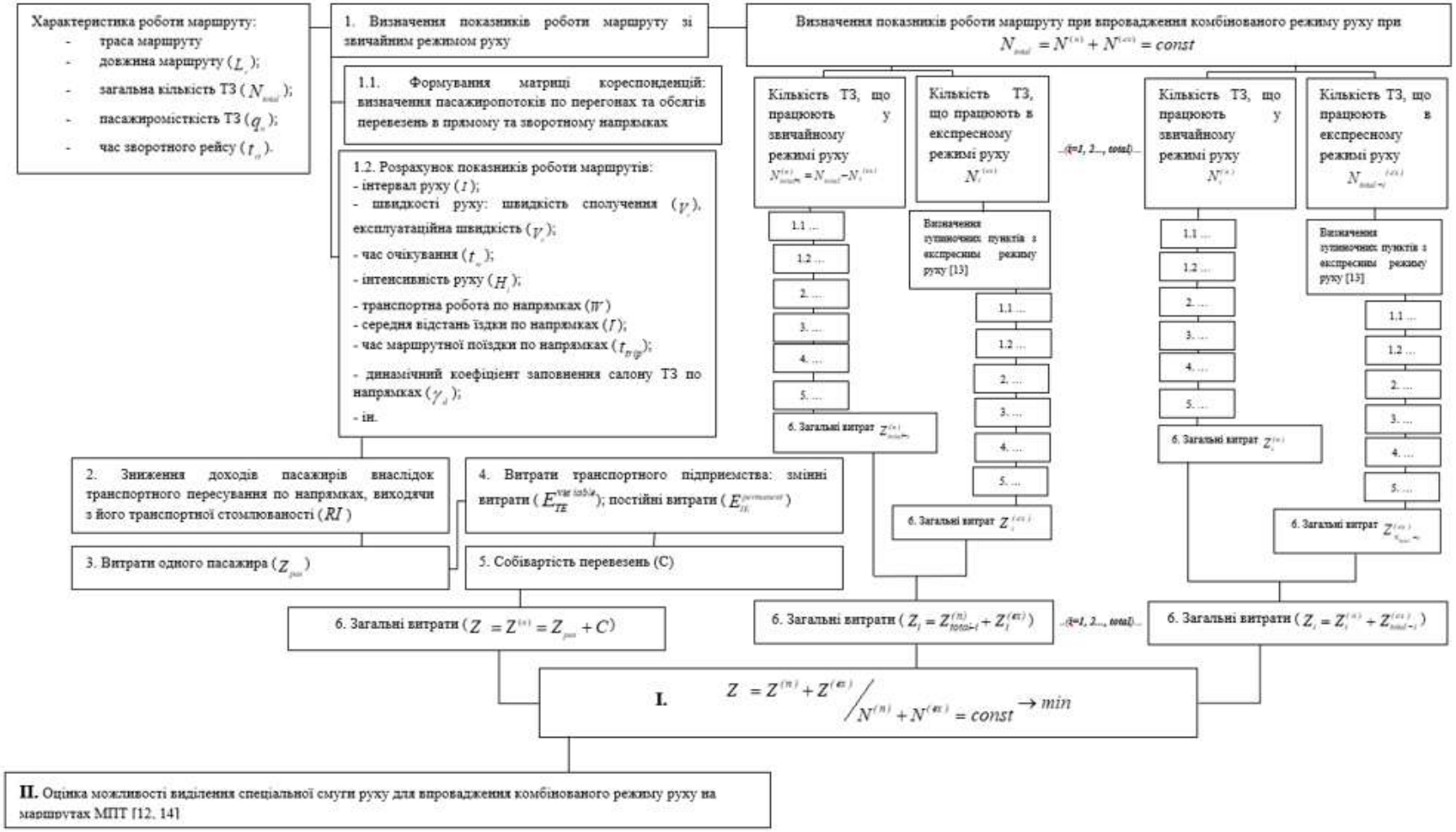



Рисунок 6. Оцінка ефективності впровадження комбінованого режиму руху при різному співвідношенні ТЗ, що працюють в звичайному та експресному режимах руху з оцінкою можливості виділення спеціальної смуги руху [9 – 12, 14]

Виходячи з представлених умов для організації експресного режиму руху (рис. 6) при організації комбінованого режиму руху необхідно розглянути дорожню мережу, де відбувається відповідне маршрутне сполучення, на предмет можливості обгону одиночних автобусів іншими. При організації комбінованого режиму руху на кшталт BRT системи потрібно провести оцінку можливості виділення спеціальної смуги руху з урахуванням чинників та за підходом, що представлені в роботі [7, 8].

В м. Харкова відповідно до нумерації маршрутів автобусного сполучення [9 - 12], а саме наявності букви «е» в номері маршруту, що свідчить про експресний режим руху, близько 90% автобусних маршрутів працюють в експресному режимі руху. Дослідження організації руху на таких маршрутах свідчить, що відповідно до Закону України «Про автомобільний транспорт», організація руху на автобусних маршрутах м. Харкова відповідає звичайному режиму рух (табл. 1). Для конкретних маршрутів Шевченківського (№ 88е), Індустріального (№ 42е), Слобідського (№ 226е) районів м. Харкова з відповідною нумерацією (наявність букви «е» в номері маршруту) було проведено дослідження показників роботи маршрутів і виявлено наступне[9 - 12]:

- не відповідність організації руху на маршрутах умовам організації експресного руху;
- інтервали руху на маршрутах більші за 15 хв.;
- динамічний коефіцієнт використання місткості більший на 1;
- строки служби автомобільних транспортних засобів, що працюють на маршрутах міста, значно підвищують нормативні і т.і.

Така ситуація впливає на якість та зручність обслуговування пасажирів, рівень безпеки та екологічність [9 - 12], тому була проведена оцінка ефективності впровадження комбінованого режиму руху при різному співвідношенні ТЗ, що працюють в звичайному та експресному режимах руху [9 - 12].

Запропонований підхід щодо оцінки ефективності впровадження комбінованого режиму руху при різному співвідношенні ТЗ, що працюють в звичайному та експресному режимах руху на маршрутах МПТ враховує інтереси підприємства, за рахунок врахування витрат на перевезення, та інтересів пасажирів, за рахунок врахування їх транспортного стомлення під

час пересування та зниження доходу пасажира внаслідок транспортного пересування (рис. 6) [9 - 12].

Під час проведення оцінки ефективності впровадження комбінованого режиму руху при різному співвідношенні ТЗ, що працюють в звичайному та експресному режимах руху, оцінено зміну показників роботи маршрутів [9 - 12]. Для маршрутів, що розглядались, можна зробити висновок, що загальні витрати при впровадженні комбінованого режиму руху з оптимальним співвідношенням ТЗ, що працюють в звичайному режимі, та ТЗ, що працюють в експресному, зменшуються в середньому на 36% від максимального значення. Слід зазначити, що оптимальне співвідношення для кожного маршруту є різним в залежності від характеристик і показників роботи маршрутів.

На прикладі автобусного маршруту № 226е Слобідського району м. Харкова розглянуто визначення економічної, екологічної доцільності впровадження комбінованого режиму руху на автобусних маршрутах міського пасажирського транспорту з урахуванням необхідності виділення окремої смуги руху [11, 12, 14].

Отримані показники роботи маршруту № 226е м. Харкова під час натурних спостережень та використання пропонованої математичної моделі (2) доцільності впровадження комбінованого режиму руху на маршрутах міста [11, 12, 14], дозволили отримати залежність зміни витрат підприємства на організацію транспортного процесу, зміни собівартості перевезень, залежності зміни доходу пасажира та зміну загальних витрат при різному співвідношенні транспортних засобів, що працюють в звичайному та експресному режимах руху. Отримані залежності вказують на те, що при організації комбінованого режиму руху на маршруті № 226е, раціональним співвідношенням кількості транспортних засобів є 4 автобуси, що працюють у звичайному режимі, та 2 – у експресному. При такому співвідношенні загальні витрати мінімальні, що задовольняє як інтереси транспортного підприємства, так й інтереси пасажирів. Оцінка можливості виділення окремої (спеціалізованої) смуги руху на трасі автобусного маршруту №226е з урахуванням кількості смуг руху та інтенсивності транспортних потоків вказує на те, що впровадження виділеної (спеціалізованої) смуги руху для маршрутів МПТ впливає на зменшення ймовірності виникнення ДТП, підвищуючи рівень безпеки руху по маршруту [12, 14].

## ДЖЕРЕЛА


1. Ceder A. Public transit planning and operation: theory, modeling and practice / A. Ceder. – Oxford: Elsevier. – 2007. – 626 p.
2. Buses with High Level of Service. Fundamental characteristics and recommendations for decision-making and research. Results from 35 Europeancities [Text] // European cooperation in science and technology, 2011. – 180 p.
3. BusRapidTransit [Text] // Volume 1: Case Studies in BusRapidTransit: Transportation research board – Washington, 2003. – 62 p.
4. Bus Rapid Transit Стандарт. Режим доступу: [https://subbotazh.livejournal.com/5425.html]
5. Robert Cervero Bus Rapid Transit. An Efficient and Competitive Mode of Public Transport – University of California Berkeley, USA, 2013. – 36 p.
6. Quang Thuan Nguyen, Nguyen Ba Thang Phan Scheduling Problem for Bus Rapid Transit Routes - Advanced Computational Methods for Knowledge Engineering. Springer International Publishing Switzerland 2015. – pp. 69 – 79. Режим доступу: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-17996-4_7]
7. Закон України „Про автомобільний транспорт” від 23 лютого 2006 р. №3492-IV.
8. Вакуленко К. Є.Управління міським пасажирським транспортом: навч.посібник / К. Є. Вакуленко, К. В. Доля; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ваім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім.О. М. Бекетова, 2015. – 257 с.
9. Вакуленко Е. Е. Организация комбинированного режима движения на маршрутах городского пассажирского транспорта / Е. Е. Вакуленко, Н. А. Соколова // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов : сб. науч. тр. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: Ф. А. Романюк [и др.]. – Минск, 2016. – С. 3–12.
10. Вакуленко К. Є. Адаптація принципів міської логістики до організації пасажирських перевезень / К. Є. Вакуленко, Н. А. Соколова, Н. В. Шиллє// Комунальне господарство міст : науково-технічний зб., серія «Технічні науки та архітектура» /

Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім.. О. М. Бекетова.– 2017. - №134 – С. 113 – 121.

11. Вакуленко К. Є. Оцінка доцільності організації комбінованого режиму руху на міських маршрутах з урахуванням впровадження виділеної смуги руху / К. Є. Вакуленко, О. І. Лежнева, Н. А. Соколова, Н. В. Шиллє // Комунальне господарство міст : науково-технічний зб. / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім.. О. М. Бекетова.– 2020. – Том 1 №154 – С. 253 – 260.
12. Екологічні аспекти автотранспортного комплексу : монографія / І. Е. Линник, О. І. Лежнева, К. Є. Вакуленко, Н. А. Соколова та ін. – Харків : Видавництво «Стильна типографія», 2020. – 194 с.
13. Спирин И. В. Городские автобусные перевозки : [справочник] / И. В. Спирин. – М.: Транспорт, 1991. – 237 с.
14. Вакуленко К.Є. Доцільність використання виділеної смуги руху для міських автобусних маршрутів / К. Є. Вакуленко, О. І. Лежнева, Н. А. Соколова // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – Серія : Динаміка, міцність та проектування машин і приладів. – 2019. – № 911. – С. 74-78.

# РОЗРОБКА ТА НАПРЯМИ РЕАЛІЗАЦІЇ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНОГО МЕХАНІЗМУ УПРАВЛІННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИМ КАПІТАЛОМ

Для управління інтелектуальним капіталом транспортних підприємств, важливо розробити й застосовувати організаційно-економічний механізм.

Наукові дослідження зарубіжних і вітчизняних авторів можна умовно згрупувати за такими основними напрямами:

визначення організаційно-економічного механізму управління інтелектуальним капіталом підприємств;

характеристика напрямів формування організаційно-економічного механізму управління інтелектуальним капіталом підприємств на транспортних підприємствах;

визначення особливостей реалізації організаційно-економічного механізму управління інтелектуальним капіталом підприємств.

Однак, попри теоретичну та практичну потребу розв'язати проблему управління інтелектуальним капіталом на підприємствах на основі відповідного організаційно-економічного механізму управління інтелектуальним капіталом підприємств, на низькому рівні досліджено напрями формування й реалізації цього механізму, а наявні роботи щодо вирішення окремих завдань не відображають сучасного інструментарію, зважаючи на особливості транспортного підприємства.

Наукові публікації окремих авторів фокусують увагу на системних характеристиках визначення організаційно-економічного механізму управління. Так, І. Біла та П. Єгоров визначають його як систему формування цілей та стимулів, які дають змогу перетворювати під час трудової діяльності динаміку матеріальних та духовних потреб суспільства на динаміку засобів виробництва та кінцевих результатів виробництва, направлених на цілковите й ефективне задоволення цих потреб [1]. Такі характеристики пропонують і О. Єрмаков, В. Кушнірук, О. Шебаніна, які зосереджують увагу на системі організаційних та економічних форм і методів ведення господарства, що спонукає підвищити ефективність функціонування виробничих систем і спрямовує на свідоме використання економічних законів і досягнення

поставлених стратегічних завдань суб'єктами підприємницької діяльності [2].

Л. Транченко та Л. Баластрик, визначаючи організаційно-економічний механізм управління, характеризують його як систему організації й управління, що містить певну сукупність взаємопов'язаних організаційно-правових, економічних та мотиваційних методів, які мають специфічні особливості в конкретних умовах суспільного виробництва [3].

У контексті визначеного підходу заслуговує на увагу точка зору О. Єрьоменко-Григоренко, яка розглядає організаційно-економічний механізм управління господарської діяльності підприємства як сукупність підсистем соціально-економічних і організаційно-економічних відносин, складених з блоків і відповідних їхньому змісту елементів, особливості наповнення яких відповідають рівню розвитку соціально-економічних устроїв [4].

О. Карпенко та І. Семиволос характеризують організаційно-економічний механізм управління капіталом підприємства як систему взаємозалежних організаційно-економічних елементів (принципів, методів управління, організаційних форм, норм і нормативів), а також спеціальних функцій управління, спрямованих на досягнення цілей, пов'язаних із забезпеченням постійного відтворення капіталу на основі встановлення оптимальних параметрів його обсягу і структури, ефективного використання та організації обороту [5].

Особливе значеннямають розробки А. Куценка, який пропонує визначати організаційно-економічний механізм управління ефективністю діяльності підприємства з позиції оптимальності сукупності форм, структур, методів, засобів і функцій управління, яка формує через економічні важелі його відносини з зовнішнім середовищем із метою забезпечення цілеспрямованого оперативного регулювання діяльності за напрямами управління ефективністю для відповідності фактичного стану підприємства заданим параметрам [6].

О. Селезньова розглядає організаційно-економічний механізм управління через:

організаційні складники (організаційна структура, управління, регламентування, нормування, інструктування, розподіл між структурними підрозділами та працівниками повноважень та обов'язків і відповідальності та ін.);

економічні складники – зовнішні (ціноутворення, кредитування, фінансування, страхування, бюджетування та ін.) та внутрішні (розрахунок рентабельності, прибутковості, собівартості, планування тощо) [7].

Як систему розглядають організаційно-економічний механізм Ю. Лисенко та П. Єгоров, які характеризують його з позиції формування цілей і стимулів, що дає змогу трансформувати матеріальні та духовні потреби суспільства в засоби виробництва й кінцеві результати для задоволення попиту населення [8].

У контексті визначення організаційно-економічного механізму як системи заслуговують на увагу розробки К. Мамонова, який характеризує його через систему принципів, методів, важелів та інших інструментів, що функціонують відповідно до встановлених норм і правил у межах наявних соціально-економічних відносин, спрямованих на забезпечення ефективної взаємодії зацікавлених осіб (управлінці різного рівня, персонал, інвестори, партнери, органи державного управління, кредитні установи, социз) на основі використання комбінованих систем інформаційного захисту, які, вирішуючи свої локальні цілі, забезпечують зростання брендового капіталу як одного з важливих чинників розвитку будівельних компанії [9].

Така точка зору наявна в роботах Є. Грицькова, який визначає організаційно-економічного механізму управління інтелектуальним капіталом підприємств як сукупність організаційних, економічних, соціальних, технічних складових, які визначаються високим рівнем взаємозалежності та взаємодії, у межах якого враховуються напрями і особливості формування й використання елементів інтелектуального капіталу, його оцінки, що дозволяє розробити управлінські рішення для зростання ефективності формування і використання інтелектуального капіталу на будівельних підприємствах [10].

Варто відзначити й розробки Т. Момот, яка зауважує: «Під організаційно-економічним механізмом корпоративного управління холдинговими компаніями розуміємо систему взаємопов’язаних принципів, методів та алгоритмів управління, форм організації, норм і нормативів, спрямованих на досягнення стратегічних цілей холдингової компанії, пов’язаних з максимізацією ринкової капіталізації та підвищенням соціальної відповідальності компанії перед трудовим колективом і суспільством шляхом зміцнення

корпоративних принципів управління» [11]. Аналогічні положення подано в роботах Т. Безрукової, Н. Калюжної, Л. Піддубної [12; 13; 14].

З позиції ієрархічності та місця у виробничо-господарському процесі О. Паламарчук визначає організаційно-економічний механізм управління як такий, що містить певну сукупність економічних та організаційних складових, взаємодія яких спрямована на забезпечення ефективності й конкурентоспроможності [15].

Щодо визначення організаційно-економічного механізму управління показовою є точка зору Р. Русина-Гриника, який характеризує такі принципи його управління:

– «врахування дії економічних законів ринкових відносин, що дасть змогу підвищити ефективність використання ресурсів підприємства;

– врахування дії законів організації структур і процесів, що дасть змогу підвищити якість управління;

– дотримання вимог сукупності наукових підходів до управління, орієнтація на певні ринки та потреби;

– застосування сучасних інформаційних технологій для системноїй комплексної автоматизації управління;

– застосування сучасних методів аналізу, прогнозування, нормування, оптимізації;

– орієнтація на кількісні методи оцінки, контролю й оперативного управління підприємством;

– застосування в системі управління стратегічного маркетингу, мотивації та регулювання» [16].

На принципах щодо формування організаційно-економічного механізму управління зосереджує увагу С. Тульчинська [17].

Узагальнюючи відповідні дослідження, деякі автори визначають такі принципи формування організаційно-економічного механізму управління: принцип інноваційного характеру розвитку системи; принцип системності; принцип урахування інтересів усіх учасників виробничого процесу; принцип правової захищеності управлінських рішень; принцип ефективного та справедливого управління персоналом; принцип дотримання етики бізнесу; принцип неперервності й надійності; принцип автоматизації управлінських процесів; принцип адаптивності; принцип економічності та ефективності .

Заслуговує на увагу точка зору В. Канащука, який запропонував такий методичний підхід, щоб удосконалити організаційно-економічний механізм управління.

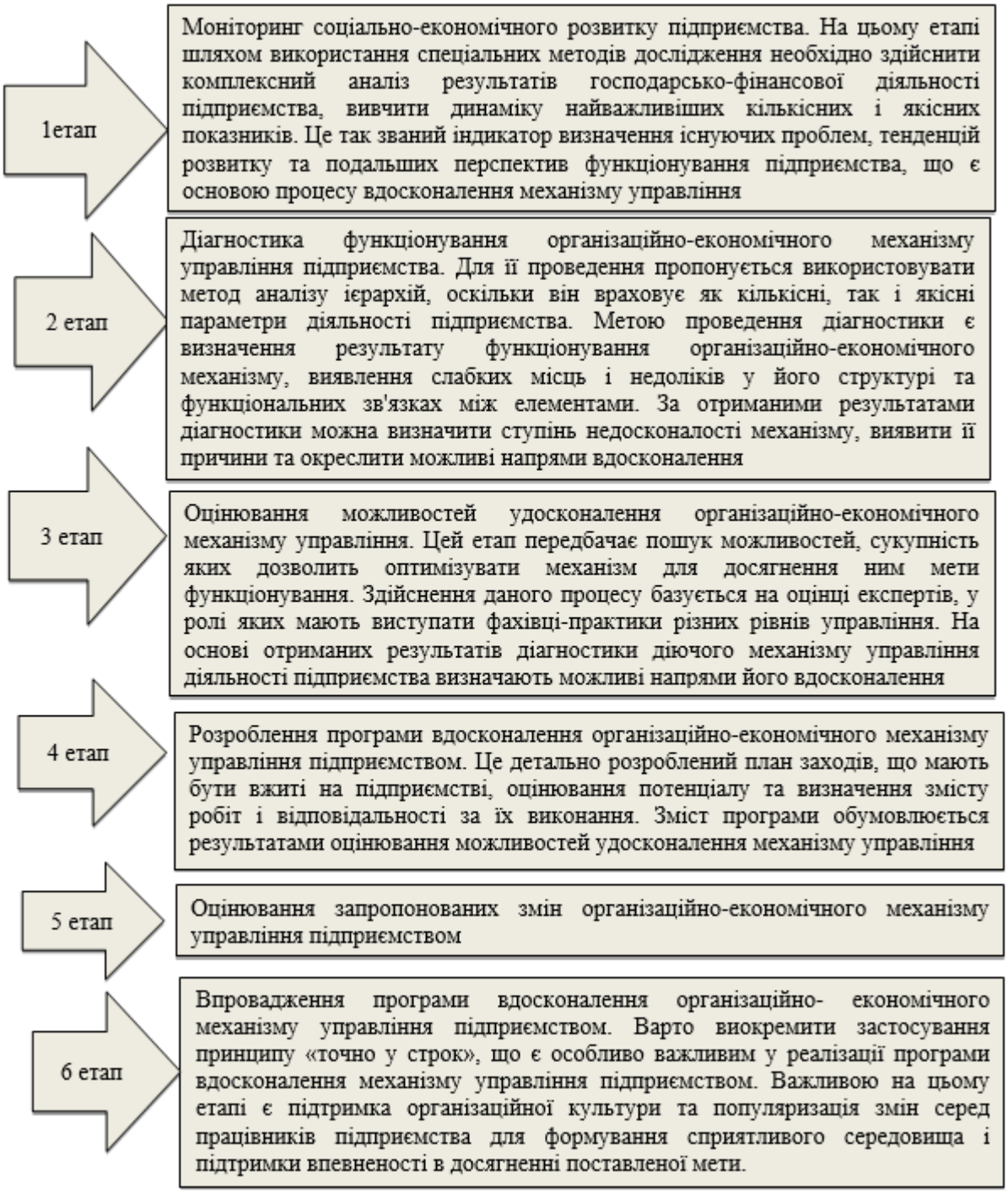



Рисунок 1. Сутність методичного підходу до вдосконалення організаційно-економічного механізму управління на підприємстві [18]

Функціональний підхід до визначення організаційно-економічного механізму управління реалізовано в розробках

Є. Ануфрієвої та Г. Козаченка.

У цьому контексті Є. Ануфрієва визначає його як «комплекс методів, засобів та прийомів, взаємоузгоджених та взаємопов'язаних між собою, які слугують інструментом реалізації управлінської діяльності в системі підприємств, на основі законодавчих актів, що регулюють підприємницьку діяльність, планових документів, орієнтованих на довгострокову перспективу, а також тактичних та оперативних планів, програм, проектів, нормативів та нормативних актів, затверджених вищим керівництвом, які спрямовують та координують діяльність всіх функціональних підрозділів вищезазначеної системи і допомагають забезпечити прийнятний рівень її ефективності, а також система процесів, в основу якої покладено принципи, процедури, заходи та дії, визначені та затверджені, з метою реалізації стратегічних установок» [19].

Г. Козаченко фокусує увагу на відповідних інструментах реалізації організаційно-економічного механізму управління, виділяючи його рівні (організаційний, інформаційний, мотиваційний та правовий) і трансформуючи їх відповідно до мети та особливостей діяльності підприємства [20].

О. Василик та О. Грішнова в межах функціонального підходу зосереджують увагу на елементах організаційного та економічного впливу на управлінський процес для вирішення поставлених цілей та досягнення відповідних результатів [21].

На противагу попереднім підходам деякі автори в контексті визначення організаційно-економічного механізму важливого значення надають характеристиці мети та напрямам її досягнення. У цьому контексті заслуговують на увагу розробки А. Калини, В. Зубенко.

Концепцію організаційно-економічного механізму управління інтелектуальним капіталом розробив О. Кендюхов, який визначає його як саморегулюючу систему елементів та об'єктів управління, у якій відбувається цілеспрямоване перетворення впливу елементів управління на необхідний стан або реакцію інтелектуального капіталу і яка характеризується вхідними впливами у формі зовнішніх вимог і вихідною реакцією у вигляді результатів використання і відтворення інтелектуального капіталу. Отже, основну увагу він фокусує на створенні системи, яка має вхідні й вихідні параметри та дає змогу визначати стан і забезпечувати реалізацію відповідних управлінських дій. Таку точку зору поділяє

О. Чала, яка характеризує ОЕМУІК як саморегулювальну систему, реалізовану через призму стратегічного й оперативного рівнів управління [22].

Отже, систематизувавши зазначені теоретико-методологічні підходи, пропонуємо визначати організаційно-економічний механізм управління інтелектуальним капіталом транспртних підприємств як систему принципів, інструментів, функцій, інших організаційних та економічних важелів, які взаємодіють на основі відповідного нормативно-правового й інформаційно-аналітичного забезпечення щодо зростання ефективності формування інтелектуального капіталу, що створює основу для збільшення рівня взаємодії між різними групами зацікавлених осіб, конкурентоспроможності й результативності діяльності транспортного підприємства.

## ДЖЕРЕЛА


1. Белая И. П., Егоров П. В. Концептуальная модель организационно-экономического механизма управления гибкостью производственных систем. Вісник Донецького університету. Серія В: Економіка і право. Донецьк: ДонНУ, 2004. № 2 С. 7–16.
2. Кушнірук В. С., Єрмаков О. Ю., Шебаніна О. В. Організаційно-економічний механізм ефективного ведення садівництва в аграрних підприємствах регіону: монографія. Миколаїв: МДАУ, 2009. 232 с.
3. Транченко Л. В., Баластрик Л. О. Проблеми удосконалення організаційно-економічного механізму управління підприємством. Теоретичні та прикладні питання економіки: зб. наук. праць. Вип. 7. Київ: Київський університет, 2005. С. 188–195.
4. Єрьоменко-Григоренко О. А. Організаційно-економічний механізм управління господарською діяльністю підприємства: дис….канд. екон. наук: 08.06.01 / НАН України. Ін-т економіки пром-сті. Донецьк, 2000. 188 с.
5. Косінський Р. А. Організаційно-економічний механізм управління капіталом підприємства: автореф. дис...канд. екон. наук: 08.06.01 / Харк. нац. екон. ун-т. Харків, 2005. 20 с.
6. Куценко А. В. Організаційно-економічний механізм

управління ефективністю діяльності підприємства: монографія. Полтава: РВВ ПУСКУ, 2008. 205 с.
7. Селезньова О. О. Сутність організаційно-економічного механізму управління ринковою діяльністю роздрібних торговельних підприємств. URL: www.napks.edu.ua/library/compilations_vak/eiu/2013/1/p_92_97.pdf.
8. Лисенко Ю. О., Єгоров П. Організаційно-економічний механізм управління підприємством. ЕкономікаУкраїни. 1997. № 1. С. 86–87.
9. Мамонов К. А. Організаційно-економічний механізм управління стейкхолдерами будівельних компаній: сутність, структура й інформаційний захист. Економіка та управління підприємствами машинобудівної галузі: проблеми теорії та практики. Збірник наукових праць. Харків: Національний аерокосмічний університетім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» № 2 (14). Квітень-червень, 2011. С. 75–86.
10. Грицьков Є. В. Концептуальні положення щодо визначення організаційно-економічного механізму управління інтелектуальним капіталом будівельних підприємств. Економічний аналіз. 2014. Том 17. № 2. С. 10–17. URL: ecan_2014_17(2)__4.pdf.
11. Момот Т. В., Кадничанський М. В., Лобанов О. А., Рудь Н. В. Вартісно-орієнтований організаційно-економічний механізм корпоративного управління холдинговими компаніями: стратегія отримання комбінаторних переваг: монографія. Харків: Фактор, 2010. 220 с.
12. Безрукова Т. Л., Сапронов Е. И., Морковина С. С. Управление конкурентоспособностью предпринимательской организации: монография. Москва: Изд-во «КноРус», 2008. 163 с.
13. Калюжна Н. Г. Аналіз підходів до визначення системи управління підприємством. Вісник Хмельницького національного університету. 2011. № 2, Т. 2. С. 50–53.
14. Піддубна Л. І. Конкурентоспроможність економічних систем: теорія, механізм регулювання управління. Харків. ВД «ІНЖЕК» 2007. 368 с.
15. Паламарчук О. М. Сутність та формування організаційно-економічного механізму управління конкурентоспроможністю

підприємства. Економічний вісник університету ПХДПУ. 2011. № 17. С. 23–31.
16. Русин-Гриник Р. Р. Сутність та структура організаційно-економічного механізма управління конкурентоспроможністю підприємства. Науковий вісник НЛТУ. 2010. Вип. 20.5. С. 240–247.
17. Tul'chyns'ka S. O. Funktsionuvannia orhanizatsijno-ekonomichnoho mekhanizmu innovatsijnoho protsesu. Stratehichni priorytety. 2008. Vol. 1. 89–95 p.
18. Конащук В. Л., Карпенко В. В. Визначення напрямків удосконалення господарської діяльності підприємства. URL: http://www.zgia.zp.ua/gazeta/evzdia_6_036.pdf
19. Ануфрієва Є. І., Кучерук Г. Ю. Аналіз методів технологічного оновлення авіатранспортних підприємств. Економіка. Фінанси. Право. 2009. № 8. С. 17–19.
20. Козаченко Г. В. Організаційно-економічний механізм як інструмент управління підприємством. Економіка. Менеджмент. Підприємство. 2003. № 11.
21. Грішнова О. А., Василик О. В. Організаційно-економічний механізм управління інтелектуалізацією трудової діяльності. Вісник Прикарпатського університету. Економіка. 2008. Вип. 6. С. 22–27.
22. Чала О. Організаційно-економічний механізм управління інтелектуальним капіталом підприємства. Електронне наукове фахове видання «Ефективна економіка». 2012. № 2. URL: http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=1678.

# ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИБОРУ ВИДУ ТРАНСПОРТУ

Основними видами транспорту, що обслуговують понад 90 % вантажів на ринку перевезень України є автомобільний – близько 70 % і залізничний понад 20% [1]. Фактично, зазначені види транспорту є основними конкурентами на внутрішньому ринку вантажних перевезень України.

Лібералізація тарифної політики ПАТ «Українська залізниця», та умов оренди вагонного парку для експедиційних підприємств призвела до покращення загального рівня транспортного обслуговування, зростання привабливості залізничного транспорту для потенційних клієнтів (вантажовласників). Водночас, конкурентні позиції автомобільного транспорту послабила значно швидша, порівняно з залізничним транспортом, реакція на формування вартості транспортної послуги залежно від вартості енергоресурсів та валютних коливань.

Загальна економічна ситуація в країні також призвела до загострення конкуренції між зазначеними видами транспорту. Аналіз ефективності систем доставки вантажів, і зокрема питання вибору виду транспорту, є об’єктом постійної уваги підприємств – вантажовласників. Транспортна галузь є чутливою до трансформацій в економці держави, екологічних викликів, сучасних технологічних рішень, проте дослідженням цього впливу в Україні не приділено достатньо уваги. Транспортна стратегія України на період до 2020 року передбачає створення стабільної, економічно ефективної системи вантажного транспорту та логістики і справедливих ринкових умов конкуренції між різними видами транспорту як на території України, так і під час здійснення міжнародного сполучення [2]. Вище викладене обумовлює, що проблеми ефективності систем доставки вантажів, і зокрема питання вибору виду транспорту, не втрачають актуальності на сучасному етапі розвитку логістичних систем, мають практичний і науковий інтерес.

Дослідження ефективності використання автомобільного і залізничного транспорту проведено за допомогою застосування математичного моделювання процесу доставки. Так,розроблено математичну модель вибору автомобільного і залізничного транспорту під час магістральних перевезень пакетованих вантажів.

Обрано вантажі, що потребують дотримання температурного режиму. Критерієм ефективності є економічний прибуток логістичної системи «вантажовідправник – транспортний учасник – вантажоодержувач». У моделі враховано неявні витрати учасників системи, а саме: витрати, пов'язані із втратою вантажу під час транспортування; іммобілізація коштів; витрати, що пов'язані з часом оформлення вантажу до перевезення [3, 4].

Сума доходу для вантажовідправника визначається за добутком обсягу матеріального потоку та вартістю реалізації одиниці матеріального потоку, і за добутком обсягу матеріального потоку та націнкою вантажоодержувача – для вантажоодержувача. Прийнято, що вартість реалізації одиниці матеріального потоку не змінюється залежно від відстані перевезення. Для транспортного учасника базою формування дохідної частини були показники обсягу матеріального потоку, відстані перевезення і тарифу. Постійні або умовно-постійні витрати, що не залежать від виду транспорту, у моделі не розглядалися. До таких належать: збиток від недостатнього рівня якості логістичного менеджменту і сервісу, витрати інформаційно-управлінських процесів тощо. Витрати транспортного учасника на перевезення вантажу визначені за показником середньої рентабельності і суми дохідної частини. Прийнято, що транспортні витрати сплачує вантажоодержувач. Вони різняться залежно від обраного виду транспорту.

Внаслідок проведеного моделювання, отримано закономірності зміни економічного прибутку від відстані перевезення. Враховано, що під час визначення сфер раціонального використання автомобільного і залізничного видів транспорту необхідно враховувати неповноту вихідної інформації, унаслідок чого виникає ситуація, за якої з'являється сукупність рішень, кожне з яких може виявитися оптимальним у разі різного поєднання вихідних даних [5]. Цю проблему можна вирішити, використавши зону рівноекономічних рішень. Мінливість вихідних даних призводить до необхідності використання мінімальної та максимальної відстаней перевезення, що обчислюється на підставі розрахованої помилки апроксимації. На рисунках 1–2 зображені сфери їхнього раціонального використання та зона рівноекономічних рішень під час перевезення вантажів автомобільним і залізничним транспортом по Україні за наявності та відсутності під'їзних залізничних колій у вантажоодержувача.

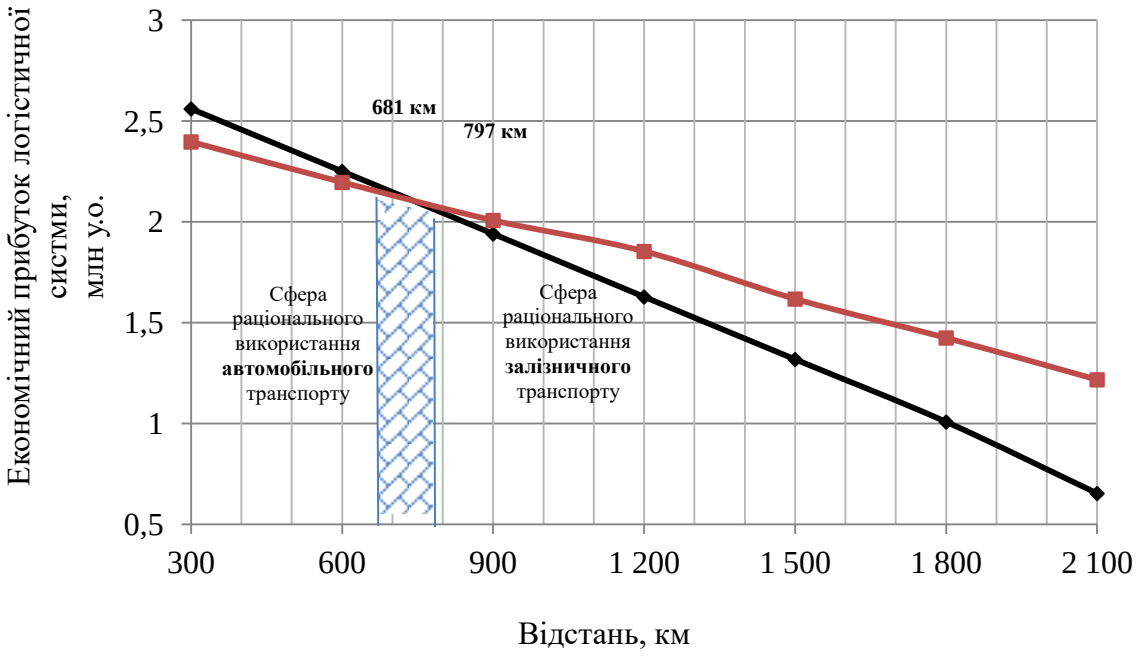



Рисунок 1. Сфери раціонального використання транспорту під час перевезення вантажів по Україні за наявності під'їзних залізничних колій у вантажоодержувача:
– зона рівноекономічних рішень;
– автомобільний транспорт; – залізничний транспорт

Рівноцінна відстань перевезення вантажів по Україні (за наявності під'їзних залізничних колій у вантажоодержувача) становить 739 км (рис. 1). Якщо врахувати помилку апроксимації моделі, то зона рівноекономічних рішень буде перебувати в діапазоні від 681 до 797 км.

Рівноцінна відстань перевезення вантажів по Україні (за відсутності під'їзних залізничних колій у вантажоодержувача) становить 1 070 км (рис. 2).

Якщо врахувати помилку апроксимації відповідної моделі, то зона рівноекономічних рішень буде перебувати в діапазоні від 968 до 1 172 км.

Рівноцінна відстань перевезення вантажів у міжнародному сполученні Україна – Російська Федерація за наявності під'їзних залізничних колій у вантажоодержувача становить 749 км (рис. 5.3.3), за їхньої відсутності – 892 км (рис. 4).

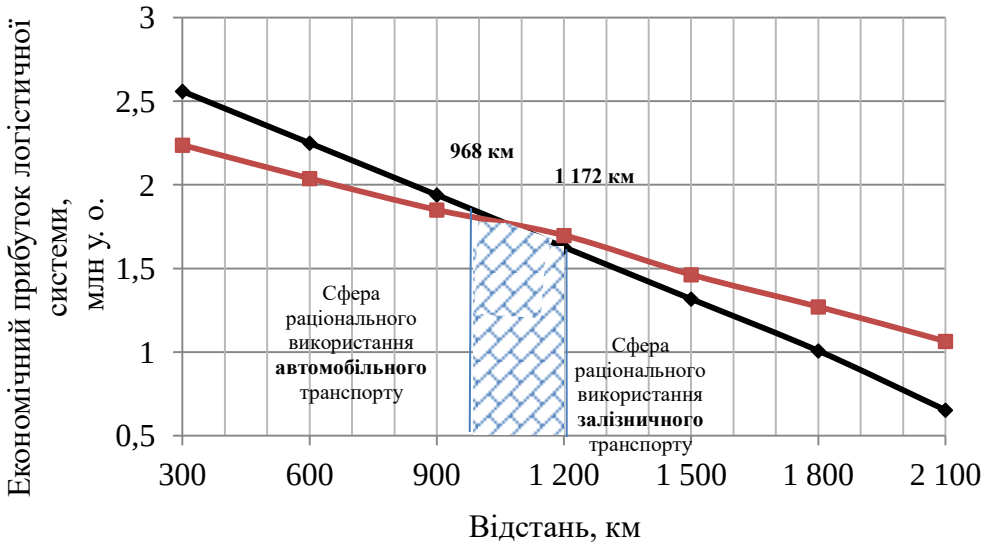



Рисунок 2. Сфери раціонального використання транспорту під час перевезення вантажів по Україні за відсутності під'їзних залізничних колій у вантажоодержувача:

– зона рівноекономічних рішень;

– автомобільний транспорт; – залізничний транспорт

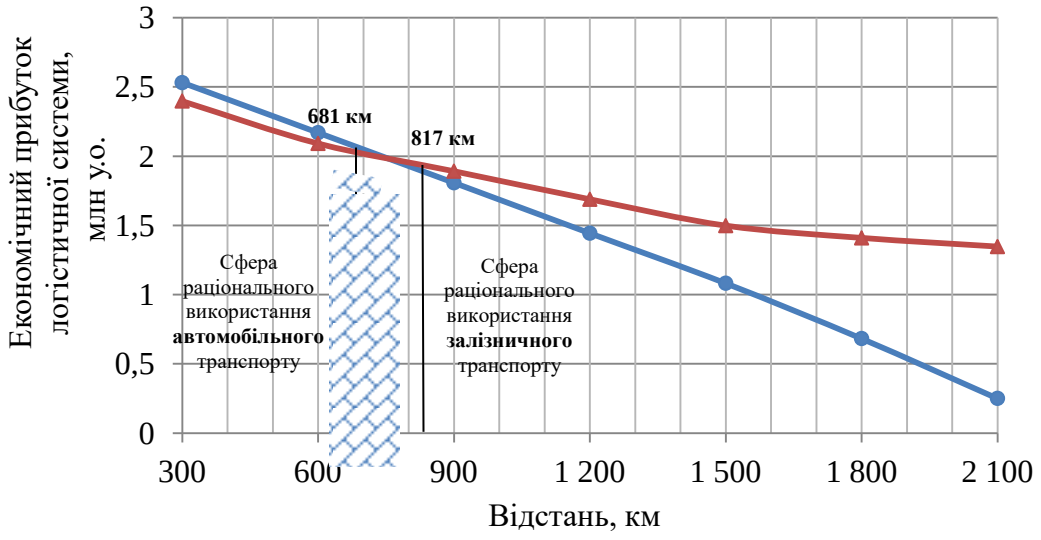



Рисунок 3. Сфери раціонального використання транспорту під час перевезення вантажів у міжнародному сполученні Україна – Російська Федерація за наявності під'їзних залізничних колій у вантажоодержувача:

– зона рівноекономічних рішень; – автомобільний транспорт;

– залізничний транспорт

Рівноцінна відстань перевезення характеризує таку відстань, за

якої ефективність використання автомобільного і залізничного транспорту, за критерієм економічного прибутку логістичної системи, однакова. Якщо необхідно перевезти вантаж на більшу відстань, то доцільно використати залізничний транспорт.

Використання встановлених закономірностей дає змогу підвищити ефективність роботи логістичної системи внаслідок раціонального вибору виду транспорту.

Отже, отримані результати розрахунків свідчать про те, що рівноцінна відстань перевезення автомобільним і залізничним транспортом на території України і у міжнародному сполученні перебуває в межах від 739 до 1 070 км залежно від наявності та відсутності під'їзних залізничних колій у вантажоодержувача.

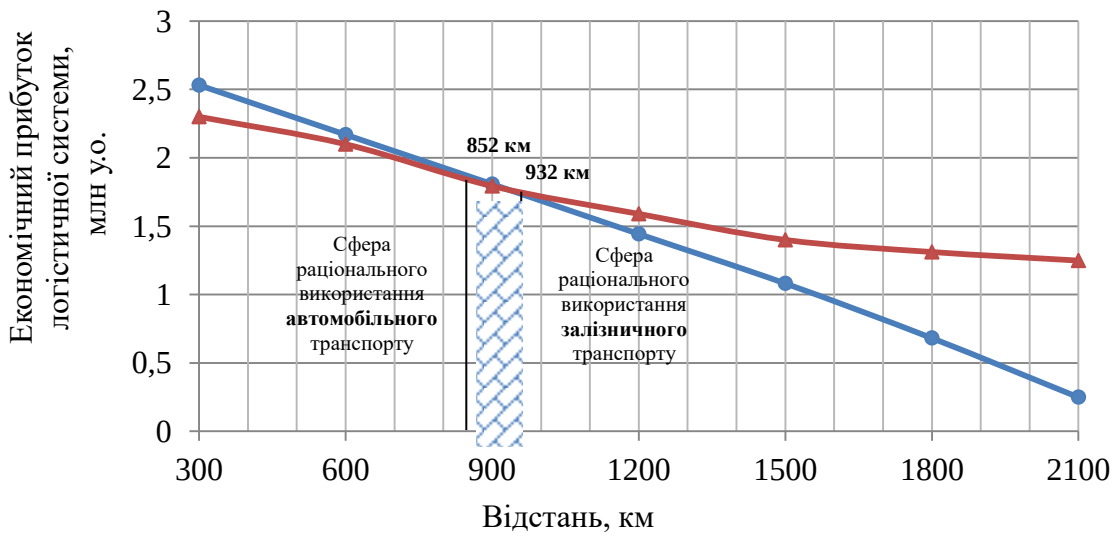



Рисунок 4. Сфери раціонального використання транспорту під час перевезення вантажів у міжнародному сполученні Україна – Російська Федерація за відсутності під'їзних залізничних колій у вантажоодержувача:

– зона рівноекономічних рішень; – автомобільний транспорт; – залізничний транспорт

Проаналізуємо різницю між економічним прибутком системи при використанні автомобільного транспорту і при використанні залізничного транспорту за двох різних умов – при наявності і відсутності залізничних колій у отримувача під час здійснення перевезень по Україні. Якщо у отримувача є залізничні колії, то при відстані перевезення 300 км доцільним є використання

автомобільного транспорту. Економічний прибуток системи при цьому більший на 4 %, ніж при використанні залізничного транспорту, рисунок 5.

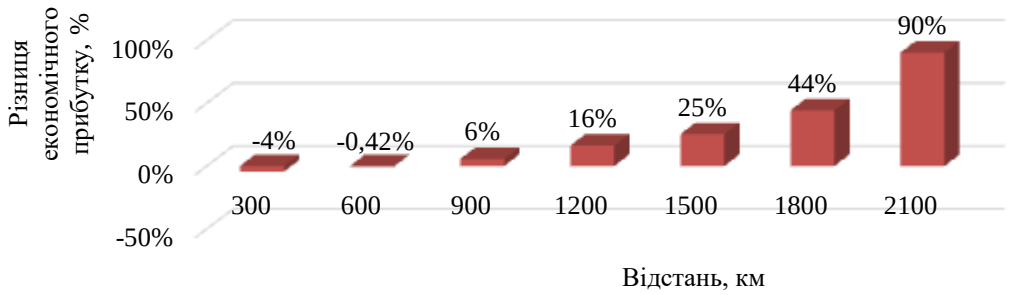



Рисунок 5. Різниця економічного прибутку, якщо отримувач використовує залізничний транспорт і має власні під'їзні колії

При відстані перевезення 600 км однаково ефективним є використання цих видів транспорту, тому що економічний прибуток є майже однаковим. Якщо у отримувача є залізничні колії, то при відстані перевезення 900 км доцільним є використання залізничного транспорту. Економічний прибуток системи при цьому більший на 6 %, ніж при використанні автомобільного транспорту. Бачимо, що чим більшою є відстань перевезення, тим більшою є різниця економічного прибутку при використані залізничного транспорту у порівнянні із автомобільним. Так, при відстані перевезення 1800 км, використання залізничного транспорту є ефективнішим на 44 %, при відстані перевезення 2100 ефективність використання залізничного транспорту більша на 90 %.

Якщо у отримувача відсутні власні залізничні колій, то економічний прибуток логістичної системи при використанні залізничного транспорту збільшиться на 3% при відстані перевезення 900 км, у порівнянні із використанням автомобільного транспорту, рисунок 6. Якщо вантаж необхідно перевезти на відстань 1200 км, то економічний прибуток системи збільшиться на 13 %, а при відстані 2100 км – на 82 %. При відстані 300 км економічний прибуток системи є більшим при використанні автомобільного транспорту на 5 %, при відстані 600 км – на 3 %.

У подальшому дослідженні необхідним вважається долучити до запропонованої методики вибору виду транспорту екологічну складову та витрати запасів.

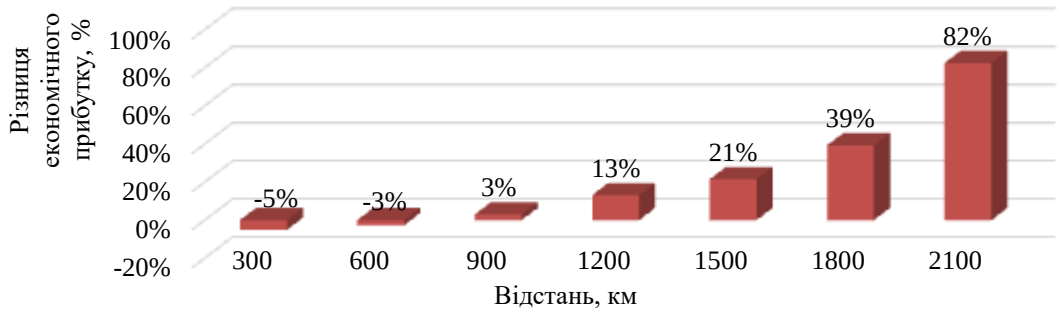



Рисунок 6. Різниця економічного прибутку, якщо отримувач використовує залізничний транспорт і не має власних під'їзних колій

Вважаючи на наміри державних керівників України стати членом Європейського союзу, необхідним є впровадження сучасних методик під час планування та організації транспортного процесу зокрема додержання вимог щодо екологічності перевезень вантажів. Врахування цього критерію може істотно вплинути на подальші результати.

## ДЖЕРЕЛА


1. Транспорт і зв'язок України. Статистичний збірник. Державна служба статистики країни. К.: 2015. – 204 с. Режим доступу: https://ukrstat.org/uk/druk/publicat/kat_u/publ8_u.htm.
2. Транспортна стратегія України на період до 2020 року // Розпорядження Кабінету Міністрів України від 20 жовтня 2010 р. №2174-р. – Режим доступу: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2174-2010-%D1%80.
3. Сфери раціонального використання автомобільного і залізничного видів транспорту : монографія / М. В. Ольхова, Ю. О. Давідіч, Д. М. Рославцев; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 217 с.
4. M. Olkhova, Yu. Davidich, D. Roslavtsev, N. Davidich. The efficiency of transportation perishable goods by road and rail. Transport Problems. Vol.12 (4). 2017. P. 37–50.
5. Правдин Н.В. Взаимодействие различных видов транспорта в узлах / Н.В. Правдин, В.А. Негрей. – 2-е изд. – Мн: Выш. Школа, 1983. – 247с.

# МИТНА СПРАВА

# АНАЛІЗ ЧАСОВИХ НОРМАТИВІВ ТА ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЕЛЕКТРОННОГО ДЕКЛАРУВАННЯ ЗОВНІШНЬОТОРГОВЕЛЬНИХ ВАНТАЖІВ

Відповідно до частини 1 статті 255 Митного кодексу України (далі – Кодекс) [1] митне оформлення завершується протягом чотирьох робочих годин з моменту пред'явлення органу доходів і зборів товарів, транспортних засобів комерційного призначення, що підлягають митному оформленню (якщо згідно з Кодексом товари, транспортні засоби комерційного призначення підлягають пред'явленню), подання митної декларації або документа, який відповідно до законодавства її замінює, та всіх необхідних документів і відомостей, передбачених статтями 257 і 335 Кодексу.

Згідно частини 2 статті 255 строк, зазначений у частиніпершійцієїстатті, може бути перевищений на час виконання відповідних формальностей виключно у разі:

1) виконання митних формальностей поза місцем розташування органу доходів і зборіввідповідно до статті 247 Кодексу;

2) підтвердженого письмово бажання декларанта або уповноваженої ним особи подати відповідно до Кодексу додаткові документи чи відомості про зовнішньоекономічну операцію або характеристики товару;

3) проведення досліджень (аналізу, експертизи) проб і зразківтоварів, якщо товари не випускаються відповідно до частини двадцять першої статті 356 Кодексу;

4) виявлення порушень митних правил, якщо товари не випускаються відповідно до частини п'ятої цієї статті;

5) зупинення митного оформлення відповідно до Закону України «Про державний ринковий нагляд і контроль нехарчової продукції»;

6) подання додаткових документіввідповідно до частини третьої статті 53 Кодексу в межах передбаченого нею строку, перебіг якого припиняється з моменту отримання митницею (митним постом) таких документів чи письмової відмови декларанта або уповноваженої ним особи у їх наданні;

7) призупинення митного оформлення відповідно до статей 399 і 400 Кодексу.

У разі якщо товар декларується з використанням попередньої або періодичної митних декларацій, митне оформлення за цими

деклараціями завершується у строк, що не перевищує чотирьох робочих годин з моменту їх подання.

Не допускається перевищення строку, зазначеного у частиніпершій статті 255, у зв'язку з проведенням правоохоронними органами та підрозділами внутрішньої безпеки органів доходів і зборів спеціальних операцій, перевірок та інших заходів, які не є операціями, що здійснюються в рамках виконання процедур митного контролю.

Митне оформлення вважається завершеним після виконання всіх митних формальностей, визначених Кодексом відповідно до заявленого митного режиму, що засвідчується органом доходів і зборів шляхом проставлення відповідних митних забезпечень (у тому числі за допомогою інформаційних технологій), інших відміток на митній декларації або документі, який відповідно до законодавства її замінює, а також на товаросупровідних та товарно-транспортних документах у разі їх подання на паперовому носії.

В основному митне оформлення товарів та транспортних засобів здійснюється у наступних митних режимах:

– імпорт (випуск для вільногообігу) – митний режим, відповідно до якого іноземні товари після сплати всіх митних платежів, встановлених законами України на імпорт цих товарів, та виконання усіхнеобхідних митних формальностей випускаються для вільногообігу на митнійтериторії України;

– експорт (остаточне вивезення) – митний режим, відповідно до якого українські товари випускаються для вільногообігу за межами митної території України без зобов'язань щодо їх зворотного ввезення;

– транзит – митний режим, відповідно до якого товари та/або транспортні засоби комерційного призначення переміщуютьсяпід митним контролем між двома органами доходів і зборів України або в межах зони діяльності одного органу доходів і зборів без будь-якого використання цих товарів, без сплати митних платежів та без застосування заходів нетарифного регулювання зовнішньоекономічної діяльності.

Відповідно до Цільового значення Переліку Ключових показників ефективності ДФС України на період з 1 жовтня 2016 року до 31 грудня 2017 року, затвердженого наказом ДФС України від 20.10.2016 №880 «Про затвердження Ключових показників ефективності ДФС» граничний показник часу митного оформлення

у митних режимах імпорту, експорту і транзиту товарів, щодо яких АСАУР не генерувався перелік митних формальностей запланований на рівні: імпорт – 75 хв., експорт – 30 хв., транзит – 15 хв. (у ІІ півріччі 2016 року: імпорт – 115 хв., експорт – 45 хв., транзит – 18 хв.).

Таблиця 1

**Аналіз часу митного оформлення МД Харківською митницею України за період з 01.01.2016 по 30.09.2016 (без ЕЕ та без ЕА) [2]**

| Код митниці | Митний режим | Період оформлення | Мін. час оф-ня | Макс. час оф-ня | Серед. час оф-ня | Серед. час оф. (хв.) | Кількість оформлень |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 807 | ЕК | Січень, 2016 | 0 г. 8 хв. | 29 г. 41 хв. | 2 г. 11 хв. | 131 | 1 933 |
| 807 | ЕК | Лютий, 2016 | 0 г. 7 хв. | 259 г. 51 хв. | 1 г. 54 хв. | 114 | 2 777 |
| 807 | ЕК | Березень, 2016 | 0 г. 3 хв. | 141 г. 22 хв. | 1 г. 51 хв. | 111 | 3 073 |
| 807 | ЕК | Квітень, 2016 | 0 г. 3 хв. | 360 г. 9 хв. | 2 г. 6 хв. | 126 | 3 279 |
| 807 | ЕК | Травень, 2016 | 0 г. 8 хв. | 198 г. 35 хв. | 1 г. 54 хв. | 114 | 2 995 |
| 807 | ЕК | Червень, 2016 | 0 г. 9 хв. | 175 г. 45 хв. | 1 г. 44 хв. | 104 | 3 055 |
| 807 | ЕК | Липень, 2016 | 0 г. 10 хв. | 44 г. 2 хв. | 1 г. 40 хв. | 100 | 3 057 |
| 807 | ЕК | Серпень, 2016 | 0 г. 7 хв. | 77 г. 40 хв. | 2 г. 5 хв. | 125 | 3 031 |
| 807 | ЕК | Вересень, 2016 | 0 г. 11 хв. | 189 г. 55 хв. | 2 г. 10 хв. | 130 | 3 245 |
| 807 | ІМ | Січень, 2016 | 0 г. 4 хв. | 333 г. 48 хв. | 3 г. 0 хв. | 180 | 2 704 |
| 807 | ІМ | Лютий, 2016 | 0 г. 2 хв. | 292 г. 37 хв. | 3 г. 21 хв. | 201 | 4 063 |
| 807 | ІМ | Березень, 2016 | 0 г. 4 хв. | 241 г. 49 хв. | 3 г. 23 хв. | 203 | 4 466 |
| 807 | ІМ | Квітень, 2016 | 0 г. 3 хв. | 357 г. 42 хв. | 3 г. 7 хв. | 187 | 3 967 |
| 807 | ІМ | Травень, 2016 | 0 г. 4 хв. | 842 г. 18 хв. | 3 г. 55 хв. | 235 | 3 988 |
| 807 | ІМ | Червень, 2016 | 0 г. 6 хв. | 382 г. 4 хв. | 3 г. 26 хв. | 206 | 4 303 |
| 807 | ІМ | Липень, 2016 | 0 г. 9 хв. | 264 г. 18 хв. | 2 г. 51 хв. | 171 | 4 344 |
| 807 | ІМ | Серпень, 2016 | 0 г. 7 хв. | 145 г. 53 хв. | 2 г. 44 хв. | 164 | 4 733 |
| 807 | ІМ | Вересень, 2016 | 0 г. 11 хв. | 291 г. 52 хв. | 3 г. 29 хв. | 209 | 4 443 |
| 807 | ТР | Січень, 2016 | 0 г. 0 хв. | 3 г. 49 хв. | 0 г. 10 хв. | 10 | 2 890 |
| 807 | ТР | Лютий, 2016 | 0 г. 0 хв. | 3 г. 30 хв. | 0 г. 10 хв. | 10 | 2 727 |
| 807 | ТР | Березень, 2016 | 0 г. 0 хв. | 19 г. 51 хв. | 0 г. 11 хв. | 11 | 2 962 |
| 807 | ТР | Квітень, 2016 | 0 г. 1 хв. | 936 г. 33 хв. | 0 г. 31 хв. | 31 | 2 756 |
| 807 | ТР | Травень, 2016 | 0 г. 1 хв. | 172 г. 57 хв. | 0 г. 15 хв. | 15 | 2 889 |
| 807 | ТР | Червень, 2016 | 0 г. 0 хв. | 43 г. 37 хв. | 0 г. 12 хв. | 12 | 2 744 |
| 807 | ТР | Липень, 2016 | 0 г. 0 хв. | 7 г. 19 хв. | 0 г. 11 хв. | 11 | 2 570 |
| 807 | ТР | Серпень, 2016 | 0 г. 1 хв. | 2 г. 59 хв. | 0 г. 9 хв. | 9 | 2 782 |
| 807 | ТР | Вересень, 2016 | 0 г. 0 хв. | 50 г. 7 хв. | 0 г. 14 хв. | 14 | 2 868 |

Таблиця 2

**Аналіз часу митного оформлення експортних МД митницями України за період з 01.01.2016 по 30.09.2016 у розрізі митниць [2]**

| Митний режим | Період оформлення | Код митниці | Назва митниці | Серед. час оформлення | Кількість оформлень |
|---|---|---|---|---|---|
| ЕК | 2016 рік | 508 | Херсонська | 6 г. 4 хв. | 10388 |
| ЕК | 2016 рік | 807 | Харківська | 1 г. 57 хв. | 26445 |
| ЕК | 2016 рік | 100 | Київська міська | 1 г. 36 хв. | 33716 |
| ЕК | 2016 рік | 125 | Київська | 1 г. 25 хв. | 55140 |
| ЕК | 2016 рік | 902 | Черкаська | 1 г. 24 хв. | 10088 |
| ЕК | 2016 рік | 102 | Чернігівська | 1 г. 23 хв. | 11556 |
| ЕК | 2016 рік | 702 | Луганська | 1 г. 23 хв. | 4160 |
| ЕК | 2016 рік | 500 | Одеська | 1 г. 19 хв. | 51081 |
| ЕК | 2016 рік | 400 | Хмельницька | 1 г. 17 хв. | 9751 |
| ЕК | 2016 рік | 110 | Дніпропетровська | 1 г. 12 хв. | 53053 |
| ЕК | 2016 рік | 205 | Волинська | 1 г. 9 хв. | 28937 |
| ЕК | 2016 рік | 101 | Житомирська | 1 г. 7 хв. | 40465 |
| ЕК | 2016 рік | 206 | Івано-Франківська | 1 г. 5 хв. | 25029 |
| ЕК | 2016 рік | 403 | Тернопільська | 1 г. 4 хв. | 7170 |
| ЕК | 2016 рік | 401 | Вінницька | 1 г. 2 хв. | 21359 |
| ЕК | 2016 рік | 112 | Запорізька | 1 г. 1 хв. | 26948 |
| ЕК | 2016 рік | 408 | Чернівецька | 1 г. 1 хв. | 7909 |
| ЕК | 2016 рік | 305 | Закарпатська | 0 г. 59 хв. | 45008 |
| ЕК | 2016 рік | 504 | Миколаївська | 0 г. 56 хв. | 19489 |
| ЕК | 2016 рік | 209 | Львівська | 0 г. 56 хв. | 49920 |
| ЕК | 2016 рік | 805 | Сумська | 0 г. 53 хв. | 13128 |
| ЕК | 2016 рік | 204 | Рівненська | 0 г. 51 хв. | 23812 |
| ЕК | 2016 рік | 903 | Енергетична | 0 г. 50 хв. | 1013 |
| ЕК | 2016 рік | 806 | Полтавська | 0 г. 49 хв. | 12998 |
| ЕК | 2016 рік | 901 | Кіровоградська | 0 г. 47 хв. | 6441 |
| ЕК | 2016 рік | 700 | Донецька | 0 г. 32 хв. | 28756 |

**Аналіз часу митного оформлення імпортних МД митницями України за період з 01.01.2016 по 30.09.2016 (без ЕЕ та без ЕА) у розрізі митниць [2]**

| Митний режим | Період оформлення | Код митниці | Назва митниці | Серед. час оформлення | Кількість оформлень |
|---|---|---|---|---|---|
| ІМ | 2016 рік | 508 | Херсонська | 3 г. 50 хв. | 3531 |
| ІМ | 2016 рік | 902 | Черкаська | 3 г. 37 хв. | 7320 |

Продовження табл.3

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ІМ | 2016 рік | 110 | Дніпропетровська | 2 г. 49 хв. | 48129 |
| ІМ | 2016 рік | 807 | Харківська | 3 г. 16 хв. | 37011 |
| ІМ | 2016 рік | 125 | Київська | 2 г. 59 хв. | 125470 |
| ІМ | 2016 рік | 206 | Івано-Франківська | 2 г. 50 хв. | 13398 |
| ІМ | 2016 рік | 100 | Київська міська | 2 г. 41 хв. | 146197 |
| ІМ | 2016 рік | 500 | Одеська | 2 г. 37 хв. | 36574 |
| ІМ | 2016 рік | 102 | Чернігівська | 2 г. 27 хв. | 14508 |
| ІМ | 2016 рік | 101 | Житомирська | 2 г. 18 хв. | 14921 |
| ІМ | 2016 рік | 702 | Луганська | 2 г. 12 хв. | 3746 |
| ІМ | 2016 рік | 504 | Миколаївська | 2 г. 11 хв. | 7976 |
| ІМ | 2016 рік | 400 | Хмельницька | 2 г. 11 хв. | 8683 |
| ІМ | 2016 рік | 112 | Запорізька | 2 г. 9 хв. | 11270 |
| ІМ | 2016 рік | 901 | Кіровоградська | 2 г. 7 хв. | 3094 |
| ІМ | 2016 рік | 700 | Донецька | 1 г. 54 хв. | 6538 |
| ІМ | 2016 рік | 903 | Енергетична | 1 г. 49 хв. | 32707 |
| ІМ | 2016 рік | 209 | Львівська | 1 г. 48 хв. | 68373 |
| ІМ | 2016 рік | 401 | Вінницька | 1 г. 44 хв. | 7838 |
| ІМ | 2016 рік | 805 | Сумська | 1 г. 39 хв. | 11901 |
| ІМ | 2016 рік | 205 | Волинська | 1 г. 38 хв. | 27083 |
| ІМ | 2016 рік | 806 | Полтавська | 1 г. 33 хв. | 7850 |
| ІМ | 2016 рік | 403 | Тернопільська | 1 г. 32 хв. | 6049 |
| ІМ | 2016 рік | 305 | Закарпатська | 1 г. 32 хв. | 33312 |
| ІМ | 2016 рік | 204 | Рівненська | 1 г. 2 хв. | 25925 |
| ІМ | 2016 рік | 408 | Чернівецька | 1 г. 1 хв. | 5707 |

Таблиця 4

**Аналіз часу митного оформлення транзитних МД митницями України за період з 01.01.2016 по 30.09.2016 (без ЕЕ та без ЕА) у розрізі митниць [2]**

| Митний режим | Період оформлення | Код митниці | Назва митниці | Серед. час оформлення | Кількість оформлень |
|---|---|---|---|---|---|
| ТР | 2016 рік | 902 | Черкаська | 2 г. 20 хв. | 62 |
| ТР | 2016 рік | 110 | Дніпропетровська | 1 г. 45 хв. | 175 |
| ТР | 2016 рік | 206 | Івано-Франківська | 1 г. 28 хв. | 2 |
| ТР | 2016 рік | 400 | Хмельницька | 1 г. 21 хв. | 1 |
| ТР | 2016 рік | 112 | Запорізька | 1 г. 11 хв. | 62 |

Таблиця 5

**Аналіз часу митного оформлення транзитних МД митницями України за період з 01.01.2016 по 30.09.2016 (без ЕЕ та без ЕА) у розрізі митниць [2]**

| Митний режим | Період оформлення | Код митниці | Назва митниці | Серед. час оформлення | Кількість оформлень |
|---|---|---|---|---|---|
| ТР | 2016 рік | 902 | Черкаська | 2 г. 20 хв. | 62 |
| ТР | 2016 рік | 110 | Дніпропетровська | 1 г. 45 хв. | 175 |
| ТР | 2016 рік | 206 | Івано-Франківська | 1 г. 28 хв. | 2 |
| ТР | 2016 рік | 400 | Хмельницька | 1 г. 21 хв. | 1 |
| ТР | 2016 рік | 112 | Запорізька | 1 г. 11 хв. | 62 |
| ТР | 2016 рік | 403 | Тернопільська | 1 г. 7 хв. | 6 |
| ТР | 2016 рік | 504 | Миколаївська | 1 г. 5 хв. | 90 |
| ТР | 2016 рік | 125 | Київська | 1 г. 2 хв. | 7186 |
| ТР | 2016 рік | 806 | Полтавська | 1 г. 1 хв. | 6 |
| ТР | 2016 рік | 100 | Київська міська | 0 г. 56 хв. | 15491 |
| ТР | 2016 рік | 508 | Херсонська | 0 г. 44 хв. | 33 |
| ТР | 2016 рік | 903 | Енергетична | 0 г. 38 хв. | 1027 |
| ТР | 2016 рік | 700 | Донецька | 0 г. 38 хв. | 8 |
| ТР | 2016 рік | 305 | Закарпатська | 0 г. 29 хв. | 25524 |
| ТР | 2016 рік | 101 | Житомирська | 0 г. 26 хв. | 10881 |
| ТР | 2016 рік | 209 | Львівська | 0 г. 26 хв. | 6391 |
| ТР | 2016 рік | 205 | Волинська | 0 г. 23 хв. | 10216 |
| ТР | 2016 рік | 702 | Луганська | 0 г. 22 хв. | 8 |
| ТР | 2016 рік | 805 | Сумська | 0 г. 19 хв. | 41709 |
| ТР | 2016 рік | 401 | Вінницька | 0 г. 19 хв. | 4168 |
| ТР | 2016 рік | 408 | Чернівецька | 0 г. 19 хв. | 12060 |
| ТР | 2016 рік | 102 | Чернігівська | 0 г. 15 хв. | 11439 |
| ТР | 2016 рік | 204 | Рівненська | 0 г. 15 хв. | 7926 |
| ТР | 2016 рік | 807 | Харківська | 0 г. 14 хв. | 25188 |
| ТР | 2016 рік | 500 | Одеська | 0 г. 12 хв. | 31535 |

Таблиця 6

**Порівняння часу митного оформлення експортних МД митницями України за січень-вересень 2015 року та січень-вересень 2016 року [2]**

| Митний режим | Код митниці | Назва митниці | січень-вересень 2015 року | | січень-вересень 2016 року | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Серед. час оформлення | Кількість оформлень | Серед. час оформлення | Кількість оформлень |
| ЕК | 100 | Київська міська | 1 г. 19 хв. | 35749 | 1 г. 36 хв. | 33716 |
| ЕК | 101 | Житомирська | 0 г. 46 хв. | 39253 | 1 г. 7 хв. | 40465 |
| ЕК | 102 | Чернігівська | 0 г. 51 хв. | 11052 | 1 г. 23 хв. | 11556 |
| ЕК | 110 | Дніпропетровська | 1 г. 1 хв. | 54045 | 1 г. 12 хв. | 53053 |
| ЕК | 112 | Запорізька | 0 г. 54 хв. | 25923 | 1 г. 1 хв. | 26948 |
| ЕК | 125 | Київська | 1 г. 9 хв. | 44454 | 1 г. 25 хв. | 55140 |
| ЕК | 204 | Рівненська | 0 г. 38 хв. | 23511 | 0 г. 51 хв. | 23812 |
| ЕК | 205 | Волинська | 0 г. 40 хв. | 29153 | 1 г. 9 хв. | 28937 |
| ЕК | 206 | Івано-Франківська | 0 г. 39 хв. | 26187 | 1 г. 5 хв. | 25029 |
| ЕК | 209 | Львівська | 0 г. 57 хв. | 48043 | 0 г. 56 хв. | 49920 |
| ЕК | 305 | Закарпатська | 0 г. 43 хв. | 42480 | 0 г. 59 хв. | 45008 |
| ЕК | 400 | Хмельницька | 1 г. 2 хв. | 9663 | 1 г. 17 хв. | 9751 |
| ЕК | 401 | Вінницька | 0 г. 46 хв. | 19991 | 1 г. 2 хв. | 21359 |
| ЕК | 403 | Тернопільська | 0 г. 54 хв. | 6360 | 1 г. 4 хв. | 7170 |
| ЕК | 408 | Чернівецька | 0 г. 34 хв. | 7406 | 1 г. 1 хв. | 7909 |
| ЕК | 500 | Одеська | 1 г. 46 хв. | 44002 | 1 г. 19 хв. | 51081 |
| ЕК | 504 | Миколаївська | 0 г. 49 хв. | 17887 | 0 г. 56 хв. | 19489 |
| ЕК | 508 | Херсонська | 1 г. 13 хв. | 66408 | 6 г. 4 хв. | 10388 |
| ЕК | 700 | Донецька | 0 г. 30 хв. | 25611 | 0 г. 32 хв. | 28756 |
| ЕК | 702 | Луганська | 1 г. 16 хв. | 4431 | 1 г. 23 хв. | 4160 |
| ЕК | 805 | Сумська | 0 г. 49 хв. | 12226 | 0 г. 53 хв. | 13128 |
| ЕК | 806 | Полтавська | 0 г. 41 хв. | 13779 | 0 г. 49 хв. | 12998 |
| ЕК | 807 | Харківська | 1 г. 45 хв. | 27625 | 1 г. 57 хв. | 26445 |
| ЕК | 901 | Кіровоградська | 0 г. 50 хв. | 7146 | 0 г. 47 хв. | 6441 |
| ЕК | 902 | Черкаська | 1 г. 5 хв. | 9670 | 1 г. 24 хв. | 10088 |
| ЕК | 903 | Енергетична | 0 г. 51 хв. | 251 | 0 г. 50 хв. | 1013 |

Таблиця 7

**Порівняння часу митного оформлення імпортних МД митницями України за січень-вересень 2015 року та січень-вересень 2016 року (без ЕЕ та без ЕА) [2]**

| Митний режим | Код митниці | Назва митниці | січень-вересень 2015 року | | січень-вересень 2016 року | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Серед. час оформлення | Кількість оформлень | Серед. час оформлення | Кількість оформлень |
| ІМ | 100 | Київська міська | 2 г. 41 хв. | 133774 | 2 г. 41 хв. | 146197 |
| ІМ | 101 | Житомирська | 1 г. 50 хв. | 18072 | 2 г. 18 хв. | 14921 |
| ІМ | 102 | Чернігівська | 1 г. 18 хв. | 12956 | 2 г. 27 хв. | 14508 |
| ІМ | 110 | Дніпропетровська | 2 г. 13 хв. | 41965 | 2 г. 49 хв. | 48129 |
| ІМ | 112 | Запорізька | 1 г. 51 хв. | 10293 | 2 г. 9 хв. | 11270 |
| ІМ | 125 | Київська | 2 г. 33 хв. | 89030 | 2 г. 59 хв. | 125470 |
| ІМ | 204 | Рівненська | 0 г. 49 хв. | 18663 | 1 г. 2 хв. | 25925 |
| ІМ | 205 | Волинська | 1 г. 34 хв. | 28576 | 1 г. 38 хв. | 27083 |
| ІМ | 206 | Івано-Франківська | 1 г. 56 хв. | 11575 | 2 г. 50 хв. | 13398 |
| ІМ | 209 | Львівська | 2 г. 11 хв. | 58833 | 1 г. 48 хв. | 68373 |
| ІМ | 305 | Закарпатська | 1 г. 14 хв. | 28609 | 1 г. 32 хв. | 33312 |
| ІМ | 400 | Хмельницька | 1 г. 38 хв. | 6784 | 2 г. 11 хв. | 8683 |
| ІМ | 401 | Вінницька | 1 г. 14 хв. | 7755 | 1 г. 44 хв. | 7838 |
| ІМ | 403 | Тернопільська | 2 г. 0 хв. | 4886 | 1 г. 32 хв. | 6049 |
| ІМ | 408 | Чернівецька | 0 г. 52 хв. | 4901 | 1 г. 1 хв. | 5707 |
| ІМ | 500 | Одеська | 4 г. 42 хв. | 26798 | 2 г. 37 хв. | 36574 |
| ІМ | 504 | Миколаївська | 2 г. 13 хв. | 6586 | 2 г. 11 хв. | 7976 |
| ІМ | 508 | Херсонська | 2 г. 9 хв. | 4906 | 3 г. 50 хв. | 3531 |
| ІМ | 700 | Донецька | 1 г. 26 хв. | 6731 | 1 г. 54 хв. | 6538 |
| ІМ | 702 | Луганська | 1 г. 35 хв. | 5160 | 2 г. 12 хв. | 3746 |
| ІМ | 805 | Сумська | 1 г. 25 хв. | 11118 | 1 г. 39 хв. | 11901 |
| ІМ | 806 | Полтавська | 1 г. 28 хв. | 7219 | 1 г. 33 хв. | 7850 |
| ІМ | 807 | Харківська | 3 г. 54 хв. | 32459 | 3 г. 16 хв. | 37011 |
| ІМ | 901 | Кіровоградська | 1 г. 46 хв. | 2678 | 2 г. 7 хв. | 3094 |
| ІМ | 902 | Черкаська | 3 г. 8 хв. | 5688 | 3 г. 37 хв. | 7320 |
| ІМ | 903 | Енергетична | 2 г. 41 хв. | 7070 | 1 г. 49 хв. | 32707 |

Таблиця 8

**Порівняння часу митного оформлення транзитних МД митницями України за січень-вересень 2015 року та січень-вересень 2016 року (без ЕЕ та без ЕА) [2]**

| Митний режим | Код митниці | Назва митниці | січень-вересень 2015 року | | січень-вересень 2016 року | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Серед. час оформлення | Кількість оформлень | Серед. час оформлення | Кількість оформлень |
| ТР | 100 | Київська міська | 1 г. 16 хв. | 16726 | 0 г. 56 хв. | 15491 |
| ТР | 101 | Житомирська | 0 г. 18 хв. | 11038 | 0 г. 26 хв. | 10881 |
| ТР | 102 | Чернігівська | 0 г. 12 хв. | 9509 | 0 г. 15 хв. | 11439 |
| ТР | 110 | Дніпропетровська | 1 г. 50 хв. | 315 | 1 г. 45 хв. | 175 |
| ТР | 112 | Запорізька | 1 г. 0 хв. | 72 | 1 г. 11 хв. | 62 |
| ТР | 125 | Київська | 1 г. 5 хв. | 2734 | 1 г. 2 хв. | 7186 |
| ТР | 204 | Рівненська | 0 г. 13 хв. | 3839 | 0 г. 15 хв. | 7926 |
| ТР | 205 | Волинська | 0 г. 31 хв. | 8503 | 0 г. 23 хв. | 10216 |
| ТР | 206 | Івано-Франківська | 1 г. 3 хв. | 2 | 1 г. 28 хв. | 2 |
| ТР | 209 | Львівська | 0 г. 30 хв. | 7844 | 0 г. 26 хв. | 6391 |
| ТР | 305 | Закарпатська | 0 г. 27 хв. | 19329 | 0 г. 29 хв. | 25524 |
| ТР | 400 | Хмельницька | 0 г. 32 хв. | 1 | 1 г. 21 хв. | 1 |
| ТР | 401 | Вінницька | 0 г. 17 хв. | 4537 | 0 г. 19 хв. | 4168 |
| ТР | 403 | Тернопільська | 1 г. 13 хв. | 2 | 1 г. 7 хв. | 6 |
| ТР | 408 | Чернівецька | 0 г. 17 хв. | 12869 | 0 г. 19 хв. | 12060 |
| ТР | 500 | Одеська | 0 г. 34 хв. | 29779 | 0 г. 12 хв. | 31535 |
| ТР | 504 | Миколаївська | 0 г. 30 хв. | 407 | 1 г. 5 хв. | 90 |
| ТР | 508 | Херсонська | 0 г. 57 хв. | 4950 | 0 г. 44 хв. | 33 |
| ТР | 700 | Донецька | 0 г. 44 хв. | 11 | 0 г. 38 хв. | 8 |
| ТР | 702 | Луганська | 1 г. 15 хв. | 1 | 0 г. 22 хв. | 8 |
| ТР | 805 | Сумська | 0 г. 18 хв. | 32885 | 0 г. 19 хв. | 41709 |
| ТР | 806 | Полтавська | 1 г. 36 хв. | 3 | 1 г. 1 хв. | 6 |
| ТР | 807 | Харківська | 0 г. 10 хв. | 28593 | 0 г. 14 хв. | 25188 |
| ТР | 902 | Черкаська | 2 г. 3 хв. | 55 | 2 г. 20 хв. | 62 |
| ТР | 903 | Енергетична | 0 г. 39 хв. | 219 | 0 г. 38 хв. | 1027 |

Перспективи розвитку електронної митниці:

– приєднання до загальноєвропейської транзитної системи (NCTS) відповідно до Угоди про асоціацію з ЄС;

– приєднання до процедури eTIR після завершення розробки IRU;

– подальша інтеграція митних та податкових інформаційних ресурсів, насамперед, для подальшого розвитку підходу, орієнтованого на ризик до митних та податкових питань, та побудови інтегрованих аналітичних підсистем;

– пошук та використання нових джерел попередньої інформації для орієнтування на ризики, у тому числі від іноземних митних адміністрацій та міжнародних транспортних організацій;

– розвиток інформаційного обміну з іншими державними органами України, насамперед – отримання дозвільних документів в електронній формі;

– автоматизоване спрощення розмитнення. Наприклад, більшість експортних декларацій (за відсутності коментарів ACAUR) можна заповнити в повністю автоматичній формі протягом 1–2 хвилин;

– запровадження інституту уповноважених економічних операторів;

– побудова інтегрованої електронної системи взаємодії з Держприкордонслужбою після відмови останнього часу від застарілої системи Аркан або її радикальної модернізації в напрямку можливості інтеграції з інформаційними системами ДФС в режимі онлайн;

– подальше створення електронних сервісів для бізнесу;

– зменшення впливу людського фактора на митне оформлення за рахунок автоматизації процесів прийняття рішень, використання випадкового розподілу персоналу між розділами митного оформлення та митних декларацій між персоналом.

Усі нововведення щодо нової технології реєстрації зовнішньоторговельних вантажів в електронній формі з використанням Інтернету потребують постійного вдосконалення законодавства України щодо надання електронних послуг, особливо щодо контролю за митним оформленням товарів, які є за умови пільгових режимів сплати мита, а також для надання інших передбачених законодавством пільг. Система електронного декларування вимагає вдосконалення законодавства в частині

механізму ідентифікації із застосуванням технічних засобів контролю (сканерів, бастерів, фото, відеофіксації тощо), що, відповідно, дозволяє підтримувати систему адміністрування всіх форм митного контролю в режимі реального часу, дозволяє на різних рівнях митного оформлення забезпечувати ефективний контроль за виконанням митних процедур, оперативно реагувати на ознаки можливих митних правопорушень із застосуванням митного контролю в кількості, достатній для зустріч.

Зручність такої форми митного оформлення вже давно доведено світовим досвідом. Міжнародна конвенція про спрощення та гармонізацію митних процедур (Кіото, 1978 р.) [3] та Митний кодекс Європейського співтовариства передбачає подання електронної декларації.

Тому можна констатувати, що автоматизація процесів митного контролю та митного оформлення не має альтернатив, враховуючи сучасні глобальні процеси розвитку інформаційних технологій. Надалі він потребуватиме постійного вдосконалення та розвитку відповідно до реалій часу та тенденцій світової практики виявлення та запобігання ризикам у митниці. У той же час ключова роль організації роботи цієї системи, її наповнення та збільшення інтелектуального навантаження залишається у митників. Питання професійності митників, які працюють з найновішими інформаційними продуктами, залишається актуальним. безпека митної території країни та ефективність управління ризиками значною мірою залежать від двох компонентів програмно-інформаційної системи системи управління ризиками - надійності та якості програмних продуктів та професійної підготовки співробітники, які працюють з ними.

**ДЖЕРЕЛА**


1. Митний кодекс України від 13.03.2012 р. № 4495-VI.[Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4495-17
2. Звітні дані Харківської митниці
3. Міжнародна конвенція про спрощення і гармонізацію митних процедур (Кіотська конвенція) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/995_643

# ЛОГІСТИЧНЕ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ПРОЦЕСАМИ МІСТ

# ФОРМАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛЕЙ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ РОЗВЕЗЕННЯ ТАРНО-ШТУЧНИХ ВАНТАЖІВ В МІСТАХ

## 1. Аналіз підходів формування моделей управління процесом розвезення

Міські логістичні системи характеризуються динамічним розвитком за рахунок збільшення обсягів перевезення матеріального потоку споживчого призначення. При цьому автомобільний транспорт виконує головну функцію – зв'язок учасників логістичного процесу, шляхом переміщення вантажів від відправників до споживачів.

Будівництво нових районів, прокладка доріг, удосконалення схем організації дорожнього руху, зміна обстановки на дорогах через можливі дорожньо-транспортні події або ремонти призводить до зміни параметрів транспортної мережі міст, що впливають на час доставки і пробіг транспортного засобу і, в результаті, на ефективність логістичного процесу в цілому. Тому проектування оптимальних розвізних маршрутів, які б враховували параметри транспортної мережі, дислокації вантажовідправників і вантажоодержувачів, обсяги перевезення є однією з важливих задач оптимізації міських логістичних систем.

Особливість міського процесу транспортування вантажів складається в тому, що основним видом перевезень є розвезення тарно-штучних вантажів по пунктам збуту – магазинам, підприємствам громадського харчування, навчальним закладам та ін. При цьому перед логістичними компаніями стоїть задача визначення економічно-обґрунтованих схем розвезення вантажів з використанням транспортних засобів оптимальної вантажопідйомності. Цю задачу можна вирішувати шляхом моделювання транспортного процесу в логістичній системі.

На теперішній час існують методи вирішення задач розвезення [1], що засновані на інтуїції і здоровому глузді, не гарантують отримання оптимального результату. Отримати його можна шляхом повного перебору усіх можливих альтернативних варіантів. Однак це можливо у випадку не значної кількості пунктів завезення. Для вирішення завдань проектування системи розвезення великої розмірності такий підхід є неприпустимим. Натомість, доцільним є застосування методу математичного моделювання цього процесу,

що містить оптимізаційні процедури та передбачає програмну реалізацією [2]. Отже, розробка програмного продукту, який би дозволив вирішувати транспортні задачі в рамках логістичних систем є актуальною.

Ефективність міської логістичної системи залежить від ефективного управління перевізним процесом, що виражається в рішенні задач маршрутизації. Науковою задачею формування маршрутів і економічного їх обґрунтування займалися і займаються багато вітчизняних і закордонних вчених. Існує багато підходів вирішення проблем маршрутизації з використанням точних і приблизних методів, таких як: Кларка-Райта, Рена-Холідея, Літтла, Данцига, «гілок і меж», «мітли» та інші [3-5]. Точні методи дозволяють знаходити оптимальні рішення, однак, навіть з сучасним розвитком обчислювальної техніки, вони потребують великих ресурсів оперативної пам’яті і часу для розрахунків. Приблизні методи отримали більше застосування через їх простоту і швидкість обчислення. Не зважаючи на те, що вони дають більшу похибку ніж точні, рішення задач маршрутизації здебільшого виконують з використанням евристичних методів [5, 6].

Найбільше поширення серед методів маршрутизації отримав метод Кларка-Райта [7], оснований на визначені «вигоди» від об’єднання маршрутів за критерієм мінімуму пробігу транспортного засобу. При цьому, попередньо має бути сформована матриця найкоротших відстаней. Серед багатьох алгоритмів, що дозволяють це зробити, метод Дейкстри є найбільш оптимальним за точністю розрахунків і швидкодією [8].

В сучасних умовах функціонування вантажного транспорту є потреба оптимізації процесу перевезення з врахуванням параметрів транспортної мережі, особливостей вантажів, потреб і умов роботи відправників і споживачів використовуючи оптимальні марки транспортних засобів. Отже доцільно розробити алгоритм і програмно його реалізувати, який би дав змогу вирішувати задачі розвезення тарно-штучних вантажів, враховуючи її нетривіальний характер, що виражається в багатокритеріальності і значної кількості вантажовідправників та вантажоодержувачів в умовах сучасного міста.

## 2. Розробка моделі формування управління процесом розвезення вантажів

На процес формування розвізних маршрутів впливають параметри транспортної мережі (довжина дуг, затримки на перехрестях, швидкість руху, на дугах, існуючі схеми організації дорожнього руху), параметри учасників логістичного процесу (обсяг завезення та вивезення, їх дислокація, кількість пунктів вивезення і завезення, часи роботи), параметри вантажів (обсяг, габарити, фізичні властивості, умови перевезення), параметри транспортних засобів (вантажопідйомність, габарити кузова, експлуатаційні характеристики). Врахування цих параметрів в процесі формування схем розвезення тарно-штучних вантажів пунктами збуту в містах, можна досягти з використанням алгоритму, що представлений на (рис. 1).

Відповідно до нього на третьому етапі після ініціалізації даних проводиться уведення вхідних даних. Для цього потрібно сформувати:

1. Топологічну схему транспортної мережі
2. Базу даних тарно-штучних вантажів.
3. Базу даних транспортних засобів.

Для формування файлів вхідних даних з використанням мови програмування Delphi були розроблені спеціальні прикладні програмні модулі. З використанням модуля Net.exe формується топологічна схема транспортної мережі міста шляхом визначення GPS координат кожного з вузлів дорожньої мережі і внесенням цієї інформації до програми (рис. 2).

Для врахування параметрів транспортної мережі, що визначають умови руху, кожна дуга характеризується швидкістю руху транспорту за напрямками у визначені часи доби, обмеженнями руху транспорту (рис. 3). Заборонені напрямки руху визначаються згідно існуючої схеми організації дорожнього руху на мережі.

Крім цього враховується умови руху транспортних засобів за повною масою або навантаженням на вісь, що зумовлено наявністю дорожніх знаків заборонного типу. Через нерівномірність інтенсивності транспортних потоків за напрямками руху в різний час доби, швидкість руху мережею розглядається, як змінна величина (рис. 3). Усі зазначені обставини зумовлюють процес формування розвізних маршрутів.

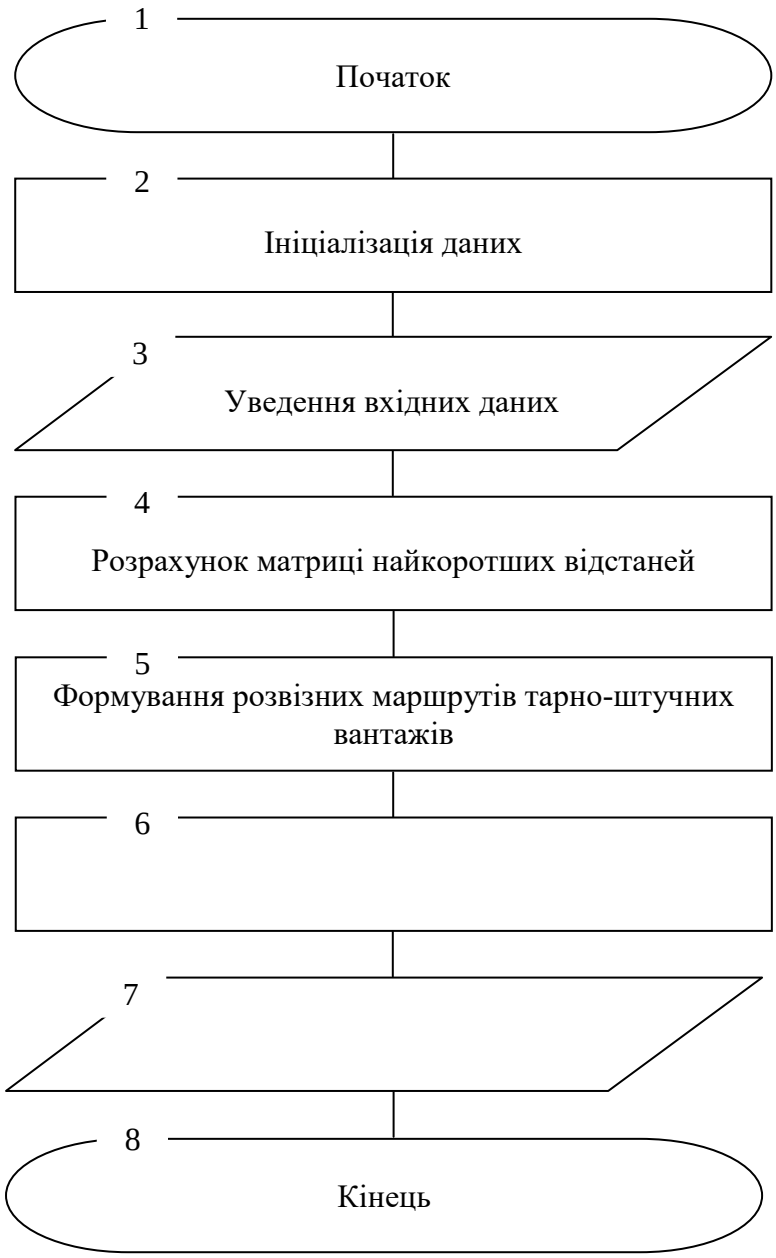



Рисунок 1. Алгоритм моделі формування схеми розвезення тарно-штучних вантажів

Проїзд перехрестя характеризується затримками, які можна врахувати шляхом уведення їх величини залежно від маневру транспортного засобу на ньому (рис. 4).

Параметри учасників транспортного процесу, що характеризуються їх взаємним розміщенням, впливають на довжину маршрутів та їх кількість в схемі розвезення. Уведення всіх наведених вище параметрів дозволяє сформувати файл вхідних даних щодо графу транспортної мережі.

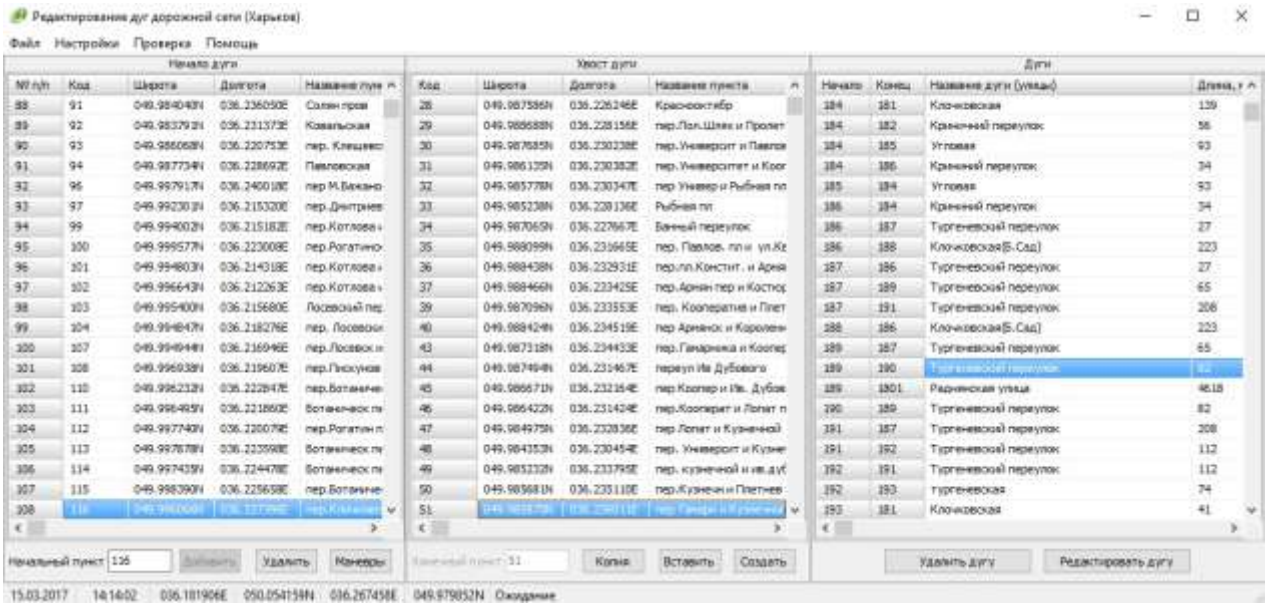



Рисунок 2. Фрагмент програми створення графу транспортної мережі

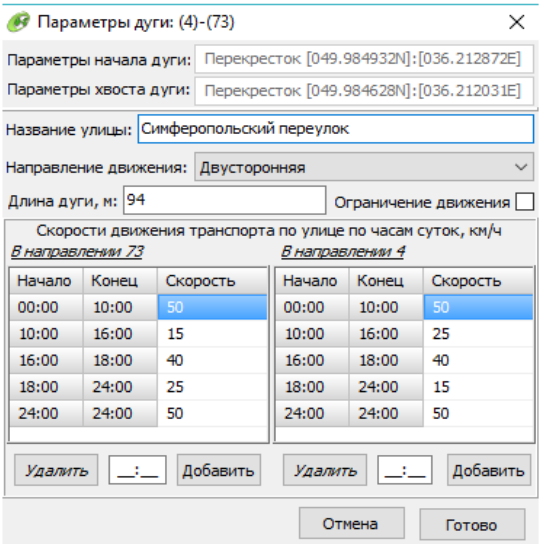



Рисунок 3. Фрагмент програми створення графу транспортної мережі: параметри дуг транспортної мережі

Характеристики вантажів впливають на вибір типу транспортного засобу для їх перевезення. При цьому габарити вантажів визначають потрібні габарити кузова транспортного засобу і впливають на коефіцієнт використання вантажопідйомності. Фізичні властивості вантажів формують умови перевезення, і отже впливають на доцільність використання того чи іншого типу транспортного засобу. Для врахування цих параметрів було розроблено прикладний програмний модуль (Cargo.exe), куди вноситься така інформація, як: вид вантажу, маса та розміри, час на

навантаження і розвантаження одиниці вантажу. В результаті уведення вхідних даних формується відповідна база даних, що містить характеристики наданих до перевезення вантажів (рис. 5).

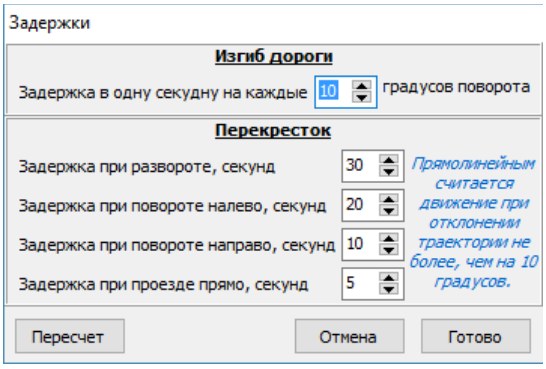
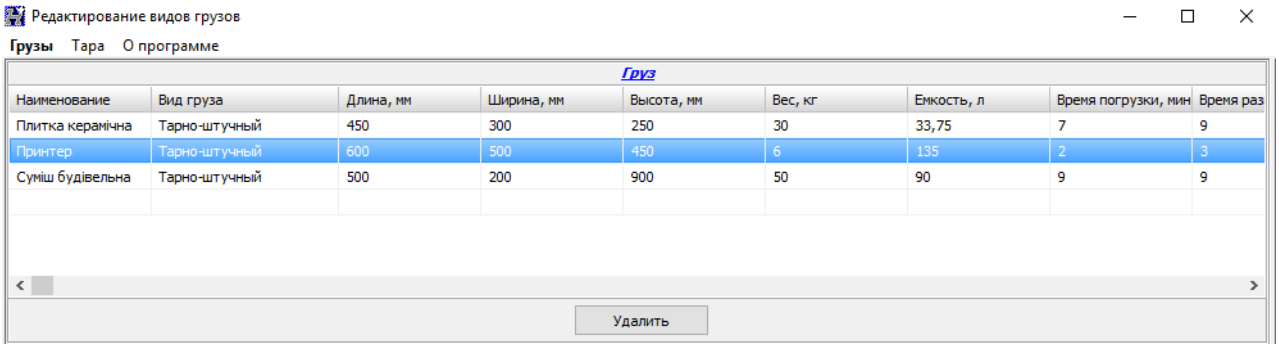



Рисунок 4. Фрагмент програми створення графу транспортної мережі: затримки на перехрестях




| Наименование | Вид груза | Длина, мм | Ширина, мм | Высота, мм | Вес, кг | Емкость, л | Время погрузки, мин | Время раз |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Плитка керамічна | Тарно-штучный | 450 | 300 | 250 | 30 | 33,75 | 7 | 9 |
| Принтер | Тарно-штучный | 600 | 500 | 450 | 6 | 135 | 2 | 3 |
| Суміш будівельна | Тарно-штучный | 500 | 200 | 900 | 50 | 90 | 9 | 9 |

Рисунок 1.5. Фрагмент програми моделювання файлу бази даних щодо характеристики наданих до перевезення вантажів

Формування схем розвезення вантажів залежить від параметрів транспортних засобів. Вантажопідйомність визначає кількість пунктів заїзду на маршруті і кількість маршрутів в схемі розвезення. Габарити кузова визначають можливість перевезення вантажу і впливають на коефіцієнт використання вантажопідйомності. Експлуатаційні характеристики транспортного засобу визначають швидкість руху маршрутом, а отже впливають на кількість одержувачів, що можуть бути обслужені протягом визначеного періоду часу. Технічні характеристики вантажних автомобілів впливають на економічні показники процесу розвезення тарно-штучних вантажів. Уведення параметрів транспортних засобів (вид транспортного засобу, габарити, ширина, довжина і висота кузову, навантажувальна висота, тип двигуна, вантажопідйомність) в

розроблений програмний модуль Auto.exe дозволяє сформувати відповідний файл вхідних (рис. 6). Транспортні засоби, що містяться у цьому файлі можуть бути використані при розвезенні вантажів по пунктах збуту залежно від умов перевезення.

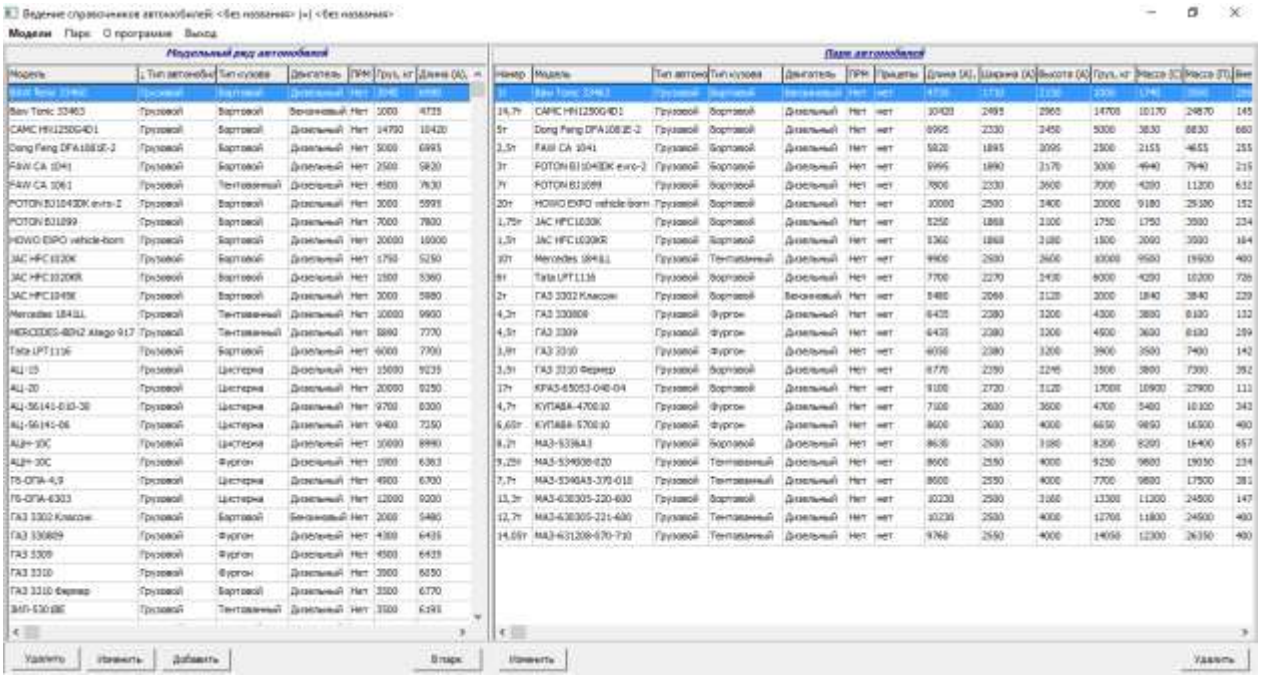


Рисунок 6. Фрагмент програми моделювання файлу парку автомобілів

На наступному етапі моделювання з використанням сформованого файлу вхідних даних топологічної схеми міста і її параметрів проводиться розрахунок матриці найкоротших відстаней і виконується формування схем розвізних маршрутів в місті. Для програмної реалізації цього процесу було розроблено програмний продукт Delivery.exe, інтерфейс якого наведено на рис. 7.

В якості часових обмежень роботи транспорту програма дозволяє задавати максимальний час оберту транспортного засобу і максимальний час обслуговування мережі. Крім того програма дає змогу проводити зонування області обслуговування транспортом сукупності вантажоодержувачів, які можуть бути поділені за територіальною ознакою, або бути закріплені за відповідними вантажовідправниками.

В результаті моделювання формуються розвізні маршрути тарно-штучних вантажів, параметри яких залежать від вантажопідйомності транспортних засобів, вантажів і характеристик транспортної мережі.

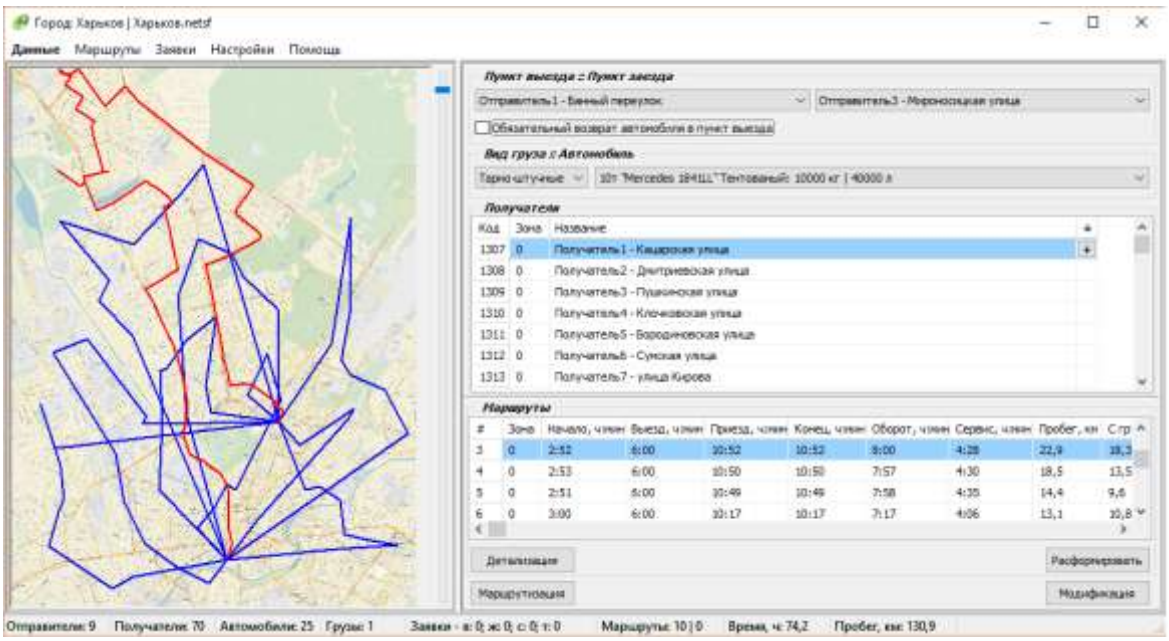



Рисунок 7. Інтерфейс програми моделювання розвізних маршрутів

Використання програмного комплексу дозволяє отримати графічне зображення змодельованих схем розвезення тарно-штучних вантажів маршрутів, наочно відобразити на карті пункти завезення і черговість їх обслуговування, вивести показники маршрутів:

– час початку руху маршрутом;
– час закінчення руху маршрутом;
– час обороту на маршруті;
– час обслуговування пунктів завезення;
– кількість пунктів завозу вантажу на кожному маршруті;
– графік руху транспортних засобів маршрутом;
– довжина маршруту;
– довжина їздки з вантажем;
– обсяг завезення в кожний пункт маршруту;
– транспортна робота;
– вантажооберт на маршруті;
– час навантаження-розвантаження в кожному пункті маршруту;
– коефіцієнт використання вантажопідйомності;
– коефіцієнт використання пробігу;
– технічна швидкість руху на маршруті.

На наступному етапі дослідження було проведено оцінку адекватності моделі формування маршрутів розвезення тарно-

штучних вантажів пунктами збуту. Для цього було порівняно фактичні показники розвізних маршрутів з із змодельованими.

Як критерій оцінки адекватності моделі було використано середньозважену помилку. Показником оцінювання моделі було обрано параметр – час руху маршрутом.

Для цього було визначено абсолютну помилку моделі за формулою:

$$\delta_{абс} = P_{mф} - P_{mр}, \tag{1}$$

де $P_{mф}, P_{mр}$ – відповідно фактичне та розрахункове значення часу руху маршрутом *m*, год.

Відносну помилку моделі визначено так:

$$\delta_{відн} = \frac{\left| P_{mф} - P_{mр} \right|}{P_{mф}}. \tag{2}$$

Величину середньої помилки, розраховували за формулою:

$$\delta_{сер} = \frac{\sum_{k=1}^{m} \delta_{відн}}{m} \cdot 100\%. \tag{3}$$

Результати розрахунків наведено в табл. 1.

Таблиця 1

**Результати оцінювання адекватності моделі формування маршрутів розвезення тарно-штучних вантажів**

| Номер маршруту | Фактичний час руху, год. | Розрахунковий час руху, год. | Абсолютна помилка, год | Відносна помилка |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 3,08 | 2,91 | 0,17 | 0,06 |
| 2 | 2,85 | 3,1 | -0,25 | 0,09 |
| 3 | 2,8 | 3,11 | -0,31 | 0,11 |
| 4 | 2,9 | 2,45 | 0,45 | 0,16 |
| 5 | 2,88 | 2,89 | -0,01 | 0,00 |
| … | … | … | … | … |
| 42 | 3,2 | 3,37 | -0,17 | 0,05 |
| Середня помилка, % | | | | 6,11 |

Величина середньої похибки дорівнює 6,11%, що свідчить про те, що модель формування маршрутів розвезення тарно-штучних вантажів пунктами збуту з достатньою точністю описує процес, що досліджується.

## 3. Висновок по розділу

Аналіз стану теорії і практики проектування процесу розвезення тарно-штучних вантажів показує, що на теперішній час не існує підходів, які б повністю і адекватно відбивали специфіку даного виду перевезень. Вирішувати дану проблему доцільно з використанням моделювання перевізного процесу, яке б враховувало нетривіальний характер задачі планування доставки вантажів, що виражається через її багатокритеріальність.

Розроблена модель формування маршрутів розвезення тарно-штучних вантажів пунктами збуту дозволяє проектувати перевізний процес враховуючи параметри транспортної мережі (довжина дуг, затримки на перехрестях, швидкість руху транспорту, схема організації дорожнього руху), учасників транспортного процесу (обсяг завезення та вивезення, місцезнаходження, кількість пунктів збуту), вантажів (обсяг, габарити, фізичні властивості, умови перевезення) і транспортних засобів (вантажопідйомність, габарити кузова, технічні характеристики). Оцінка адекватності моделі, що проводилася за середньою помилкою апроксимації, вказує на можливість її застосування для вирішення практичних і наукових завдань.

## ДЖЕРЕЛА


1. Житков В.А. Методы оперативного планирования грузовых перевозок / В.А. Житков, К.В. Ким. – М. : Транспорт, 1984. – 218 с.
2. Николаенко Д. В. Адекватность математической модели в системе построения оптимального маршрута рациональной развозки мелкопартионных грузов // Вісник Хмельницького національного університету– №2, 2013. – с. 267-271
3. Подшивалова К. С. Повышение эффективности перевозок мелкопартионных грузов автомобильным транспортом :дисс...

канд. техн. наук / К. С. Подшивалова. – Волгоград, 2007. – 156 с.
4. Просов С. Н. Повышение эффективности планирования перевозок по сборно-развозочныммаршрутам :дисс... канд. техн. наук / С. Н. Просов. – Москва, 1985. – 125 с.
5. Шептура А. Н. Повышение эффективности автомобильных перевозок партионных грузов при переменном спросе на перевозки :дисс... канд. техн. наук / А. Н. Шептура. – Харьков, 2004. – 162 с.
6. Тюрин А. Ю. Эвристические методы решения задач доставки мелкопартионных грузов // Вестник КузГТУ. 2007. №1 С.51-55.
7. Pichpibul T., Kawtummachai R. A heuristic approach based on clarke-wright algorithm for open vehicle routing problem //The Scientific World Journal. – 2013. – Т. 2013.
8. Майника Э. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах / Э. Майника. – Москва : Мир, 1981. – 324 с.

# КОНЦЕПУТАЛЬНІ ОСНОВИ ЛОГІСТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОЮ ВЗАЄМОДІЄЮ АВТОТРАНСПОРТУ В ПАРАЛЛЕЛЬНИХ КАНАЛАХ РОЗПОДІЛУ

При доставці вантажів, що потребують підтримки значення заданих умов перевезень протягом транспортування та складування актуальним є вирішення питання вибору типу транспортного засобу за таких обмежень. Переміщення будь – якого матеріального потоку здійснюється по визначеній технології перевезення, властивій даному потоку. Технологічний процес перевезення вантажу передбачає розділ його на систему послідовних взаємозв'язаних етапів і операцій, які виконуються більш менш однозначно і мають на меті досягнення високої ефективності перевезень.Зміна будь-якого з параметрів перевезень впливає на технологічний процес просування матеріальних потоків, час виконання операцій, кількість операцій в процесі доставки, умови якості транспортування, щоб скоротити збитки або повне запобігання втрат. Особливо це стосується швидкопсувних вантажів, при перевезенні яких потрібен спеціалізований рухомий склад, який забезпечує підтримку певного температурного режиму. Вартість використання транспортних засобів типу ізотермічний або рефрижератор значно вище ніж звичайного бортового або тент. В той же час, зміна кліматичних циклів протягом року, в деяких періодах, дозволяє використовувати для доставки транспортні засоби типу тент. Це дає змогу зменшити вартість транспортування, і як наслідок кінцеву вартість товару для споживачів та отримати більше прибутку.

Основною метою даної роботи є дослідження взаємозв'язку між параметрами матеріального потоку і технологічними схемами доставки, на прикладі формування раціональної кількості автотранспортних засобів для перевезення вантажів протягом року за умов зміни параметрів зовнішнього середовища та підтримки заданих вимог до перевезення матеріального потоку.

Об'єктом дослідження є процес автотранспортного обслуговування матеріальних потоків в логістичний системі предметом є раціональна кількість автотранспортних засобів за умов зміни параметрів зовнішнього середовища та підтримки заданих умов до перевезення матеріального потоку

Відповідно до визначеної мети в даній роботі поставлено наступні задачі:

– дослідити вплив умов транспортування вантажів на зміну технології перевезення;

– визначити альтернативні варіанти формування автомобільного парку з урахування сезонної зміни умов транспортування;

– сформувати раціональну структуру автомобільного парку досліджуваного об'єкта шляхом виявлення доцільності придбання додаткових типів рухомого складу.

Основними методами, застосованими в роботі, є методи діалектичного пізнання, які дають змогу комплексно й об'єктивно підійти до вирішення сформульованих завдань. У процесі дослідження залучалися загальнонаукові (аналіз, синтез), так і спеціальні економічні методи. При розроблені економіко-математичної моделі функціонування автотранспортного підприємства в умовах обслуговування декількох матеріальних потоків використано: загальну теорію транспортних систем і процесів, теорія логістики, економічні методи оцінювання інвестиційних проектів. За допомогою експериментального методу досліджено характеристики матеріальних потоків замовників, технологічний процес перевезень й інші економічні та технологічні показники. Метод економіко-математичного моделювання уможливив з'ясувати вплив параметрів автотранспортного обслуговування на зміну інвестиційних показників функціонування автотранспортного підприємства. Методи проектного аналізу застосовано для визначення ефективності транспортного обслуговування. Статистичний аналізу, групування та зіставлення дали змогу вивчити роботу автотранспортного підприємства.

В якості досліджуваного матеріального потоку розглянуто перевезення продуктів споживчого кошика. Обсяг перевезень матеріального потоку на протязі року по місяцям представлений на рис. 1.

Важливою умовою при перевезенні вантажів є збереження їх якості та запобігання втрат. При низькій температурі деякі товари стають крихкими, покриваються тріщинками і можуть робитися зовсім непридатними для використання. При високих температурах деякі товари плавляться, злипаються, а багато харчових продуктів псуються і робляться непридатними для споживання [9].

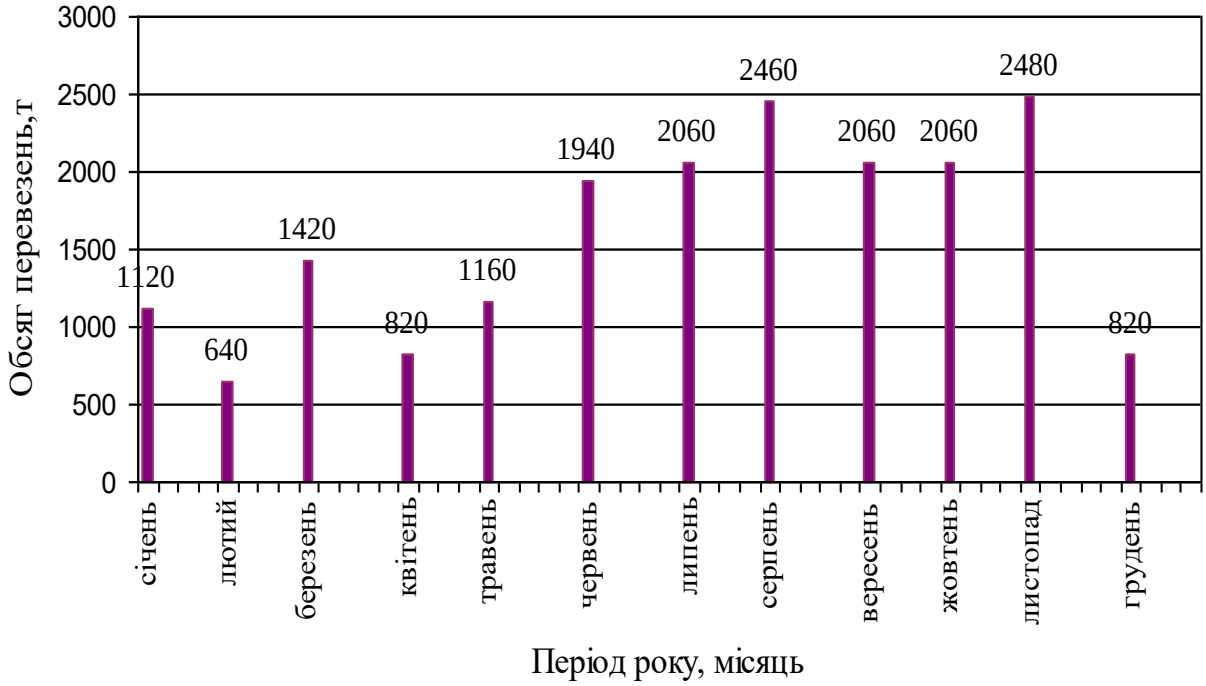



Рисунок 1. Обсяг перевезень матеріального потоку (рибних консервів)

Як видно з рисунку даних, найбільший обсяг перевезень припадає на літньо-осінній період року, а в зимовий період обсяг перевезень дещо знижується. Транспортування даного виду матеріального потоку вимагає дотримання певних умов: температура повинна бути не менше 0 ˚С та не більша 30 ˚С для тентового напівпричепу та від 1 до 6 ˚С для ізотермічного напівпричепу відповідно до наказу Міністерства транспорту України «Про затвердження Правил перевезень вантажів автомобільним транспортом в Україні» № 363 від 14.10.97 р. Щоб забезпечити збереження вантажу і уникнути втрат при транспортуванні у періоди, необхідно використовувати 2 різних типи транспортних засобів: ізотермічний та тент. Ізотермічний напівпричіп призначений для перевезення вантажів, здатний зберігати протягом температуру при якій виконувалось навантаження протягом 10-20 годин.

Зважаючи на потребу в дотриманні температурних вимог при доставці вантажу, доцільним є розгляд температури навколишнього середовища в щоденному форматі, а обсяг перевезень – в щотижневому періоді. Це зумовлено тим, що температура навколишнього середовища різко змінюється протягом місяця і для вибору відповідного типу транспортного засобу необхідно аналізувати більш точні дані.

Враховуючи коливання температури навколишнього середовища, наведеного на рис. 2, можна сказати, що в період з 01.06.18 р. по 13.07.19 р. вантаж можна перевозити за допомогою тентового напівпричепу.

В пік літнього період та на початку осені, а саме з 13.07.18 по 31.08.19 р. вантаж доцільно перевозити ізотермічним напівпричепом, але як варіант, в цей період можна здійснювати перевезення тентовим напівпричепом за умови нічного перевезення.

В період з 31.08.18 р. по 04.01.19 р. денна температура дещо спадає, але знаходиться в допустимих температурних межах, тому в цьому випадку можна використовувати тентовий напівпричіп.

В наступні тижні, а саме з 11.01.19 р. по 22.03.19 р. температура повітря має тенденцію до значного зниження, що потребує використання спеціалізованого рухомого складу – ізотермічного напівпричепу.

З 22.03.19 по 31.05.19 р. р. температура навколишнього середовища підходить для транспортування вантажу тентовим напівпричепом. Але в подальшому періоді температура значно знижується і перевезення вантажу здійснюється в ізотермічному напівпричепі.

Результати аналізу використання транспортних засобів для всіх періодів та зводимо до табл. 1.

Розглянемо наступні альтернативні варіанти кількості автотранспортних засобів для перевезення вантажів протягом року для забезпечення просування матеріального потоку за умов зміни параметрів зовнішнього середовища та підтримки заданих вимог (рис.4).

Отримані результати розрахунків необхідної кількості транспортних засобів для перевезення вантажу представимо графічно на рис. 3.

Як видно з наведеного нище рис. 4 має чотири варіанти для формування раціональної кількості автомобільних засобів.

Перший варіант передбачає комбіноване використання власних та найманих ізотермічних напівпричепів. Другий варіант передбачає сумісне використання найманих тентового та власних ізотермічних напівпричепів. Третій варіант передбачає перевезення вантажу найманими напівпричепами: ізотермічними та тентовими.

Рисунок 2 – Обсяг перевезень матеріального потоку (споживчий кошик) по тижням в період з 01.06.18 р. по 31.05.19 р. |

Таблиця 1

## Розрахункова кількість транспортних засобів

| № п/п | Дата | Обсяг перевезень, т | Кількість ТЗ по неділям | Тент | Ізотермічний | Кількість ТЗ по місяцям тент | Кількість ТЗ по місяцям ізотермічний | Кількість ТЗ по місяцям |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | 01.01.2019 | 500 | 9 | 9 | 0 | 9 | 7 | 16 |
| 2 | 11.01.2019 | 420 | 7 | 0 | 7 | | | |
| 3 | 18.01.2019 | 180 | 3 | 0 | 3 | | | |
| 4 | 25.01.2019 | 20 | 1 | 0 | 1 | | | |
| 5 | 01.02.2019 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 6 |
| 6 | 08.02.2019 | 140 | 3 | 0 | 3 | | | |
| 7 | 15.02.2019 | 320 | 6 | 0 | 6 | | | |
| 8 | 22.02.2019 | 180 | 3 | 0 | 3 | | | |
| 9 | 01.03.2019 | 200 | 4 | 0 | 4 | 7 | 6 | 13 |
| 10 | 08.03.2019 | 220 | 4 | 0 | 4 | | | |
| 11 | 15.03.2019 | 340 | 6 | 0 | 6 | | | |
| 12 | 22.03.2019 | 240 | 4 | 4 | 0 | | | |
| 13 | 29.03.2019 | 420 | 7 | 7 | 0 | | | |
| 14 | 05.04.2019 | 300 | 5 | 5 | 0 | 5 | 0 | 5 |
| 15 | 12.04.2019 | 160 | 3 | 3 | 0 | | | |
| 16 | 19.04.2019 | 200 | 4 | 4 | 0 | | | |
| 17 | 26.04.2019 | 160 | 3 | 3 | 0 | | | |
| 18 | 03.05.2019 | 180 | 3 | 3 | 0 | 5 | 0 | 5 |
| 19 | 10.05.2019 | 240 | 4 | 4 | 0 | | | |
| 20 | 17.05.2019 | 260 | 5 | 5 | 0 | | | |
| 21 | 24.05.2019 | 280 | 5 | 5 | 0 | | | |
| 22 | 31.05.2019 | 200 | 4 | 4 | 0 | | | |
| 23 | 01.06.2019 | 260 | 5 | 5 | 0 | 9 | 0 | 9 |
| 24 | 08.06.2019 | 520 | 9 | 9 | 0 | | | |
| 25 | 15.06.2019 | 360 | 6 | 6 | 0 | | | |
| 26 | 22.06.2019 | 300 | 5 | 5 | 0 | | | |
| 27 | 29.06.2019 | 500 | 9 | 9 | 0 | | | |
| 28 | 06.07.2019 | 460 | 8 | 8 | 0 | 8 | 10 | 18 |
| 29 | 13.07.2019 | 560 | 10 | 0 | 10 | | | |
| 30 | 20.07.2019 | 440 | 8 | 0 | 8 | | | |
| 31 | 27.07.2019 | 600 | 10 | 0 | 10 | | | |
| 32 | 03.08.2019 | 580 | 10 | 0 | 10 | 0 | 10 | 10 |
| 33 | 10.08.2019 | 480 | 8 | 0 | 8 | | | |
| 34 | 17.08.2019 | 420 | 7 | 0 | 7 | | | |
| 35 | 24.08.2019 | 440 | 8 | 0 | 8 | | | |
| 36 | 31.08.2019 | 540 | 9 | 0 | 9 | | | |

Продовження табл. 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 37 | 07.09.2019 | 540 | 9 | 9 | 0 | 10 | 0 | 10 |
| 38 | 14.09.2019 | 600 | 10 | 10 | 0 | | | |
| 39 | 21.09.2019 | 420 | 7 | 7 | 0 | | | |
| 40 | 28.09.2019 | 500 | 9 | 9 | 0 | | | |
| 41 | 05.10.2019 | 580 | 10 | 10 | 0 | 10 | 0 | 10 |
| 42 | 12.10.2019 | 560 | 10 | 10 | 0 | | | |
| 43 | 19.10.2019 | 440 | 8 | 8 | 0 | | | |
| 44 | 26.10.2019 | 480 | 8 | 8 | 0 | | | |
| 45 | 02.11.2019 | 540 | 9 | 9 | 0 | 10 | 0 | 10 |
| 46 | 09.11.2019 | 400 | 7 | 7 | 0 | | | |
| 47 | 16.11.2019 | 480 | 8 | 8 | 0 | | | |
| 48 | 23.11.2019 | 580 | 10 | 10 | 0 | | | |
| 49 | 30.11.2019 | 480 | 8 | 8 | 0 | | | |
| 50 | 07.12.2019 | 300 | 5 | 5 | 0 | 6 | 0 | 6 |
| 51 | 14.12.2019 | 40 | 1 | 1 | 0 | | | |
| 52 | 21.12.2019 | 140 | 3 | 3 | 0 | | | |
| 53 | 28.12.2019 | 340 | 6 | 6 | 0 | | | |

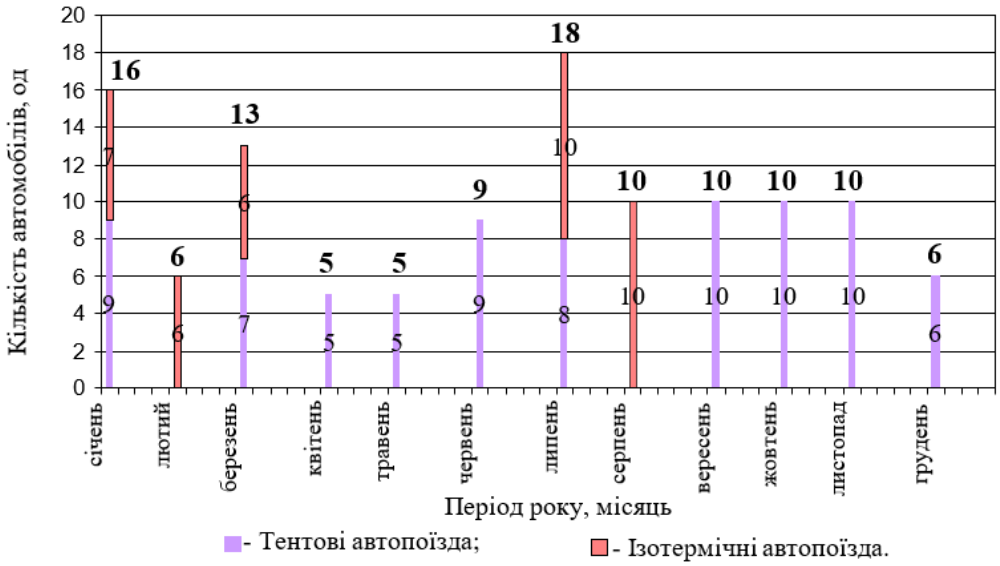



Рисунок 3. Розрахункова кількість автомобілів по місяцям

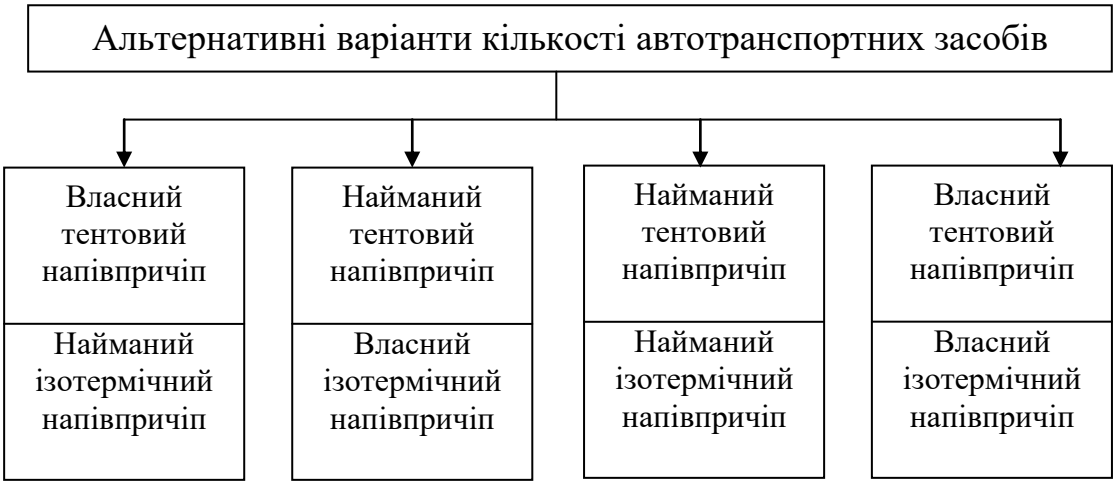



Рисунок 4. Варіанти формування раціональної кількості автомобільних засобів

Четвертий варіант є протилежний третьому і передбачає утримання в парку всіх власних транспортних засобів необхідних і в достатній кількості для здійснення перевезення.

Вартість, експлуатація та утримання тентового напівпричепу дешевше, ніж ізотермічного. Організація і утримання власного автомобільного парку потребує великих капіталовкладень і витрат за кредитами.

Оренда транспортних засобів передбачає відсутність: 1) капітальних витрат, 2) витрат пов'язаних з утриманням ТЗ, 3) лізингових або кредитних платежів, в часовому періоді, але збільшує миттєву вартість перевезення порівнюючи з використанням власного автопарку.

Вибір того чи іншого з перелічених варіантів має бути економічно обґрунтованим з точку зору проектного аналізу в довгостроковій перспективі.

Цільову функцію моделі досліджуваного логістичного ланцюга можна визначити в наступному вигляді:

$$NPV_{сис} = F(NPV_{ТП}, NPV_{СП}, NPV_{ПП}) \to \max, \qquad (1)$$

де $NPV_{ТП}, NPV_{СП}, NPV_{ПП}$ – відповідно чиста приведена вартість проекту транспортної підсистеми, складської підсистеми роздрібної мережі та складу, грн.

Математично цільова функція 2 записана з використанням формули визначення чистої приведеної вартості у такому вигляді:

$$NPV_{cuc} = \sum_{t=1}^{k} \frac{NCF_{cuct}}{(1+d)^t} - \sum_{t=1}^{k} \frac{IC_{cuct}}{(1+d)^t}, \quad (2)$$

де $NCF_{cuct}$ – чистий грошовий потік по окремих інтервалах загального періоду експлуатації проекту;

$IC_{cuct}$ – інвестиційні витрати по окремих інтервалах загального періоду експлуатації проекту;

$i$ – дисконтна ставка;

$k$ – загальний період розрахунку.

При розгляді витратної частини логістичного оператора будуть враховуватися статті витрат приведені в табл. 2.

Таблиця 2

**Склад витратної частини транспортного учасника**

| Учасник | Поточні витрати | Податки |
|---|---|---|
| Логістичний оператора | – витрати на заробітну плату;<br>– витрати на утримання та ремонт транспортних засобів;<br>– витрати на паливо;<br>– амортизаційні відрахування;<br>– загальногосподарські витрати. | – податок на прибуток;<br>– ПДВ;<br>– податок з власників транспортних засобів |

Аналіз діяльності транспортного учасника здійснюється за умови сталих доходної та витратної частини учасників логістичного ланцюга.

Розглянувши варіанти структури парку, зосередимо увагу на формування раціонального кількості автотранспортних засобів досліджуваного об’єкта шляхом виявлення доцільності придбання додаткового рухомого складу, тобто ізотермічних автопоїздів. За рік ізотермічні автопоїзди використовуються не рівномірно, тому кількість обороті, які вони здійснюють буде різною. Дані, щодо використання тентових та ізотермічних автотранспортних засобів наведені в табл. 3.

Таблиця 3

**Характеристика використання транспортних засобів тент та ізотерм**

| Період, Місяць | Кількість ізотермічних транспортних засобів, що фактично використовуються по місяцям, од. | | | | | | | | | | Кількість оборотних рейсів, що здійснюються ізотермічними автопоїздами по місяцям, од. | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| Січень | 7 | 7 | 7 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 63 | 63 | 63 | 63 | 54 | 45 | 36 | 27 | 18 | 9 |
| Лютий | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 72 | 72 | 72 | 72 | 72 | 60 | 48 | 36 | 24 | 12 |
| Березень | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 54 | 54 | 54 | 54 | 54 | 45 | 36 | 27 | 18 | 9 |
| Квітень | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Травень | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Червень | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Липень | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 90 | 81 | 72 | 63 | 54 | 45 | 36 | 27 | 18 | 9 |
| Серпень | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 120 | 108 | 96 | 84 | 72 | 60 | 48 | 36 | 24 | 12 |
| Вересень | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Жовтень | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Листопад | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Грудень | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Отримані розрахунки за досліджуваний період можна представити графічно на рис. 5 з урахуванням даних для існуючого варіанту функціонування транспортного учасника.

Доцільність використання власного і найманого транспорту будемо визначати згідно цільової функції моделі досліджуваної системи. Відповідно до цільової функції чистий приведений дохід усіх учасників досліджуваної системи повинен бути найбільшим серед інших запропонованих варіантів, тобто в нашому випадку – варіантів кількості закупівлі ізотермічних напівпричепів для обслуговування досліджуваного матеріального потоку.

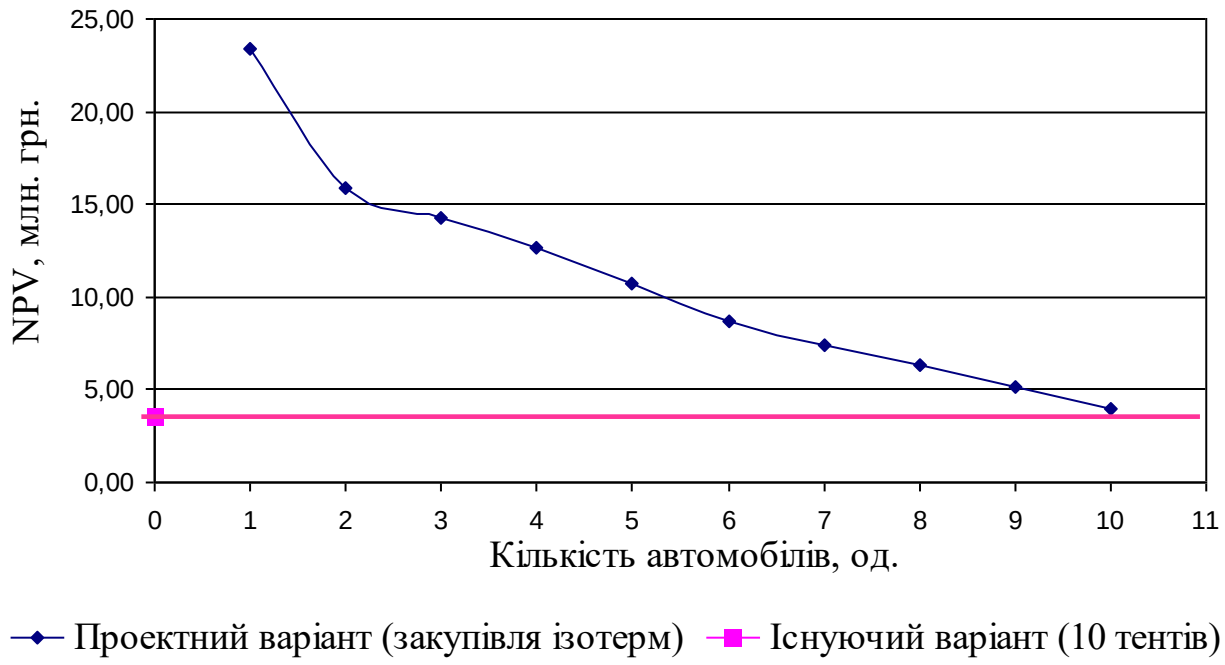



Рисунок 5. Залежність чистої приведеного доходу проекту від кількості автомобілів

Тому далі проведемо розрахунок чистого приведеного доходу для системи згідно цільової функції моделі досліджуваної системи при незмінній технології функціонування портової та складської підсистем.

Розрахуємо чистий приведений дохід для існуючого варіанту (0 – без закупівлі ізотермічних напівпричепів) функціонування системи за весь досліджуваний період:

$$NPV_{системи} = 3519977,07 + 4292456,74 + 2845635,92 = 13709828,63 \text{ грн.}$$

Аналогічно здійснюємо розрахунки для інших запропонованих варіантів та зводимо отримані результати до табл. 4.

Отримані в результаті розрахунків дані зобразимо графічно на рис. 6.

Враховуючи цільову функцію моделі та відповідно до отриманих розрахунків і наведеного графічного матеріалу, можна зробити висновок, що доцільним при використанні власних 10 тентових автопоїздів є закупівля одного ізотермічного напівпричепу, а решту транспортних засобів наймати у сторонніх організацій.

Таблиця 4

**Значення чистої приведеної вартості в залежності від кількості придбаних ізотермічних транспортних засобів**

| Кількість ізотермічних транспортних засобів, од. | NPV транспортної підсистеми,грн. | NPV складської підсистеми,грн. | NPVроздрібної мережі, грн. | NPV системи, грн. |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 3519977,07 | 4292456,74 | 2845635,92 | 13709828,63 |
| 1 | 23438098,20 | 4292456,74 | 2845635,92 | 33627949,77 |
| 2 | 15965478,72 | 4292456,74 | 2845635,92 | 26155330,29 |
| 3 | 14327949,57 | 4292456,74 | 2845635,92 | 24517801,13 |
| 4 | 12667840,52 | 4292456,74 | 2845635,92 | 22857692,08 |
| 5 | 10850007,43 | 4292456,74 | 2845635,92 | 21039859,00 |
| 6 | 8795540,64 | 4292456,74 | 2845635,92 | 18985392,21 |
| 7 | 7525003,50 | 4292456,74 | 2845635,92 | 17714855,06 |
| 8 | 6369223,77 | 4292456,74 | 2845635,92 | 16559075,33 |
| 9 | 5169816,39 | 4292456,74 | 2845635,92 | 15359667,95 |
| 10 | 3971286,63 | 4292456,74 | 2845635,92 | 14161138,19 |

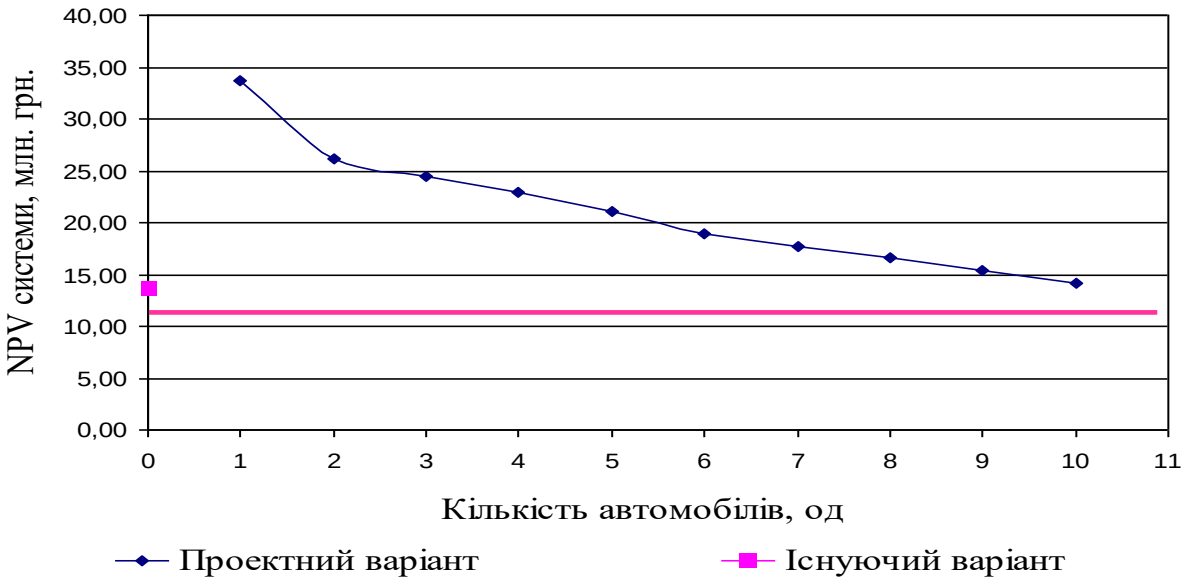



Рисунок 6. Залежність чистого приведеного доходу системи від кількості автомобілів за період – 7 років

Сезонні зміни температури навколишнього середовища є дуже мінливими і передбачити їх в повному обсязі неможливо, тому транспортні організації навіть при постійному обсязі матеріального потоку повинно мати простір для варіювання автопарком щоб забезпечити гнучкість та адаптивність його діяльності до зміни

температурного режиму перевезення вантажу. При доставці вантажу в системі з постійним вантажопотоком протягом довгострокового періоду часу, але змінними параметрами матеріального потоку.

Для виявлення доцільності придбання ізотермічних напівпричепів і в якій кількості, було здійснено розрахунки чистої приведеної вартості системи в залежності від пропонованої кількості придбання ізотермічних напівпричепів з урахуванням використання й утримання власних тентових автопоїздів. Було обрано найкращий варіант, який приносить найбільшу чисту приведену вартість – 33602632,53 грн., тобто покупку одного ізотермічного напівпричепу й винайм решти транспортних засобів на ринку. Даний висновок підтверджує й приведений графік. Існуючий варіант функціонування логістичного ланцюга є найменш привабливим і приносить менший дохід в порівнянні з іншими альтернативними варіантами.

Вимоги логістичного ланцюга, з одного боку, можуть встановлювати бажані варіанти транспортування, з іншого, зміни в режимі транспортування можуть вплинути на обсяги замовлення, графіки роботи, час доставки, зберігання запасів, технологічні операції в ланцюзі поставок, тощо. Зміна вимог транспортування призводить до зміни типу транспортного засобу протягом року, що, в свою чергу, впливає на витрати системи - фінансові потоки.

Системний ефекти, спричинений використанням комбінованого варіанту із залучення ізотермічних автотранспортних засобів, вплинули на чисту приведену вартість логістичного ланцюга. Формалізовано підхід до виявлення взаємозв’язку між параметрами матеріального потоку і технологічними схемами доставки.

*Наукове видання*

**Россолов** Олександр Володимирович, **Дульфан** Сергій Борисович,
**Шиллє** Наталя Вікторівна, **Копитков** Денис Михайлович,
**Луценко** Тетяна Володимирівна, **Самчук** Ганна Олександрівна

# СУЧАСНІ АСПЕКТИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В РИНКОВИХ УМОВАХ

Монографія

В авторськійредакції

*Відповідальний за випуск С. Л. Рева*

Підписано до друку 01.07.2021 р.
Формат 60×841/16. Папірофсетний. Гарнітура Times New Roman.
Друкксерографічний. Ум. друк. арк. 11,58.
Наклад 300 прим. Зам. №11-20

ТОВ «Видавництво «Лідер»
Свідоцтво про внесеннясуб'єктавидавничоїсправи
до Державного реєструвидавництв, виготівників
і розповсюджувачіввидавничоїпродукції
серія ДК №4224 від 08.12.2011 р.
61168, м. Харків, вул. Валентинівська, 12.
тел. (057) 758-77-75