

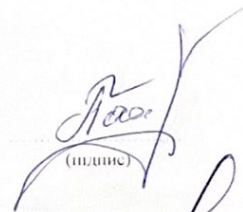
**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ  
Факультет транспорту і будівництва  
Кафедра логістичного управління та безпеки руху на транспорті**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
до дипломної кваліфікаційної роботи  
освітньо-кваліфікаційного рівня магістр**

галузі знань 27 – «Транспорт»  
спеціальності 275.3 – Транспортні технології (на автомобільному транспорті)

на тему: «Підвищення ефективності автобусних перевезень поліпшенням показників використання рухомого складу на міських маршрутах»

Виконав: здобувач вищої освіти  
групи ОПАТ-22зм  
Пацок Я.О.



(підпис)

Керівник: доц. Сорока С.І.



(підпис)

Завідувач кафедри: проф. Чернецька-Білецька Н.Б.



(підпис)

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. ОГЛЯД ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМІВ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ.....	6
1.1. Рівень організації автобусних перевезень пасажирів у містах.....	6
1.2. Порівняння сучасних моделей міського автобусного сполучення.....	10
1.3. Заходи підвищення рівня якості автобусних перевезень у заданій транспортній системі міста.....	13
2. ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ МІСЬКОГО АВТОБУСНОГО СПОЛУЧЕННЯ.....	17
2.1. Концепція та оціночний критерій соціально-етичного маркетингу в автобусних міських перевезеннях.....	17
2.2. Розрахунковий метод визначення параметрів руху автобусів до удосконалення пасажирського сполучення.....	24
2.3. Кількісна оцінка швидкісних і паливних характеристик та шкідливих викидів у автобусах різної пасажиромісткості.....	35
2.4. Аналіз методів удосконалення технологічного процесу автобусних перевезень.....	48
2.5. Скорочення витрат часу на пересування пасажирів автобусами за маршрутами міської системи транспорту.....	62
3. МЕТОДИКА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОГО ОБГРУНТУВАННЯ ЗАХОДІВ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ МІСЬКИХ АВТОБУСНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ.....	69
3.1. Алгоритм та основні передумови розробленої методики.....	69
3.2. Математичне моделювання до вибору заходів для поліпшення показників використання рухомого складу на маршрутах.....	72
3.3. Вибір типу й місткості автобусів у залежності від пасажиропотоку та собівартості перевезень.....	79
ВИСНОВКИ.....	91
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	93

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Основним завданням кожного виду транспорту є задоволення потреб держави та населення в різних видах перевезень. До головних характеристик транспортного процесу входять: Якість, собівартість, вартість та швидкість перевезень. Такі ж вимоги в повній мірі стосуються і до міських автобусних перевезень [1-4]. Пасажирський транспорт задовольняє різноманітні потреби населення в пересуванні, відіграє значну роль у житті мешканців міста. Якість перевезень впливає на психологічний та фізичний стан людей, продуктивність їх праці, відпочинок. Виходячи з цього, удосконалення організації автобусних перевезень має важливе народногосподарське та соціальне значення особливо для України, де в переважній більшості міст функціонують лише автомобільні перевезення пасажирів.

Система міського пасажирського транспорту є динамічною та здатною до саморозвитку. Для удосконалення в цілому її функціонування потрібно розглядати сукупний вплив факторів різного характеру (технічні, економічні, соціальні, природні), оцінюючи їх роль та значимість за допомогою відповідних кількісних критеріїв.

Впровадженими заходами має досягатися ефективне використання місткості автобусів, а також оптимізація розмірів і структури рухомого складу для різних автотранспортних підприємств. Більш значна увага в нових дослідженнях має приділятися розробкам, спрямованим на задоволення вимог екологічної безпеки міст з тим, щоб знизити шкідливі викиди автобусів, покращити організацію їх роботи на маршрутах міста.

**Мета і завдання дослідження.** Мета роботи полягає в удосконаленні автобусних перевезень пасажирів у транспортній системі міст із забезпеченням покращення організації, техніко-економічних показників та екологічної безпеки їх технологічного процесу.

Виходячи з поставленої мети, було намічено такі завдання дослідження:

1. Теоретичне дослідження параметрів для підвищення рівня організації міського автобусного сполучення на науковій основі концепції соціально-етичного маркетингу при ринкових відносинах.

2. Математичне моделювання із техніко-економічним обґрунтуванням ефективних засобів для поліпшення технологічного процесу перевезень пасажирів.

3. Розробка удосконаленої методики вибору пасажиромісткості, типу і раціональної кількості автобусів при покращеному формуванні рухомого складу АТП та його розподілу за маршрутами.

4. Визначення і впровадження рекомендацій для поліпшення організації та екологічної безпеки автобусних перевезень у містах.

**Об'єкт дослідження** - Система перевезень пасажирів автобусами комунальних муніципальних автотранспортних підприємств у місті.

**Предмет дослідження** – Формування раціонального технологічного процесу автобусних перевезень з урахуванням вимог концепції соціально-етичного маркетингу та ринкових відносин.

**Методи виконання роботи.** Теорія транспортного процесу; економіко-математичне моделювання; чисельні дослідження; регресивний аналіз; теорія ймовірностей.

**Наукова новизна отриманих результатів.**

- Розроблено критерій якості автобусних міських перевезень та обґрунтовано комплекс заходів щодо підвищення їх продуктивності на рівні автотранспортних підприємств у ринкових умовах;

- Удосконалена наукова методика і розроблені рекомендації суттєво вдосконалюють, на рівні муніципальних АТП, визначення раціональних форм руху автобусів та засобів їх передислокації, вибір рухомого складу за його типажем і кількістю.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає в запропонованні нових організаційних заходів для підвищення ефективності використання автобусів на міських маршрутах із метою поліпшення комфорту

поїздок, скорочення необхідного пасажирам часу на поїздки, зменшення питомих витрат АТП на забезпечення перевезень, економії палива, збереження екології міст.

**Апробація результатів роботи.** Відповідно до теми кваліфікаційної роботи опубліковані наукові публікації у фахових виданнях України, результати роботи докладалися на студентських науково-практичних конференціях кафедри ЛУБРТ СНУ ім. В.Даля (2022-2023р.р.).

**Структура і об'єм роботи.** Кваліфікаційна робота магістра складається зі вступу, 3 розділів, висновків, списку використаних джерел з 138 найменувань на 12 сторінках. Загальний об'єм кваліфікаційної роботи магістра складає 104 стор. Робота включає 16 рисунків та 5 таблиць по тексту.

# **1. ОГЛЯД ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМІВ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ**

## **1.1 Рівень організації автобусних перевезень пасажирів у містах**

Теорія пасажирських перевезень, незважаючи на велику актуальність поставлених перед нею задач, до цього часу перебуває в стадії формування. Це пояснюється великою складністю досліджень транспортних проблем, які є глибоко соціальні у своїй основі. Розвиток проблем міських пасажирських перевезень заснований на поєднанні різних галузей знань: техніки, економіки, містобудування, соціології, економічної географії, маркетингу та ін.

Основні етапи наукових розробок у галузі пасажирських перевезень базуються на використанні математичного моделювання, теорії масового обслуговування, статистичного та соціального аналізів, теорії графів, кібернетики та інших наук [13-17]. Вирішення питань транспортного забезпечення населення поділяється на два напрями: проектування міських транспортних мереж та організація руху міського транспорту [18-24].

В умовах заданої вже існуючої мережі на рівень досконалості автобусних перевезень мають суттєвий вплив багато факторів. Окрім самої організації пасажирських перевезень, дуже важливим для них є технічне забезпечення оптимальним рухомим складом як за наявністю сучасних типів і моделей автобусів, так і за їх співвідношенням у загальній кількості, а також наявного сервісного обслуговування. У сучасний період це питання набуло гостроти через економічні складності роботи муніципальних АТП. Неможливо обминути і значення регулярності та безпеки руху автобусів, економічної витрати паливних ресурсів. У групу соціальних факторів входять правильне забезпечення надійності водіїв з погляду високої виробничої дисципліни, уважне обслуговування пасажирів, дотримання належного технічного стану та довговічності автобусів.

Транспорт у місті відіграє роль, подібну до кровоносної системи живого організму. Він забезпечує можливість життєдіяльності міста як цілісної системи з його адміністративними, культурними, виробничими та іншими функціями. У міру зростання міст підвищуються і вимоги до транспорту та його екологічної безпеки. Такими вимогами стимулюється розвиток нових технічних засобів міського транспорту. Незважаючи на це, досі зберігається розрив між потенціальними можливостями засобів міського транспорту та їх реальним використанням. Наприклад, експлуатаційна швидкість сполучення на міських автобусних маршрутах іноді коливається від 15 до 22 км/год. До деякого часу уявлялось можливим вирішувати транспортні проблеми міст, збільшуючи кількість рухомого складу. У даний період цей напрям уже не дає високого ефекту, а тому назріла актуальність подальшого розвитку теорії організації руху засобів транспорту міською мережею. Взагалі, необхідно створити такі системи організації руху, які забезпечували б в перспективі максимальну якість пасажироперевезень за умови зниження витрати транспортного часу пасажирями, мінімальної собівартості перевезень, комфорту і високої безпеки руху [1, 25-28]. Крім того, на автобусних перевезеннях мають бути стійко забезпечені рівномірність та частота обороту рухомого складу, бо ці фактори безпосередньо впливають на час очікування транспорту.

У даний момент існує ряд напрямів наукової думки відносно вибору показників для оцінювання раціональної організації перевезень. Під організацією пасажирських перевезень слід розуміти задоволення пасажиропотоку в просторі та часі при заданій комфортності та певному рівні собівартості.

У попередні роки багато авторів неодноразово брали за головний показник раціональної організації перевезень час пересування пасажирів, визначений як :

$$t_{nep} = \frac{2L}{V_n} + \frac{I}{2} + \frac{L_{in}}{V_c} + t_{nepes} , \quad (1.1)$$

де  $2L$  – відстань до зупинки та від зупинки, км;  
 $I$  – інтервал руху, год;  
 $V_n$  – швидкість пішохода, км/год;  
 $L_{in}$  – дальність поїздки пасажирів, км;  
 $V_c$  – швидкість сполучення, км/год;  
 $t_{перес}$  – час на пересадку, год.

Слід вказати на те, що час на поїздки пасажирів не дозволяє зробити висновок про рівень організації транспортних перевезень, бо він не охоплює ні комфортності, ні собівартості перевезень та безпеку пасажирів. Відомо, що від комфортності поїздок залежить транспортна втома, а звідси і продуктивність праці людей. Отже, вираз (1.1) не відповідає всім вимогам раціональної організації пасажирських перевезень.

ДержавтотрансНДІпроектотом запропоновано диференціальний критерій, який певним чином вже враховує якість експлуатації автобусів, але не оцінює її економічну сторону [29,30]:

$$K_{к.о.} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (1.2)$$

де  $K_1$  - коефіцієнт відносного заповнення автобусів;

$K_2$  – коефіцієнт відносних витрат часу на пересування пасажирів;

$K_3$  - коефіцієнт регулярності руху;

$K_4$  - коефіцієнт регулярності зміни рівня ДТП.

Автори робіт [6, 11] пропонують оцінювати організацію пасажирських перевезень за допомогою категорії комфорту. Такою категорією приймають сумарний ефект впливу окремих ознак, а саме характеристик впливу комфорту на фізичний та психологічний стан пасажирів у процесі їх пересування в транспортній системі. Зокрема, при транспортно-соціологічних дослідженнях у



містах Європи було визначено багато ознак комфорту, з яких відмічені лише вісім таких, які гарантують: дотримання часу, що передбачається на поїздку і очікування транспорту; проїзд без пересадки; тиша в транспорті; наявність місця для сидіння; уникнення наслідків несприятливої погоди; невелика відстань до зупинки; мікроклімат у салоні. Вищенаведена характеристика автобусного сполучення, визначена як комфортність пересування, не є кількісною і враховує інтереси лише однієї сторони, а саме пасажирів.

Досить поширена оцінка рівня організації перевезень за допомогою декількох кількісних показників: часу поїздки, часу на пересадку, часу на очікування, часу щоб підійти до зупинки, загального часу на пересування. Проте такі показники, відповідаючи потребам пасажирів, не задовольняють інтереси власників транспортних засобів. Час, витрачений на поїздку, не дозволяє зробити висновок про те, чи повністю забезпечено бажані умови поїздки, бо це можливо оцінити лише тоді, коли відома та врахована відстань поїздки. Звичайно, розділивши відстань поїздки на час її здійснення і одержавши величину швидкості сполучення, в деякій мірі, можна частково судити про якість процесу поїздки. Але вона ще не враховує всього часу, потрібного для пересування пасажира. Цей час залежить від відстані до зупинки, часу очікування та часу, що витрачається на пересадку.

На тривалість поїздки пасажира безпосередньо в автобусі впливає його експлуатаційна швидкість, яка, в свою чергу, залежить від цілої низки об'єктивних та суб'єктивних факторів. Найважливішими з них є відстань між зупинками, час простою на зупинках, щільність руху. Час простою на зупинках залежить як від кількості пасажирів, так і від ширини, кількості та розміщення дверей у автобусі, що є його важливою технічною характеристикою. Виходячи з цього, в роботі [31] викладена методика оптимізації відстані між зупинками за критерієм найменшого часу на пересування.

Вкладаючи кошти у формування міської мережі пасажирських перевезень, можна значно зменшити час на пересування збільшенням кількості автобусів на маршруті (зменшується час на очікування), а також виділяти

реверсні смуги для автобусів (збільшується швидкість). Але такий підхід потребує великих капітальних вкладень. Отже, він не оптимальний. Таким чином, наведені вище показники поки що не дозволяють зробити висновок про фактично досягнутий достатній рівень маршрутної мережі та організації автобусних перевезень. Для комплексної оцінки цього рівня бажано не обмежуватися основним критерієм, який визначає народногосподарські витрати, а продовжувати його розробку на підставі соціально-етичного маркетингу в умовах ринкових відносин.

## **1.2 Порівняння сучасних моделей міського автобусного сполучення**

Транспортний процес пасажирських перевезень залежить від досконалості маршрутної системи міста і стану організації та управління безпосереднім переміщенням нею задіяного рухомого складу.

Критичний огляд робіт [23, 29, 32-35] показав, що моделі міських пасажирських перевезень мають однакову організаційну структуру і складаються з моделей маршрутної системи, транспортної мережі, пасажирських кореспонденцій та їх розподілу за маршрутами в містах. Переважно математичне моделювання міських пасажирських перевезень здійснюється з метою прогнозування пасажиропотоків транспортною мережею міста. Поліпшенню організації та підвищенню ефективності використання автобусів присвячені наукові дослідження, результати яких представлені в багатьох роботах, проте вони мають часто принципово різні моделі перевізного процесу. На наш погляд, досить ґрунтовний аналіз різних моделей міських маршрутних систем наведено в роботі [3]. У результаті моделювання автор праці [6] приходять до висновку, що найбільш виразних результатів моделювання перевезень пасажирів у місті можна досягти на основі використання матриці міжрайонних кореспонденцій за допомогою анкетного методу. При цьому модель транспортної мережі повинна описуватися множиною зв'язків між суміжними мікрорайонами міста, а модель маршрутної

мережі - множиною видів транспорту. Маршрути міського транспорту, які зв'язують між собою мікрорайони міста, можуть бути представлені у вигляді двох ланцюжків, що описують прямий та зворотній напрямки. Недолік такого методу моделювання полягає в його складності та малій імовірності одержати потрібну інформацію за допомогою анкет.

Значно меншій кількості розрахунків потребує модель, яка відома з роботи [36]. Автор пропонує перехід від міжрайонної матриці до міжзупинкової і, виходячи з цього, будувати маршрутну та транспортну моделі. Недоліком такої моделі є те, що автор передбачає її побудову лише за маятниковими маршрутами. Крім цього, в умовах ринкових відносин можуть бути різними тарифи на перевезення, чого не враховує така модель.

При моделюванні маршрутної мережі іноді враховують гіпотезу поведінки пасажирів при виборі шляху сполучення [37]. Такий підхід неможливо визнати достатньо коректним, тому що в даному випадку мінімізація часу переміщення кожним пасажиром веде до загального мінімуму часу пересування в транспортному засобі. Подібна тотожність результатів індивідуальної та системної оптимізації можлива тільки в тому випадку, коли час руху на маршрутній мережі не залежить від величини потоків на маршрутах. Пасажири, що прагнуть мінімізувати час пересування та його вартість, орієнтуються на реальні значення потоків та вартість проїзду і на основі цієї апріорної інформації обирають шлях переміщення. Процес вибору маршруту здійснюється усіма учасниками руху і веде до рівноважного потоку, що базується на принципі Уордропа. Завдяки йому, здатні до самоорганізації потоки, прагнуть так розподілитися за маршрутною мережею, щоб досягти положення, в якому жоден пасажир не може зменшити витрати на свою поїздку в результаті зміни маршруту. З принципу Уордропа витікає методологічно важливий висновок про те, що сукупність індивідуальних оптимумів не узгоджується з загальносистемною метою оптимізації транспортного процесу. Зараз існують три основні моделі поточкорозподілу пасажирів: ентропійна, дискретного вибору та Вебера-Фехнера.

Ентропійні моделі потребують знання внутрішньої структури і ґрунтуються на знанні ентропії системи [38, 39]. У міських автобусних перевезеннях неможливо виділити знання всіх показників. Це основний недолік даної моделі, з причини якого цей метод у даний час застосовується на практиці обмежено.

Моделі дискретного вибору розглядають обрання шляху переміщення на підставі витрат часу пасажиром. Деякі моделі навіть передбачають корегування залежно від завантаженості альтернативних шляхів. Недоліком такого методу є відсутність залежності ймовірності поїздки від її вартості. Результати ряду досліджень [37-39] підтверджують, що шлях пересування пасажиром не залежить від вартості поїздки. Для умов ринкових відносин, за наявності конкуренції між різними формами власників транспортних засобів, а також різної комфортності і вартості поїздки, такий метод моделювання просто неприйнятний.

Моделі Вебера-Фехнера припускають різні за змістом показники оцінки, що є їх позитивною стороною. Негативною ознакою таких моделей є необхідність проведення регресійного аналізу значної кількості даних з метою визначення коефіцієнтів вагомості кожного показника. У роботах [40,59] для оцінки функціонування транспортної мережі прийнято декілька кількісних критеріїв, які дозволяють оптимізувати безпосередньо існуючу транспорту мережу в умовах заданої організації перевезень.

Здійснений аналіз різних моделей щодо удосконалення міських пасажирських перевезень показує, що вони не мають широкого системного підходу і не охоплюють багатьох факторів, які впливають на рівень організації перевезень. Це пояснюється в першу чергу тим, що теоретичні розробки з питань удосконалення автобусних перевезень у містах виконувалися в умовах монополії держави на транспортні засоби та тарифи перевезень. Внаслідок сучасної жорсткої конкуренції між різними формами власності на автобуси різномарочного складу існуючі моделі міських пасажирських перевезень не можуть бути використані без їх суттєвих змін. Крім цього, підвищувати рівень

пасажирських міських перевезень за наявності економічної кризи та жорсткої конкуренції потрібно не єдиним шляхом оптимізації одного або декількох параметрів, але, в основному, комплексним удосконаленням усіх відповідних систем, впливаючих на транспортний процес. Особливістю поліпшення якості експлуатації автобусів в АТП муніципального сектору є необхідність його здійснення без суттєвих капітальних вкладень, що особливо відчутно в сучасний період.

### **1.3. Заходи підвищення рівня якості автобусних перевезень у заданій транспортній системі міста**

Порівняння різних напрямів підвищення якості пасажирських перевезень у містах підтвердило, що застосовані методи досі ще не стали комплексною системою. Провідне місце серед них займають засоби удосконалення маршрутизації перевезень [3, 40-47]. Їх аналіз показав, що вони поділяються на дві основні групи, а саме: проектування нових та корегування існуючих мереж. У тому та іншому випадках для оцінки маршрутної системи приймаються: час на пересування пасажирів, рівень обслуговування населення (без відмов у поїздках), витрат транспортних підприємств для його задоволення. Переважно завдання покращання маршрутної мережі міста вирішується за передумови використання існуючого, зафіксованого типу та наявної кількості транспортних одиниць рухомого складу.

Окрема частина наукових праць спрямована на раціональний розподіл рухомого складу за маршрутами. Автор роботи [8] виклав модель розподілу, прямо пропорційного до обсягу перевезень. В інших роботах [48-51] пропонують моделі розподілу рухомого складу між маршрутами пропорційно або відповідно значенню максимального пасажиропотоку, або обсягу транспортної роботи на маршрутах, а також прямо пропорційно часу очікування поїздки. З публікації [52] відома модель зрівнювання ймовірностей відмови пасажирів у поїзді. Недолік усіх цих моделей полягає в суттєвій

неточності, тому що вони містять багато припущень, які не піддаються кількісній оцінці. Незважаючи на велику кількість методик розподілу рухомого складу на маршрутах, до цього часу ще не визначена найбільш ефективна методика, яка була б прийнятна для ринкових відносин.

Важливою умовою оптимальної організації транспортних перевезень на мережі міста є точне визначення пасажиропотоку, його розподілу в просторі та часі. У свою чергу, від точності визначення пасажиропотоків залежить той достатній рівень організації роботи автобусів у містах та населених пунктах, на якому буде забезпечено переміщення пасажирів у просторі та часі із заданою комфортністю при мінімальних витратах на перевезення одного пасажирів. Безпосередньо організація роботи автобусів на маршрутах полягає у таких заходах, як вибір оптимальних форм руху та відповідного їм типу рухомого складу, його розподілу на маршрутах за годинами доби, оперативне переміщення транспортних засобів з одного на інший маршрут, складання гнучкого розкладу руху.

Ряд авторів [6,49] оцінюють організацію роботи транспорту кількома категоріями. Основними з них є витрати часу на пересування, безпека руху (кількість дорожньо-транспортних пригод - ДТП), комфорт поза транспортними засобами в часі та просторі, а також безпосередньо в транспортних засобах.

Категорія витрат часу на пересування пасажирів є кількісною і може бути охарактеризована одним критерієм ( $i=1$ ), а точніше відношенням загального для міста середнього часу на пересування ( $t_3$ ) до фактичного часу пересування ( $t_\phi$ ). Цю категорію можна охарактеризувати і різницею між  $t_3$  та  $t_\phi$ . Категорію безпеки руху або кількість ДТП пропонували оцінювати питомими показниками за кількістю випадків із смертельними наслідками та тяжкими пораненнями. Решта категорій не піддається кількісному визначенню. Отже, і такий підхід до оцінки рівня перевезень не є достатнім, а крім того, він не пов'язаний з економічними показниками.

Для організації перевезень велике значення мають дані про тенденцію змін обсягів перевезень та середньої дальності поїздки на окремих маршрутах і відомості про закономірність їх коливання. Формування пасажиропотоків - це складне соціально-економічне явище із всебічними кількісними зв'язками, які залежать від конкретних умов пролягання маршрутів. Пасажиропотоки у містах змінюються в часі та просторі, і тому бувають представлені у вигляді трьох компонентів: еволюції дії, періодичної зміни явища, випадкового коливання [7, 16, 43]. Виходячи з цього, дані про величини характеристик пасажиропотоків є інтервальними (враховані дані) та моментними (дані обстежень пасажиропотоків) рядами. Тому автором [53] визначена еволюція пасажиропотоків як відношення чисельних характеристик пасажиропотоків у звітному та базовому періодах відповідно (у відсотках).

У роботі [6] закономірності зміни пасажиропотоків запропоновано описувати за допомогою рівняння трейда-аналітичного вирівнювання. Для знаходження параметрів аналітичних функцій вирішуються відповідні системи нормативних рівнянь. Недоліком цього методу є неточність та складність розрахунків.

На пасажирському маршрутному транспорті розрізняють дві основні форми сполучення: звичайну та комбіновану. Звичайна форма - це рух автобусів на маршруті з умовою їх зупинки на усіх зупинкових пунктах, а комбінована форма - є поєднанням звичайної форми із швидкісною, експресною чи скороченою.

Визначення комбінованої форми руху полягає у дослідженні розподілу пасажиропотоків та пасажирообміну зупинкових пунктів і пошуках такого їх розподілу, який виправдовує з економічної точки зору встановлення різних форм руху. Ці форми руху були відомі давно, але реалізувати їх було можливо лише за допомогою картографного методу [32], недолік якого полягає у великій трудомісткості та неточності. Ряд авторів [39, 43,53] спробували здійснити метод реалізації цих форм сполучення на електронно-

обчислювальних машинах (ЕОМ). Зміст цих методик полягає в перебиранні усіх можливих форм та їх поєднання. У ролі критерію автори використовували підвищення якості транспортного обслуговування без збільшення собівартості перевезень. Основним недоліком цих робіт були великі витрати на підготовчі й розрахункові роботи та складність методики, через що цей метод в АТП ніколи не використовувався. У даний час відомі й інші методики [54] для встановлення різних форм руху автобусів на маршрутах, проте в них критерієм приймається час на пересування пасажирів без урахування собівартості. Звичайно, що в умовах економічної кризи такий підхід не може поширитися на практиці.



## **2. ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОРГАНІЗАЦІЇ МІСЬКОГО АВТОБУСНОГО СПОЛУЧЕННЯ**

### **2.1 Концепція та оціночний критерій соціально-етичного маркетингу в автобусних міських перевезеннях**

У сучасний період формування ринкових відносин на транспорті, за наявних ознак малоконтрольованої конкуренції, необхідно здійснювати системний комплекс заходів, щоб покращувати на більш вдосконаленому рівні автобусні перевезення. Для муніципальних автотранспортних підприємств першочергово потрібно визначати і оперативно реалізовувати внутрішні виробничі резерви, ґрунтуючись при цьому на наукових засадах. Міське автобусне сполучення має бути спрямованим на те, щоб із скороченням соціальних, економічних та екологічних витрат задовольняти існуючі пасажиропотоки у просторі й часі.

В умовах ринкових відносин, коли в конкурентне суперництво вступають різні форми власності, важливим є побудова транспортного процесу таким чином, коли він відповідатиме вимогам усіх його учасників, тобто щоб він функціонував за концепцією соціально-етичного маркетингу [64, 65]. Ця концепція стверджує, що задачею процесу організації є встановлення потреб та інтересів цільових ринків у забезпеченні бажаної задоволеності ефективним, більш продуктивним, ніж у конкурентів, методом, з одночасним збереженням благополуччя як споживача зокрема, так і суспільства в цілому.

Такою концепцією соціально-етичного маркетингу стосовно міського пасажирського транспорту має бути охоплено три категорії населення з різними напрямками інтересів (рис. 2.1). Згідно з даною концепцією, пасажирі зацікавлені в наданні послуг від автобусного обслуговування, що виявляється у комфорті перевезень, нижчій вартості та мінімальному часі пересування. Одночасно власники автотранспортних підприємств піклуються відносно

вищих грошових прибутків, а суспільство в цілому завжди стурбоване станом і збереженням навколишнього середовища, забруднення якого у великих містах на 50% створюється автомобільним транспортом. Вище сформульовану концепцію маркетингу прийнято у якості критерію, який здатний задовольняти всіх учасників транспортного процесу. Стосовно до кожної із трьох сторін, це буде визначено наступними положеннями [66, 67].

**Суспільство  
(екологічний стан міста,  
обмежене забруднення довкілля)**

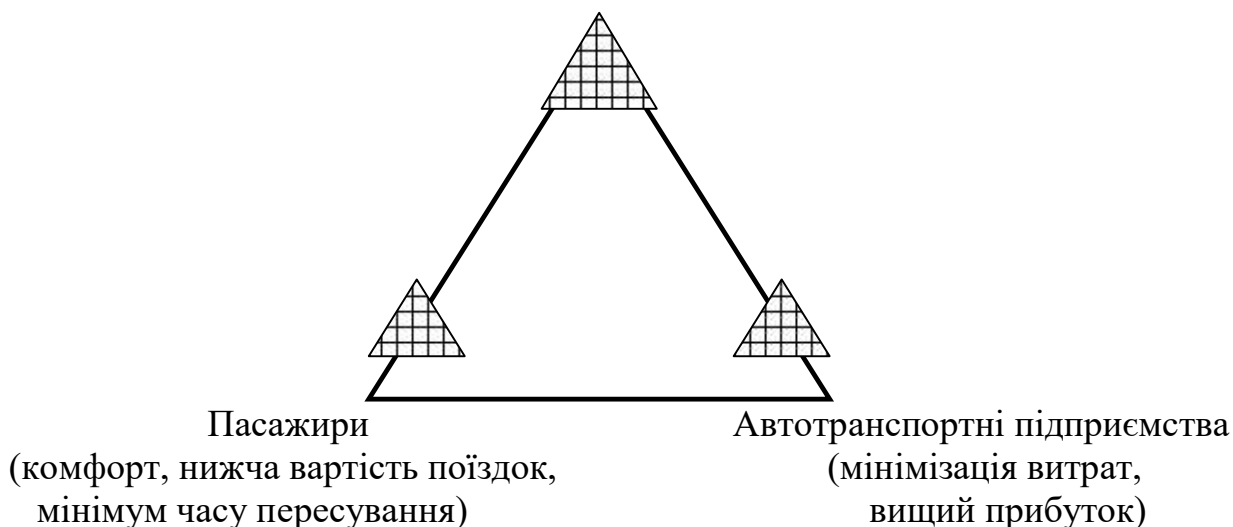


Рис. 2.1. Схема концепції соціально-етичного маркетингу в автобусних перевезеннях

Для пасажирів безпосереднім показником комфорту є, можливо, менший загальний час  $T_{пер}$ , годин, на пересування ( $T_{пер} \rightarrow \min$ ). Складовими частинами часу  $T_{пер}$  бувають головним чином: підхід до зупинки; очікування транспорту; поїздка безпосередньо в транспортному засобі; перехід від зупинки до місця призначення.

У грошовому виразі витрати, пов'язані із фактичним часом  $t_{пер}^{\phi}$  пересування, можливо визначити, якщо відома для заданих умов реальна

соціальна вартість  $B_T$  однієї години, витраченої пасажиром на поїздку автобусом. По відношенню до загальної річної кількості перевезених пасажирів  $Q_{річ.нас.}$  такі витрати складуть

$$B_{пер} = t_{пер}^{\phi} \cdot B_T \cdot Q_{річ.нас.} \quad (2.1)$$

У відповідності з існуючими методами [1, 22], витрати на експлуатацію рухомого складу визначають із урахуванням впливу багатьох параметрів, тому їх доцільно виразити такою загальною функцією:

$$B_{ек} = (L_3, n_n, C_n, V_e, K_T, C_{\bar{o}}, n_a, C_{\bar{o}p}, n_k, n_p, A_p, H_v, n_{ТО,ТР}), \quad (2.2)$$

де  $L_3$  - загальний пробіг, км;

$n_n$  - норма витрати палива на 100 км пробігу, л/100 км;

$C_n$  - ціна 1 л палива, грн.;

$V_e$  - експлуатаційна швидкість автобусів, км/г од;

$K_T$  - годинний тариф оплати праці водія, грн;

$C_{\bar{o}}$  - балансова вартість автобуса, грн;

$n_a$  - норма амортизаційних відрахувань на 1000 км пробігу, %;

$C_{\bar{o}p}$  - балансова вартість однієї шини, грн;

$n_k$  - кількість шин у комплекті на одному автомобілі, шт;

$n_p$  - норма відрахувань на шини на 1000 км пробігу, %;

$A_p$  - кількість працюючих автобусів, шт;

$H_v$  - норма накладних витрат на експлуатацію одного автобуса, грн;

$n_{ТО,ТР}$  - норма відрахувань для проведення ТО і ТР автобусів на 1000 км пробігу, грн.

[68-70]. Удосконаленням організації перевезень досягатиметься зниження витрат  $B_{ек}$  за рахунок підвищення експлуатаційної швидкості та зменшення витрат палива автобусами. Для величини таких впливаючих параметрів як  $C_{б}, n_a, n_k, H_{в}, n_{ТО}, TP$  безпосередньо матимуть значення вибрані тип та моделі рухомого складу, їх технічний стан.

Екологічні витрати  $B_e$  суспільства внаслідок забруднення навколишнього середовища від автомобільного транспорту та стан екології міст досі визначають на підставі статистичних обстежень, але у деяких країнах оцінюють безпосередньо в грошовому виразі наявні збитки від шуму та забруднення повітря. Так, серед країн Західної Європи на даний час поширений критерій, визначений у євро/1000 пас.км для пасажирського сполучення та євро/1000т.км для вантажних перевезень. Зокрема, збитки від шуму мікроавтобусів та легкових автомобілів оцінюють у 4,5 євро/1000 пас.км, а шкоду від забруднення повітря викидами їх двигунів – у 6,6 євро/1000 пас.км. За аналогічними відомостями, збитки від шуму автобусів великої місткості приймають на рівні 0,45, а від забруднення повітря такими автобусами – 0,70 євро/1000 пас.км. Із цих даних можна зробити важливий висновок про те, що при перевезенні 1000 пасажирів легковими автомобілями забруднення повітряних басейнів міст буде більшим у 10 разів, а ніж при перевезенні автобусами.

Виходячи з викладених положень соціально-етичного маркетингу, розроблено критерій якості пасажирських автобусних перевезень, за який прийнято мінімізацію питомих сумарних витрат  $\sum B$  усіх сторін, що залучені до транспортного процесу, при умові задоволення пасажиропотоку в просторі та часі, тобто

$$\sum B = B_{пер} + B_{ек} + B_e \rightarrow \min, \quad (2.3)$$

$B_{пер}$  - соціальні витрати, пов'язані з витраченим часом пасажирями в автобусному сполученні, грн;

$B_{ек}$  - експлуатаційні витрати автотранспортного підприємства, грн;

$B_e$  - екологічні витрати на компенсацію забруднення довкілля автобусами, грн.

Для записаної у загальному вигляді функції (2.3) критерію визначені обмеження щодо методики застосування у практичних задачах. Серед них головна роль відведена таким граничним умовам:

- критерій досліджується предметно до удосконалення технологічного процесу і організації перевезень пасажирів на фіксовано заданих маршрутах із попередньо визначеними пасажиропотоками (у просторі та часі);
- обов'язково розглядаються усі три складові чинники критерію  $B_{пер}, B_{ек}, B_e$ , при цьому їх чисельні величини мають представляти собою не абсолютні, а відносні витрати до обґрунтованого показника виконаної транспортної роботи, яким у даному дослідженні, в основному, прийнято рівень у 1000 пасажирокілометрів (пас.км);
- при обрахуванні всіх питомих величин до критерію (2.3) задаються однаковими вхідні дані за технічними параметрами використаних конкретних моделей автобусів, за довжиною та розміщенням усіх зупинок на обраному маршруті перевезень, за розподілом між ними пасажиропотоку та коефіцієнтом використання місткості автобусів;
- допоміжні економічні показники до розрахунків критерію приймаються на підставі звітних даних про роботу АТП та діючих нормативних документів;
- розрахункові операції здійснюються у відповідності з розробленими алгоритмами та програмним забезпеченням для ПЕОМ.

Введений критерій (2.3) надає системності дослідженням засобів покращання якості та організації міського автобусного сполучення, зосереджуючись спочатку на складових чинниках  $B_{пер}, B_{ек}, B_e$  цього оцінювального критерію, а потім – на аналізі очікуваних від їх впливу змін у сумарних витратах  $\sum B$ .

У подальшому дослідженні складових частин критерію започатковано та висвітлено вихідні теоретичні розробки, із допомогою яких були враховані конкретні особливості експлуатації автобусів у містах та вплив ринкових відносин.

Соціальні витрати  $B_{пер}$  часу пасажирями на свої автобусні поїздки необхідно визначати, виходячи з їх залежності від такої сукупності параметрів як швидкість сполучення та інтервали руху автобусів, відстані між зупинками, додаткові витрати часу на підхід до зупинки та відхід, середня дальність поїздки. Найсуттєвіший вплив матимуть інтервали руху, які залежать від кількості автобусів на маршрутах.

З метою зменшення експлуатаційних витрат  $B_{ек}$  мають впроваджуватися такі заходи, як удосконалення маршрутної системи, правильний вибір типу та форми руху автобусів, їх розподіл за маршрутами і годинами доби. Вдосконаленим управлінням транспортним процесом слід передбачати поліпшення характеристик пасажиропотоків, зокрема зняття годин “пік”, здійснення оперативного автоматизованого контролю за рухом автобусів по міській мережі. У зв’язку із подорожчанням палива, доцільно особливо підвищити увагу до зниження його витрат, зокрема оновленням рухомого складу та підвищенням кваліфікації водіїв.

Серед заходів до обґрунтування напрямків для скорочення екологічних витрат  $B_e$  від пасажирських перевезень визнано доцільним звернути увагу на самостійне дослідження методом імітаційного моделювання на ПЕОМ явно

існуючих зв'язків параметрів руху, витрат палива із кількістю шкідливих викидів автобусів на заданих маршрутах.

Вищевказані витрати допустимо визначати та оцінювати за різні періоди часу (рік, місяць, зміна), для окремих маршрутів або моделей автобусів, а також форм руху. Завдяки цій особливості в застосуванні, критерій (2.3) відрізняється високим ступенем універсальності для оцінки якості перевезень. Далі прийнято, що автобусні перевезення розглядаються за відношенням до заданої, вже сформованої мережі маршрутів, на яких попередньо оптимізовані кількість та місцезнаходження усіх зупинок.

Для розробки нових, раціональних засобів до удосконалення міського автобусного сполучення спочатку в даному розділі проведено теоретичне дослідження впливаючих параметрів та факторів. Розробляючи введений оціночний критерій (2.3) в наступних підрозділах, здійснено математичне моделювання для розрахунку відповідних технічних параметрів, з їх чисельним порівняльним аналізом. Далі системно розглянуто удосконалені методики для раціональної організації транспортного процесу на міських маршрутах. До вказаних досліджень залучалися неодноразово розрахункові приклади стосовно використаних на лінії моделей автобусів. Для них технічні характеристики та показники експлуатаційних властивостей прийнято у відповідності з офіційними науковими або довідниковими джерелами [71-75]. Такий предметний підхід до об'єктів дослідження, в сукупності з обчисленнями необхідних технічних, економічних та екологічних параметрів за розробленими програмами на ПЕОМ, підвищував достовірність дослідження та ефективність практичного застосування запропонованого критерію (2.3) якості автобусних перевезень.

## **2.2 Розрахунковий метод визначення параметрів руху автобусів до удосконалення пасажирського сполучення**

Технічні параметри рухомого складу, використаного для пасажирських перевезень, складають невід'ємну частину впливаючих чинників, які мають вдосконалюватися при організації транспортних процесів. Саме тому в даній роботі приділено підвищену увагу до різнобічного урахування конкретних типів та моделей автобусів, одержаних при їх русі тягово-швидкісних, паливно-економічних та екологічних характеристик. Такий методичний підхід означає принципову відмову від оперування опосередкованими, часто застарілими даними щодо технічних показників використання існуючих моделей автобусів та перехід до методів математичного моделювання з елементами прогнозу поліпшених можливостей від оновленого рухомого складу АТП.

Вирішення поставленого завдання неодмінно потребує залучати вже відомі методи моделювання технічних параметрів руху автомобілів із тим, щоб на їх основі глибше дослідити автобусні перевезення на міських маршрутах.

На першому етапі запланованих наукових досліджень з метою визначення технічних, економічних та екологічних чисельних показників руху автобусів за різних режимів окремого циклу використовувалися математичні моделі, які описують процес розганяння автомобілів з бензиновими двигунами і дизелями та рух цих автомобілів з усталеною швидкістю, розроблені у Національному транспортному університеті на кафедрі “Двигуни і теплотехніка” [76, 77]. До групи досліджених технічних параметрів відносяться пасажиромісткість салону автобусів, очікувані значення експлуатаційної швидкості руху, витрати палива, кількості та склад шкідливих викидів та інше. У результаті проведеного теоретичного дослідження одержано методіку розрахунків названих параметрів, засновану на математичному моделюванні з використанням обчислювальної техніки та відповідного математичного забезпечення.



У загальному випадку швидкісні режими руху автомобіля в експлуатаційних умовах складаються з таких фаз:

- розганяння з місця з переключенням передач від швидкості, що дорівнює нулю, до кінцевої швидкості розганяння;
- рівномірний рух зі швидкостями, які можна прийняти за усталені, що дорівнюють кінцевій швидкості розганяння;
- уповільнення накатом від швидкості, що дорівнює кінцевій швидкості розгону чи усталеного руху, до початкової швидкості гальмування;
- гальмування від кінцевої швидкості накату до швидкості, що дорівнює нулю.

Внаслідок будь-яких сполучень і чергувань названих фаз цикли руху автомобіля можуть бути самими різними за формою і величиною. Найрізноманітнішими вони є тоді, коли автомобіль працює з частими нерегулярними і випадковими перешкодами або зупинками, наприклад, під час роботи автобуса в умовах міського маршрутного руху.

Дослідження фактичних швидкісних режимів рейсового міського автобуса під час перевезення пасажирів на автобусних маршрутах показують, що режими руху міських автобусів мають чітко визначений циклічний характер [78-82].

На підставі вивчення руху автомобілів у великих містах розроблено велику кількість різних їздових циклів для оцінювання паливної економічності й токсичності автомобілів. Дослідження за такими циклами проводяться як на спеціальних полігонах, так і на стаціонарних стендах з біговими барабанами, які надають можливість імітувати режими роботи двигуна за заданими програмами його завантаження при русі автомобіля в міських умовах.

Зокрема, в США запропоновані цикли: каліфорнійський, фірми New Jersey, фірми Clayton, фірми General Motors, Chrysler . Їздові цикли розроблені також в Європі й Азії. Відбувається безперервне удосконалення їздових циклів, спрямоване на наближення їх до експлуатаційних умов, спрощення обладнання і зменшення часу випробувань. Крім того,

удосконалюється і методика вимірювання токсичності двигуна під час випробовувань за їздовими циклами [83-94].

Грунтуючись на цьому, як їздовий цикл руху в математичній моделі, обраний далі для аналізу та порівнювального дослідження економічних і екологічних показників різних типів автобусів, прийнято окремий цикл, показаний на рис. 2.2.

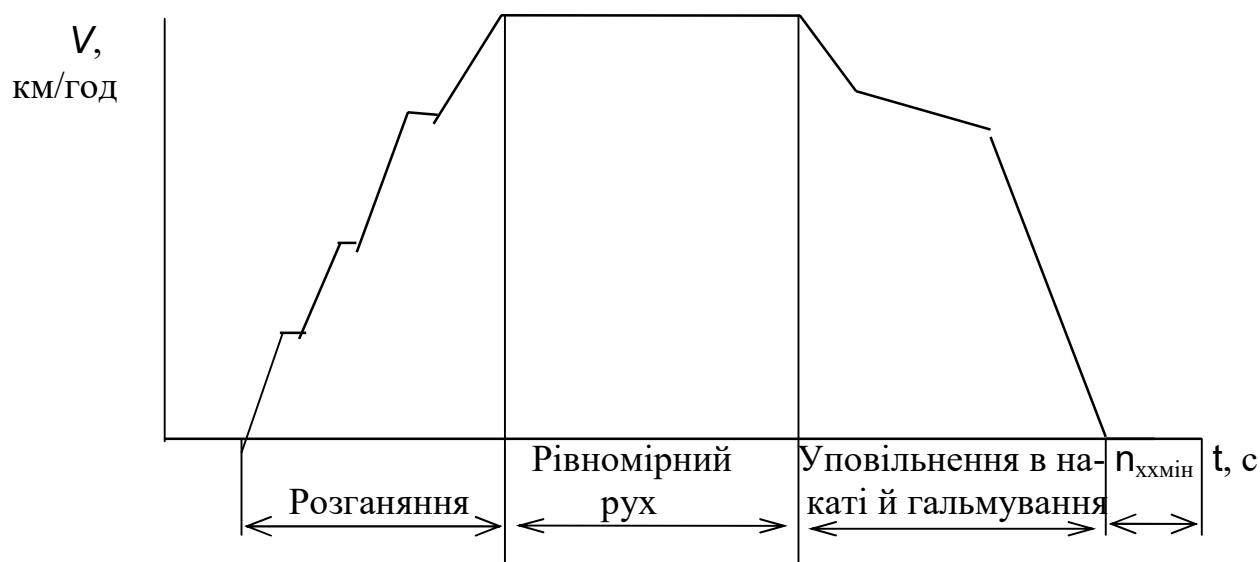


Рис. 2.2. Прийнятий окремий цикл руху автобуса

Аналіз випробувальних циклів, які застосовуються для визначення кількості викидів токсичних речовин і паливної економічності в США, Європі, Японії показують, що, незважаючи на різноманітні їх форми, вони мають багато спільного. Так, наприклад, більшість циклів мають аналогічний перебіг фаз розганяння і уповільнення, які є їх основними складовими. Ці фази мають лише відмінності за кінцевою швидкістю розганяння і початковою швидкістю уповільнення.

Спільність елементів у циклах руху дозволяє їх перебудувати (шляхом розчленування і переставляння окремих елементів з одних циклів в інші) таким чином, що цикли будуть схожі між собою, але в той же час загальний характер руху автомобіля за маршрутом залишиться незмінним.

Такий цикл входить як складова до усіх випробувальних їздових циклів. Застосування подібного циклу надає реальну можливість імітувати з певним

рівнем точності експлуатаційні режими руху автобусів на складових ділянках міського маршруту із дотриманням дорожніх та інших умов порівнюваності.

Дослідження роботи автобуса за окремим циклом дозволяє вивчити вплив на забруднення довкілля пасажиромісткості автобуса і типу його двигуна, змінних режимів руху за різної довжини шляху циклу.

Найбільш прийнятними та корисними для чисельного дослідження техніко-економічних та екологічних показників руху автобуса у різних режимах окремого циклу визнано математичні моделі, представлені у працях [76, 77] кафедри “Двигуни і теплотехніка” УТУ й описані у нижченаведеному тексті.

Витрата палива і викиди  $i$ -ї шкідливої речовини автобусом під час руху за цим циклом визначаються за залежностями:

$$M_n = M_{np} + M_{ny} + M_{na} + M_{nxx} \quad (2.4)$$

$$M_i = M_{ip} + M_{iy} + M_{ia} + M_{ixx}$$

Витрата палива  $M_n$  і викиди  $i$ -ї шкідливої речовини  $M_i$  мають такі позначення за фазами циклу:  $M_{np}, M_{ip}$  - у процесі розганяння;  $M_{ny}, M_{iy}$  - для періоду усталеного руху автобуса;  $M_{na}, M_{ia}$  - в процесі уповільнення;  $M_{nxx}, M_{ixx}$  - за час стояння на зупинці, коли двигун працює в режимі холостого ходу з частотою обертання вала  $n_{xx\min}$ .

Математичні моделі розганяння автомобіля відтворюють особливості роботи двигуна в неусталених режимах, параметри управління з боку водія, особливості рушання автомобіля з місця і переключення передач під час розганяння. Математичні моделі для автомобіля в усталеному русі враховують вплив вибраної водієм передачі. Математичні моделі розганяння автомобіля складаються з систем диференціальних і алгебраїчних рівнянь, які послідовно

описують розганяння автомобіля в режимі холостого ходу перед включенням зчеплення, включення зчеплення і рушання автомобіля з місця з пробуксовуючим зчепленням, розганяння автомобіля з блокованим зчепленням, процес переключення передач, що складається з роботи двигуна в режимі примусового холостого ходу, руху автомобіля з від'єднаним двигуном і вирівнюванням частот обертання ведучої і веденої частин зчеплення, включення наступної вищої передачі й розганяння на ній автомобіля. Дії водія в математичних моделях задані такими параметрами: швидкістю відкриття дросельних заслінок (важеля управління паливоподачею), швидкістю відпускання педалі зчеплення, величиною кута відкриття дросельних заслінок (важеля управління паливоподачею) на кожній передачі й частоти обертання двигуна в момент переходу на вищу передачу.

Дорожні умови в моделях характеризуються коефіцієнтом опору коченню коліс автомобіля і кутом підйому (спуску) поздовжнього профілю дороги.

Базовими автобусами для проведення досліджень за методом чисельного моделювання на ПЕОМ були вибрані:

- автобус малої місткості ГАЗ-32213;
- автобус середньої місткості ЛАЗ-695Н з бензиновим двигуном;
- автобус середньої місткості ЛАЗ-4202 з дизелем.

Технічна характеристика цих автобусів наведена в додатку А1.

Вибір цих моделей як базових пояснюється тим, що економічні й екологічні показники вантажних автомобілів з двигунами, які встановлені на цих автобусах, досліджувались у багатьох роботах [77, 96-104], що забезпечує надійність вихідних даних, прийнятих у даних дослідженнях. Крім того, ці моделі автобусів складають базу рухомого складу в існуючих АТП.

Значення перевідних коефіцієнтів для інших моделей автобусів, в тому числі і нових, можуть бути обґрунтовані, виходячи з існуючих нормативних документів, які встановлюють допустимі величини викидів шкідливих речовин транспортними засобами різних категорій.

За таких передумов розроблено математичні моделі розганяння автобусів вказаних типів і визначено час і шлях розганяння, витрата палива і шкідливі викиди за період розганяння залежно від кінцевої швидкості розганяння  $V_p$  і параметру, який визначає вплив навантажувального режиму роботи двигуна, а саме, повної маси автобуса  $Q_a$ , яка залежить від кількості пасажирів. Розрахунок показників здійснювався за оптимальних параметрів управління автобусами в процесі розганяння з боку водія, згідно з [76].

З використанням даних моделей і програм на ПЕОМ можуть бути отримані поліноміальні залежності другого ступеня для масових витрат палива  $M_{np}$  і викидів шкідливих речовин  $M_{CO_p}$ ,  $M_{CH_p}$ ,  $M_{NO_x_p}$ ,  $M_{Cp}$  (г) за період розганяння, шляху  $S_p$  (м) і часу  $t_p$  (с) розганяння кожного типу автобуса. Загальний вид рівнянь:

$$\Phi_i = A_0 + A_1 \cdot V_p + A_2 \cdot Q_a + A_{11} \cdot V_p^2 + A_{22} \cdot Q_a^2 + A_{12} \cdot V_p \cdot Q_a \quad (2.5)$$

Коефіцієнти поліноміальних моделей для розрахунку  $M_{np}$ ,  $M_{CO_p}$ ,  $M_{CH_p}$ ,  $M_{NO_x_p}$ ,  $M_{Cp}$ ,  $S_p$  і  $t_p$  визначені окремо для кожного із досліджуваних автобусів наведені в [67].

Ці залежності дозволяють досліджувати вплив таких експлуатаційних факторів як кінцева швидкість розганяння ( $V_p$ ) і завантаження автобуса ( $Q_a$ ) на показники розгону автобусів різних типів.

Шлях усталеного руху автомобілів залежить від відстані між зупинками, до якої прирівнено повну довжину окремого циклу, а також від шляху розганяння і наступного гальмування (уповільнення), тому цей шлях визначається:

$$S_y = S - S_p - S_{\Gamma} , \quad (2.6)$$

де  $S$  - відстань між зупинками;

$S_p$  - шлях розганяння;

$S_T$  - шлях гальмування (уповільнення).

Під час руху з усталеною швидкістю  $V$  крутний момент автомобільного двигуна  $M_{ку}$  визначається з рівняння тягового балансу:

$$M_{ку} = \frac{\left[ (M_o + M_n) \cdot (f_o \cos \alpha + f_o A \cdot V^2 \cos \alpha \pm \sin \alpha) + kF \cdot V^2 \right] \cdot r_\delta \cdot g}{U_i \cdot U_p \cdot \eta_T}, \quad (2.7)$$

де  $M_o, M_n$  - маса автобуса і пасажирів, кг;

$f_o$  - коефіцієнт опору кочення коліс автомобіля;

$A$  - коефіцієнт врахування швидкості руху;

$\alpha$  - кут підйому (спуску) поздовжнього профілю дороги, град;

$kF$  - фактор опору повітря;

$r_\delta$  - динамічний радіус колеса, м;

$g$  - прискорення земного тяжіння, м/с<sup>2</sup>;

$U_i, U_p$  - передаточні числа коробки передач та головної передачі;

$\eta_T$  - ККД трансмісії.

Частота обертання вала двигуна  $n_\delta$  за швидкості  $V$  обчислюється через передаточні числа коробки передач  $U_i$ , головної передачі  $U_p$  і радіус кочення  $r_\kappa$  ведучих коліс за формулою:

$$n_\delta = \frac{V \cdot U_i \cdot U_p \cdot 30}{\pi \cdot r_\kappa} \quad (2.8)$$

За крутним моментом визначається розрідження  $\Delta p_\kappa$  у впускному трубопроводі бензинового двигуна:

$$\Delta p_{\kappa} = \frac{M_{\kappa y} - A_0}{A_1}, \quad (2.9)$$

де  $A_0$  і  $A_1$  - експериментально визначені для даного двигуна коефіцієнти [76].

За зміною параметрів  $n_{\delta}$  і  $\Delta p_{\kappa}$  можна встановити концентрації шкідливих речовин  $K_{iy}$  і годинну витрату палива  $G_{ny}$  автобусів з бензиновими двигунами за поліноміальними залежностями третього порядку:

$$\begin{aligned} R_{y\delta} = & A_0 + A_1 \cdot n_{\delta} + A_2 \cdot \Delta p_{\kappa} + A_{11} \cdot n_{\delta}^2 + A_{12} \cdot n_{\delta} \cdot \Delta p_{\kappa} + A_{22} \cdot \Delta p_{\kappa}^2 + A_{111} \cdot n_{\delta}^3 + \\ & + A_{112} \cdot n_{\delta}^2 \cdot \Delta p_{\kappa} + A_{122} \cdot n_{\delta} \cdot \Delta p_{\kappa}^2 + A_{222} \cdot \Delta p_{\kappa}^3 \end{aligned} \quad (2.10)$$

Для автобусів з дизелем концентрації шкідливих речовин  $K_{iy}$  і годинні витрати палива  $G_{ny}$  і повітря  $G_{нову}$  визначають за поліноміальними залежностями другого порядку залежно від частоти обертання  $n_{\delta}$  і крутного моменту  $M_{\kappa y}$ :

$$R_{y\delta} = A_0 + A_1 \cdot n_{\delta} + A_2 \cdot M_{\kappa y} + A_{11} \cdot n_{\delta}^2 + A_{22} \cdot M_{\kappa y}^2 + A_{12} \cdot n_{\delta} \cdot M_{\kappa y} \quad (2.11)$$

Годинна витрата повітря  $G_{нову}$  для бензинового двигуна визначається поліноміальними залежностями другого порядку виду:

$$G_{нову} = A_0 + A_1 \cdot n_{\delta} + A_2 \cdot \Delta p_{\kappa} + A_{11} \cdot n_{\delta}^2 + A_{12} \cdot n_{\delta} \cdot \Delta p_{\kappa} + A_{22} \cdot \Delta p_{\kappa}^2 \quad (2.12)$$

За концентрацією шкідливих речовин  $K_{iy}$ , годинних витрат палива  $G_{ny}$  і повітря  $G_{нову}$ , визначають годинні викиди шкідливих речовин за залежностями:

– для бензинових двигунів:

при коефіцієнті надлишку повітря  $\alpha \leq 1$

$$G_{iy} = K_{iy} \cdot \mu \cdot (0,1385 \cdot G_{ny} + 0,0228 \cdot G_{нову})$$

при  $\alpha > 1$

(2.13)

$$G_{iy} = K_{iy} \cdot \mu \cdot (0,0345 \cdot G_{нову} - 0,0369 \cdot G_{ny})$$

– для дизелів:

$$G_{iy} = K_{iy} \cdot \rho_i \cdot \left( 1 - 0,9758 \cdot \frac{G_{ny}}{G_{нопу}} \right) \frac{G_{нопу}}{\rho_{нов}}$$

(2.14)

$$G_{cy} = D^2 \cdot \left( 1 - 0,9758 \cdot \frac{G_{ny}}{G_{нопу}} \right) \frac{G_{нопу}}{\rho_{нов}} \cdot 10^{-4},$$

де  $\mu_i$  - молекулярна маса  $i$ -ї шкідливої речовини;

$\rho_i$  - густина  $i$ -ї шкідливої речовини;

$\rho_i$  - густина повітря;

$G_{cy}$  - викиди сажі дизелем;

$D$  - димність відпрацьованих газів.

Витрата палива і викиди шкідливих речовин автобусом у процесі усталеного руху визначаються як:

$$M_{ny} = \frac{1}{3600} \cdot G_{ny} \cdot \frac{S_y}{V}, \quad M_{iy} = \frac{1}{3600} \cdot G_{iy} \cdot \frac{S_y}{V}, \quad (2.15)$$



Шлях  $S_{\Gamma}$  і час гальмування  $t_{\Gamma}$  залежить від швидкості усталеного руху автомобіля й обраного режиму гальмування. Витрата палива і викиди шкідливих речовин автобусами в процесі гальмування залежать від того, як здійснюється гальмування - з від'єднанням від трансмісії двигуном, чи з'єднанням з трансмісією. У першому випадку двигун основну частину часу працює в режимі мінімальної частоти обертання холостого ходу. У другому показники двигуна для основної частини уповільнення визначаються за швидкісною характеристикою примусового холостого ходу.

Тоді для першого випадку гальмування витрата палива і викиди  $i$ -ї шкідливої речовини визначають за залежностями для холостого ходу.

У другому випадку:

$$M_{na} = \frac{1}{3600} \cdot G_{nПХХ} \cdot t_{\Gamma}, \quad M_{ia} = \frac{1}{3600} \cdot G_{iПХХ} \cdot t_{\Gamma}, \quad (2.16)$$

де  $G_{nПХХ}$  і  $G_{iПХХ}$  - годинна витрата палива і викиди  $i$ -ї шкідливої речовини автобуса під час роботи в режимі примусового холостого ходу;

$t_{\Gamma}$  - час гальмування до повної зупинки, с.

Витрата палива і викиди  $i$ -ї шкідливої речовини автобусом у режимі холостого ходу на зупинці обчислюються за залежностями:

$$M_{nxx} = \frac{1}{3600} \cdot G_{nXX} \cdot t_{xx}, \quad M_{ixx} = \frac{1}{3600} \cdot G_{iXX} \cdot t_{xx}, \quad (2.17)$$

де  $G_{nXX}$  і  $G_{iXX}$  - годинна витрата палива і викиди  $i$ -ї шкідливої речовини автобуса під час роботи у режимі холостого ходу;

$t_{xx}$  - час стоянки автобуса на зупинці, с.

Годинні витрати  $G_{nXX}$  і  $G_{nПХХ}$  для двигунів автобусів визначаються експериментально. Годинні викиди  $i$ -ї шкідливої речовини  $G_{iXX}$  і  $G_{iПХХ}$  визначаються за експериментально визначеними концентраціями шкідливих речовин у режимах самостійного і примусового холостого ходу за залежностями (2.13), (2.14).

Середня тривалість стояння автобуса на зупинці знаходиться в межах від 10 до 30 секунд.

Сумарні викиди шкідливих речовин за цикл розраховуються з урахуванням коефіцієнтів відносної агресивності окремих компонентів [104]:

$$M_{\Sigma} = M_{CO} + 3,16 \cdot M_{CH} + 41,1 \cdot M_{NO_x} + 200 \cdot M_C \quad (2.18)$$

Питомі витрата палива і викиди шкідливих речовин на 1 км пробігу за цикл (г/км):

$$g_n = \frac{M_n}{S} \cdot 10^3; \quad g_i = \frac{M_i}{S} \cdot 10^3, \quad (2.19)$$

де  $S = S_y + S_p + S_r$  - загальна довжина циклу.

Питомі витрата палива і викиди шкідливих речовин на 1000 пасажирокілометрів (г/1000 пкм):

$$g_{nПКМ} = \frac{M_n}{N_n \cdot S} \cdot 10^6; \quad g_{iПКМ} = \frac{M_i}{N_n \cdot S} \cdot 10^6. \quad (2.20)$$

Сумарні питомі викиди шкідливих речовин за цикл (г/1000 пкм)

$$g_{\SigmaПКМ} = \frac{M_{\Sigma}}{N_n \cdot S} \cdot 10^6 \quad (2.21)$$

Укрупнена блок-схема алгоритму розрахунку наведена на рис. 2.3.

Приклади розрахунку показників руху автобусів в окремих циклах наведені в наступному підрозділі 2.3.

### **2.3 Кількісна оцінка швидкісних і паливних характеристик та шкідливих викидів у автобусах різної пасажиромісткості**

Порівняльні дослідження показників руху автобусів виконувалися за таких умов:

1. При дослідженні розглядався прямолінійний рух автобуса в циклі.
2. Управління автобусом з боку водія в процесі розгону вважалось оптимальним з точки зору паливної економічності й шкідливих викидів згідно з [76]: швидкість відкриття органів паливоподачі до 70 %/с; максимальне відкриття органів паливоподачі до 70%; частота обертання двигуна в момент переключення передач —  $0,7 \dots 0,8 n_{\text{ном}}$ ; час переключення передач — 1 с.
3. Режим сповільнення автобуса від швидкості усталеного руху — накат до швидкості 20 км/год і гальмування з від'ємним прискоренням  $1 \text{ м/с}^2$ .
4. При дослідженні приймалося, що двигун автобуса, а також вузли трансмісії, прогріті до нормального теплового стану.
5. Рух автобуса здійснювався по рівному дорожньому покриттю з коефіцієнтом опору кочення  $f_0 = 0,02$ .
6. Вплив транспортного потоку на рух автобуса не враховувався.
7. Середній час стоянки на зупинці прийнятий 15с.
8. При дослідженні приймалося, що автобуси з бензиновими двигунами працюють на неетилованому бензині.

Вплив шляху циклу на величину середньої швидкості та паливну економічність автобусів розглядався при швидкості усталеного руху в циклі 45км/год та номінальному завантаженні автобусів пасажирами.

Як видно з рис. 2.4, збільшення шляху циклу веде до значного зменшення витрат палива автобусами. При цьому більш різке зменшення витрат палива

характерне при збільшенні шляху циклу з 500 до 700м і складає 11...13%. При збільшенні шляху циклу з 1000 до 1200 м відсоток зменшення витрати палива знижується і становить 4...5%.

Найбільша витрата палива на 1000пас·км характерна для автобусів малої місткості, в той час як для автобуса середньої місткості з дизелем витрата палива на 1000пас·км нижча на 47...49%, тобто близько в 2 рази.

У той же час із наведених залежностей видно, що автобус малої місткості має більшу середню швидкість за цикл на 9...12%. Середні швидкості автобусів середньої місткості з бензиновим двигуном і дизелем близькі. Збільшення шляху циклу з 500 до 1200м сприяє зростанню середньої швидкості руху автобусів на 34...44%, що позитивно відображається на їх продуктивності.

Вплив величини швидкості усталеного руху в циклі на показники руху автобусів розглядався при шляху циклу 800м і номінальному завантаженні пасажирями.

На рис. 2.5 показані залежності середніх швидкостей і витрат палива автобусів від швидкості усталеного руху в циклі у діапазоні 30...60км/год.

Як видно з рисунка, найбільш економічним для автобусів середньої місткості буде рух з усталеною швидкістю в межах 30...35км/год, для автобуса малої місткості — оптимальна швидкість складає близько 40км/год.

Однак такі значення швидкостей усталеного руху не прийнятні з точки зору продуктивності автобусів та організації дорожнього руху. У зв'язку з цим без значних втрат по паливній економічності можна рекомендувати доцільні швидкості усталеного руху автобусів малої місткості близько 50км/год, автобусів середньої місткості – 40...45км/год.

Вплив завантаженості пасажирями на показники руху автобусів розглядався при довжині циклу 800м і швидкості усталеного руху автобусів 45км/год.

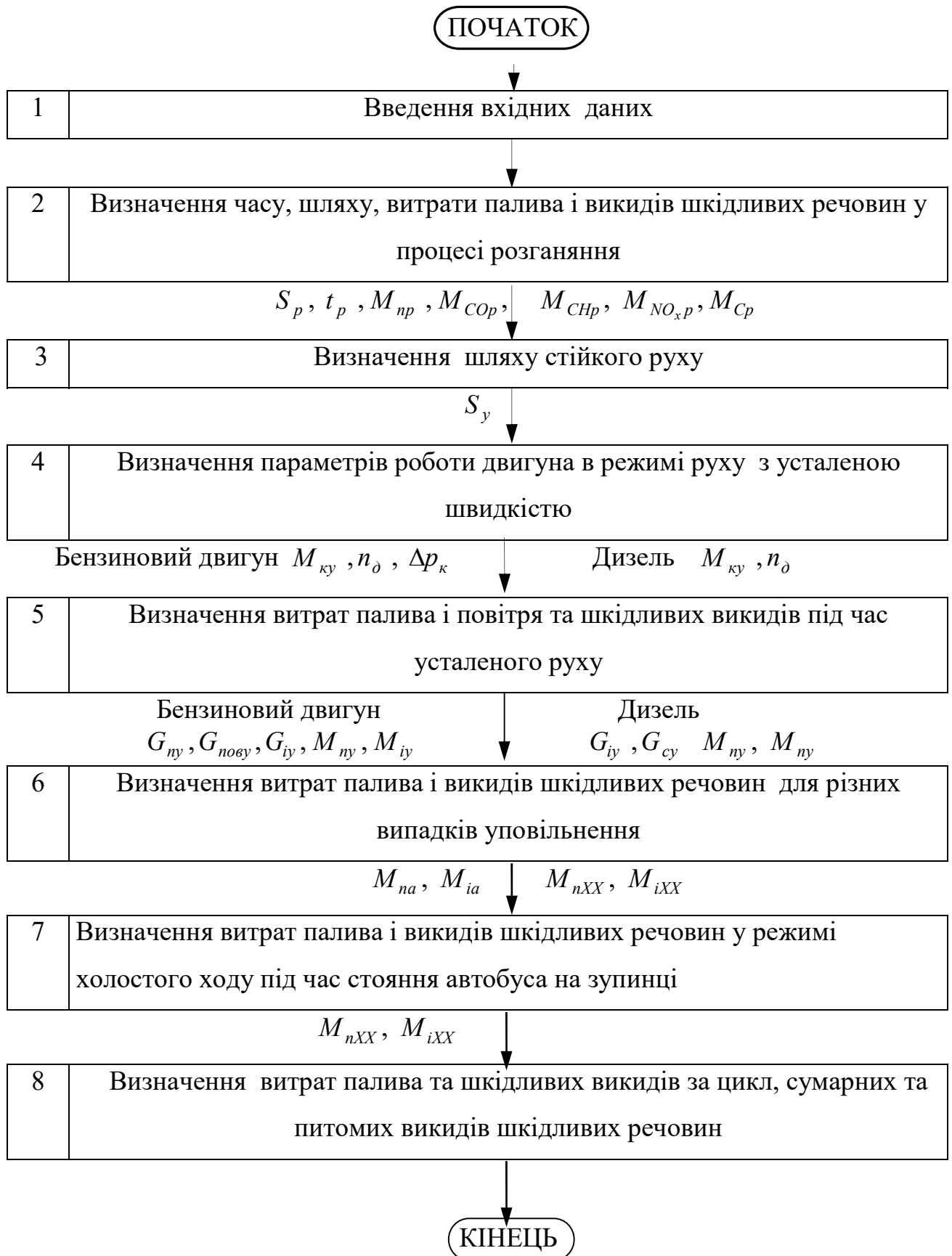


Рис. 2.3. Укрупнена блок-схема алгоритму розрахунку показників руху автобуса в окремому циклі

Як видно з рис. 2.6, зменшення завантаженості автобусів пасажирами, (%), значно погіршує питомі показники по витраті палива. При завантаженні в 50% витрата палива автобусів на 1000пас·км зростає в 1,68...1,71 раз у порівнянні з витратою палива при номінальному завантаженні. Особливо різке зростання витрати палива спостерігається при завантаженості менше 40%. Такий характер зміни витрат палива спостерігається для всіх типів автобусів.

Найбільш відчутний вплив завантаженості на середню швидкість виявлено для автобуса середньої місткості з бензиновим двигуном.

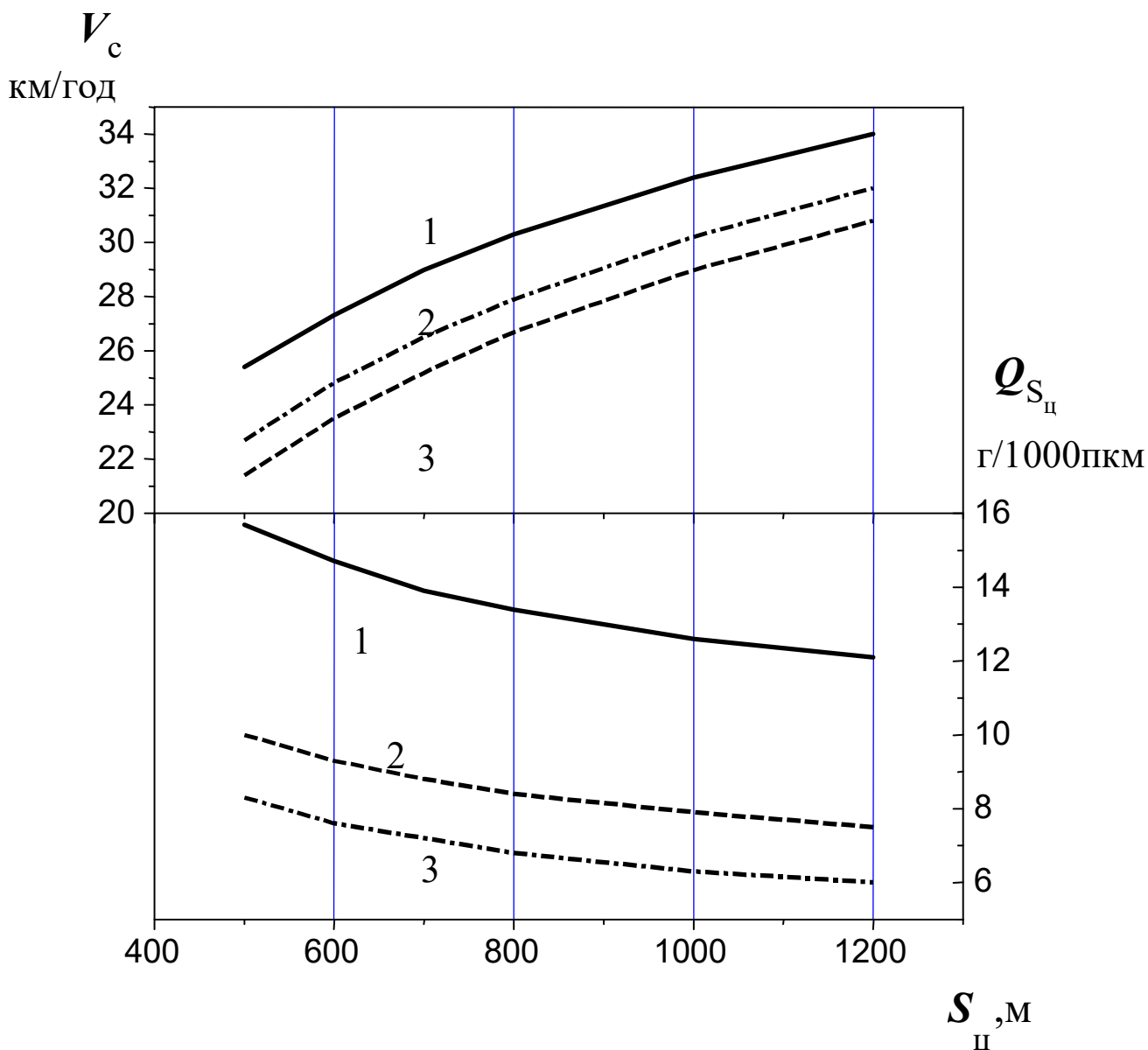


Рис. 2.4. Змінювання середньої швидкості та відносної витрати палива автобусів залежно від шляху циклу:

- 1 – автобус малої місткості з бензиновим двигуном;
- 2 - автобус середньої місткості з бензиновим двигуном;
- 3 - автобус середньої місткості з дизелем.

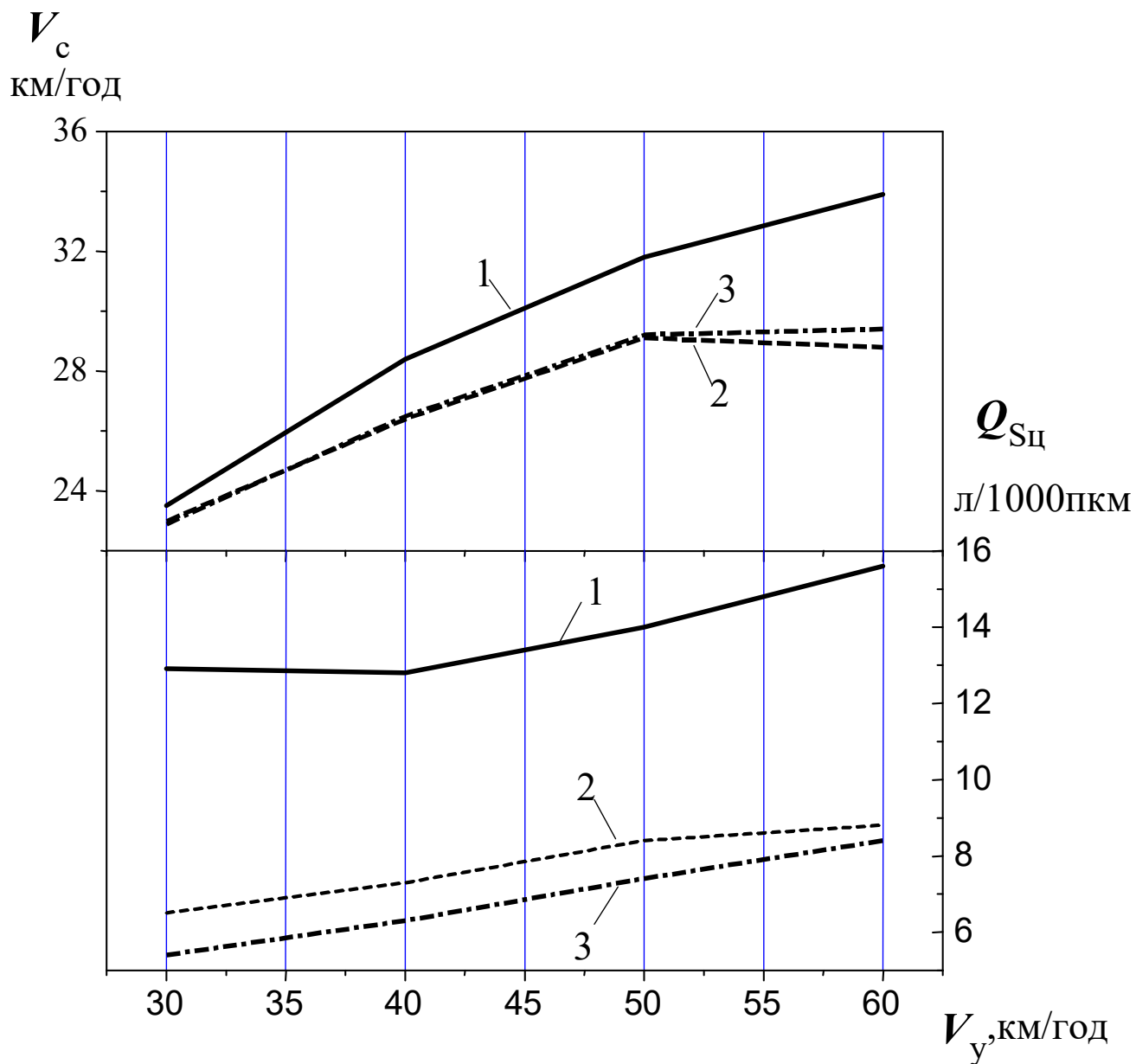


Рис. 2.5 Змінювання середньої швидкості та відносної витрати палива автобусів залежно від швидкості усталеного руху в циклі:

- 1 – автобус малої місткості з бензиновим двигуном;
- 2 - автобус середньої місткості з бензиновим двигуном;
- 3 - автобус середньої місткості з дизелем.

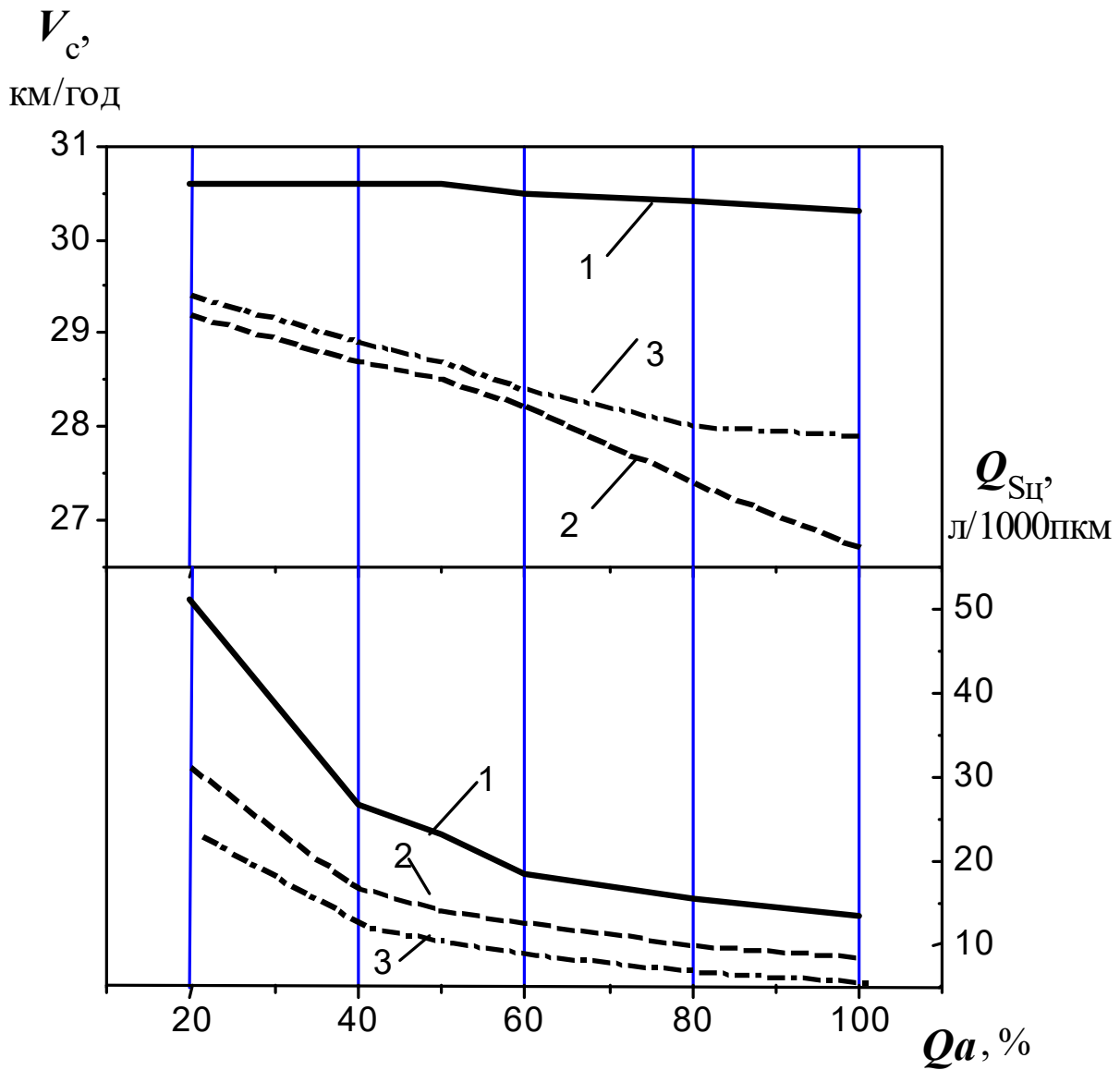


Рис. 2.6. Змінювання середньої швидкості та відносної витрати палива автобусів залежно від використання номінальної пасажиромісткості (у відсотках):

- 1 – автобус малої місткості з бензиновим двигуном;
- 2 - автобус середньої місткості з бензиновим двигуном;
- 3 - автобус середньої місткості з дизелем.

Порівняння показників автобусів малої та середньої місткості в залежності від кількості пасажирів показано на рис. 2.7. Аналіз витрат палива автобусів на 1000пас·км дозволяє оцінити мінімально доцільну завантаженість автобусів середньої місткості.



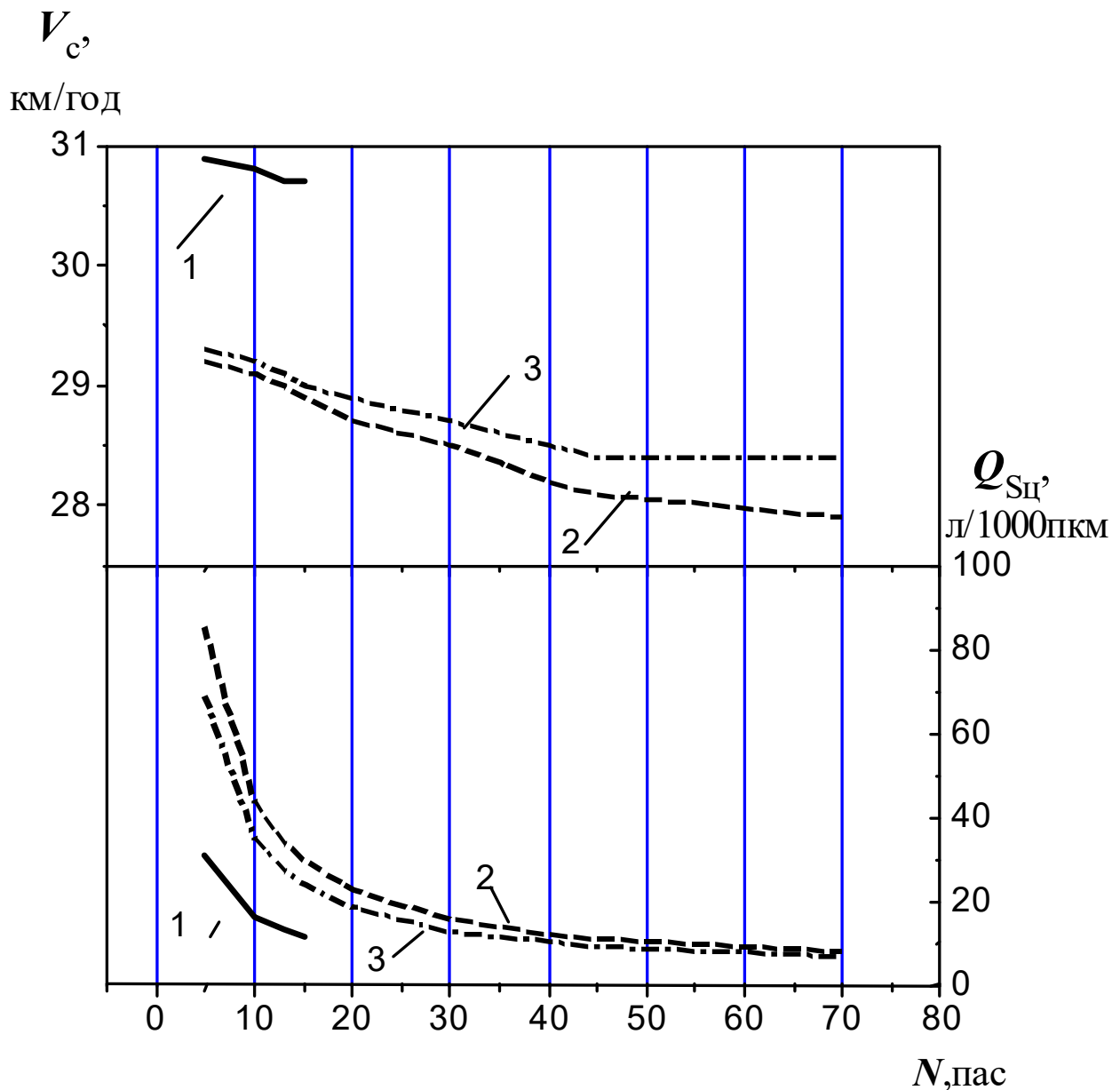


Рис. 2.7. Змінювання середньої швидкості та відносної витрати палива автобусів залежно від кількості пасажирів:

- 1 – автобус малої місткості з бензиновим двигуном;
- 2 - автобус середньої місткості з бензиновим двигуном;
- 3 - автобус середньої місткості з дизелем.

Як видно з рисунка, при кількості пасажирів в автобусі середньої місткості з дизелем менше 28, витрата палива на 1000пас·км стає більшою, ніж витрата палива автобуса малої місткості з повним завантаженням. Для автобуса

середньої місткості з бензиновим двигуном ця величина становить 36 пасажирів.

Наведені дані дозволяють зробити висновок, що на маршрутах з малим пасажиропотоком або в ранішні чи вечірні години доби із врахуванням забезпечення необхідного інтервалу руху доцільніше використовувати автобуси малої місткості.

Дослідження екологічних показників автобусів проводились при умовах, вказаних на початку даного підрозділу.

На рис. 2.8. показані залежності зміни екологічних показників автобусів від шляху циклу  $S_u$ . Характер залежностей аналогічний залежностям витрати палива автобусів. Із збільшенням шляху циклу значно зменшуються викиди шкідливих речовин. Найбільші значення сумарних шкідливих речовин  $M_{\Sigma CO}$ , віднесених на 1000 пас·км, характерні для автобуса малої місткості. Порівняння сумарних шкідливих викидів автобусів середньої місткості з бензиновим двигуном і дизелем показує, що автобус з дизелем має гірші екологічні показники, внаслідок більших викидів оксидів азоту  $M_{NO_x}$  і додатково викидів сажі  $M_C$ .

Коли шлях циклу  $S_u=500$  м, сумарні шкідливі викиди автобусів середньої місткості з бензиновим двигуном і дизелем стають однаковими через збільшення викидів вуглеводів  $M_{CH}$  автобусом з бензиновим двигуном.

Вплив швидкості усталеного руху  $V_y$  в циклі на екологічні показники автобусів показаний на рис 2.9. Збільшення швидкості в циклі призводить до збільшення сумарних шкідливих викидів для всіх автобусів. При цьому найменшу сумарну токсичність має автобус середньої місткості з бензиновим двигуном. З рисунка видно, що для автобуса малої місткості за сумарними шкідливими викидами, доцільна швидкість усталеного руху в циклі не повинна

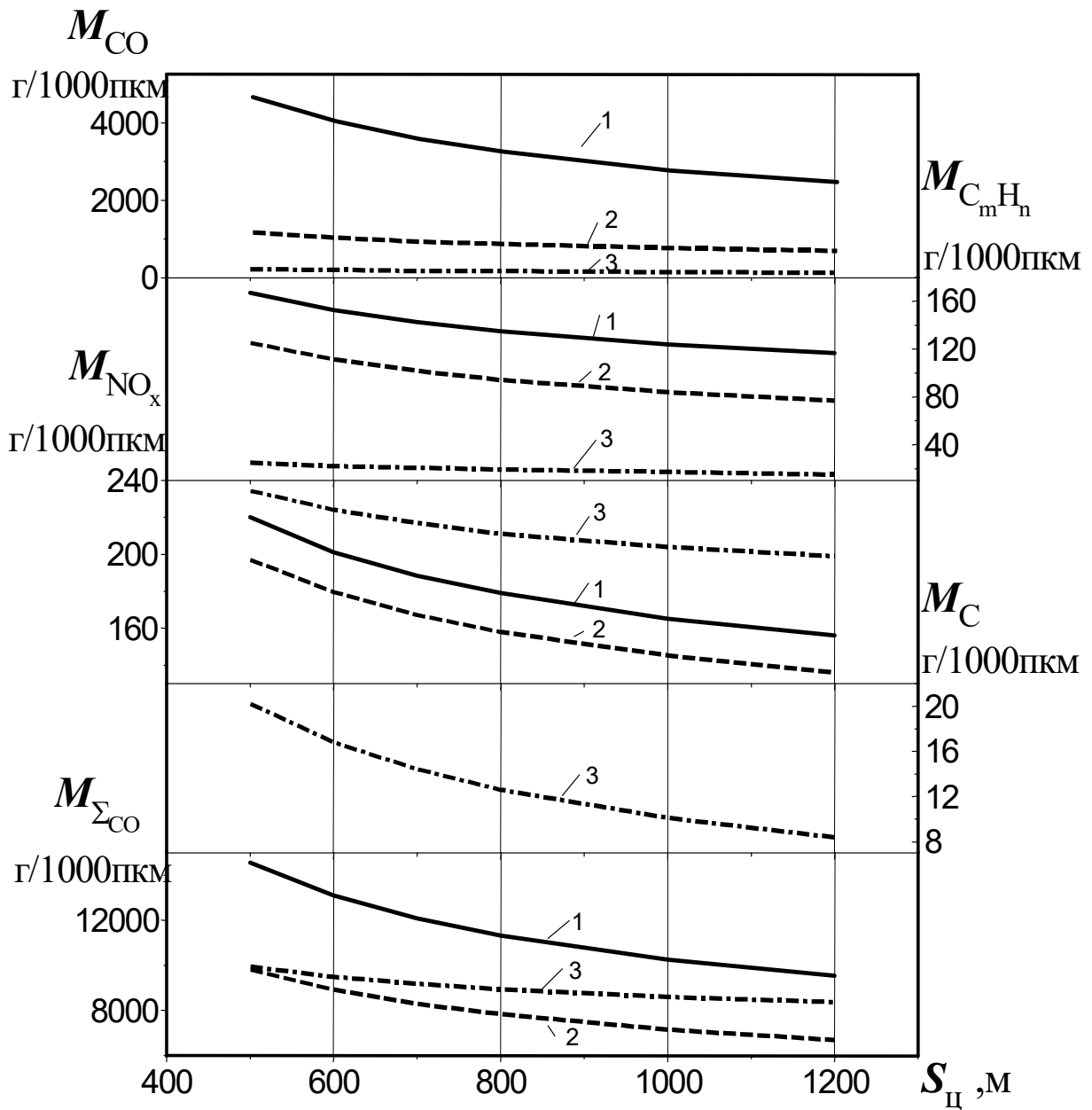


Рис. 2.8. Змінювання відносних викидів шкідливих речовин автобусами залежно від шляху циклу

- 1 – автобус малої місткості з бензиновим двигуном;
- 2 - автобус середньої місткості з бензиновим двигуном;
- 3 - автобус середньої місткості з дизелем.

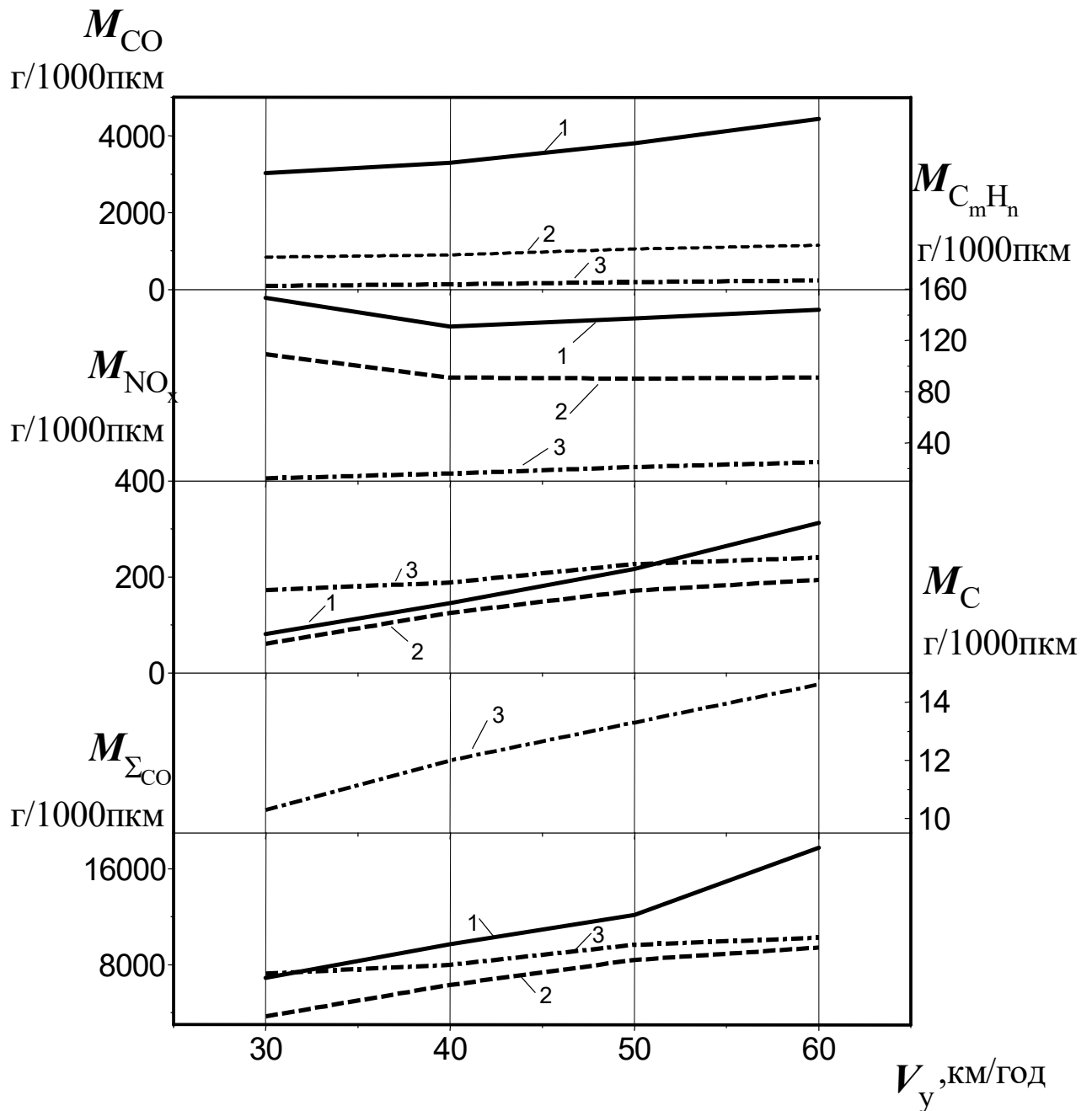


Рис. 2.9. Змінювання відносних викидів шкідливих речовин автобусами залежно від швидкості усталеного руху в циклі:

- 1 – автобус малої місткості з бензиновим двигуном;
- 2 - автобус середньої місткості з бензиновим двигуном;
- 3 - автобус середньої місткості з дизелем.

перевищувати 50 км/год. Із збільшенням швидкості вище 50 км/год спостерігається більш різке зростання сумарних шкідливих викидів.

Автобус середньої місткості з дизелем при швидкостях близьких до 30 км/год має таку ж сумарну токсичність, як і автобус малої місткості. Тому для автобусів такого типу доцільні швидкості усталеного руху повинні знаходитись в діапазоні 40...45 км/год. Принципово можна прийняти допустимим ширше використовувати автобуси з дизелем, завдяки меншій витраті палива.

Зміни викидів шкідливих речовин від завантаженості автобусів пасажирами показано на рис. 2.10. З рисунка видно, що для всіх типів автобусів недоцільна експлуатація при завантаженості нижче 40%, оскільки значно збільшуються сумарні питомі шкідливі викиди. При цьому слід відзначити, що найбільшу сумарну токсичність має автобус малої місткості, хоча близька до неї сумарна токсичність автобуса середньої місткості з дизелем.

Рис. 2.11 дозволяє порівняти екологічні показники автобусів різних типів у залежності від кількості пасажирів, що перевозяться. З нього видно, що в автобусів середньої місткості при завантаженні менше номінального екологічні показники стають гіршими, ніж у автобуса малої місткості, особливо при завантаженні менше 20 пасажирів.

Проведений вище аналіз, детально проілюстрований графіками, підтверджує прийнятий у даній роботі методичний підхід – пов'язувати поліпшення пасажирських перевезень із розглядом конкретних технічних показників роботи автобусів, при урахуванні параметрів за їх окремими моделями. З такою метою поставлено завдання продовжити наукові розробки цього методу стосовно цілого маршруту. Поступове подолання всіх відрізків шляху поміж зупинками доцільно розглядати з використанням вищевикладених положень (підрозділ 2.2) математичного моделювання окремого циклу руху автобуса.

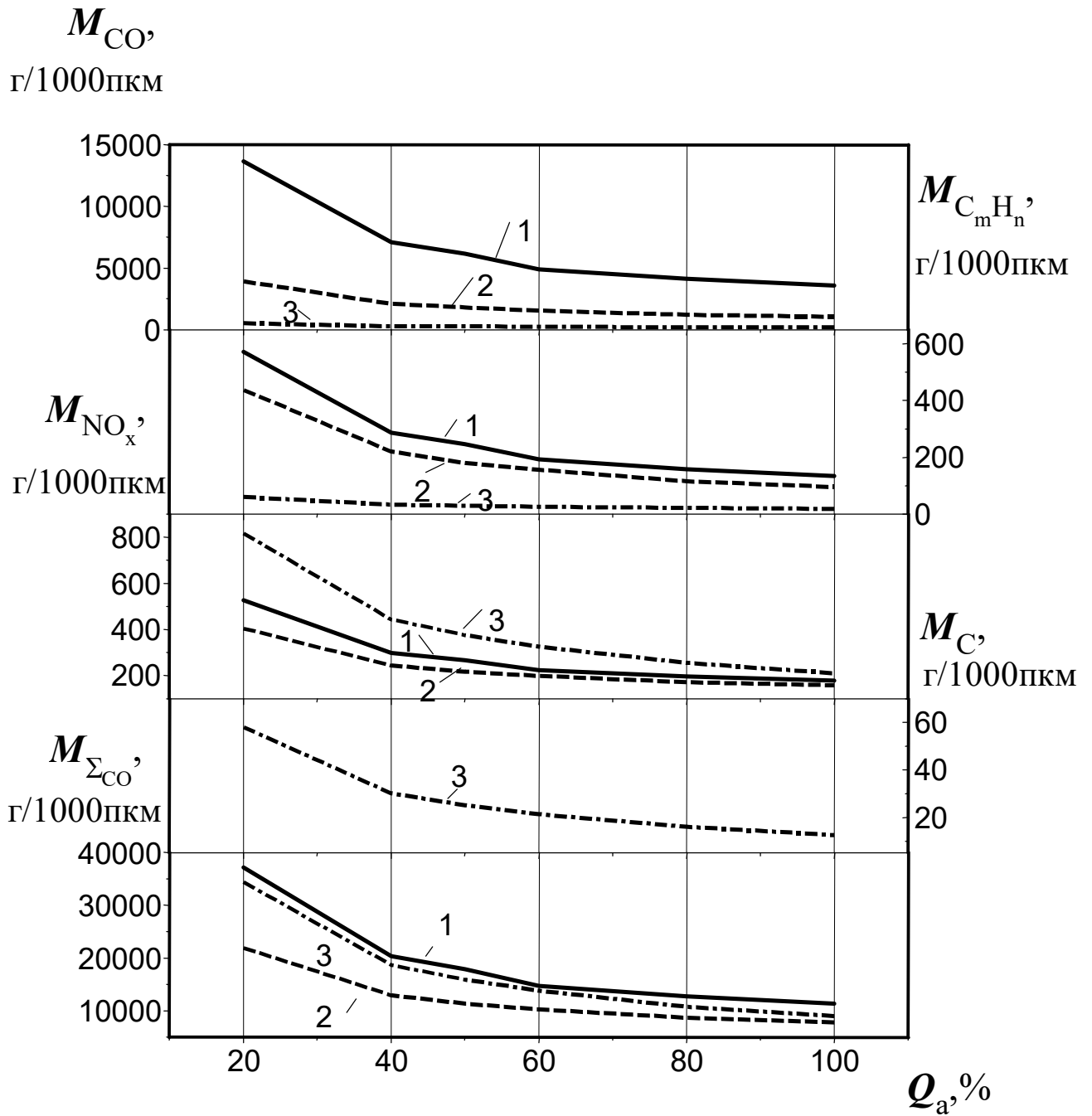


Рис. 2.10. Змінювання відносних викидів шкідливих речовин автобусами залежно від використання номінальної пасажиромісткості (у відсотках):

- 1 – автобус малої місткості з бензиновим двигуном;
- 2 - автобус середньої місткості з бензиновим двигуном;
- 3 - автобус середньої місткості з дизелем.

$M_{CO}$ ,  
г/1000пкм

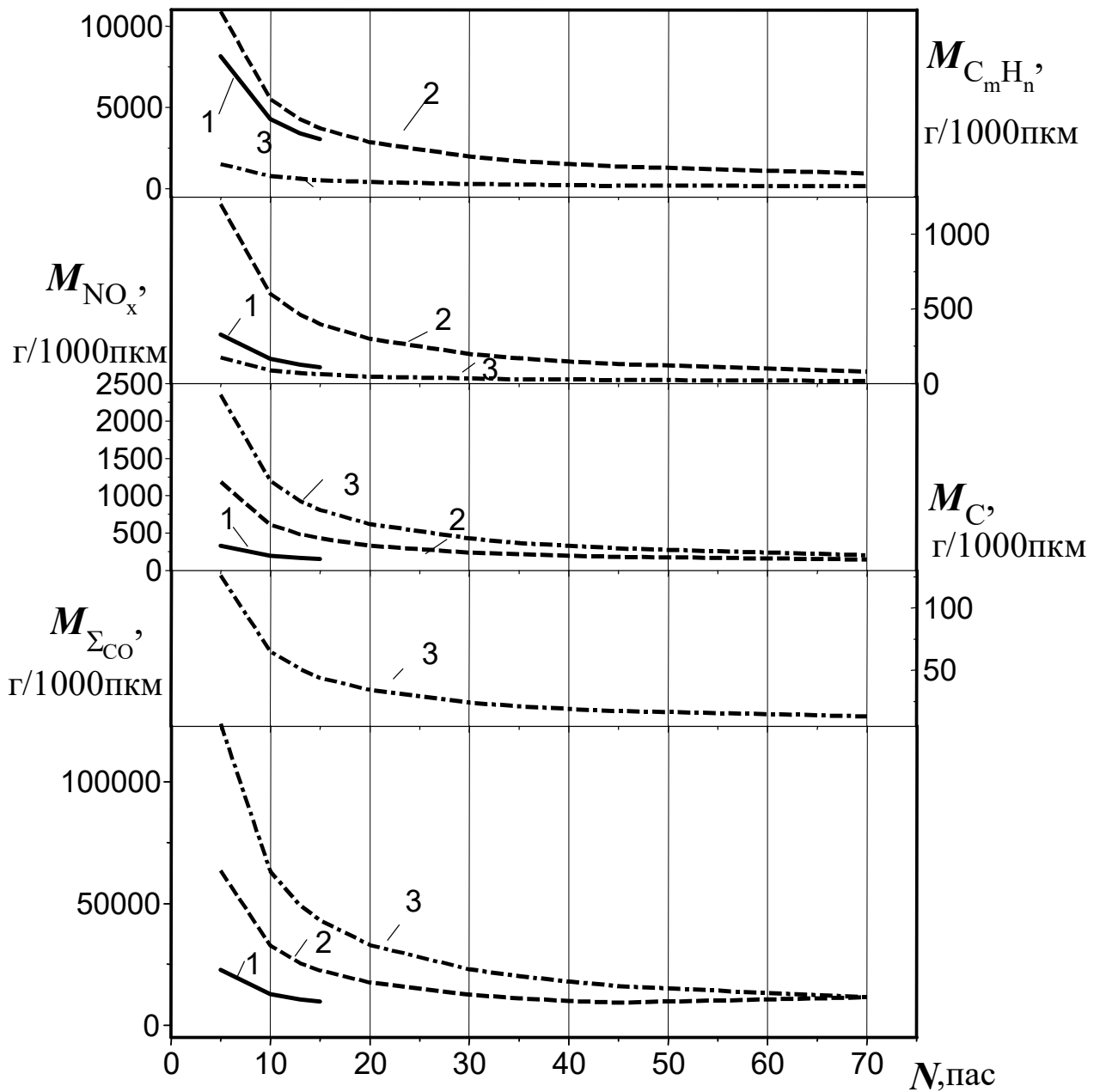


Рис. 2.11. Змінювання відносних викидів шкідливих речовин автобусами

залежно від перевезеної кількості пасажирів:

- 1 – автобус малої місткості з бензиновим двигуном;
- 2 - автобус середньої місткості з бензиновим двигуном;
- 3 - автобус середньої місткості з дизелем.

## 2.4 Аналіз методів удосконалення технологічного процесу автобусних перевезень

До основних складових елементів технології та організації перевезень пасажирів обов'язково відносяться такі завдання, як-от: вибір типу та кількості рухомого складу АТП, розподілення певної кількості автобусів за окремими маршрутами, здійсненими у відповідності до розмірів пасажиропотоків по усіх обраних формах руху, а також заходи з його контролю і управління. Методика вирішення поставлених задач базувалася на застосуванні запропонованого в підрозділі 2.1 критерію (2.3) для оцінки якості автобусних перевезень. Результати розробки такої загальної методики висвітлено в даному та наступному підрозділах. Попередні передумови до даної методики передбачають її застосування тільки до вже оптимізованої маршрутної системи міста й автобусних маршрутів, для яких вже проведені обстеження реально існуючих пасажирських потоків за годинами доби, з урахуванням наявних зупинок на кожному із маршрутів. Для одержання потрібних відомостей щодо обстеження або перерозподілення пасажиропотоків складена самостійна методика, практична апробація якої далі викладена у розділі 3.

Із наукових джерел [1, 22] відомо, що в залежності від максимального значення пасажиропотоку  $P$ , пас/год., вибирають тип рухомого складу, а потім визначають його кількість.

Очевидно, що чим більшою буде пасажиромісткість ( $q_n$ ), тим менше знадобиться автобусів для задоволення пасажиропотоку. Поруч із цим, чим більшою буде пасажиромісткість автобуса, тим довгими мають ставати інтервали руху при умові повного наповнення автобусів. У такому випадку витрати пасажирами часу на пересування будуть зростати. З іншого боку, задоволення пасажиропотоку автобусами великої місткості, в порівнянні з автобусами малої місткості, зменшує збитки від екологічного забруднення. На експлуатаційні витрати АТП впливають вартість автобуса, терміни амортизації,



технічне обслуговування та поточний ремонт, оплата палива та інші фактори. При використанні автобусів малої пасажиромісткості скорочуються інтервали руху, зростає швидкість сполучення за рахунок маневреності та зменшується час на зупинки, а в цілому скорочується час на пересування пасажирів і відповідні до нього соціальні витрати.

Грошові збитки від екологічного забруднення міст (на кожну 1000пас.км) при використанні автобусів малої місткості (мікроавтобусів) в порівнянні з автобусами великої місткості збільшуються майже в десять разів. Виходячи з цього, зроблено висновок про те, що в залежності від величини пасажиропотоку та при наявності маршрутів з різними пасажиропотоками слід формувати і відповідну їм структуру парку різними типами автобусів. При цьому одним із критеріїв щодо вибору типу рухомого складу далі в роботі вибрано мінімальну сумарну собівартість перевезень (грн. на одного пасажирів) на маршрутах з різними пасажиропотоками:

$$S_n = \frac{\sum_{i=1}^3 B}{Q}, \quad (2.26)$$

де  $\sum_{i=1}^3 B$  - сумарні річні витрати ( екологічні, експлуатаційні, соціальні)

на перевезення пасажирів, грн.;

$Q$  - річний обсяг перевезень, пас/рік.

Методика та результати дослідження сумарної собівартості  $S_n$  - викладені у розділі 4. При цьому для наочного порівняння автобусів різної пасажиромісткості визнано зручним користуватися залежністю собівартості  $S_n$  від величини пасажиропотоку  $P$ , пас/год. Тоді шляхом порівняння цих залежностей можна знаходити такі інтервали у змінному пасажиропотоці, на яких більш раціонально реалізується можлива продуктивність різних типів

автобусів. Розробка такої, більш досконалої методики сприятиме досить вагомому обґрунтуванню вибраного рухомого складу АТП, що актуально для сучасної перспективи оновлення міського парку автобусів.

На наступному етапі удосконалення організації перевезень, використовуючи дані щодо пасажиромісткості конкретно обраних марок автобусів, важливо раціонально визначати необхідну їх кількість  $A_{pi}$  для кожного маршруту. Слід відмітити, що в існуючих методиках вибору кількості автобусів увага зосереджена переважно тільки на задоволенні максимального пасажиропотоку. Приймаючи цей параметр за вихідну величину також і в даній роботі, надалі потрібно досліджувати залежність від неї всіх визначених критерієм (2.3) витрат: соціальних  $B_{пер}$ , експлуатаційних  $B_{ек}$ , екологічних  $B_e$ , сумарних  $\sum B$ . У такому розширеному обґрунтуванні збережена базова основа із загальноприйнятих у практиці методів розрахунку кількості автобусів, але введена умова більш детального урахування форм руху та їх комбінацій. З іншого боку, із введенням оціночного критерію (2.3) розробленою методикою передбачено корегування початково розрахованої кількості автобусів на кожному маршруті. Як відомо з різних джерел, потрібна кількість автобусів  $A_{pi}$  обчислюється для загальної форми руху за виразом:

$$A_{pi} = \frac{P_{\max i} \cdot T_{об} \cdot K_n}{60q_n}, \quad (2.27)$$

де  $A_{pi}$  - мінімально необхідна кількість одиниць автобусів;

$P_{\max i}$  - максимальне значення пасажиропотоку, пас.;

$T_{об}$  - час обороту автобусів на маршрути, год;

$K_n$  - коефіцієнт внутрігодинної нерівномірності;

$q_n$  - номінальна пасажиромісткість одного автобуса, пас.

Для скороченої форми руху тип і кількість автобусів визначаються аналогічно загальній формі, але виходячи із особливостей розподілу пасажиропотоку по довжині маршруту. Для швидкісної та експресної форм руху вибір автобусів залежить від значення пасажирообміну зупиночних пунктів. При цьому використовують епюру пасажирообміну зупинок за годинами доби (часу роботи автобусів), а середнє значення максимального пасажирообміну має бути обчисленим, згідно положень математичної теорії експерименту, не менше ніж із семи вимірів.

Відносно формули (2.27) слід зауважити, що до неї включена пасажиромісткість  $q_n$  однієї вибраної марки автобуса. У сучасних умовах поширюється практика експлуатації на одному маршруті одночасно кількох типів автобусів, наприклад, середньої та малої місткості. Відповідно до цієї обставини слід очікувати на певну трансформацію даної формули, проте після проведення окремого самостійного дослідження.

У даній роботі прийнято нове положення про те, що згаданий вище розрахунок за існуючою методикою слід вважати за необхідний, беручи для цього початковий попередній етап для визначення кількості автобусів. Така методика в цілому придатна забезпечити перевезення усіх пасажирів даного маршруту в просторі і часі. Проте остаточну раціональну кількість автобусів краще обирати після того, як будуть визначені та враховані параметри критерію якості автобусного сполучення. Таке завдання визначено, як другий етап розрахунку кількості автобусів, а для його здійснення складено описану нижче нову методику.

Практичний досвід показав, що мінімальною кількістю автобусів  $A_{pi}$  забезпечується існуючий пасажиропотік у просторі та часі на граничному рівні. Поряд з цим, бажано передбачити певний резерв автобусів для надійності та підвищеної якості сполучення. Досі вважалося, що від необгрунтованого збільшення кількості автобусів на маршруті, проти необхідної мінімальної, загальний обсяг перевезених пасажирів не збільшиться, бо пасажиропотік є

відносно стабільною величиною. Однак при наявності конкуренції мають підвищуватись рівень обслуговування та комфортність поїздок. З другого боку, через збільшення кількості задіяних на маршрутах автобусів не повинні помітно зростати витрати автотранспортного підприємства на пасажирські перевезення. Щоб узгодити таке протиріччя, у даній методиці запропоновано звернутися до критерію (2.3) та графіку на рис. 2.12, щоб оптимально спланувати вибір кількості рухомого складу на маршруті при заданому пасажиропотокові.

Зображений на рис. 2.12 графік відображає узагальнений приклад застосування критерію (2.3) для вирішення важливого питання щодо вибору потрібної кількості автобусів на маршруті, коли оптимальну кількість  $A_{opt}$  віднесено до мінімуму сумарних питомих витрат  $B_{min}$ .

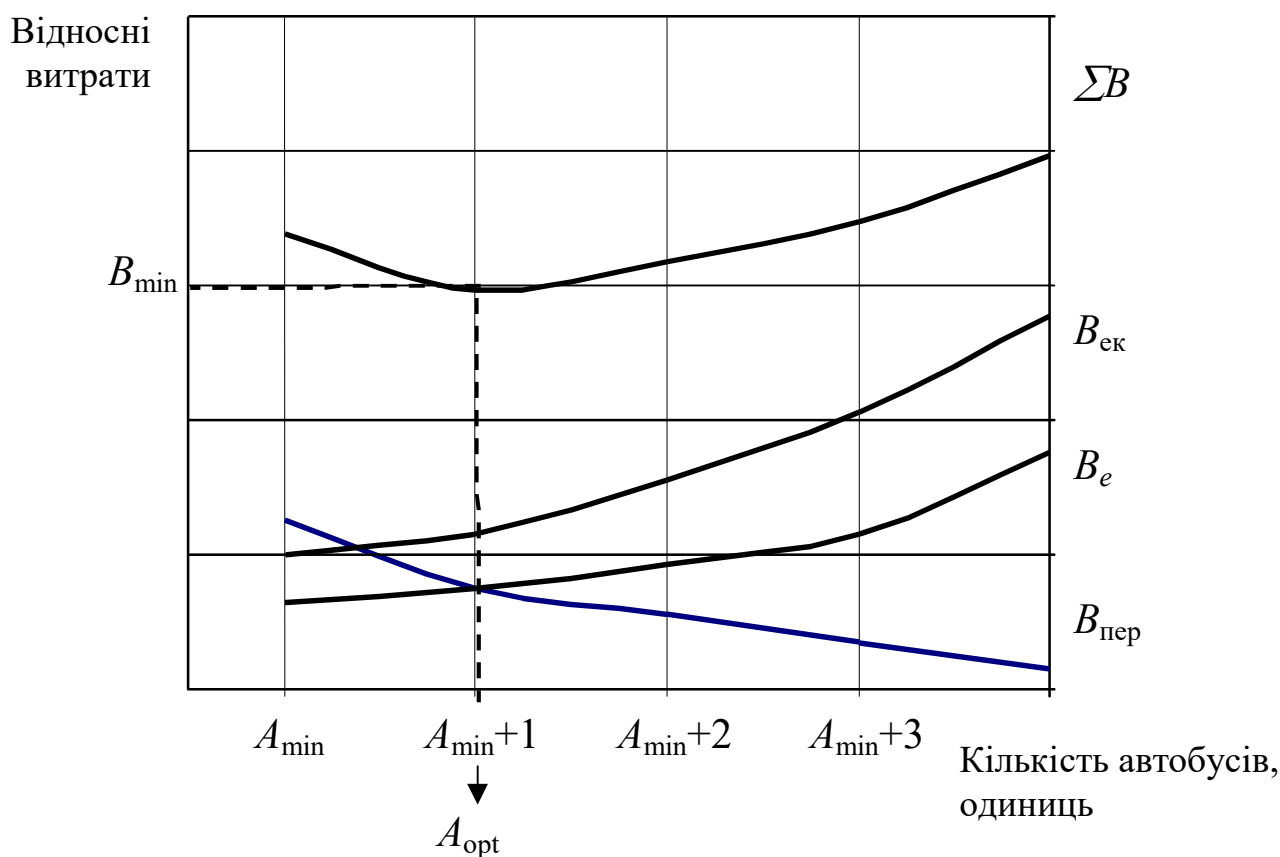


Рис. 2.12. Застосування критерію якості перевезень до визначення потрібної оптимальної кількості автобусів для заданого маршруту

Бажана мінімізація складових частин критерію (2.3) у вигляді відносних соціальних  $B_{пер}$ , експлуатаційних  $B_{ек}$ , екологічних  $B_e$  витрат та їх суми  $\sum B$ , згідно рис. 2.12, досягатиметься використанням певної оптимальної кількості автобусів  $A_{opt}$ , яка перевищує  $A_{min}$ , розраховану за виразом (2.27) для  $i$ -го маршруту. Забезпечуючи заданий пасажиропотік за мінімальний час, названа величина  $A_{opt}$  відповідатиме (по вертикалі) мінімуму сумарних витрат  $B_{min}$ . Крім того, кількість автобусів  $A_{opt}$  ще знаходиться в зоні початково обмежених значень інших складових витрат, а саме від екологічного забруднення міста  $B_e$  та експлуатаційних витрат АТП -  $B_{ек}$ . Головним позитивним результатом методики є те, що помітно знижуються соціальні витрати  $B_{пер}$  пасажирів, пов'язані із загальним часом поїздки.

Згідно рис. 2.12, якщо надалі не обгрунтовано збільшувати кількість автобусів відносно  $A_{opt}$ , щоб зменшувати соціальні витрати пасажирів, тоді помітно та швидко зростатимуть екологічні та експлуатаційні витрати, враховані критерієм (2.3). Виходячи з того, що протягом доби на кожному маршруті найбільша потрібна кількість автобусів припадає на ранкові та вечірні години "пік", то розрахунки параметра  $A_{opt}$  раціонально проводити, орієнтуючись на ці години. Притому загальні витрати обчислюватимуться відносно однієї години.

Надалі неможливо обминути того факту, що коли з метою зниження соціальних витрат пасажирів здійснюється певне збільшення кількості автобусів на маршруті від  $A_{min}$  до  $A_{opt}$ , то цим зменшуватиметься коефіцієнт використання їх пасажиромісткості. А звідси будуть зростати питомі витрати, тобто собівартість перевезень [1].

Відносно тієї обставини, що на рис.2.12 по осі абсцис відкладаються цілі числа кількості автобусів  $A_{pi}$  потрібно пояснити, чому сумарні витрати  $\sum B$

зображені не ламаними відрізками, а плавною кривою. Тут було враховано теоретично можливі випадки, коли у проміжку між цілими числами автобусів задаються при розрахунках критерію (2.3) різні величини статичного коефіцієнту  $\gamma_c$  використання пасажиромісткості автобуса. Тоді будуть змінюватися також графіки параметрів  $B_{пер}$ ,  $B_{ек}$ ,  $B_e$ .

Проведені розрахунки прикладів показали, що із застосуванням критерію  $\sum B$  для загальної форми руху автобусів іноді можливе певне збільшення потрібної їх кількості (на 8...10%), хоча це виправдовується поліпшенням якості перевезень. Проте наступними дослідженнями визначено, що уникнути цього збільшення рухомого складу дозволяє запровадження одночасно загальної та комбінованої форм руху автобусів.

Дослідження, здійснені автором на автобусних маршрутах м. А, показали, що в години “пік” можна як постійний захід впроваджувати більш рівномірне використання рухомого складу з різною пасажиромісткістю шляхом перерозподілу автобусів у відповідності до зміни пасажиропотоків на маршрутах. Виходячи з цього положення, за пропозиціями автора розроблялася та була впроваджена в АТП 14129 методика перерозподілу автобусів за маршрутами в години “пік”.

Для формування можливих варіантів перерозподілу автобусів необхідно, щоб коефіцієнт використання місткості автобусів на лімітованому піковому перегоні за контактний період був більшим одиниці, а на передислокованому перегоні в цей же період був меншим одиниці. Взагалі вважається, що вибираючи оптимальну пасажиромісткість автобусу на міжпікові періоди доцільно приймати інтервал руху наближеним до інтервалу пікового режиму.

Під контактним періодом слід розуміти час, за який здійснюється перестановка автобусів з маршруту на маршрут. Інтервал руху між періодами пік на двох маршрутах має дорівнювати (або бути більшим) часу перегону автобусів з маршруту на маршрут. Формування можливих варіантів перерозподілу здійснюється в такій послідовності [105, 106].

Спочатку визначають коефіцієнт наповнення автобусів на лімітованому перегоні за контактний період:

$$K_n^n = \frac{Q_{\max n} \cdot K_{BG} \cdot T_{об} \cdot l_{in} \cdot K_n}{A \cdot q \cdot T_k \cdot L_m}, \quad (2.28)$$

де  $Q_{\max n}$  - кількість пасажирів, перевезених за години “пік”, пас;

$K_{BG}$  - коефіцієнт внутрішньогодинної нерівномірності;

$T_{об}$  - час обороту автобусів на маршруті, год;

$l_{in}$  - середня відстань поїздки пасажирів, км;

$K_n$  - коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку;

$A$  - кількість автобусів в години “пік”;

$q$  - пасажиромісткість автобуса, пас;

$T_k$  - тривалість контактного періоду на маршрутах, год;

$L_m$  - довжина маршруту, км.

Як маршрут, на якому буде виконуватись передислокація, слід обирати маршрут з найбільшим коефіцієнтом  $K_n$ .

Оптимальна кількість автобусів, що підлягають передислокації, повинна визначатися, виходячи з мінімуму сумарних витрат часу  $T_{сум}$  пасажирів на пересування:

$$T_{сум} = Q^D (t_o^D + t_{HT}^D) + Q^П (t_o^П + t_{HT}^П), \quad (2.29)$$

де  $Q^D$  - обсяг перевезень на маршруті  $D$ , з якого можна вилучити автобуси за контактний період, пас;

$Q^{\Pi}$  - обсяг перевезень на маршруті  $\Pi$ , на який передислокують автобуси, пас;

$t_o^D, t_o^{\Pi}$  - відповідно середні витрати часу пасажирів на очікування на маршрутах  $D$  і  $\Pi$ , год;

$t_{\text{НП}}^D, t_{\text{НП}}^{\Pi}$  - відповідно середні витрати часу пасажирів на маршрутах  $D$  і  $\Pi$ , з причини відмови від поїздки через переповнення транспорту, год.

Мінімальне значення витрат часу на пересування пасажирів відповідає оптимальній кількості автобусів на маршруті:

$$A_{\text{пер opt}} = A_{\text{вих}}^D \pm A_{\text{opt}}^D, \quad (2.30)$$

де  $A_{\text{вих}}^D$  - кількість автобусів при вихідному їх розподіленні на маршрутах;

$A_{\text{opt}}^D$  - кількість автобусів, яку раціонально передислокувати між маршрутами.

Після визначення оптимальної кількості автобусів, що підлягають передислокації між маршрутами за усіма можливими варіантами перерозподілу, обирається їх раціональна кількість. Критерієм вибору цієї кількості є максимальне скорочення витрат часу пасажирів на пересування. Величина скорочення сумарних витрат часу на пересування визначається за формулою:

$$T_{\text{сум}} = T_{\text{сум.вих}} - T_{\text{сум.opt}}. \quad (2.31)$$

Щоб визначити сумарні витрати часу пасажирами на пересування, використовується вже відомий вираз, але з урахуванням обсягу перевезень:



$$T_{\text{сум.вих}} = \left( \frac{2l_n}{V_n} + \frac{I}{2} + \frac{l_{in}}{V_c} \right) \cdot Q_{\text{нас}}, \quad (2.32)$$

де  $2l_n$  - відстань від (до) зупинки, км/год;

$V_n$  - швидкість пішохода, км/год;

$I$  - інтервал руху для вихідного маршруту, год;

$l_{in}$  - відстань поїздки пасажирів, км;

$V_c$  - швидкість сполучення автобуса, км/год;

$Q_{\text{нас}}$  - обсяг перевезень за добу, пас.

Після вибору раціонального варіанту відповідна пара автобусів виключається з групи попередньо відібраної кількості. Формування можливих варіантів перерозподілу автобусів для вибору чергового раціонального варіанту здійснюється аналогічним методом.

При складанні розкладу рейсів інтервал руху автобусів визначається як:

$$I = \frac{T_{\text{об}}}{A \pm A_{\text{нер}}}, \quad (2.33)$$

де  $A_{\text{нер}}$  - кількість передислокованих автобусів.

У технологічному процесі перевезень важливе місце належить формам руху автобусів. Базовими вихідними даними для їх вибору є відомості про пасажиропотоки в кожному окремому місті. Існуючі методи їх обстеження висвітлені в літературних джерелах [1, 42], але і досі не всі вони збирають повну інформацію із визначенням потрібних параметрів. Для цілі даного дослідження у розділі 3 розроблена і реалізована окрема методика збирання відомостей щодо параметрів пасажиропотоку в просторі й часі, пасажирообміну на зупинках, кореспонденцій поїздок. Виходячи з цього

завдання, за участю автора була розроблена спеціальна картка обстеження (рис. 2.13), яка дозволяє визначати табличним методом вищеназвані та інші параметри .

Методика досліджень передбачає, щоб у кожену одиницю рухомого складу (автобус) були розміщені обліковці відповідно до кількості дверей. Обов'язком кожного обліковця була реєстрація пасажирів, які входили та виходили з автобуса на кожній зупинці, а також записи в картці часу посадки та висадки пасажирів. Послідовність обстеження така. Обліковець на своєму посту при вході пасажирів в автобус проставляє в картці (в клітинці з номером зупинки) знак “+”, записує час входу пасажирів на відповідній зупинці і вручає її пасажиріві. При виході пасажирів віддає картку другому обліковцю, який, у свою чергу, проставляє знак “-” і записує час виходу пасажирів в клітинці з номером відповідної зупинки.

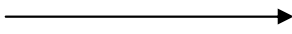
Дата _____				Автобус _____			
Маршрут _____				Обліковець _____			
туди →				← Звідти			
	<b>+11<sup>30</sup></b>						
1	2	3	4	5	6	7	8
					<b>-11<sup>50</sup></b>		
9	10	11	12	13	14	15	16
1	2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15	16
Позначення:							
 напрямок руху автобуса; 1...16 – номери зупинок; +11 <sup>30</sup> – зайшов об 11.30; - 11 <sup>50</sup> – вийшов об 11.50							

Рис. 2.13. Картка обстеження пасажиропотоків у місті

Результати обстеження пасажиропотоків за даною методикою дозволили після оброблення матеріалів обстеження (карток) одержати такі дані, необхідні для удосконалення організації перевезень:

1. Наповненість одиниці рухомого складу.
2. Пасажирообмін зупинкових пунктів за весь період обстеження в прямому та зворотному напрямках.
3. Кількість перевезених пасажирів.
4. Транспортна робота автобусів на різних маршрутах.
5. Характеристика зміни величин наповненості автобусів між зупинками, епюри розподілу пасажиропотоку за довжиною маршруту.
6. Дальність поїздки пасажира в цілому на маршруті та згідно напрямків.
7. Коефіцієнт змінюваності пасажирів.
8. Зміни пасажиропотоку за годинами доби (епюри розподілу на маршрутах).
9. Коефіцієнт використання пасажиромісткості автобусів.

Обстеження пасажиропотоків за допомогою вищеприведеного методу дає змогу визначити пасажирообмін зупинок і побудувати їх епюри. У схематизованому вигляді на рис. 2.14 наведено приклад епюри пасажирообміну зупинок на маршруті. Одержаний розподіл пасажиропотоків у просторі та часі, а також змін пасажирообміну зупинок надають змогу побудувати їх епюри, а потім за їх допомогою визначити такі форми руху автобусів, як звичайна, швидкісна, експресна, скорочена.

Під звичайною формою розуміють рух автобусів від початку до кінця маршруту із зупинками на всіх проміжних пунктах (зупинках). Основою для організації такої форми руху є рівномірний пасажирообмін зупинкових пунктів. Причому [107] загальна форма руху приймається тоді, коли коефіцієнт нерівномірності пасажирообміну не перевищує значення 1,2. Цей коефіцієнт прирівнюється чисельно до відношення максимального пасажиропотоку  $P_{\max}$ , до його середньої величини  $P_c$ .

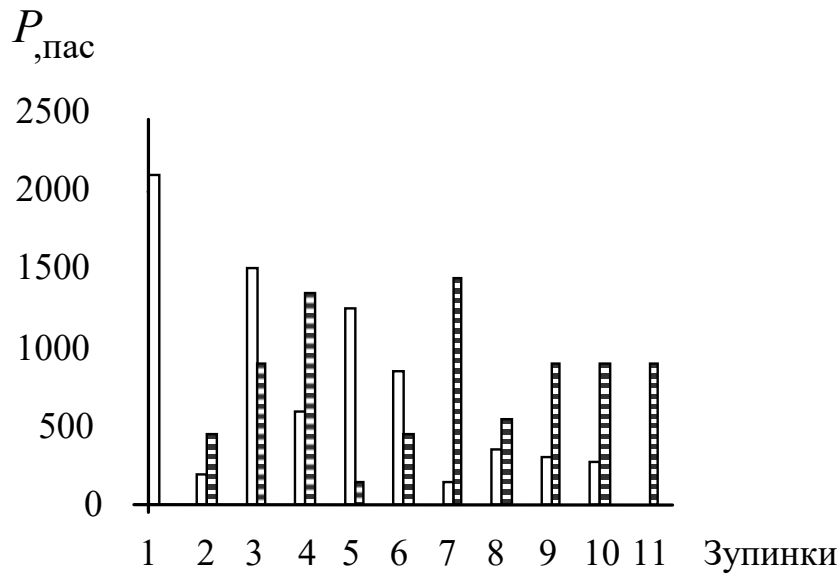


Рис. 2.14. Епюра розподілу пасажирообміну зупинок на маршруті № 67 (кількість пасажирів, які: — зайшли в автобус; - - - - - вийшли з автобуса на даній зупинці)

Скорочена форма руху автобусів визначається за допомогою епюри розподілу середнього значення пасажиропотоку у відповідності довжини маршруту. За умови, що попередніми обстеженнями чітко встановлена наявність значного падіння пасажиропотоку після певної зупинки, тоді на інші відрізки маршруту раціонально ввести скорочений маршрут у поєднанні із звичайною формою руху. При цьому витримується вимога про те, що відношення максимального пасажиропотоку  $\bar{P}_{пас\max}$  до мінімального  $\bar{P}_{пас\min}$  перевищує величину 1,2...1,3.

Слід зауважити, що за такого скорочення маршруту щогодинне значення пасажиропотоку на вибраному відрізку має бути не меншим необхідної кількості пасажирів для заповнення одного міського автобуса середньої місткості (80...100 пас.) Разом з цим, для визначення можливості впровадження скороченого маршруту може бути використана і така умова:

$$M_{ск} = \frac{Q_{пас\max} - Q_{пас\min}}{q_H} \geq 1, \quad (2.34)$$

де  $q_n$  - пасажиромісткість одного автобуса, пасажирів.

Швидкісна (напівекспресна) форма руху автобусів на маршруті визначається залежно від пасажирообміну зупинок і передбачає проїзд автобуса за маршрутом, пропускаючи встановлену кількість проміжних зупинок.

Така форма руху доцільна, якщо на початковій одній або декількох проміжних зупинках (але не на всіх) пасажирообмін значно більший, ніж на інших, тобто, для випадку, коли витримується відношення максимального  $\bar{P}_{\max}$  до мінімального  $\bar{P}_{\min}$  середніх значень пасажирообміну (пас/год), на рівні 1,1 або більше. Якщо при цьому значення  $\bar{P}_{\min}$  співпадає або перевищує пасажиромісткість автобуса, то приймається швидкісна форма руху паралельно із звичайною. У випадку однакових значень  $\bar{P}_{\max}$  і  $\bar{P}_{\min}$  доцільна лише швидкісна форма руху.

Експресна форма руху може бути прийнята, як в поєднанні із звичайною, так і окремо. Цю форму визначають також залежно від епюри розподілу пасажирообміну, при цьому така епюра відрізняється взагалі саме тим, що на жодній з проміжних зупинок немає максимального значення пасажирообміну [108].

Номери маршрутів з бажаним впровадженням різних форм руху зводять в таблиці, які складають відповідно до пасажиропотоків у місті.

Після визначення пасажиропотоків у просторі та часі, виконується їх аналіз, у результаті якого виділяють пасажиропотоки із значними "піками". Вони обов'язково підлягають розподіленню в часі, особливо у великих містах.

Досі розроблено різні засоби до зняття «пікових» навантажень у міському транспорті. Поширений у містах перерозподіл потоків проводиться шляхом зміни початку роботи підприємств, працівники яких складають 50% пасажирів в години "пік". Після цього будується нова епюра розподілу пасажиропотоку, для якого вдається знизити як максимальне, так і середнє

значення рівня потреби в термінових одночасних перевезеннях пасажирів. Як показав практичний досвід, впровадження запропонованого перерозподілу надає можливість зменшувати “пікові” значення пасажиропотоків у два і більше рази. До других засобів відноситься використання резервних автобусів із інших, менш завантажених маршрутів. Певні корисні зміни у скороченні годин “пік” досягаються в результаті сполучення на маршрутах автобусів великої та малої місткості за задалегідь узгодженими графіками їх роботи.

## **2.5 Скорочення витрати часу на пересування пасажирів автобусами за маршрутами міської системи транспорту**

Введений до критерію (2.3) показник - витрати часу пасажирами на поїздки автобусами – є важливою кількісною характеристикою організації роботи автобусів. Безпосередньо вона буде оцінюватись у абсолютному вимірі - в частках години. Окрім того, у відносному безрозмірному вигляді також можна розглянути відношення загального для міста середнього часу  $t_z$  пересування пасажирів до фактичного конкретного часу  $t_{сер}$  пересування пасажирів на розглянутому маршруті в певний часовий період.

Роль такого показника, як витрата часу на поїздки, зростає за останній період через конкуренцію між АТП з різними формами власності на автобуси, бо пасажирів віддаватимуть перевагу рейсам більш швидкої, надійної або дешевшої поїздки.

Розгляд витрат часу пасажирами був тісно пов'язаний у даному дослідженні з реалізацією засобів покращання таких параметрів, впливаючих на організацію автобусних перевезень, як існуючі відстані між зупинками, інтервали руху і швидкість сполучення автобусів, скорочення витрат часу на підхід до зупинки та відхід від зупинки до кінцевого пункту призначення. Попередньо вже має бути вирішеним питання щодо розподілу на міських маршрутах автобусів в експресному, швидкісному, скороченому режимах руху.

Крім того, принципово різняться витрати часу на безпосередній рух у транспортному засобі та додаткові допоміжні витрати часу пасажирів. У дослідженні приділено увагу всім складовим частинам загальної витрати часу  $t$  пасажирами (в годинах або частіше в хвилинах), а саме: відрізками часу на підхід до зупинки  $t_{nid}$ , очікування автобуса  $t_{ок}$ , пересування маршрутом безпосередньо в автобусі  $t_{авт}$ , відхід від зупинки  $t_{від}$  [1]. На окремих маршрутах у години “пік” може збільшуватися витрата часу через відмову від посадки у переповнений автобус [3].

Для визначення в першому наближенні середньої витрати часу  $t_{авт}$  на поїздку в автобусі можна скористатися відомим виразом:

$$t_{авт} = \frac{60 \cdot l_{сер}}{V_c}, \quad (2.35)$$

де  $V_c$  - швидкість сполучення автобусів, км/год;

$l_{сер}$  - середня відстань поїздки пасажирів, км.

У скороченні середньої витрати часу  $t_{авт}$  найсуттєвіші резерви закладені в застосуванні нових моделей автобусів, здатних досягати більш високої середньої технічної швидкості на маршрутах міста. Так, наприклад, скороченню часу поїздки пасажирів в мікроавтобусі помітно сприяють вже зараз не тільки підвищена швидкість його руху в транспортному потокові, але й беззупинковий проїзд ряду зупинок і висадка між ними пасажирів на його прохання, чим скорочено підхід до місця призначення поїздки. Позитивний вплив матимуть автоматизовані системи оперативного контролю і управління рухом автобусів на лінії.

Витрати  $t_{ок}$  часу пасажиром на очікування транспортного засобу визначені, головним чином, встановленим на маршруті ( по годинам доби) інтервалом руху автобусів. Поряд із їх кількістю, на інтервал впливатимуть

прийняті на маршруті форми руху. Зокрема, обмежуючою умовою до кількості автобусів для роботи в швидкісному режимі може бути інтервал руху на звичайному основному маршруті. Тоді інтервал руху  $I_{ш}$  для автобусів, які працюють у швидкісному режимі, визначається так:

$$I_{ш} = \frac{T_{об.ш.р.}}{A_{р.ш.р.}}, \quad (2.36)$$

де  $A_{р.ш.р.}$  - кількість автобусів, задіяних у швидкісному режимі;

$T_{об.ш.р.}$  - час обороту автобусів у швидкісному режимі, хв.

Час обороту автобусів у швидкісному режимі дорівнює за скоригованим виразом:

$$T_{об.ш.р.} = t_{пер.з} - (n \cdot t_{зуп}), \quad (2.37)$$

де  $t_{пер.з}$  - час на пересування у звичайному режимі, хв;

$n$  - кількість проміжних зупинок;

$t_{зуп}$  - середні витрати часу на зупинках, хв.

Згідно проведених досліджень, у місті Кривому Розі в середньому  $t_{зуп} = 40$  сек. Виходячи з цього, можна визначити швидкість сполучення автобусів у швидкісному режимі.

Як видно з формули (2.37), на витрати часу в швидкісному сполученні, а також і в звичайному режимі, найбільше впливає кількість зупинок, яка у свою чергу залежить від відстані між зупинками. Дослідження показали, що введення скорочених маршрутів значно підвищує швидкість пересування пасажирів, бо це дає можливість при одній і тій же кількості автобусів



зменшити інтервал руху. При організації скорочених маршрутів головна складність полягає в пошуку конкретного місця кінця цього маршруту для розвертання автобусів у зворотному напрямку. Інтервал  $I_o$  руху автобусів на основному маршруті, після введення швидкісних рейсів, може бути встановлений як:

$$I_o = \frac{T_{об.з}}{A_з - A_{ш}}, \quad (2.38)$$

де  $T_{об.з}$  - час оберту автобусів на маршруті в звичайному режимі руху, хв;

$A_з$  - кількість автобусів на маршруті до впровадження швидкісної форми руху;

$A_{ш}$  - кількість автобусів на маршруті в швидкісному режимі.

На скороченому маршруті, аналогічно основному, на швидкість руху автобусів найбільший вплив мають кількість зупинок та відстань між ними. При скороченій і звичайній формі руху швидкість пересування пасажирів залежить від загальної відстані поїздки, інтервалу руху, швидкості сполучення автобусів, пасажиропотоку.

Для підвищення швидкості  $V_c$  автобусного сполучення необхідно збільшувати відстань між зупинками, а це приводить до небажаного зростання часу руху на відстані до зупинки, яку пасажир долає пішки. Згідно моделей пішохідного руху [49], витрата часу на подолання людиною зони пішохідної доступності до зупинки автобуса оцінюється за виразом:

$$t_n = \frac{K_{н.н}}{V_n} \left( \frac{l}{3\delta} + \frac{l_n}{4} \right), \quad (2.39)$$

де  $K_{n.n}=1,2$  - коефіцієнт непрямої лінійності підходу (відношення фактичної відстані пересування пішоходів до віртуальної найкоротшої відстані до зупинки по “повітряній лінії”);

$\delta$  - щільність маршрутної автобусної мережі, км/км<sup>2</sup>;

$V_n=4$  км/год – середня швидкість руху пішохода;

$l_n$  - довжина перегону між зупинками, км.

При оптимізації розміщення зупинок береться до уваги відома залежність між швидкістю сполучення автобусів та довжиною перегонів [31]:

$$V_c = a \cdot l_n^b, \quad (2.40)$$

де  $a, b$  - емпіричні коефіцієнти, які для міських маршрутів становлять  $a=27,1$ ;  $b=0,387$ .

Орієнтовно середні витрати часу пасажирів на очікування поїздки  $t_{ок}$  приймають такими, що дорівнюють половині інтервалу руху автобусів.

Вищевикладеними положеннями обґрунтовано вираз для обчислення витрат часу пасажиром, де враховані складові частини від підходу (відходу) до зупинки, очікування автобуса та поїздки в ньому, а саме:

$$t_{пер} = \frac{2l}{V_n} + \frac{I}{2} + \frac{l_{in}}{V_c}, \quad (2.41)$$

де  $l$  - відстань підходу до зупинки, км;

$V_n$  - швидкість руху пішохода, км/год;

$I$  - інтервал руху автобусів, год;

$l_{in}$  - дальність (відстань) поїздки пасажиром, км;

$V_c$  - швидкість сполучення автобусів, км/год.

Аналіз показує, що при наперед визначених оптимальних відстанях між зупинками та середніх значеннях параметрів  $V_n$  та  $V_c$  найбільш суттєво та безпосередньо впливатиме на витрати часу пасажирями інтервал руху автобусів. У зв'язку з цим, для оптимальної організації автобусних перевезень суттєву роль відіграватиме обґрунтований вибір кількості автобусів, бо від нього залежить інтервал руху. Відомо, що саме відношення часу обороту  $T_{об}$  автобуса на маршруті до загальної кількості обслуговуючих його одиниць рухомого складу чисельно приймають за певний інтервал руху.

Встановлено [6], що чим коротша відстань поїздки, тим менше пасажир користується швидкісним автобусом, тому що ефект від більшої швидкості гаситься витратами часу на очікування автобусів та пересадки. Для вирівнювання витрат часу на пересування автобусом звичайного режиму руху з автобусами в швидкісному режимі необхідно, щоб різниця в додаткових витратах часу компенсувалась економією часу від збільшення швидкості руху, визначену як:

$$t_{ш} - t_{зв} = \frac{60 \cdot l_{сер.ш}}{V_{с.ш}} - \frac{60 \cdot l_{сер}}{V_c}, \quad (2.42)$$

де  $t_{ш}$  - час на пересування при швидкісному русі автобусів, хв;

$t_{зв}$  - час на пересування при звичайному русі автобусів, хв;

$V_{сш}, V_c$  - швидкості сполучення у швидкісному та загальному режимах руху, км/год;

$l_{сер.ш}, l_{сер}$  - відповідно середні відстані поїздки при швидкісному та звичайному русі, км.

Після визначення величини часу на пересування пасажирів, для розрахунку соціальних витрат  $B_{пер}$  у грошовому вираженні за одиницю часу слід скористатися виразом:

$$B_{nep} = \left( \frac{2l}{V_n} + \frac{I}{2} + \frac{l_{in}}{V_c} \right) \cdot B_T, \quad (2.43)$$

де  $B_T$  - прийнята нормативна оцінка вартості витрат часу пасажиром, грн/год, розглянута у розділі 4.

У роботі [3] викладено метод дослідження більш складних варіантів у поїздках пасажирів із пересадками. Для визначення ймовірності вибору ними шляху слідування враховано вплив не тільки часу на переміщення в транспортних засобах, а також кількість пересадок та вартість проїзду.

У великих містах оперативно впливають на транспортний процес пасажирських перевезень впровадженням автоматизованої системи диспетчерського управління автобусами. У літературі широко висвітлені досягнення в галузі розроблення і застосування різного типу автоматизованих систем для міського транспорту [109-111]. Глибоко змістовними є математичні методи моделювання систем управління на базі ЕОМ, створено високотехнічне електронне обладнання для керування потоками транспортних засобів, вдосконалюється світлофорне регулювання рухом автомобілів. Темпи впровадження таких складних систем у містах значно сповільнилися в сучасний період, тому заслуговує на увагу використання локальних нескладних систем диспетчерського управління міським транспортом.

### **3. МЕТОДИКА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОГО ОБГРУНТУВАННЯ ЗАХОДІВ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ МІСЬКИХ АВТОБУСНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

#### **3.1 Алгоритм та основні передумови розробленої методики**

Розробка удосконаленої методики для підвищення рівня якості автобусних перевезень пасажирів у містах була спрямована на урахування певних особливостей переходу країни до ринкових відносин, а також зростаючих вимог населення, наявності нових і розширених за інтересами форм власності на рухомий склад, прояви конкуренції поміж перевізниками. Вказані обставини відтворені у запропонованій новій концепції соціально-етичного маркетингу в автобусних перевезеннях та відповідному до неї оцінювальному критерію (2.3) їх якості.

Для раціональної організації транспортного обслуговування пасажирів у містах належить системно враховувати вплив багатьох чинників. Із такою метою за результатами проведених у роботі теоретичних досліджень складено в узагальненому вигляді алгоритм послідовних операцій з метою виявлення та оцінки можливих заходів для удосконалення організації автобусних перевезень на заданій міській мережі (рис.3.1). Обґрунтування позицій 1...7 даного алгоритму зроблено у розділах 2 і 3, а розрахункове дослідження стосовно позицій 8...11 з конкретними прикладами викладено в даному розділі 4.

В алгоритмі рис.3.1 перші блоки 1...3 складають накопичення та обробку основних вхідних даних щодо пасажирських потоків на заданому маршруті із зафіксованими на ньому усіма зупинками автобусів. До застосованого з метою обстеження пасажиропотоків способу висувається вимога високої достовірності та повноти, тому що через відхилення прийнятих даних від реально існуючих можуть виникати наступні складності в організації перевезень[3]. У даній роботі проведено збирання вихідних даних про

пасажиropотоки у місті за досить надійним табличним методом, здійснена їх математична обробка, згідно з позиціями 2, 3.

У блоках 4...6 вирішуються важливі питання відносно безпосередньої організації роботи рухомого складу за маршрутами з пошуком засобів оптимізації та урахуванням годин доби, середньої відстані поїздок пасажирів. По кожному з принципових рішень запропоновано здійснювати техніко-економічну оцінку в позиціях 7...10, спираючись на розроблений оцінювальний критерій (2.3) соціально-етичного маркетингу в автобусних перевезеннях.

Для сучасних ринкових умов необхідні нові, більш гнучкі та розширені за змістом наукові підходи до вирішення передбачених у блоці 11 завдань. При визначенні типу задіяних в роботу автобусів підлягає порівняльній оцінці ефективність вибору їх малої, середньої або великої пасажиромісткості. Особливої уваги потребує раціональне використання мікроавтобусів через наявність конкуренції поміж перевізниками. Відносно передбаченого в позиції 12 автоматизованого та оперативного контролю за роботою на маршрутах автобусів доводиться базувати його на існуючих вже схемах [109, 110], а поряд із ними розширювати практику оперативних виїздів окремих контролюючих бригад від адміністрації міста.

Розробленою методикою передбачено проводити аналіз окремих заходів предметно, відповідно до конкретних марок автобусів малої, середньої та великої пасажиромісткості. Об'єктами дослідження обираються , з одного боку, моделі існуючого рухомого складу, в даній роботі – автобуси з місткістю 12...14 пасажирів (мікроавтобуси), моделі ЛАЗ та SC. З іншого боку, потрібно оцінювати ефективність використання нових марок автобусів, що є необхідною передумовою оновлення рухомого складу в кожному АТП на перспективу [121]. Для такої цілі створено і далі викладено розроблений метод імітаційного математичного моделювання з програмовим забезпеченням для

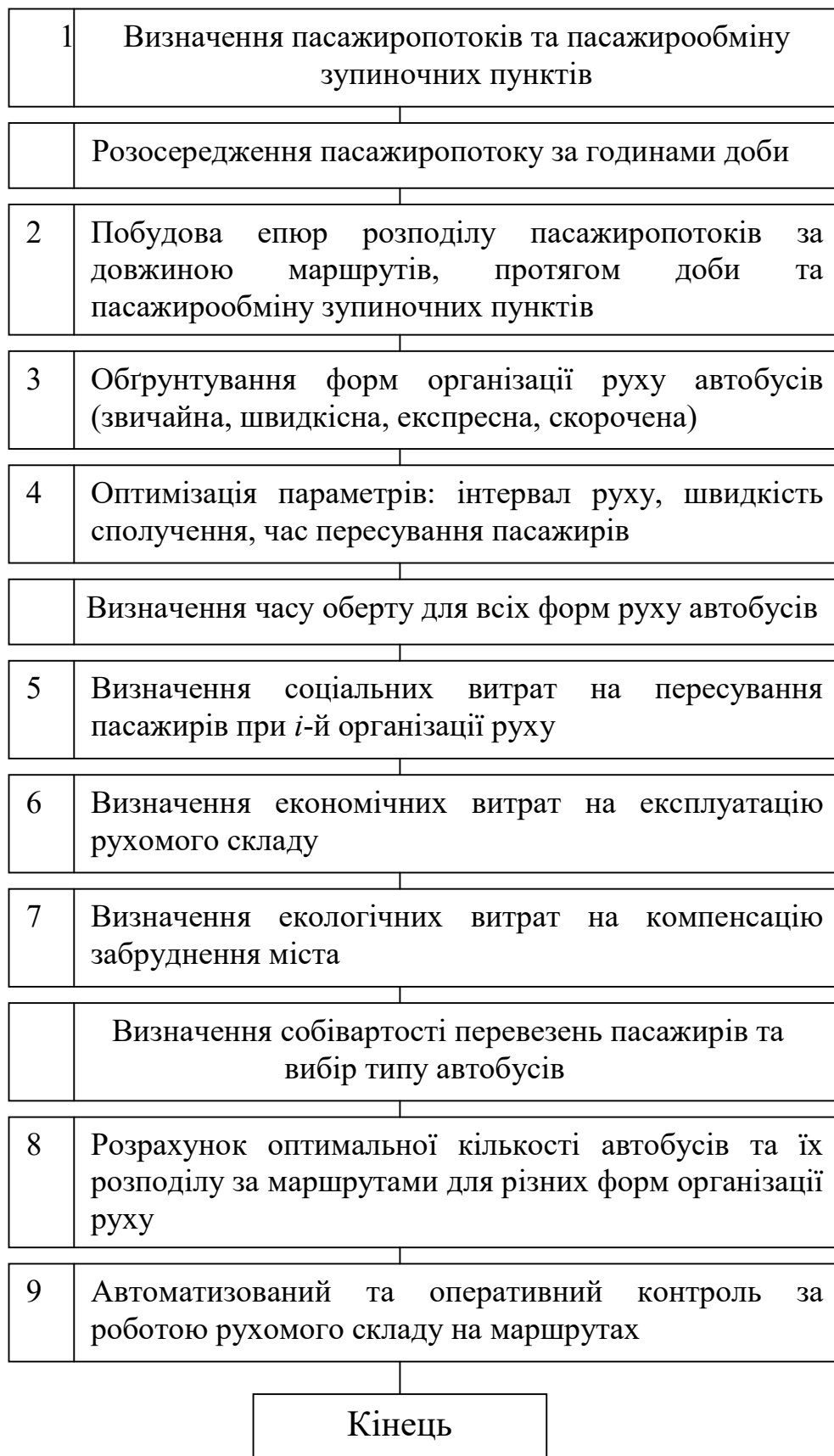


Рис. 3.1 Алгоритм удосконаленої методики організації автобусних перевезень у міській маршрутній системі

ПЕОМ, проілюстрований конкретними прикладами для вибраного маршруту.

Передумовою методики техніко-економічного аналізу прийнято обов'язкове застосування оціночного критерію (2.3) у розгляді вибору типу автобусів та визначенні їх оптимальної кількості для наперед заданої міської мережі автобусного сполучення, а також додатково передбачено робити раціональний перегляд існуючих форм руху з суттєвим удосконаленням їх оперативного впровадження.

Самостійним етапом розрахункового дослідження визнана доцільність розгляду не тільки кінцевого значення критерію (2.3), а також детальний аналіз кожної із його складових величин. Їх оптимізація можлива шляхом розроблених заходів для удосконалення окремих ланок технологічного процесу перевезень. У розробленій методиці значно посилена увага до шляхів покращання екологічного стану міст, зниження забрудненості повітряного басейну відпрацьованими газами від автобусів. Враховуючи важливу роль соціального “людського фактору”, до розробленої методики включено також окрему систему заходів, спрямованих на забезпечення надійності роботи водіїв на міських маршрутах підвищеної складності.

Із позитивних сторін практичного значення розробленої удосконаленої методики доцільно вказати на доступність її застосування на рівні автотранспортних підприємств різного типу. Це забезпечується, зокрема, меншою трудомісткістю та вищою точністю обчислень параметрів руху автобусів з урахуванням оновлення парку моделями від малої до особливо великої пасажиромісткості.

### **3.2 Математичне моделювання до вибору заходів для поліпшення показників використання рухомого складу на маршрутах**

З метою підвищення достовірності та розширення інформаційної бази даних до передбачених в алгоритмі рис.3.1 операцій за позиціями 6...11 застосовано метод імітаційного математичного моделювання на ПЕОМ. Із



доступним рівнем наближення в ньому відтворено реальний процес протікання поступального руху автобусів на міських маршрутах з розрахунком комплексу його характерних показників. До розробленої імітаційної моделі входять наступні складові елементи: характеристики параметрів транспортного засобу та вибраного маршруту; математичні рівняння з таблицями відповідних їм коефіцієнтів для описання змінних показників руху та шкідливих викидів автобусу у вигляді їх залежностей від домінуючих чинників; структурні частини, алгоритми, програми для ПЕОМ з виведенням результатів розрахунку.

У розробці даного методу математичного моделювання однією із важливих і обґрунтованих передумов є прийняте поняття щодо циклічного характеру руху автобусів на кожному відрізку маршруту між зупинками, де водієм свідомо додержуються почергово такі фази руху: рушання з місця – розгін - усталений рух - сповільнення накатом – гальмування - зупинка. Наявність названих фаз визначає “повний цикл” руху автобуса на відстані між двома сусідніми зупинками. Такі цикли повторюються вдовж усіх передбачених на маршруті зупинок. Вищевведена передумова забезпечуватиме однорідність вхідних даних до математичних моделей, а це важливо для порівняння результатів проведеного за ним розрахунку для різних моделей автобусів. Безумовно, що в реальних умовах експлуатації автобусів мають місце певні відхилення від “повного циклу”, зокрема із випаданням або заміною окремих фаз руху. Проте для руху автобусів обсяг таких відхилень при кваліфікованій роботі водіїв не буде досить значним. Крім того, їх вплив можна в наступному врахувати, наприклад, через корегуючий коефіцієнт нерівномірності швидкісного режиму руху.

Вихідні математичні моделі та методика обчислення технічних параметрів описані у підрозділі 2.2 при розгляданні одиночного (окремого) циклу руху автобуса (рис.2.2). Метод поширення таких моделей на розрахунки параметрів руху автобусів за маршрутом, де послідовно дотримується циклічний рух з проходженням усіх передбачених зупинок, розроблявся згідно

із вже згаданим договором про науково-технічну співдружність між Українським транспортним університетом та управлінням А.

Розроблений розрахунковий метод проілюстрований на рис. 3.2 укрупненою блок-схемою алгоритму обчислення параметрів роботи автобусів на маршруті. Перевірка можливостей даного методу здійснена в багатоваріантних розрахунках для різних маршрутів.

Базовими автобусами для розрахункового дослідження за методом чисельного моделювання на ПЕОМ були вибрані: автобус малої місткості ГАЗ-3213; автобус середньої місткості ЛАЗ-695Н з бензиновим двигуном та ЛАЗ-4202 з дизелем. Встановлено, що одержання розрахованих параметрів корисне для прогнозованого вибору нових моделей автобусів на заданих маршрутах. Застосування ПЕОМ і відповідних програм на рівні АТП повніше забезпечує зручність та допустимість багатоваріантних оперативних розрахунків для різних вхідних даних стосовно міської автобусної мережі та типу рухомого складу. Порівняння одержаних показників є правомірним, тому що більша частина із них обчислена відносно однакового параметру – 1000 пас.км.

Сутність запропонованого розрахункового методу полягає в наступному. На основі дослідження показників руху автобусів в окремому циклі при вказаних у п. 2.3 умовах, з використанням методів математичного планування експерименту, отримані поліноміальні залежності часу циклу  $T_{Ці}$ , витрати палива  $M_{ПЦі}$  та викидів шкідливих речовин  $M_{СО_{2i}}$ ,  $M_{СН_{4i}}$ ,  $M_{NO_{2i}}$ ,  $M_{С_{i}}$  в функції від довжини циклу  $S_{Ці}$ , швидкості усталеного руху  $V_{yi}$  та завантаження автобуса  $Q_{ai}$  (кількості пасажирів), виду:

$$\begin{aligned}
 Y_i = & A_0 + A_1 \cdot S_{Ці} + A_2 \cdot V_{yi} + A_3 \cdot Q_{ai} + A_4 \cdot S_{Ці}^2 + A_5 \cdot V_{yi}^2 + \\
 & + A_6 \cdot Q_{ai}^2 + A_7 \cdot S_{Ці} \cdot V_{yi} + A_8 \cdot S_{Ці} \cdot Q_{ai} + A_9 \cdot V_{yi} \cdot Q_{ai}
 \end{aligned}
 \tag{3.1}$$

Закладене в основу математичного моделювання на ПЕОМ рівняння (3.1) охоплює широкий діапазон змінення шляху окремих циклів  $S_{Ці}=500\dots1500$ м,

швидкостей усталеного руху  $V_{yi}=30\dots60\text{км/год}$ , завантаженості автобуса малої місткості  $Q_{ал}=1\dots13$  пасажирів, автобуса середньої місткості з бензиновим двигуном  $Q_{вл}=1\dots67$  пасажирів, автобуса середньої місткості з дизелем  $Q_{дл}=1\dots69$  пасажирів. Звичайні коефіцієнти поліноміальних залежностей  $T_{Ці}$ ,  $M_{CO_{Ці}}$ ,  $M_{CH_{Ці}}$ ,  $M_{NO_{Ці}}$ ,  $M_{C_{Ці}}$  для автобуса малої місткості та автобусів середньої місткості з бензиновим двигуном і дизелем наведені в [45]. Слід підкреслити, що у рівнянні (3.1) враховані домінуючі фактори, які впливають на ефективність пасажирських перевезень. При цьому підсилено увагу до пошуку шляхів зниження забрудненості атмосфери міст відпрацьованими газами від автобусів.

Отримані поліноміальні залежності зручні до моделювання руху автобусів на реальних маршрутах та для комплексної, узагальненої оцінки ефективності їх транспортної роботи.

Витрата палива на маршруті, викиди окремих компонентів шкідливих речовин і сумарні викиди кожним типом автобуса визначаються як суми цих величин в окремих циклах.

Питомі витрати палива та викиди шкідливих речовин встановлені за залежностями (2.19 – 2.21).

Середня швидкість автобуса на маршруті визначена як:

$$V_C = \frac{\sum S_{Ці}}{\sum T_{Ці}}, \quad (3.2)$$

де  $\sum S_{Ці}$  - сумарна довжина всіх відрізків маршруту, на кожному із яких здійснено “повний цикл” руху автобусів, км;

$\sum T_{Ці}$  - сума часу проїзду за всіма циклами руху на маршруті, год.

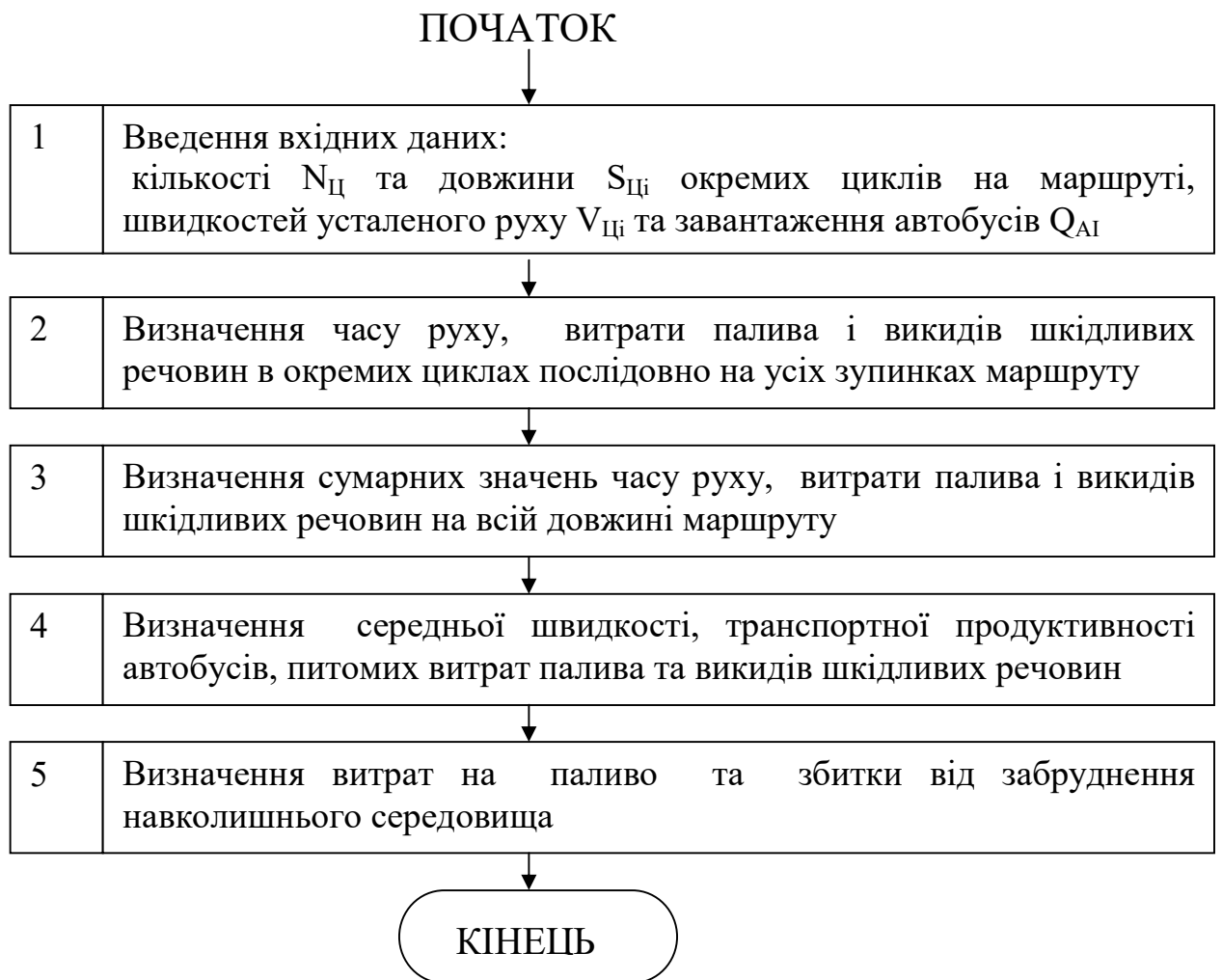


Рис. 3.2. Укрупнена блок – схема алгоритму математичного моделювання транспортної роботи автобусів на маршруті

Грошові витрати АТП на паливо обчислені за виразом:

$$Z = M_{\Pi} \cdot C_{\Pi}, \quad (3.3)$$

де  $M_{\Pi}$  - об'єм витраченого автобусом палива на всьому маршруті, л;  $C_{\Pi}$  - ціна одного літра палива, грн.

Плата АТП за забруднення навколишнього середовища (мікроекономічний рівень) визначалася згідно з “Базовими нормативами плати

за забруднення навколишнього природного середовища” [122], зареєстрованими в Міністерстві юстиції України.

Для оцінки збитків від забруднення навколишнього середовища шкідливими викидами автобусів (макроекономічний рівень) застосовувалися методики [123 - 124], які широко використані авторами робіт [94,103 і ін.].

Відповідно до цього [123], економічна оцінка збитків від шкідливих викидів будь-якого джерела визначається за формулою:

$$Y = \gamma \cdot \delta \cdot f \cdot M_{\Sigma}, \quad (3.4)$$

де  $\gamma$  - коефіцієнт, за допомогою якого здійснюється перехід від величини умовного викиду до економічної оцінки;  $\delta$  - показник відносної небезпеки забруднення атмосферного повітря над територією різних типів (згідно [123] для центральної частини міста з населенням більше 300000 чоловік приймається  $\delta = 8$ );  $f$  - коефіцієнт, що враховує характер розсіювання забруднюючих домішок в атмосфері (для оцінки збитків від викидів транспортних засобів  $f = 10$ );  $M_{\Sigma}$  - сумарні викиди шкідливих речовин, які визначаються за залежністю (2.18).

Для дослідження показників роботи автобусів на маршруті та визначення їх ефективності була розроблена програма для ПЕОМ, яка складена на алгоритмічній мові FORTRAN 77. Вона включає головний модуль, блок даних BLOCK DATA і підпрограму типу FUNCTION.

У головному модулі задаються вихідні дані, що характеризують досліджуваний міський маршрут: кількість  $N_{\text{ци}}$  та довжини  $S_{\text{ци}}$  окремих циклів на маршруті, швидкостей усталеного руху  $V_{\text{ци}}$  та завантаження автобусів пасажирами  $Q_{\text{п}}$ . Далі розраховуються час руху, витрата палива і викиди шкідливих речовин автобусами в окремих циклах і на маршруті в цілому. Після цього визначаються середні швидкості автобусів на маршруті, продуктивність автобусів, питомі витрати палива та викидів шкідливих речовин, а також

визначаються витрати на паливо та збитки від забруднення навколишнього середовища.

У блоці даних BLOCK DATA наведені коефіцієнти поліноміальних моделей часу циклу  $T_{Цi}$ , витрати палива  $M_{ПЦi}$  та викидів шкідливих речовин  $M_{СО_{2i}}$ ,  $M_{СН_{4i}}$ ,  $M_{No_{x}}$ ,  $M_{Сu}$  у функції від довжини циклу  $S_{Цi}$ , швидкості усталеного руху  $V_{yi}$  в режимі рівномірного руху та завантаження автобуса  $Q_{ai}$  (кількості пасажирів).

У підпрограмі FUNCTION FUNCCC розміщена функція для розрахунку часу циклу, витрати палива та викидів шкідливих речовин в окремих циклах.

Числові приклади початкового та кінцевих результатів розрахунку показників роботи автобусів на маршруті показані розпечатками ПЕОМ у [34]. У наведених прикладах для оцінки показників роботи автобусів на реальному маршруті вибрано маршрут №35 м. А довжиною 18 км при заданому пасажиропотоці 1000 пас/год. При цьому враховувалося, що перевезення здійснюється різними типами автобусів окремо при номінальному їх завантаженні з коефіцієнтом внутрішньої нерівномірності 1,2. Час стоянки на кінцевих зупинках складав 3 хв. Швидкість рівномірного руху в перегонах залежала від відстані між зупинками і приймалася в окремих перегонах однаковою для всіх типів автобусів, технічні характеристики яких наведені в [56].

З результатів розрахунків, наведених у [56], видно, що середня швидкість на маршруті автобуса малої місткості за таких умов складає 21,8 км/год, автобусів середньої місткості – 20,7 км/год. Для перевезення пасажирів необхідно 68,5 автобусів малої місткості, 14 автобусів середньої місткості з бензиновим двигуном або 13,6 автобусів середньої місткості з дизелем. При цьому автобуси малої місткості витратять 206,7 л бензину, автобуси середньої місткості з бензиновим двигуном - 126,5 л бензину, а автобуси з дизелем 101,8 л дизельного палива. Однак на макроекономічному рівні збитки навколишньому середовищу при перевезеннях автобусами середньої місткості з дизелями – найбільші. Це підтверджує необхідність диференційованого

підходу до вибору моделей автобусів при комплектуванні рухомого складу АТП та організації перевезень пасажирів на кожному маршруті з метою врахування як інтересів підприємства, так і суспільства.

В організації автобусних перевезень окремо належить підкреслити важливу роль рівня заповнення автобуса пасажирями на різних відрізках маршруту. Про вплив цього фактора на показники роботи автобусів в окремому циклі наведено відомості на прикладах у підрозділі 2.4. З погляду раціонального виконання автобусних перевезень, потрібно визначати та аналізувати критерії (2.3) в залежності від зміни загального пасажиропотоку й кількості обраних для роботи автобусів. За розробленим програмовим забезпеченням для ПЕОМ доцільно застосовувати реалізацію імітаційного моделювання в багатьох варіантах за типами автобусів (особливо нових моделей) та конкретних маршрутів на рівні АТП. За одержаними розрахунковими даними зручно досягається прогнозування очікуваних величин для попереднього або уточненого нормування часу рейсів, швидкості сполучення, розкладу руху автобусів. Кінцеві результати розрахунків виводяться в табличній формі та на графіках, що є зручними для наступного аналізу.

### **3.3 Вибір типу й місткості автобусів в залежності від пасажиропотоку та собівартості перевезень**

У сучасних ринкових умовах при здійсненні автобусного сполучення автотранспортними підприємствами з різними формами власності і господарювання докорінно має бути вдосконалена методика вибору типів та моделей автобусів [125]. Муніципальні АТП вже звільнені від централізованого, нерідко примусового постачання рухомим складом, а для немуніципальних підприємств однією з умов до успішної комерційної діяльності постає оптимальне формування автобусного парку.

За існуючими раніше методиками надавалося вирішальне значення завданню забезпечити мінімальні витрати АТП на експлуатацію автобусів. За результатами, проведених у даній роботі теоретичних та експериментальних досліджень, складена нова концепція оцінки якості перевезень (див. підрозділ 2.1), розвиваючи яку, визнано доцільним поширити на вибір типу рухомого складу принцип задоволення інтересів не тільки перевізників (АТП), але і пасажирів та всього населення міста (див. рис. 2.1). Викладені нижче положення розробленої методики вибору типу автобусів доповнені результатами проведених розрахункових досліджень на прикладі м. А.

Для вибору типу автобусів оцінюючим результатним параметром приймається мінімальне значення сумарної собівартості перевезення одного пасажирів:

$$S_n = S_{соц} + S_{екс} + S_{екол} \rightarrow \min, \quad (3.5)$$

де  $S_{соц}$  - собівартість перевезень одного пасажирів з погляду соціальних затрат, грн/пас, визначених чисельно, виходячи з річних витрат часу пасажирів на пересування і вартість однієї години;

$S_{екс}$  - собівартість перевезення одного пасажирів з погляду експлуатаційних витрат, грн/пас, з боку автотранспортного підприємства;

$S_{екол}$  - собівартість перевезення одного пасажирів з погляду належного відшкодування збитків від екологічного забруднення міста при перевезенні пасажирів, грн/пас.

З кожної із складових частин виразу (3.5) проведено розрахункове дослідження з метою оцінки впливу на неї використання різних типів автобусів при умові їх роботи на маршрутах з пасажиропотоками  $P$  від 0,2 до 3,0 тисяч пас/год, заданих з рівномірним кроком 0,2 тис. пас/год.

Технічні характеристики окремих моделей автобусів прийнято відповідно до [23]. Соціальні витрати пасажирів визначалися згідно з



формулами (2.41), (2.43), у яких враховується загальний час пересування  $t_{пер}$  та прийнята нормативна оцінка вартості  $B_T$  однієї години.

Розгляд існуючих розрахункових формул надає підстави зробити висновок про те, що необхідно всемірно сприяти скороченню часу поїздки і для цього оптимізувати, в першу чергу, роботу рухомого складу на лінії, бо час на пересування залежатиме від експлуатаційної швидкості  $V_e$  руху автобусів і взагалі від швидкості  $V_c$  сполучення. На останню впливають сумісно міжзупинкові відстані, пасажирообмін зупиночних пунктів, дальність підходу (відходу) до зупинки, форми руху і тип автобусів.

Для переведення абсолютного часу поїздки у грошовий вигляд його помножують на адміністративно визначений норматив. Ним є вартість  $B_T$  однієї години, умовно прирівненої до вартості того національного продукту, який створює для держави за одну годину кожен працездатний громадянин. У даний момент в Україні відчутно зменшилася як загальна кількість працюючих людей, так і продуктивність їх праці у порівнянні з 90-ми роками. У колишньому СРСР цей показник приймався за 3 крб. З метою порівняння відзначимо, що у країнах Європи нормативи цього часу та його вартість визначаються таким чином: поїздка на роботу оцінюється в 9...18 еку за годину, а побутова - у 1...5 еку за годину. Розподіляються вони відповідно на 72 та 28% від загальної кількості поїздок. Зараз в Україні співвідношення між побутовими і робочими поїздками суттєво відрізняється від європейських країн, бо складає відповідно 49 та 51% від загальної кількості поїздок.

Крім розгляду показника соціальних витрат пасажирів, рівень якості автобусних перевезень оцінюється з точки зору безпеки людей. При цьому залежні від неї негативні наслідки бажано умовно показувати в грошовому обчисленні. Загалом виробничі втрати через смерть, травми, каліцтва людей можна підрахувати на основі національної статистики. Проте основна проблема виникає у випадку оцінки смертельних випадків та каліцтв. Для розгляду цього показника користувалися методом контингенту. У ході аналізу,

проведеного раніше інститутом INFRAS і BM (1994 рік), для 17 європейських країн вартість нещасних випадків оцінювалася таким чином: вартість життя однієї людини - 1,1 млн.екю, а середнє каліцтво - 44000 екю. На той час в СРСР вартість життя оцінювалася залежно від віку, статі, професії. Тоді прийнята середня величина вартості життя становила 40 тис. крб. Таким чином, організовуючи автобусні перевезення, постійну і велику увагу належить приділяти безпеці дорожнього руху автобусів. Обов'язково це стосується підтримання їх у належному технічному стані, а також передбачення контраварійної підготовки кваліфікованого складу водіїв з обов'язковим їх контролем перед виїздом та під час діяльності на лінії. З іншого боку, на соціальні витрати пасажирів постійно впливатиме адміністративне вирішення міських тарифів на проїзд в автобусах та окремих пільгових питань. Враховуючи те, що останні дві вищеназвані витрати не залежать від величини пасажиропотоку та типу рухомого складу, в розрахунку соціальних витрат надалі визначалися лише витрати, пов'язані з часом пересування пасажирів.

З метою кількісного аналізу зроблено розрахунки по типових маршрутах міста для трьох різних за пасажиромісткістю моделей автобусів. Результат аналізу наведених на рис. 3.3 графічних залежностей виявляє тенденцію щодо зниження собівартості перевезень з погляду пасажира  $S_{соц}$  на тих маршрутах, де більший пасажиропотік. Це пояснюється тим, що для перевезень більшої кількості людей на маршрути направляють більшу кількість автобусів, і тоді скорочується величина інтервалу руху, а значить, і час на очікування транспортного засобу.

Наведені на рис. 3.3 графіки виявляють існуючу різницю при використанні різних типів автобусів за їх пасажиромісткістю. Зокрема, мікроавтобуси здатні забезпечити свій рух на маршруті з меншими інтервалами завдяки можливості більш короткої зупинки для посадки-висадки пасажирів із достатнім заповненням салону (іноді навіть з перевищенням нормативу). Мікроавтобуси дотримуються більш високої технічної та

експлуатаційної швидкості за рахунок своїх кращих тягово-швидкісних властивостей та маневреності у транспортному потоці.

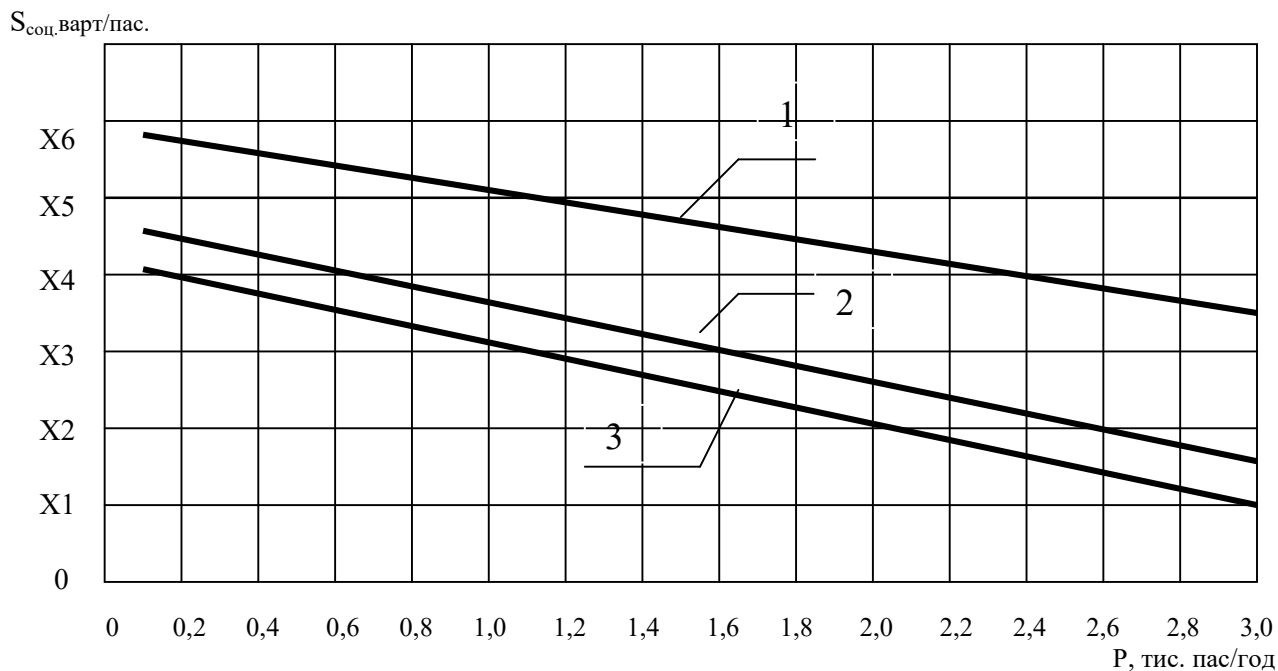


Рис. 3.3 Залежність розрахункових соціальних витрат, пов'язаних із часом пересування пасажирів, від пасажиропотоку та використаних автобусів (1 - SCANIA OMNIEXPRESS; 2 - ЛАЗ ЛАЙНЕР ; 3 - МІКРОАВТОБУС)

Однак дещо ускладнюється швидкий пасажирообмін, якщо мікроавтобус має вхідні двері у передній частині салону. Крім того, негативною відзнакою залишається підвищений у 1,5...2 рази тариф за поїзду, навіть на одну зупинку. Виявлена на рис. 3.3 найвища соціальна собівартість для поїздок у автобусі великої місткості викликана збільшеним часом зупинок та нижчою технічною швидкістю в насиченому потоці транспорту.

Експлуатаційні витрати АТП  $S_{екс}$ , відповідно до собівартості перевезень одного пасажиропотік та в залежності від типу рухомого складу і величини пасажиропотоку, визначалися згідно відомих джерел [1, 22]. Передбачені в розрахунках нормативи витрат на день роботи автобусів були прийняті за даними кошторису, наявного в АТП - 14129 в м. Кривому Розі. За результатами розрахунків побудовані залежності рис. 3.4. Встановлено, в яких інтервалах

пасажиropотоку вигідніше використовувати автобуси великої (1), середньої (2) та малої(3) місткості, згідно із собівартістю перевезень. У даному прикладі мікроавтобуси доцільно використовувати на малих пасажиропотоках (до 0,4 тис. пас/год), середні - від 0,4 до 1,4 тис. пас/год, а великі - від 1,2 тис. пас/год і вище. Екологічні витрати  $S_{екол}$  можна оцінити кількома методами: як шляхом розрахунку, так і за практичними відомостями. Обчислювальний метод, викладений раніше у підрозділах 2.2, 3.2, потрібен для прогнозування цих витрат за новими марками автобусів на перспективне їх використання. З досвіду експлуатації існуючого рухомого складу відомо, що збитки від автомобільного транспорту, пов'язані із сильним забрудненням повітряного басейну міст, часто визначають на підставі статистичних спостережень. У деяких країнах оцінювання здійснюється безпосередньо в грошовому обчисленні за наявні збитки від шуму та забруднення повітря. Так, серед країн Західної Європи на даний час поширений критерій, визначений у євро на кожному 1000 пас·км для пасажирського сполучення та євро на 1000 т·км для вантажних перевезень.

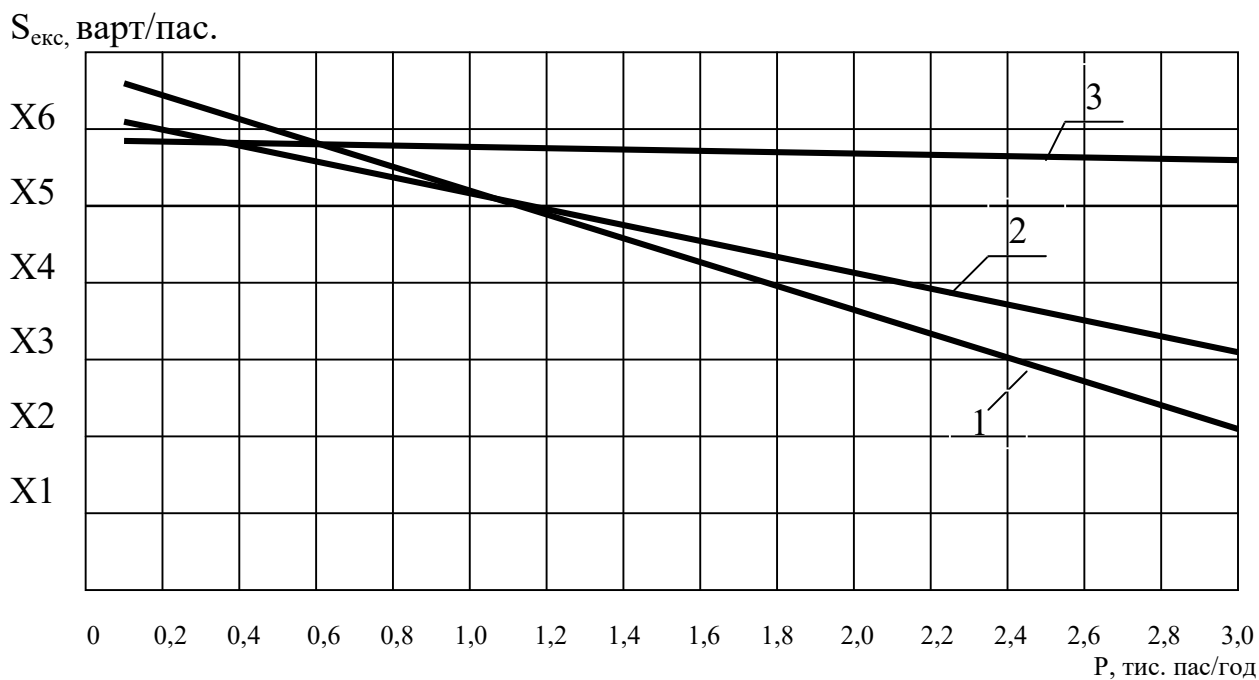


Рис. 3.4. Порівняння розрахованих експлуатаційних витрат АТП, віднесених до собівартості перевезення одного пасажира різними типами автобусів

( 1 - SCANIA OMNIEXPRESS; 2 - ЛАЗ ЛАЙНЕР ; 3 - МІКРОАВТОБУС)

Причому збитки від шуму мікроавтобусів та легкових автомобілів оцінюються у 4,5 євро на 1000 пас·км, а шкода, заподіяна забрудненням повітря викидами двигунів, - у 6,6 євро на 1000 пас·км. За аналогічними даними збитки від шуму автобусів великої місткості приймають на рівні 0,45 євро на 1000 пас·км, а від забруднення повітря такими автобусами - 0,70 євро на 1000 пас·км. За цими даними можна зробити важливий висновок про те, що внаслідок перевезень тільки легковими автомобілями забруднення повітряного басейну міст буде більшим у 10 разів, ніж за умови перевезення такої ж кількості пасажирів автобусами.

Наближений метод для оцінки собівартості  $S_{екол}$  від забруднення міст автобусами ( із розрахунку відносно до одного перевезеного пасажирів) був пов'язаний з розмірами пасажиропотоку та місткістю автобусів, якими він забезпечений, а також з виконаною транспортною роботою або продуктивністю перевізного процесу.

Відомо, що при заданій середній дальності поїздки пасажирів (для А бкм) виробіток автобуса, пас·км, визначається як:

$$W_{qi} = q_{ni} \cdot \gamma_{cm} \cdot l_{in} , \quad (3.6)$$

де  $q_{ni}$  - пасажиромісткість  $i$ -тої марки автобуса, пас;

$\gamma_{cm}$  - коефіцієнт статичного використання пасажиромісткості автобуса, який залежить від типу автобуса та величини пасажиропотоку.

Загальна кількість пасажирів, що припадає на таку транспортну роботу, складатиме:

$$Q_i = \frac{W_{qi}}{l_{in}} . \quad (3.7)$$

Шкода, завдана навколишньому середовищу відпрацьованими газами  $i$ -тою маркою автобуса на  $i$ -тому маршруті протягом року, може бути визначена як:

$$B_{заб.i} = K_{заб.i} \cdot B'_{заб.i} \cdot W_{qi}, \quad (3.8)$$

де  $K_{заб.i}$  - емпіричний коефіцієнт, що враховує тип автобуса;

$B'_{заб.i}$  - вартість необхідного грошового відшкодування, віднесеного до 1000 пас·км.

Вартість необхідного грошового відшкодування підраховувалася в залежності від типу рухомого складу за виразом:

$$B'_{заб.i} = \frac{Q_i}{Q_\phi} \cdot S_{1000}, \quad (3.9)$$

де  $Q_i$  - кількість пасажирів, яка перевезена на задану відстань ( $l_{in}$ ) великими автобусами, приведена до 1000 пас·км;

$Q_\phi$  - фактично перевезена кількість пасажирів іншим типом автобуса, пас;  $S_{1000}$  - визначена вартість відшкодувань (на 1000 пас·км), яка була оцінена в 6,6 євро.

У розглянутому прикладі розрахунку для автобусів великої місткості прийнято, що перевозяться в години “пік” кожним із них 144 пасажири при відстані поїздки 6 км. Розраховані значення вартості  $B'_{заб.i}$  були розділені на величину обсягу перевезень пасажирів, що дозволило одержати значення собівартості, в грн/пас, для змінного пасажиропотоку. Відповідні графічні залежності по трьох типах автобусів, що зображені на рис. 3.5, дають підстави для практичних висновків.

Внаслідок малої пасажиромісткості (10...14 чол.), мікроавтобуси мають найгірші показники по забрудненню міст, віднесені до одного пасажирів. Із збільшенням пасажиропотоку на маршруті різко зростатиме потрібна кількість

мікроавтобусів, а це в свою чергу є негативним в тому, що збільшується інтенсивність руху на вулицях міста. В автобусів великої місткості на найменшому рівні знаходяться витрати  $S_{екол}$ , грн/пас, які плавно знижують своє значення по мірі зростання пасажиропотоку. Підсумуванням обчислених величин  $S_{соц}$ ,  $S_{екс}$ ,  $S_{екол}$ , згідно виразу (3.5), визначена сумарна собівартість  $S_n$  перевезення одного пасажирів в залежності від типу рухомого складу та пасажиропотоку (рис. 3.6). У відповідності з формулою (2.26) собівартість обчислювалася як відношення сумарних річних витрат до річного обсягу перевезених пасажирів.

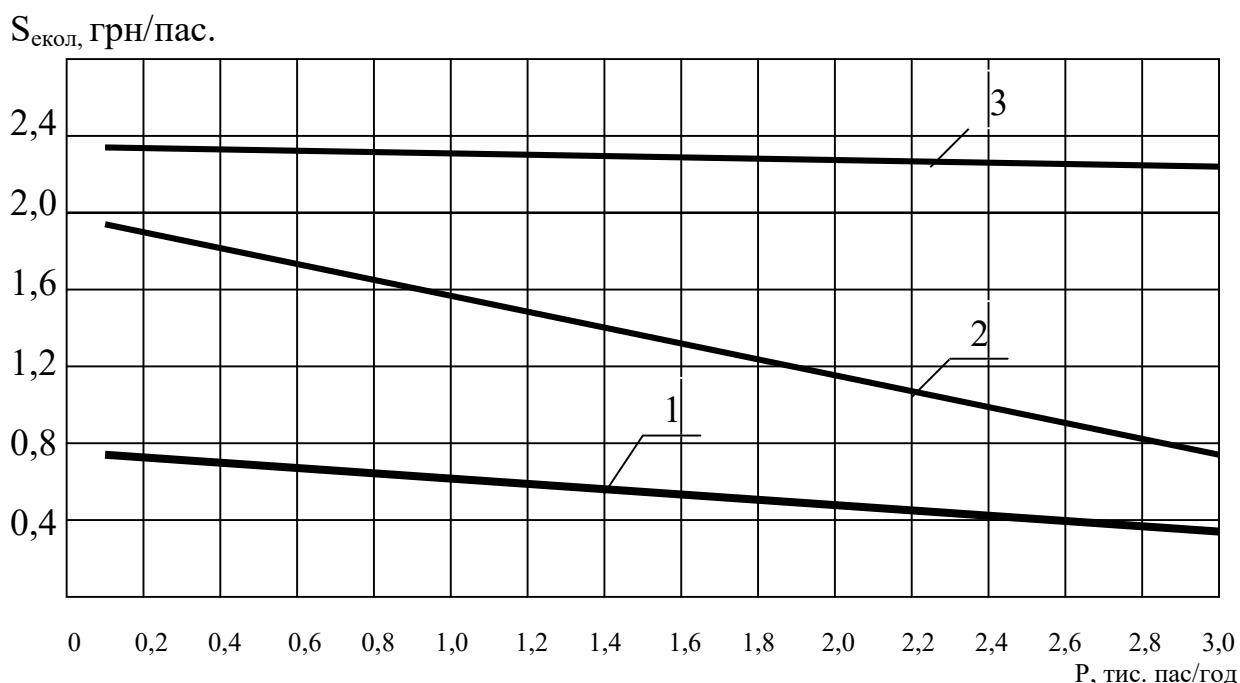


Рис. 3.5 Характеристика впливу типу автобусів та величини пасажиропотоку на збитки від забруднення міста автобусами, віднесені до собівартості перевезення одного пасажирів автобусами ( 1 - Scania OmniExpress; 2 - ЛАЗ Лайнер ; 3 - мікроавтобус)

При цьому до їх складу, поряд з “обілеченими” пасажирів, враховувалися пільговики та “зайці”, бо по місту А визначений коефіцієнт неоплаченого проїзду дорівнює 0.65.). Розрахунки собівартості проводилися для однакового значення максимального психологічно-допустимого інтервалу

руху автобусів за маршрутами - 15 хв. ( В країнах Західної Європи він не перевищує 12 хв.

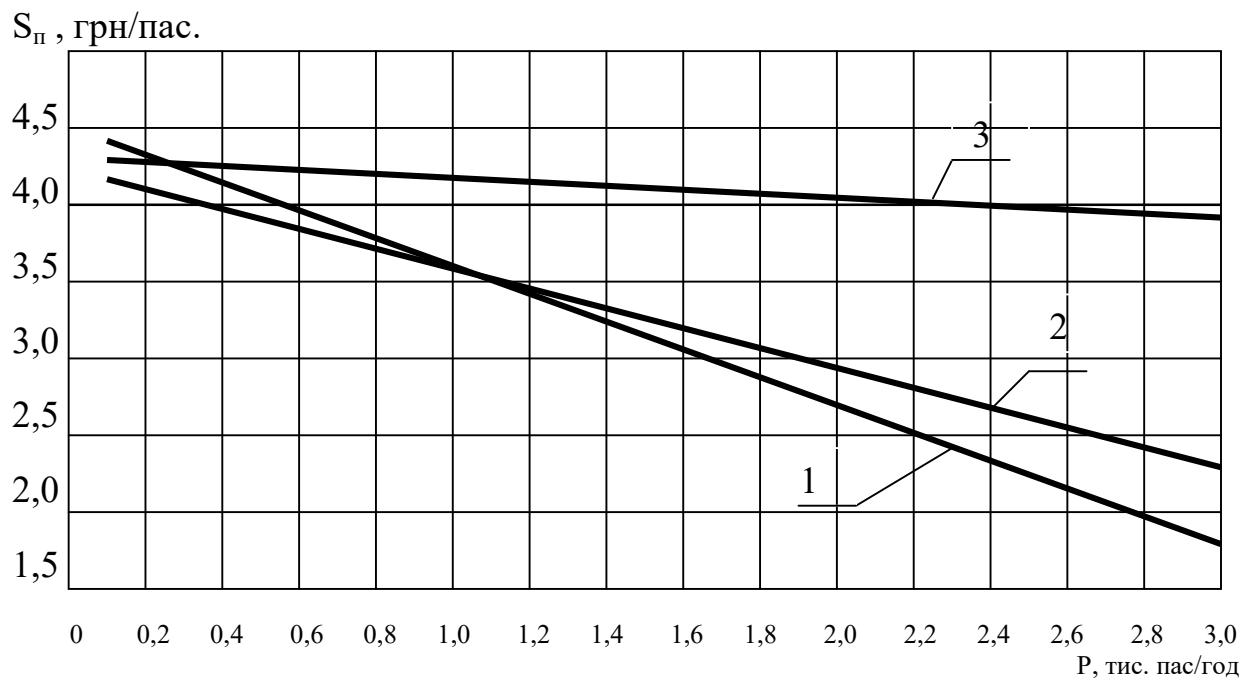


Рис. 3.6 Залежність розрахункової сумарної собівартості перевезення одного пасажирів від типу рухомого складу та величини пасажиропотоку ( 1 - Scania OmniExpress; 2 - ЛАЗ Лайнер ; 3 - мікроавтобус)

Аналіз даних рис. 3.6 показує, що в межах наявного на маршруті пасажиропотоку від 200 до 800 пас/год раціонально використовувати автобуси середньої місткості, а від 800 пас/год і більше - автобуси великої місткості. У той же час, мікроавтобуси виправдовують своє застосування для пасажиропотоку до 100 пас/год, наприклад, у районах приватного житла та на околицях міста.

Розроблену методику було використано для визначення оптимального типу автобусів на 60 маршрутах у місті А. На підставі результатів проведеного дослідження встановлено, що для оптимізованої організації руху автобусів по мережі міста є раціональним ширше впровадити різні форми руху та їх поєднання. Так, на маршрутах №№ 31, 35, 46, 52, 59, 97, 144, 161, 62, 99, поряд із звичайною формою руху, раціонально впроваджувати експресні рейси в



години “пік”. Навпаки, на маршрутах №№ 240, 280 та інших застосовані сумісно звичайна та скорочена форми руху автобусів. Одночасно досягнуто розосередження пасажиропотоків (за годинами доби), що дозволило зменшити на 4 автобуси задіяний рухомий склад на 5 маршрутах. З урахуванням форм руху проаналізовано типи автобусів та їх кількість на маршрутах. У середньому досягнуто скорочення часу пересування пасажирів на 6...8%. Реалізовані практичні заходи щодо підвищення конкурентоздатності чисто муніципальних АТП у порівнянні з приватними транспортними підприємствами.

Якісно новою ознакою даної наукової роботи можна вважати урахування технічних характеристик конкретних моделей і типів автобусів малої, середньої та великої пасажиромісткості із визначенням раціонального сполучення їх різної чисельності для конкретних маршрутів і форм організації руху.

Перед визначенням раціональної кількості автобусів за розробленою методикою попередньо проводиться аналіз епюр розподілення пасажиропотоку за всією довжиною маршруту. Як описано в [45] потрібно вичленити саме ті відрізки між зупинками на маршрутах, на яких виявлено різкий спад пасажиропотоку або пікові навантаження ним у певні години доби. Такі відомості використовуються для комплектування різних форм руху автобусів, включаючи їх передислокацію для зняття годин “пік”. Таким шляхом досягають скорочення часу поїздки пасажирів на 4-8 хвилин, як це видно з прикладу, що наведений в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Результати розрахунку до передислокації автобусів

Приклади передислокації автобусів		Інтервал годин для передислокації	Кількість передислованих автобусів	Скорочення витрати часу пасажиром, хв
З маршруту №	На маршрут №			
35	24	Ранкові години від 6 <sup>00</sup> до 7 <sup>00</sup>	3	7
9	21		2	6
22	42		1	4

79	103		2	5
67	52		3	8

На підставі визначених форм руху і положень слід вибрати типи автобусів, після чого переходити до обчислення їх кількості, орієнтуючись на чисельні значення критерію (2.3), розрахованого у кожному варіанті через його складові частини (соціальні, експлуатаційні, екологічні витрати). Початкові відомості щодо швидкості автобусного сполучення були уточнені в залежності від врахованих факторів (тип автобуса, відстані між зупинками, величина пасажиропотоку та інші). Наступний приклад розглядається відносно пасажиропотоку 400 пас/год. Значення експлуатаційної швидкості автобусів прийняті відповідно до матеріалів розділу 3 на таких рівнях пасажиромісткості: великої - 18,2 км/год, середньої - 19,8 км/год, мікроавтобуси - 22 км/год. Різниця в цих даних пояснюється залежністю часу зупинок на посадку пасажирів до повної місткості салону автобусів. Дальність поїздки пасажирів залежить від маршруту. У даному розрахунку допустимо брати її середнє значення (6 км.). Вихідні дані щодо максимального пасажиропотоку в просторі та часі для обчислення потрібної кількості автобусів бралися однаковими для обох методик. Контроль роботи водіїв на лінії за виконанням ними розкладу руху автобусів, економією палива доцільно здійснювати у великих містах засобами наявних автоматизованих систем і вимірювальних засобів (бортові комп'ютери, економетри). В уточненні складених розкладів руху може допомогти обладнання частини нових автобусів спеціальним приладом - тахографом. Проведення з ним контрольних заїздів на маршрутах дозволить швидко одержати достовірні відомості про час і швидкість проїзду не лише для усього маршруту, але і на відстанях між усіма послідовними зупинками автобусів.

Позитивні результати від цієї системи узагальнено визначилися у скороченні річної витрати палива на 2-3% та зменшенні випадків аварійності й дисциплінарних порушень з боку водіїв.

## ВИСНОВКИ

1. Аналіз літературних джерел у галузі пасажирських перевезень дав змогу обгрунтовано сформулювати мету та завдання досліджень, спрямованих на розв'язання актуальних наукових і практичних задач щодо удосконалення міських автобусних перевезень.

2. Розроблено концепцію та оціночний критерій соціально-етичного маркетингу в автобусних перевезеннях, якими системно передбачена мінімізація сумарних матеріальних витрат, що включають: соціально зорієнтовані витрати, пов'язані із часом поїздки пасажирів; експлуатаційні витрати автотранспортного підприємства на використання рухомого складу; екологічні витрати на відшкодування забрудненості міст від автобусного транспорту. Теоретичним дослідженням встановлені аналітичні залежності та параметри до розрахунків і аналізу запропонованого критерію у вирішенні питань автобусного сполучення в містах.

3. Техніко-економічне обгрунтування засобів поліпшення технологічного процесу перевезень пасажирів базується на математичному моделюванні транспортної роботи автобусів. Для обчислень показників їх циклічного руху між послідовно визначеними зупинками на конкретно заданих маршрутах використані відповідні математичні моделі. За цими моделями при застосуванні методів математичного планування експерименту отримані поліноміальні залежності, які дозволяють обчислювати час руху, витрату палива і шкідливі викиди (сумарні та за складовими компонентами) в функції від довжини циклу, швидкості устанавленого руху, навантаженості автобуса пасажирами.

4. Розроблено комплекс методів удосконалення технологічного процесу автобусних перевезень, що дозволяє враховувати вплив соціальних, економічних та екологічних факторів, сумісно діючих у період переходу до сучасної економіки. За відповідними алгоритмом і методикою проаналізовано такі заходи: раціональне впровадження швидкісних, скорочених та

комбінованих рейсів; корегування початку роботи великих підприємств; перерозподіл частини автобусів з одного маршруту на інший при неспівпаданні години “пік”; гнучке узгодження розкладів руху в поєднанні з автоматизованою системою управління роботою автобусів на міських маршрутах; послідовне оновлення рухомого складу автотранспортних підприємств. Висвітлено практичні заходи у напрямі скорочення витрат часу на пересування пасажирів за міською системою транспорту.

5. У роботі суттєво скоригована методика вибору типу та розрахунку потрібної кількості автобусів для різних форм організації руху. Завдяки диференційованому врахуванню їх пасажиромісткості, досягається вища комфортність перевезень та скорочені витрати пасажирів, що є позитивним чинником в умовах конкуренції. Одночасно оцінено вплив типу автобусів, величину пасажиропотоку та збитки від забруднення атмосфери міста, а також показано можливості їх скорочення достатнім (не нижче 40-50%) використання номінальної місткості середніх і великих автобусів.

6. Посилений оперативний контроль за роботою рухомого складу на лінії сприяв збільшенню виручених коштів на 15-20%. Для економії автомобільного палива буде корисним методичне забезпечення системи тестування і підвищення кваліфікації водіїв на рівні АТП.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Крейсман Е.А., Романюха А.О. Соціальний критерій вибору типу рухомого складу на міських автобусних маршрутах. // Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту і експлуатації автомобілів. Вип.12. – К.: УТУ ТАУ. – 2001. – С.252-254.
2. Іванюта І.Д. Теорія ймовірностей, математична статистика. Навчальний посібник. – К.: УТУ, 1998. – 81 с.
3. Ігнатенко О.С., Маруніч В.С., Ткаченко А.М., Дума І.М. Нормативно-правова база перевезень: оцінка стану і стратегія розвитку. //Тези доп. міжнародн.наук.-техн.конф. Захід.наук.центру Трансп.акад.України і Жешувськ.політехн. – 1995. – С. 32-34.
4. Методика розподілу рухомого складу по маршрутам міського пасажирського транспорту. /БоснякМ.Г., Коцюк О.Я. Укр.трансп.унів-т., К.: 1996. – 14 с. Рук. –Деп. в ГНТБ України 11.11.96, № 2205, Ук 96//.
5. Крейсман Е.А. Організація міських автобусних перевезень в години “пік”. //Автошляховик України. – 1998. –№2. – С.4.
6. Ян Цибулка. Качество пассажирских перевозок в городах . – М.: Транспорт, 1987. – 239 с.
7. Антошвили М.Е., Либерман С.Ю., Спирин И.В. Организация городских автобусных перевозок. – М.: Транспорт, 1985. – 102с.
8. Киселев В.Н., Лагутко С.С. Совершенствование организации перевозок на городском пассажирском транспорте в БССР.–Минск, Техника, 1987. – 132с.
9. Гуревич Г.А., Кузнецов Г.Н., Михайлов А.А. Изучение транспортных потребностей – основа совершенствования работы пассажирского транспорта: Пассажирские перевозки автомобильным транспортом. Сер. 4 //Труды ЦБНТИ. – 180. – Вып. 2. – С. 1-5.
10. Овчинников Е.В. Городской транспорт. –М.: Высшая школа, 1987. – 179 с.

11. Штанов В.Ф. и др. Совершенствование организации и управления перевозочным процессом на пассажирском автотранспорте. – К.: Знание, 1991. – 20с.
12. Шабарова Е.В. Пассажирский транспорт крупнейших городов. – Рига, Знание, 1998. – 139 с.
13. Молодых И.А. Определение экономических систем городского пассажирского транспорта. – М.: Транспорт, 1997. – 121 с.
14. Кудинова Л.А. Применение теории систем к проблеме управления на городском пассажирском транспорте //Экономические основы совершенствования управления на автомобильном транспорте. – Л.: 1997. – 105с.
15. Воркут А.И. Грузовые автомобильные перевозки (основы теории транспортного процесса). – К.:Вища школа, 1979. – 392с.
16. Лихачев Е.В. Математические модели планирования и управления сложных систем. –К.: Институт кибернетики, 1982. –217 с.
17. Рихтер К.И. Статистические методы оптимизации. – М.: Экономика, 1986. – 279 с.
18. Брайловский Н.О., Беленов В.М. Моделирование функциональных транспортных связей крупного города. –М.: Экономика и матметоды, 1997. – 681 с.
19. Поляков А.А. Организация движения на улицах и дорогах. – М.: Транспорт, 1985. – 375 с.
20. Доля В.К. Методы организации перевозок пассажиров в городах. – Харьков.: Основа, 1992. – 144 с.
21. Ефремов Ю.М., Кобозев В.М., Юрин В.А. Теория городских пассажирских перевозок. – М.: Высшая школа, 1980. – 535с.
22. Голованенко С.Л. Организация перевозок пассажиров автомобильным транспортом. –К.: Техника, 1981. – 231 с.
23. Штанов В.Ф., Ігнатенко О.С. Організація перевезень пасажирів автомобільним транспортом. –К.: Техніка, 1988. – 127 с.

24. Володин Е.П., Громов Н.Н. Организация и планирование перевозок пассажиров автомобильным транспортом. – М.: Транспорт, 1982. – 224 с.
25. Улицкая И.М. Совершенствование методов оценки деятельности предприятий городского автомобильного транспорта по повышению качества обслуживания пассажиров. – М.: МАДИ, 1978. – 206 с.
26. Ігнатенко О.С., Маруніч В.С., Фіщук О.В. Міські автобусні перевезення.//Автошляховик України. – 1994. –№3, –С. 7-10.
27. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения: Справочник /В.У.Ренкин, П.Клафи, С.Халберт и др.; перевод с англ. –М.: Транспорт, 1981. – 592 с.
28. Варелопуло Г.А. Организация движения и перевозок на городском пассажирском транспорте. –М.: Транспорт, 1981. – 267 с.
29. Методика расчета затрат времени пассажиров при пользовании автомобильным транспортом. –К.: Минавтотранс УССР, 1984. – 62 с.
30. Штанов В.Ф. Критерии оценки эффективности и качества обслуживания пассажиров //Автодорожник Украины. – 1978. –№1. – С. 50-52.
31. Босняк М.Г. Комплексне удосконалення транспортного процесу і організація роботи автобусного підприємства./ Автореф. дис... канд.техн.наук: 05.22.01 /Україн.трансп.універ-т. –К.: 1997, - 15 с.
32. Либерман С.Ю. Оптимизация городских автобусных перевозок. –М.: Транспорт, 1989. – 214 с.
33. Критерій оцінки процесу перевезень пасажирів./Босняк М.Г., Коцюк О.Я., /Україн.трансп.універ-т. –К.: 1996, - 22 с. Рук. –Деп. в ГНТБ України 11.11.96, №2206,Ук96//.
34. Nabr J., Veprek J. Systemova analyza. SNTL. Praha. 1996. –214 с.
35. Бронер Д.Л. Транспорт города. –М.: Статистика, 1997. – 121 с.
36. Заболоцкий Г.А. Теоретические основы распределения пассажиропотоков на сети массового пассажирского транспорта. – К.: Будівельник, 1989. – 146 с.

37. Моделирование пассажиропотоков в транспортной системе / Бонсал П.У., Чемперноун А.Фю, Мейсон А.К., Уилсон А.Г. –М.: Транспорт, 1982. – 207с.
38. Коцюк О.Я. Взаємодія видів транспорту: Навч.посібник. – К.: УТУ, 1999. – 107с.
39. Имельбаев Ш.С., Шмулян Б.Л. Моделирование стохастических коммуникационных систем //Дополнение к книге А.Дж.Вильсона “Энтропийные методы моделирования сложных систем”. – М.: Наука, 1987, С.170-233.
40. Формирование маршрутной сети в крупных городах Украины. РД 238 ЦССР 840001-21-89 Минтранс УССР. – К., 1989, – 28 с.
41. Ігнатенко О.С., Маруніч В.С., Дума І.М., Журавель В.В. Математичне моделювання міських пасажирських перевезень //Проектування, виробництво, експлуатація автотранспортних засобів і поїздів. – Львів, Захід.наук.центр ТАУ, 1995. –Т.2. – С.38-42.
42. Буличев В.Е., Федоров В.П. Расчет пассажиропотоков и оптимизация параметров маршрутных схем. //В кн. Математические методы в управлении городским транспортом и системами. /Ин-т социально-экономических проблем. –Л.: Наука, 1979, С.65-90.
43. Джвартейшвили Т.М., Ломидзе Н.Н.,Цомар Г.Г., Цулукидзе Т.В. Моделирование пассажирской транспортной системы города с применением методов эвристического программирования. //В кн. Проблемы и перспективы развития автомобильного транспорта крупных городов: Тез.докл. II Всес. научно-технич.конф. – М.: 1981, С. 227-229.
44. Руководство по составлению рациональных систем автобусных маршрутов в городах. – М.: НИИАТ. – 48 с.
45. Скалецкий В.В. Метод расчетного получения матрицы корреспонденции пассажиропотоков //Моделирование процессов управления транспортными системами. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1977. – С.32-34.



46. Таранов А.Т. Перевозки пассажиров автомобильным транспортом . – М.: Транспорт, 1992. – 115 с.
47. Лопатин А.П. Моделирование перевозочного процесса на городском пассажирском транспорте. – М.: Транспорт, 1985. – 144 с.
48. Рогова Г.Л. Оценка качества маршрутных схем. –Автомобильный транспорт. //Экспрес-информация. Серия 3: Пассажирские перевозки автомобильным транспортом. – М.: ЦБНТИ Минавтотранса РСФСР, 1985. – Вып.4. – С. 1—12.
49. Ігнатенко О.С., Маруніч В.С. Основи методології побудови пасажирської транспортної системи// Автошляховик України.–1995.-№3.–С.5-7
50. Шабарова Э.В. Система пассажирского транспорта города агломерации:системный анализ и проектирование. – Рига, ЗиНАТН, 1981. – 280с.
51. Сивогарнов О.В. Региональные пассажирские транспортные системы. – Минск: Наука и техника, 1988. – 135 с.
52. Заболоцкий О.В. Транспорт в городе. – К.: Будівельник, 1986. – 96 с.
53. Яворский В.В. Модели и алгоритмы проектирования маршрутных сетей городского транспорта./ Автореф. дис... канд.техн.наук: 05.22.10 /Томский полит. ин-т. –Томск.: 1976, - 24 с.
54. Волоненков Г.В. Организация скоростных автобусных сообщений в городах. – М.: Транспорт, 1997. – 160 с.
55. Правила организации автомобильных перевозок на автомобильном транспорте. – М.: Минавтопас. РСФСР, 1983. – 464 с.
56. Спирин И.В. Городские автобусные перевозки: Справочник.– М.: Транспорт, 1991. – 237 с.
57. Редзюк А.М. Штанов В.Ф. Сучасний стан і перспективи розвитку автотранспорту. //Автошляховик України. – 1998. –№ 1. – С.2-7.
58. Ігнатенко О.С., Маруніч В.С. Теоретичні та практичні аспекти вдосконалення пасажирських перевезень //Тези доповіді на міжнарод.наук.-

техн. конф. “Проблеми транспорту та шляхи їх підвищення”. –К.: ТАУ. 1994. – С. 9-10

59. Дума І.М., Ігнатенко О.С., Маруніч В.С., Вакарчук І.М. Концепція і реалії удосконалення пасажирських перевезень //Rzeszow: “Metody obliczeniowe i badawcze w rozwoju systemow hijazdow samochodowych i maszyn roboczych samojerdych”. – 1995. – С.43-48.

60. Редзюк А.М. Проблеми міського автобусного транспорту //Автошляховик України. – 1998. –№4. – С.7-9.

61. Основы логистики: Учеб. пособие //Под ред. Л.Б.Миротина и В.И.Сергеева. –М.: ИНФРАМ, 1999. – 200 с.

62. Неруш Ю.М. Коммерческая логистика: Учебник для вузов. –М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1997. – 271 с.

63. JT and corporate transportation regurements / Transportation jornal, Vol.27, №3, p. 5-1- //Анот. перевод ст. Экспресс-информация, вып. 6. Минавтотранс РСФСР, ЦБНТИ, –М.: 1989. –С. 21-24.

64. Маркетинг /Упорядник, вступ. ст. А.И.Кредосова. –М.: – М26К.: Україна, 1995. –339 с.

65. Миротин Л.Б., Гольдин А.Г., Колик А.В. Основы маркетинга на автомобильном транспорте :Учебное пособие. – М.: МАДИ, 1990. – 91с.

66. Білокобила Є.Ю., Ціцельський К.М., Крейсман Е.А., Здутов О.Д. Про підвищення якості пасажирських перевезень в м. Кривий Ріг //Автошляховик України. – 1997. – №1. – С.6-7.

67. Голубев И.Р., Новиков Ю.В. Окружающая среда и транспорт. – М.: Транспорт, 1987. – 263 с.

68. Канарчук В.Є., Лудченко О.А., Чигринець А.Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Кн. 2. Організація, планування і управління. Підручник. К.: Вища шк., 1994. – 383 с.

69. Курников И.П. Развитие производственной базы АТП. Учебное пособие. – К.: УМК ВО, 1991. – 80с.

70. Посібник керівника технічної служби автотранспортного підприємства. Навчальний посібник./Канарчук В.Є., Лудченко О.А., Бойко Г.Ф., Козак Л.С., Примак Т.О. – К.: УСДО, 1994. – 424с.

71. Автомобиль: Основы конструкции: Учебник для вузов. /Вишняков Н.Н., Вахламов В.К., Нарбут А.А. и др. –М.: Машиностроение, 1986. – 304 с.

72. Автомобили, автобусы, троллейбусы, прицепной состав. Номенклатурный каталог. – М.: НИИСтандартавтосельхозмаш, 1991. – 182 с.

73. Автомобильные транспортные средства. /Под ред. Д.П.Великанова. – М.: Транспорт, 1977. – 326 с.

74. Крейсман Е.А. До оцінки автомобільного транспорту //Автошляховик України. – 1999. – №2. – С.26.

75. Рудзинський В.В. Автомобілі: Техніко-експлуатаційні властивості, аналіз конструкції. Навчальний посібник. К.: ІСДО, 1993. – 164 с.

76. Гутаревич Ю.Ф. Охрана окружающей среды от загрязнения выбросами двигателей. - К. : Урожай, 1989. - 224 с.

77. Гутаревич Ю.Ф., Задорожний В.І., Матейчик В.П., Клименко О.А. Оцінка показників паливної економічності і продуктивності вантажного автомобіля при роботі на бензині і природному газі // Автошляховик України, 1997, № 2, С. 12-15.

78. Исследование режимов работы бензиновых двигателей автобусов в условиях Киева. /Ю.Ф. Гутаревич, А.М. Редзюк, О.Д. Климпущ и др.// Автодорожник Украины. – 1980. № 1, С. 24 - 25.

79. Соколов О.В., Пономарев Н.Н., Метелкин В.А. Режимы работы автомобильных двигателей в условиях эксплуатации. // Научно - технический сборник. Сер. Автомобилестроение/ НИИНавтопром. - М.: 1971, № 3, С. 92 - 102.

80. Котиков Ю.Г. Об исследовании режимов работы городского автобуса, оборудованного электронной системой впрыска бензина// В кн.: Строительные машины, автомобили и двигатели. - Л.: ЛИСИ, 1972, С. 54 - 57.

81. Платонов В.Ф., Устименко В.В., Назаров С.К. О режимах движения автомобилей в различных дорожных условиях//Автомобильная промышленность, 1977, № 11, С. 19 - 23.

82. Составление модели режимов движения городских автобусов на основе натуральных испытаний/ А.З. Гарбер, П.Д. Лупачев, Ж.Г. Манусаджянц. В кн.: Повышение эффективности мероприятий по снижению вредных воздействий от автомобильного транспорта. М.: НИИАТ, 1982, С. 43 - 55.

83. Лупачев П.Д., Сухарева Л.С. Особенности ездового цикла грузового автомобиля. //В сб.: Защита окружающей среды в связи с развитием автомобилизации. М.: ВЗМИ, 1979, С. 36 - 41.

84. ГОСТ 20306 – 90 “Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний”.

85. ОСТ 37. 001. 070 – 75. Двигатели бензиновые грузовых автомобилей и автобусов. Выделение вредных веществ.

86. ГОСТ 17.2.2.03-87. Охрана природы. Атмосфера. Нормы и методы измерений содержания окиси углерода и углеводородов в отработавших газах автомобилей с бензиновыми двигателями. Требования безопасности.

87. ГОСТ 21.393-75. Автомобили с дизелями. Дымность отработавших газов. Нормы и методы измерений. Требования безопасности.

88. ОСТ 37.001.54-86. Автомобили и двигатели. Выбросы вредных веществ. Нормы и методы определения.

89. ОСТ 37.001.0 70-75. Двигатели бензиновые грузовых автомобилей и автобусов. Выделение вредных веществ. Методы определения.

90. ГОСТ 17.2.2.01-84. Охрана природы. Атмосфера. Дизели автомобильные. Дымность отработавших газов. Нормы и методы измерений.

91. ОСТ 37.001.2 34-81. Охрана природы. Атмосфера. Дизели автомобильные. Выбросы вредных веществ с отработавшими газами. Нормы и методы измерений.

92. Хюниген Е., Яскулла И. Зависимости выделения вредных веществ при испытаниях автомобилей по европейскому ездовому циклу от регулировки

холостого хода карбюратора. //Доклады участников симпозиума “Снижение загрязнения воздуха в городах выхлопными газами автомобилей”. М.: 1971, НИИНАВТОПРОМ, С. 14-18.

93. M.Kuhler and D/Karstens. Improved Driving Cycle for Testing Automotiv Exhaust Emissions./SAE 780650, 1978, p. 1-16.

94. Терехов Е.М. Методика и программа определения расхода топлива и выбросов токсичных компонентов в отработавших газах бензинового двигателя при движении автомобиля по ездовому циклу. Труды НАМИ, М., 1982, вып. 186, С. 44-46.

95. Гутаревич Ю.Ф., Говорун А.Г., Ковалев А.И. Защита окружающей среды от вредных выбросов автомобильного транспорта - К. : УМК ВО, 1989. - 128 с.

96. Кутенев В.Ф. Прогрессивные направления улучшения показателей топливной экономичности и токсичности двигателей. - //Автомобильная промышленность, 1982, № 2, С. 7 - 9.

97. Борьба с загрязнением окружающей среды на автомобильном транспорте./ В.В. Дробот и др. - К.: Техника, 1979, –215 с.

98. Кутенев В.Ф., Свиридов Ю.Б. Экологические проблемы автомобильного двигателя и пути их решения. //Двигателестроение, 1990, №10, С. 55 - 62.

99. Звонов В.А. Токсичность двигателей внутреннего сгорания. М.:Машиностроение, 1973. –200 с.

100. Малов Р.В., Манусаджянц Ж.Г. Пути снижения токсичности автомобильных двигателей в эксплуатации. -/ В кн.: Проблемы и пути развития технической базы автомобильного транспорта. М.: 1979, С. 81 - 93.

101. Гутаревич Ю.Ф., Климбуш О.Д., Худолий Н.Н. и др. Снижение токсичности выбросов при эксплуатации автомобиля.- К.: Техніка, 1981. -88с.

102. Климбуш О.Д., Рубцов В.А., Гутаревич Ю.Ф. Экономия топлива на автомобильном транспорте. – К.: Техніка. -1988. - 144 с.

103. Скирков Н.Д. Оптимизация регулирования бензинового двигателя по топливной экономичности с учетом токсичности. Автореф. дис...канд.наук: 05.04.02 /Моск.авт.-дор.ин-т. -М., 1980. 16 с.

104. Гарбер А.З. Совершенствование методов снижения токсичности отработавших газов и расхода топлива городскими автобусами с карбюраторными двигателями в условиях эксплуатации. Автореф. дис...канд.наук: 05.22.10 /Моск.авт.-дор.ин-т. -М., 1986. 23 с.

105. Підвищення ефективності міського автобусного транспорту /Є.Ю.Білокобила, М.Г.Босняк, К.М.Ціцельський, Е.А.Крейсман //Автошляховик України. – 1997. –№4. – С.9-10.

106. Большаков А.М., Кравченко Е.А., Черникова С.Л. Повышение качества обслуживания пассажиров и эффективности работы автобусов. – М.: Транспорт, 1981. – 205 с.

107. Організація виробничих процесів на транспорті в ринкових умовах / Канарчук В.Є., Лудченко О.А., Барилевич Л.П. та ін. –К.: Логос, 1996. – 348 с.

108. Крейсман Е.А. Соціологічна оцінка міського транспорту м. Кривий Ріг. //Системні методи керування,технологія та організація виробництва, ремонту і експлуатації автомобілів. – К.: УТУ ТАУ – 1999. – №6. – С. 100-102.

109. Рева В.М., Лигум Ю.С., Вайншток М.А., Сотников В.И. Оперативное управление городским пассажирским транспортом. – К.: Тэхника, 1982. – 172с.

110. Рубец А.Д. Исследование на ЭВМ движения автобуса по маршруту в условиях применения средств связи и АСДУ. //Системы управления автомобильным транспортом. – М.: Экономика, 1981, С.70-80.

111. Оперативне управління автобусними перевезеннями в м. Кривий Ріг. /Є.Ю.Білокобила, К.М.Ціцельський, М.Г.Босняк, Е.А.Крейсман //Автошляховик України. – 1998. –№3. – С.5.

112. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высш.шк., 1997. – 474 с.

113. Шефтель З.Г. Теорія ймовірностей. – К.: Вища шк. – 1994. – 192 с.

114. Агапов Б.И. Задачник по теории вероятностей и ее инженерные приложения. – М.: Высш. шк., 1986. – 79 с.
115. Коваленко И.Н., Филиппова А.А. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высш.шк., 1979. – 368 с.
116. Галушко В.Г. Вероятностно-статистические методы на автотранспорте. – К.: Вища шк., 1976. – 232 с.
117. Русев Г.В. Организация автомобильных перевозок. –К.: Высш.шк., 1971. – 231 с.
118. Ігнатенко О.С., Маруніч В.С. Організація автобусних перевезень в містах: Навч.посібник. – К.: УТУ, 1998. – 196с.
119. Збірник законодавчих та нормативних документів, що регламентують діяльність підприємств автомобільного транспорту всіх форм власності. Вип. 2. – К.: Техніка, 1998. – 527 с.
120. Маяк Н.М., Крейсман Е.А. Навіщо потрібна конкуренція на міському автомобільному транспорті? //Автошляхових України. – 1999. – №4. – С.7.
121. Маяк М.М., Крейсман Е.А./ До раціонального вибору моделей автобусів при комплектуванні рухомого складу автотранспортних підприємств.// ВІСНИК ЦНЦ ТАУ. – 2000. -№ 3. –С.80-82
122. Міністерство охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України / наказ № 157 від 26.12 96р. “ Про затвердження базових нормативів плати за забруднення навколишнього природного середовища” / Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 31.01.97р. за № 18/1822.
123. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценка экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды / А.С.Быстров, В.В.Варанкин, М.А.Виленский и др. М.: Экономика, 1986. -96 с.

124. Павлова Е.И., Буралев Ю.В. Экология транспорта. – М.: Транспорт, 1998. – 232 с.
125. Пассажирские автомобильные перевозки/ Афанасьев Л.Л., Воркут А.И., Дьяков А.Б. и др. – М.: Транспорт, 1986. – 220 с.
126. Овчинников Е.В. Определение необходимого количества автобусов на городских маршрутах. – Минск. Бел.НИИТИ, 1985. – 464 с.
127. Смехов А.А. Основы транспортной логистики: Учебн. для вузов. – М.: Транспорт, 1995. – 197 с.
128. Маяк Н.М. Автомобильное топливо и эффективность его использования. – К.: УМК ВО, 1991. – 146 с.
129. Говорущенко Н.Я. Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте. – М.: Транспорт, 1990. – 135 с.
130. Иванов В.Н., Ваганов В.И. Мастерство управления автомобилем. – М.: Издательство ДОСААФ, 1982. – 223 с.
131. Экономия топлива при вождении автомобиля. / Г.Б. Безбородова, Н.М. Маяк, А.А. Чалый. 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Техника, 1989. – 128 с.
132. Методические рекомендации по контраварийной подготовке водителей автобусов. – К.: стеклограф. издание Минтранса УССР, 1987. – 184 с.
133. Ротенберг Р.В. Основы надежности системы водитель-автомобиль-дорога-среда. – М.: Машиностроение, 1986. – 216 с.
134. Маяк Н.М. Топливная экономичность автомобилей в сложных условиях движения. – К.: Вища шк. 1990. – 215 с.
135. Маяк Н.М., Безбородова Г.Б. Самоучитель экономичного управления легковым автомобилем. – К.: “КВИЦ”, 1999. – 277 с.
136. Пособие для инструктора по вождению автомобиля. – К.: издание службы ТАСИС DG IA Европейская Комиссия, 1997. – 44 с.
137. Налимов В.В., Голикова Т.И. Логические основания планирования эксперимента. – М.: Металлургия, 1981. – 128 с.
138. Ермаков С.М., Жиглявский А.А. Математическая теория оптимального эксперимента. – М.: Наука, 1987. – 320 с.