

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 транспортної енергоефективності міських пасажирських автобусних перевезень»

Виконав: здобувач вищої освіти  
групи ОПАТ-22дм  
Чистоклетов К.Л.



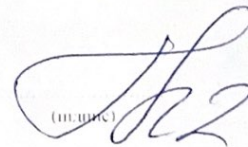
(підпис)

Керівник: доц. Мірошникова М.В.



(підпис)

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



(підпис)

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. АНАЛІЗ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ АВТОБУСНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ І АКТУАЛЬНІСТЬ ЗАДАЧ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	7
1.1. Основні напрямки модернізаційно-технологічного розвитку автобусних перевезень.....	7
1.2. Аналіз існуючих методик обґрунтування ефективності рухомого складу та технологій міських автобусних перевезень.....	10
1.3. Основні передумови формування концептуально-орієнтованого методу підвищення транспортної енергоефективності міських пасажирських автобусних перевезень.....	13
2. АДАПТАЦІЯ РОЗРАХУНКОВИХ СХЕМ ТА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ І ТЕСТОВОГО АНАЛІЗУ ТРАНСПОРТНОЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ МІСЬКИХ АВТОБУСНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ.....	15
2.1. Обґрунтування техніко-технологічного підходу та розрахункових схем для тестового аналізу транспортної енергоефективності автобусів на міських маршрутах .....	15
2.2. Постановка задачі підвищення транспортної енергоефективності перевезень з урахуванням зміни технічних, експлуатаційних і дорожніх факторів перевезень .....	22
2.3. Математичні моделі показників транспортної енергоефективності автобуса для маркетингового і експлуатаційного аналізу міських пасажирських автобусних перевезень.....	24
2.4. Математичні моделі показників транспортної енергетичної ефективності автобуса і перевезень.....	32
3. МОДЕЛЮВАННЯ ТА БАГАТОВАРІАНТНИЙ АНАЛІЗ ВПЛИВУ ТЕХНІЧНИХ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ФАКТОРІВ НА ТРАНСПОРТНУ ЕНЕРГЕТИЧНУ ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИ МІСЬКИХ АВТОБУСНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ.....	35
3.1. Постановка задачі моделювання транспортної енергетичної ефективності автобусів в тестових операціях на основі еталонно-порівняльного підходу .....	35
3.2. Аналіз впливу технічних і експлуатаційних факторів на показники транспортної енергетичної ефективності автобусів і пасажирські перевезення на основі результатів моделювання на міських автобусних маршрутах.....	36
3.3. Аналіз впливу експлуатаційних умов перевезень .....	44
3.4. Постановка задачі модернізаційно-технологічного підвищення транспортної енергоефективності міських пасажирських автобусних перевезень .....	45
3.5. Методика моніторингу заданого сегменту ринка автобусів за рівнем їх транспортної енергетичної ефективності .....	49

3.6.	Методика експлуатаційного підвищення транспортної енергоефективності автобуса з урахуванням конструктивних параметрів, а також дорожніх і транспортних умов руху на маршруті.....	54
3.7.	Методика врахування транспортної енергоефективності автобуса при проведенні конкурсу по вибору перевізника на маршрут.....	57
	ЗАКЛЮЧЕННЯ .....	63
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	64

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Автомобільний пасажирський транспорт є основним видом транспорту для перевезення пасажирів на малі та середні відстані [1, 2]. Більшість об'єктів автотранспорту загального користування на теперішній час приватизовані, внаслідок цього з'явилась достатньо велика кількість індивідуальних перевізників та невеликих приватних транспортних підприємств загальна кількість яких перевищує 15 тис. суб'єктів підприємницької діяльності [3]. Ці підприємства налічують в своєму складі понад 200 тис. автобусів [4] значна частина з яких (більше 70 тис. [4]) використовується на постійних маршрутах. Вони мають на балансі від 3-х до 20...50-ти одиниць рухомого складу (РС) [5], що значно ускладнює комплексне вирішення задачі технологічно-модернізаційного розвитку міських пасажирських автобусних перевезень (МПАП) та підвищення техніко-технологічної конкурентоспроможності майбутніх транспортних пропозицій в умовах ринкової економіки [6, 7]. При реалізації концепції експлуатаційно-технологічного енергозбереження на автотранспорті слід врахувати комплексність експлуатації автобусів (транспортно-організаційну, комерційну, транспортно-операторську та транспортно-технологічну) [18]. Процеси МПАП реалізуються в маршрутних мережах міст та в його траєкторно-конфліктній вулично-дорожній мережі [19]. Для підвищення енергоефективності автобусів і МПАП виникає необхідність на основі інноваційного техніко-технологічного підходу вирішення задачі формування сучасних транспортних технологій (ТТ) і оновлення парку рухомого складу транспортних підприємств з використанням методик, які будуть відповідати концепції збереження енергії.

**Мета і завдання дослідження.** Мета – Підвищення енергоефективності міських пасажирських автобусних перевезень з урахуванням комплексу конструктивно-технічних, дорожніх та транспортно-експлуатаційних факторів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- провести аналіз існуючих методів підвищення ефективності міських автобусних перевезень і обґрунтування розрахункових схем транспортних

операцій з урахуванням комплексу конструктивно-технічних, дорожніх та транспортно-експлуатаційних факторів;

- уточнити математичну модель аналізу енергоресурсної ефективності автомобіля узагальненого типу з метою підвищення енергоефективності міських автобусних перевезень;

- встановити закономірності залежностей показників енергоефективності автобусів на міських маршрутах від комплексу конструктивно-технічних, дорожніх та транспортно-експлуатаційних факторів.

**Об'єкт дослідження** – процес технологічного транспортування пасажирів на міських автобусних маршрутах.

**Предмет дослідження** – залежності показників транспортної енергоефективності міських пасажирських автобусних перевезень.

**Методи дослідження.** Методи теорії транспортних процесів та систем, методи аналізу енергоресурсної ефективності автомобіля узагальненого типу на маршрутах виходячи із тестового і еталонно-порівняльного підходів, метод порівняння енергетичних характеристик наданого і його еталонного прототипу автобуса, математичне моделювання функціонування автобуса на перегонах.

**Наукова новизна отриманих результатів:**

- розроблено метод підвищення транспортної енергоефективності міських пасажирських автобусних перевезень шляхом енергетичної раціоналізації техніко-технологічних і експлуатаційних параметрів функціонування міських автобусів, що на відміну від існуючих методів аналізу противитратної ефективності перевезень, які базуються на схемі віртуального транспортування пасажирів, дає змогу комплексно вирішувати організаційно-технологічні задачі удосконалення транспортних процесів;

- запропоновано підхід до обґрунтування властивостей пасажирських автобусів з урахуванням процедур транспортних технологій, який на відміну від існуючих, дає змогу обирати пасажирські автобуси, характеристики яких відповідатимуть критеріям їх транспортної енергоефективності на маршрутах.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає у розробці методики для комплексного підвищення транспортної енергоефективності МАП

з урахуванням техніко-технологічних факторів починаючи із ранніх етапів експлуатації: Моніторингу сегментів ринку автобусів; Експлуатаційного підвищення транспортної енергоефективності автобуса (ТЕЕА); Врахування ТЕЕА при проведенні конкурсу.

**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, заключення, списку використаних джерел з 126 найменувань на 11 сторінках. Загальний об'єм кваліфікаційної роботи магістра складає 75 стор. Робота включає 17 рисунків та 4 таблиці по тексту.

# 1. АНАЛІЗ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ АВТОБУСНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ І АКТУАЛЬНІСТЬ ЗАДАЧ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

## 1.1. Основні напрямки модернізаційно-технологічного розвитку автобусних перевезень

Наукоємні і складні задачі модернізаційного підвищення енергоефективності автобусних перевезень і енергозберігаючої експлуатації нових автобусів має ґрунтуватися на методах обґрунтування концептуального розвитку ТТ і автобусного парку.

Концепція експлуатаційно-технологічного енергозбереження для забезпечення модернізаційно-технологічного розвитку автотранспорту передбачає: а) альтернативний поглядом на нього як сферу матеріального виробництва з технологічно-інноваційним перевізним процесом; б) нову наукову ідею, принципи і методи, які направлені на рішення складних задач техніко-технологічного збереження енергії і ресурсів під час планування перевезень, експлуатації автобусів і організації пасажирських перевезень [7, 18, 24, 25]. Проте, нетехнологічні адміністративні методи економії енергії та ресурсів такі, як: заходи щодо зменшення норм витрат палива, збільшення ресурсу автобусів шляхом зміни їх агрегатів в процесах ремонту, купівля нових і фізично зношених автобусів, фактично «консервують» технологічний рівень перевезень. Ці методи не потребують поглибленого вивчення і наукового підходу. Вони не дозволяють ставити та вирішувати довгострокові і комплексні задачі модернізаційно-технологічної економії енергії і ресурсів на автотранспорті в системі експлуатації автобусів і виробничо-якісної організації перевезень пасажирів. Методи аналізу противитратної ефективності перевезень, що використовуються в існуючій теорії транспортного процесу [26, 27], не враховують технічну новизну автобусів у часі, а також змінність дорожніх та експлуатаційних факторів на маршрутах. Розрахункова схема цих теорій автобусних перевезень заснована на описі віртуального руху автобуса як найпростішого перевізного засобу, без врахування адаптивного і

енергоперетворюючого функціонування автобуса. Негативним для рішення задач модернізаційно-технологічного розвитку автотранспорту є те, що в математичних моделях показників продуктивності автобуса і собівартості перевезень [14, 16, 17, 28] враховуються декілька його характеристик як простого перевізного засобу (пасажиромісткість, балансова ціна і незмінні технічні нормативи), які не враховують адаптивне і енерговитратне функціонування рухомого складу.

Метою модернізаційно-технологічного обґрунтування автобуса з технічною новизною є комплексне підвищення енергоресурсної якості автобусних перевезень із урахуванням зміни експлуатаційних факторів [25]. Новизна підходу, що пропонується, полягає в тому, що для досягнення поставленої цілі комплексно розглядається автобус як науково-технічний товар, а також деякі його властивості як носія технічних ресурсів автотранспорту (АНТРТ): складна енергоперетворююча машина, небезпечний об'єкт керування рухом, знаряддя технологічних впливів. Ці властивості комплексно і по різному впливають на показники транспортної енергоефективності АТЗ [29-38].

Ідея довгострокового енергозбереження в процесі експлуатації автобуса як АНТРТ полягає в етапній реалізації двох принципів розвитку транспортного процесу: модернізаційно-технологічного обґрунтування автобусів із технічною новизною та їх технологічної адаптації до умов міських маршрутів із заданими параметрами виходячи із умови максимізації показника транспортної енергоефективності автобуса. Етапність обумовлена тим, що нові технічні і технологічні рішення реалізуються поетапно у кожній новій моделі автобуса і умов його експлуатації та вони повинні бути обумовлені як технічно так і економічно. Етапно-модернізаційна максимізація транспортної енергоефективності автобуса (ТЕЕА) обумовлює постійне підвищення рівня техніко-технологічної конкурентоспроможності транспортних пропозицій на ринку міських пасажирських автобусних перевезень.

Вважається, що для оцінки транспортної енергоефективності автобуса, що обґрунтовується, необхідно імітаційно прогнозувати вплив різних факторів економію енергії і ресурсів в процесі його адаптивного функціонування і



експлуатації на маршрутах. В математичних моделях, що застосовуються для аналізу результативності новацій, автобуси повинні бути представлені як варіанти альтернативних конструктивних факторів перевезень. Для виконання цієї вимоги в кожному варіанті вихідних даних та параметрах експлуатації сукупність конкуруючих моделей автобусів представлена як ряд змінних станів СПОКА. При цьому кожна модель автобуса задається сукупністю технічних параметрів і функціональних характеристик, що відображають роботу енергоутворюючого і пасажиронесучого пристрою автобуса. Ця сукупність являє собою інформацію, що необхідна і достатня для опису та аналізу технологічно адаптованих робочих процесів автобуса, що реалізуються при його дорожньому русі.

Для досягнення заданого рівня енергоефективності автобуса необхідно таким чином підібрати стан СПОКА, тобто характеристики структури і параметри конструкції автобуса, щоб вони забезпечили вирішення трьох задач розвитку [39]:

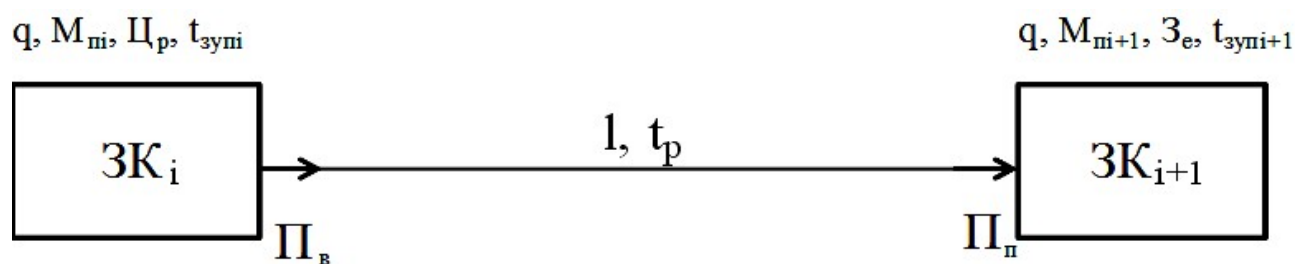
- підвищення транспортної енерговіддачі автобуса в типовій міській тестовій операції його руху;
- зростання енергоресурсної транспортної ефективності автобуса в розрахунковому перевізному циклі;
- збільшення показників енергоеквівалентної ефективності перевезень.

У зв'язку з тим, що збереження енергії являє собою безперервно-дискретний процес, перед перевізниками виникає необхідність мати науково обумовлену і універсальну методику обґрунтування вибору автобуса. Саме тому методика вибору основана на експлуатаційно-технологічному енергозбереженні, що дає змогу вибору оптимального автобуса для конкретних умов експлуатації та відповідає Національній транспортній стратегії України [40].

## 1.2. Аналіз існуючих методик обґрунтування ефективності рухомого складу та технологій міських автобусних перевезень

### 1.2.1 Аналіз методів обґрунтування міських автобусів та оцінки їх функціонування на маршрутах

В існуючих методиках обґрунтування автобуса, які були запропоновані різними авторами [41-44], критерії, що використовуються, дозволяють вирішувати задачі соціально-етичного маркетингу, ринкових відносин, в деяких випадках частково розглядають технічні, експлуатаційні та інші проблеми, що не розкривають питання енергоефективності, так як їх недоліком є те, що вони засновані на протиположних витратних розрахункових схемах перевезень пасажирів (рис. 1.1). Ці схеми є технологічно виродженими та не дозволяють вирішити задачі обґрунтування автобуса згідно концепції модернізаційно-технологічного розвитку. В них не формалізована сутність і структура технологічних дій автобуса на дорозі і на сумарну масу пасажирів, реалізується умовне і віртуальне пересування автобуса від зупинки  $ZK_i$  до зупинки  $ZK_{i+1}$ , а носії технічних ресурсів транспорту (автобуси) позбавлені конструктивно-технічних і експлуатаційно-технологічних властивостей.



де  $ZK_i$  – пасажирський термінал (зупинка);  $q$  – пасажиромісткість автобусів;  $M_n$  – маса пасажирів;  $Ц_p$  – ціна ресурсів;  $t_{зуп}$  – час зупинки;  $П_в, П_п$  – подія відправлення і прибуття;  $Z_e$  – витрати на ресурси;  $l$  – відстань між зупинками;  $t_p$  – час руху між зупинками.

Рис.1.1. Існуюча організаційна схема формалізації процесу переміщення пасажирів на основі представлення віртуального транспортування пасажирів

Ці схеми не враховують такі важливі фактори як: технологічні процедури та процеси, змінність конструктивних параметрів нових транспортних засобів (ТЗ), процес перетворення енергії та ресурсів, а також умови адаптивного

функціонування автобуса на режимах нерівномірно-переривчастого руху. Ці фактори значно впливають на технологічний рівень автобуса. Вони не розглядають етапність фаз руху автобуса в їздовому циклі, в якому реалізується споживання енергії, а лише відображають три його параметри: подію відправлення та прибуття автобуса с пасажирями на зупинках та час між ними із врахуванням середньої технічної швидкості. Це означає, що використовуючи зазначені схеми не можливо оцінити споживчу енергозберігаючу якість автобуса в процесі експлуатації. Натурально-фізичний рух автобуса в транспортному процесі також не може бути розраховано, тому що саме на етапі руху автобуса витрачається енергія та реалізується матеріально-речова основа конструктивно-технічного та транспортного факторів [37]. В зв'язку з цим, віртуальна схема транспортування формує вартісну модель оцінки ефективності використання автобуса без врахування його технологічних властивостей. Внаслідок чого виникає необхідність розробки енерготехнологічної моделі транспортування автобуса, яка базується на відображенні матеріально-речової сутності конструктивно-технічного фактору.

В теорії автомобіля [45-47] існують механізми технічної оцінки автобуса, але в ній не розглядається задача оптимізації робочих процесів та конструкції ТЗ, що виходять із вимоги підвищення ТЕЕА. Аналіз конструкції автобуса як споживчо-орієнтованого товару призначеного для певних умов перевезення і задоволення потреб перевізника (споживача) не можливий, тому що об'єктом дослідження є автобус як технічний засіб. Для цього його необхідно розглядати як науково-технічний товар із властивостями АНТРТ, який являє собою: складний технічний засіб, небезпечний об'єкт управління рухом, енергоємний перевізний засіб та об'єкт технічного обслуговування, який морально та матеріально зношується в процесі експлуатації.

Обґрунтування конструкції автобусів на основі розрахункових схем сталого руху, що використовуються в теорії автомобіля [45-47], не забезпечує необхідної оцінки енергоефективності автобуса на режимах нерівномірно-переривчастого руху, що реалізується при перевезеннях. Таке зауваження вперше було висунуте Великановим Д. П. [48, 49]. Він стверджував, що необхідно

встановити причинно-наслідковий зв'язок технічних показників експлуатаційних якостей автомобіля та показників його використання в транспортному процесі. Велика кількість показників експлуатаційної якості не дає змогу оптимізувати конструктивного удосконалення. Також важливим спостереженням Веліканова Д. П. була відсутність поняття однокритеріальної споживчої якості автомобіля, що є дуже необхідним в умовах ринкової економіки.

У роботах Лур'є М. І., Токарева О. А. [50] було використано розрахункові схеми міських та магістральних їздових циклів для аналізу паливної економічності АТЗ. Але в них не був реалізований комплексний експлуатаційно-технологічний підхід для аналізу ефективності ТЗ. У роботах Хабутдінова Р. А. [18, 25, 51-54] представлена теорія енергоресурсної ефективності АТЗ, в якій автомобіль розглядається як багатофункціональний носій технічних ресурсів транспорту в транспортній операції, де проявляються властивості АТЗ як складної енергоперетворюючої машини, небезпечного об'єкта управління рухом, знаряддя технологічних впливів. Розрахункові схеми, що запропоновані, дозволять розробити комплексні методики модернізаційно-технологічного підвищення транспортної енергоефективності МПАП на основі математичних моделей енергетичної ефективності автомобіля у тестовій операції. Також запропоновані ідея, розрахункові схеми та моделі для визначення енергетично еквівалентної транспортної роботи за допомогою еталонно-порівняльного методу аналізу енергетичної ефективності АТЗ в тестових операціях [53]. У роботах автора [18, 25] були розроблені основи енерго-ресурсної ефективності автомобіля узагальненого типу, а питання підвищення енергоефективності міських автобусних перевезень було розкрито не в повному обсязі.

### **1.2.2 Аналіз існуючої методики проведення конкурсу з перевезення пасажирів на автобусному маршруті загального користування**

Однією з важливих задач організації конкурсного відбору перевізників на міські автобусні маршрути є обґрунтування рухомого складу, який би відповідав

технічним, технологічним та експлуатаційним вимогам і відповідав положенням цільової комплексної програми розвитку транспортного комплексу.

Згідно постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку проведення конкурсу на перевезення пасажирів на автобусному маршруті загального користування» [55, 56] однією із мети проведення конкурсу є: «реалізація основних напрямків розвитку галузі автомобільного транспорту», що у поєднанні із Законом України «Про автомобільний транспорт» [57], у якому визначено, що держава регулює та контролює раціональне використання енергетичних ресурсів, виникає необхідність інноваційно-технологічної оцінки енергетичної ефективності автобусів, що обираються на маршрути.

На основі аналізу методики конкурсного відбору перевізників для маршруту загального користування [58, 59] встановлено, що вона не враховує вищезазначені вимоги та положення. Методи, що використовуються в конкурсі, оснований на теорії сталого руху для аналізу потенційних можливостей автобуса, яка не зовсім відображає його транспортне енергоперетворююче функціонування, не описує умови експлуатації та не розглядає його як носія технічних ресурсів транспорту.

У зв'язку з цим, виникає необхідність вдосконалення конкурсу з перевезення пасажирів на автобусних маршрутах загального користування, яка спрямована на реалізацію енергозберігаючих транспортних технологій.

### **1.3 Основні передумови формування концептуально-орієнтованого методу підвищення транспортної енергоефективності міських пасажирських автобусних перевезень**

Розвиток міських пасажирських автобусних перевезень залежить від подальшого впровадження техніко-технологічних новацій, що відповідають концепції комплексного збереження енергії та ресурсів на транспорті [7, 18, 25]. Також перед перевізниками стоїть задача довгострокового модернізаційно-технологічного розвитку та удосконалення техніки і технології міських пасажирських автобусних перевезень, що в свою чергу підвищить рівень їх

конкурентоспроможності серед інших учасників транспортного процесу в системі пасажирських перевезень. Тому для модернізаційно-технологічного обґрунтування автобусів необхідно використовувати методи [60-64], що відповідають вищезазначеній концепції. Такий метод повинен враховувати вплив технічних параметрів автобуса на ефективність транспортування пасажирів.

Провівши аналіз літературних джерел [65-70] було визначено, що обґрунтування автобуса на маршрут здійснюється із врахуванням лише його пасажиромісткості і загальних норм витрати палива.

Такий підхід має ряд недоліків:

- не враховує зміну технічних параметрів автобуса у часі;
- не враховує людино-машинний вплив на енерговитратність нерівномірно-переривчастого руху автобуса [71-73];
- не враховує вплив комплексу технічних, дорожніх і експлуатаційних факторів на економічну ефективність автобуса (перетворення капіталовкладень у затрати).

В існуючих методиках [41-44] обґрунтування автобуса враховується вплив показника пасажиропотоку на місткість автобуса. При цьому не аналізуються показники продуктивності автобуса і собівартості перевезень за схемою віртуального транспортування (рис. 1.1). В транспортних підприємствах використовується організаційний підхід при проектуванні процесу перевезень [10-17]. При цьому не враховуються важливі фактори енергоємності автобусних перевезень: процеси та процедури, які протікають в момент руху автобуса між зупинками; інтенсивність транспортного потоку; закономірності руху АТЗ в їздовому циклі та умови, в яких він експлуатується. Такий підхід не може забезпечити аналіз енергетичної ефективності МПАП відповідно до названої концепції.

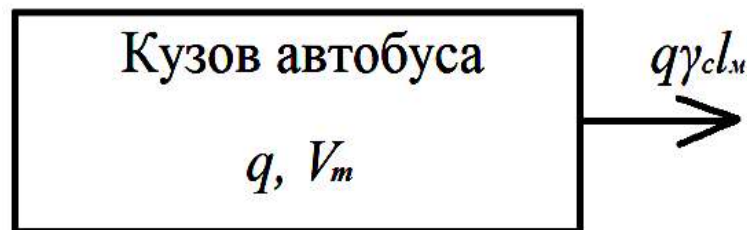
## **2. АДАПТАЦІЯ РОЗРАХУНКОВИХ СХЕМ ТА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ І ТЕСТОВОГО АНАЛІЗУ ТРАНСПОРТНОЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ МІСЬКИХ АВТОБУСНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

### **2.1 Обґрунтування техніко-технологічного підходу та розрахункових схем для тестового аналізу транспортної енергоефективності автобусів на міських маршрутах**

Існуючі підходи для обґрунтування автобусів і процесів перевезення пасажирів, які використовуються на транспортних підприємствах, що надають послуги з перевезення пасажирів на міських автобусних маршрутах [41-44, 74-77], не дають змогу вирішувати задачі підвищення транспортної енергетичної ефективності транспортного процесу, оцінювати конструктивно-технічні та енергетичні якості автобуса як носія технічних ресурсів транспорту та складної машини. В основі існуючих методів закладені противитратні та нетехнологічні розрахункові схеми (рис. 1.1), в яких ґрунтуються на опису схеми віртуального транспортування та на нормативному списанні енергетичних і матеріальних ресурсів та не враховуються сутність транспортних операцій в процесі перевезення пасажирів, які характеризуються адаптивним і енергоперетворюючим функціонуванням автобуса. Крім того, не враховуються особливості міських пасажирських перевезень, які істотно впливають на їх енергоефективність, а саме: конструктивно-технічна різноманітність автобусів; постійний науково-технічний прогрес в їх конструкціях при виробництві; нерівномірність пасажиропотоку; не стабільне завантаження; нерівномірно-переривчастий рух автобуса на маршрутах; велика кількість перешкод; значно високий рівень енерго- і ресурсоємності транспортних операцій на маршрутах, змінність дорожніх факторів, низька рентабельність пасажирських автобусних перевезень в містах.

Таким чином існуючі методи визначення показників противитратної ефективності перевезень і функціонування автобуса засновані на критеріях

протівитратної ефективності доставки пасажирів, які мають ряд суттєвих недоліків з точки зору реалізації концепції експлуатаційно-технологічного енергозбереження. По-перше, в них не враховується комплекс властивостей автобуса як носія технічних ресурсів транспорту (АНРТ), прояви яких обумовлюють формування енергетичних процесів перетворення ресурсів і створення фізичного продукту транспорту. По-друге, в теоріях транспортно процесу та економіки транспорту замість багатоетапного процесу перетворення технологічних ресурсів транспорту розглядається простий акт нормативного списання їх вартості в затрати за схемою віртуального транспортування. По-третє, вимірник облікової транспортної роботи (пасажиро-кілометр) не має фізичної та технологічної суті, оскільки відображає схему віртуального функціонування автобуса як перевізного засобу (у розрахунковій схемі транспортно циклу він є самохідним кузовом, рис. 2.1).



де  $q$  – номінальна місткість автобуса;  $\gamma_e$  – коефіцієнт наповнення (використання пасажиромісткості);  $l$  – довжина перегону між зупинками,  $V_m$  – технічна швидкість автобуса згідно схеми віртуального транспортування (рис. 1.1).

Рис.2.1. Схема автобуса як самохідного кузова, який переміщується віртуально з умовно постійною швидкістю  $V_m$

Звідси отримуємо, що існуючі дисципліни, вивчають окремі сторони функціонування АТЗ. Закономірності функціонування автобуса як складної машини розглядаються в теорії автомобіля [45-47], функціонування автобуса як перевізного засобу описується в теорії транспортних процесів [10-12]. Остання дозволяє забезпечити аналіз вимог своєчасності і протівитратності пасажирських перевезень. Проте, для концепції збереження енергії та ресурсів необхідна реалізація принципу експлуатаційно-технологічного збереження енергії.



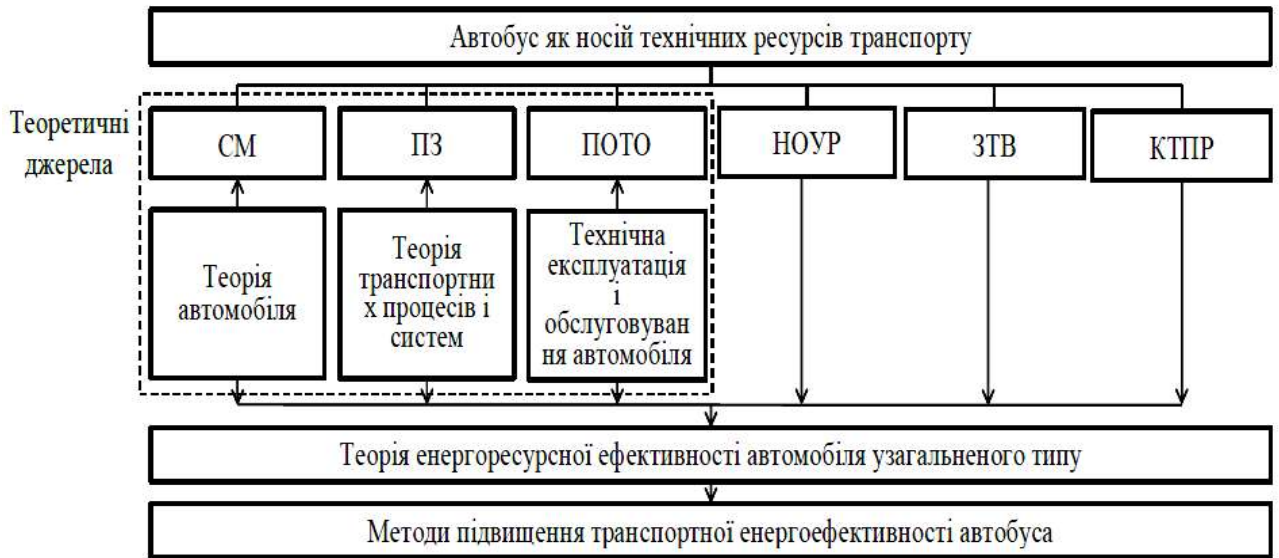
Враховуючи це постає задача у розробці, адаптації та використанні техніко-технологічного підходу, який би забезпечив модернізаційно-технологічний розвиток міських автобусних перевезень. Такі підходи запропоновані в теорії енергоресурсної ефективності [18, 25]. Для формування техніко-технологічного підходу і можливості оцінки енергоефективності АНТРТ в роботах Хабутдінова Р. А. [78, 79] використовуються:

- а) енергетична схема перетворення технологічних ресурсів транспорту в фізичний продукт;
- б) технологічна схема взаємозаміщення багатофункціонального АНТРТ в автобусній транспортній операції;
- в) математичні моделі для аналізу енергоресурсної ефективності автобуса узагальненого вигляду (зі зміною структурно-параметричною організацією).

В прив'язці до автобусних перевезень фізичний продукт транспорту це сума «перегінних» локальних продуктів між зупинками, тому що дорожні і транспортні умови значно відрізняються на різних перегонах.

Слід відзначити, що поняття «енергоресурсна ефективність» відображає транспортно-енергетичну результативність АНТРТ у рухових операціях з урахуванням прояву комплексу його властивостей, представлених на рис. 2.2. В роботах [18, 25] представлено загальну методологію підвищення енергоресурсної ефективності АТЗ (ЕРЕАТЗ) узагальненого типу. В них розглядаються особливості функціонування автомобіля і технологічні процеси перевезень пасажирів в міських умовах [53, 78].

В теорії ЕРЕАТЗ розглядається автомобіль як носій технічних ресурсів транспорту та має вісім властивостей (рис.2.2). Основними властивостями, які мають важливе значення для виконання транспортних операцій та забезпечення адаптивного функціонування автобуса як: складної машини, небезпечного об'єкту керування, перевізного засобу, знаряддя технологічних машинних впливів (машинні процедури) та конструктивно-технологічної основи процесу перетворення ресурсів.



СМ – складна машина; НОУР – небезпечний об’єкт управління рухом; ПЗ – перевізний засіб; ПОТО – потенційний об’єкт технічного обслуговування; ЗТВ – знаряддя технологічних впливів на: поверхню кочення, пасажирів, атмосферу; КТПР – конструктивно-технічна основа процесів перетворення ресурсів.

Рис.2.2. Схема функціонування автобуса як носія технічних ресурсів транспорту

Ресурси поділяються на технічні (АТЗ), енергетичні (паливо), трудові (водії) й фізичні (поверхні кочення автомобільних шляхів та кисень навколишнього середовища). Технології використання ресурсів базуються на таких їх перетвореннях [79]:

- а) залучення в операцію руху відповідно до проявів їх властивостей при перетвореннях енергії;
- б) з’єднання згідно з технологіями людино-машинної праці;
- в) перетворення у фізичний продукт транспорту в результаті людино-машинних дій на кількість руху експлуатаційної маси автобусів з пасажирями.

Режимні ресурси транспорту (час наряду) використовуються шляхом їх заміщення на енергетично обумовлений час багатозадачних рухових операцій. Таким чином, схема відтворення продукту транспорту є енергетичною (рис. 2.3). Параметри автобуса як носія технічних ресурсів є характеристиками продуктоутворюючого засобу праці та процесотворного знаряддя для технологічних процедур [18].



Рис.2.3. Енергетична схема перетворення ресурсів у перевізному процесі

Згідно з цією схемою носії технологічних ресурсів транспорту (у вигляді спорядженого автобуса), композиційно поєднуючись з фізичними (властивості дороги) та режимними (час наряду) ресурсами утворюють виробничі ресурси, що перетворюються в енерговитрати на переміщення експлуатаційної маси автобуса. Потім енерговитрати перетворюються у фізичний продукт (керовані імпульси кількості руху експлуатаційної маси автобуса) (рис. 2.4). Частина цих імпульсів являє собою транспортну роботу по перевезенню пасажирів. Чим вище загальний рівень енерговитрат, тим більше довжина маршруту. Чим більше інтенсивність енерговитрат, тим вище темп руху автобуса і тим менша кількість режимного ресурсу транспорту витрачається (фактор часу руху).

Теорія енергоресурсної ефективності АТЗ враховує зміну технічних параметрів нових автомобілів і розглядає їх як структурно-параметричну організацію конструкції автобуса (СПОКА) (рис. 2.5) [18]. Використовуючи схему СПОКА, процес переміщення автобуса з пасажирями забезпечується роботою чотирьох основних пристроїв конструкції автобуса: енергоперетворюючого, пасажиронесучого, гальмівного і рульового. Перший перетворює хімічну енергію палива в кінетичну енергію експлуатаційної маси автобуса, а другий забезпечує

передачу експлуатаційної ваги автобуса на поверхню кочення через колеса. Тобто, узагальнений та інформаційно-спрощений погляд на конструкцію автобуса досягається модульним описом його чотирьох конструктивно-функціональних пристроїв. Технічний прогрес в заданому варіанті конструкції автобуса, враховується направленим вибором структури та параметрів його функціональних модулів.

Гнучкість технічного вигляду автобуса в межах опису елементів типорозмірного ряду РС відбувається на основі представлення його будови у вигляді деякої множини характеристик СПОКА. Вибір характеристик та параметрів СПОКА повинен забезпечувати максимізацію транспортної енергетичної ефективності автобуса.

Таким чином, в будь-якій руховій операції проявляються можливості СПОКА автобуса щодо перетворення енергії та ресурсів транспорту у фізичний продукт  $W\phi$ . Важливу роль СПОКА автобуса у процесі енерговитратного транспортування пасажирів необхідно враховувати при формуванні енергозберігаючих транспортних технологій [18].

Згідно з техніко-технологічним підходом і задачами дослідження, адаптовано розрахункову схему до автобусних перевезень та розроблено методику підвищення ефективності автобусів за енергетичними критеріями, відповідно до розрахункових схем енергоресурсної ефективності автобуса. Метою методики є підвищення техніко-технологічної якості автобусних перевезень, яке визначається величиною показника транспортної енерговіддачі (відношення виконаної транспортної роботи до рухових енерговитрат або витрат палива). В методиках, що існують [74-77, 82], енерговитрати не визначаються, а витрати палива обчислюються на основі середньоексплуатаційних лінійних норм витрат палива.

Транспортна послуга є особливо енерговитратним матеріальним благом, яке створюється за результатами технологічних процедур і процесів перетворення ресурсів транспорту. Транспортні технології – це науково описана сукупність способів людино-машинного і енергоресурсного виробництва якісного продукту транспорту з урахуванням того, що він є матеріальним і не

речовим (рис.2.6) [18, 83, 84]. У зв'язку з тим, що технології перевезень складаються із процесів енергетичного перетворення ресурсів транспорту в продукт, то в основу математичної моделі енергоспоживання в транспортній операції закладено опис функціонування АТЗ як динамічного засобу праці в операції руху. Основною особливістю подібного функціонування АТЗ є виконання адаптивно-дискретної транспортної роботи. Під впливом водія адаптуються машинні процедури автобуса і процеси перетворення його енергії до дорожньо-транспортних обставин руху між зупинками. При визначенні енергетичної ефективності автобуса необхідно враховувати режими його несталого руху. На цих режимах відбувається підвищення енерговитрат, зносу силових агрегатів і шин, викидів токсичних газів в повітря через порушення робочих процесів двигуна. На режимах несталого руху (прискорені і гальмуванні) найчастіше порушується стійкість силових зв'язків коліс із дорогою, що безпосередньо впливає на безпеку руху і, крім того, зростають втрати енергії в місці контакту коліс із дорогою [18, 85, 86].

У зв'язку з названими вимогами до обґрунтування техніко-технологічного підходу для аналізу транспортної енергетичної ефективності автобуса прийнято наступні вихідні передумови:

- а) автобус одночасно функціонує як багатоагрегатний технічний засіб і як небезпечний токсично шкідливий об'єкт керування рухом;
- б) автобус має змінну структурно-параметричну організацію конструкції і надану кількість її змінних функціональних модулів; у рамках єдиної розрахункової схеми СПОКА визначається схеми розподіл мас та енергії, а також робочі процеси конструкції автобуса;
- в) переміщення автобуса розглядається як послідовність фаз руху (постійна швидкість – розгін – гальмування), що складають типову рухову операцію між зупинками;

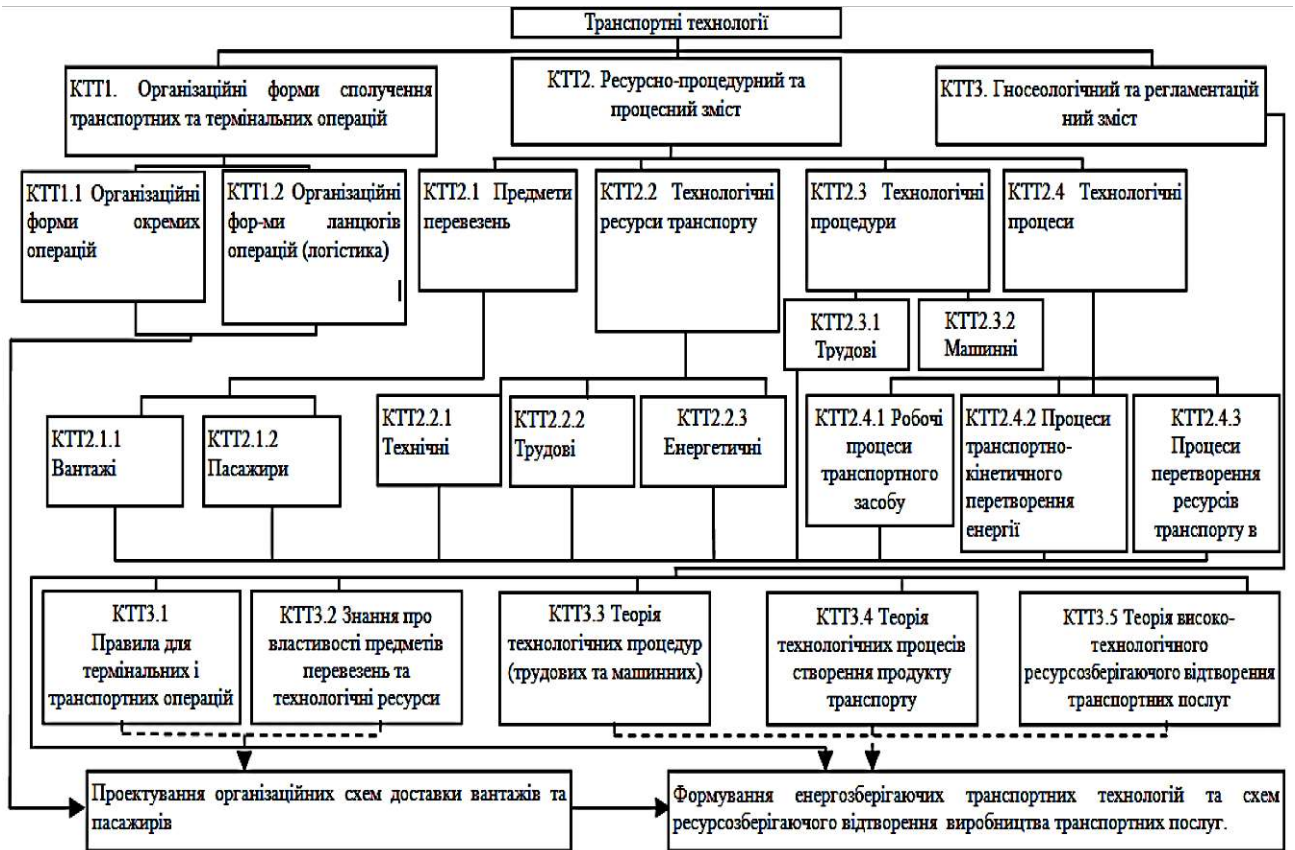


Рис.2.4. Структура транспортних технологій у взаємозв'язку з завданнями організації доставки предметів перевезень і інноваційно-технологічного розвитку автотранспорту

- г) розглядаються лінійні характеристики функціональних модулів й їхніх сполучень між собою, а також зв'язків ведучих коліс з дорогою;
- д) процеси дискретної зміни швидкості руху автобуса, а також споживання енергії в руховій операції обумовлюються закономірностями робочих процесів підсистеми «двигун – трансмісія – колеса – поверхня кочення» (підсистема «Енергоперетворюючий пристрій СПОКА» - поверхня кочення).

## **2.2 Постановка задачі підвищення транспортної енергоефективності перевезень з урахуванням зміни технічних, експлуатаційних і дорожніх факторів перевезень**

На сучасному етапі формування парку автобусів для здійснення перевезення пасажирів на міських маршрутах постає проблема вибору РС серед

великої кількості фірм виробників, типів автобусів та різних конструкцій. Слід враховувати також змінні дорожні та транспортні умови їх експлуатації.

Автобус, що пропонується для перевезення повинен відповідати не лише вимогам безпеки руху та якості обслуговування пасажирів [88, 89], а і умовам технологічної експлуатації на конкретно заданих маршрутах. Зважаючи на це вибір автобусів і формування парку рухомого складу повинні здійснюватись з урахуванням особливостей як маршруту руху автобуса, так і особливостей регіону і міста.

Виробники автобусів час від часу пропонують нові моделі автобусів які інколи відрізняються один від одного суттєвою для ТЕЕА або несуттєвою технічною новизною. Тому на етапі придбання нового автобуса виникає необхідність у методиці комплексної оцінки [6, 7, 90] його концептуальної споживчої властивості (як товару і рівня ТЕЕА як ресурсно-технічного засобу). Оскільки у перевізному процесі одночасно реалізуються його властивості як продуктоутворюючого засобу транспортної праці та як знаряддя технологічних впливів на предмет транспортування. Крім врахування цих властивостей, необхідно забезпечити такий вибір параметрів автобуса, який відповідав би розвитку ресурсно-технічного базису автотранспорту згідно з концепцією енерго- і ресурсозбереження, а також стратегії підвищення техніко-технологічної конкурентоздатності майбутніх транспортних пропозицій. Головною особливістю останніх є очікувана зміна конструктивних параметрів автобусів – те, що зараз не враховується в методах оновлення парку автобусів. Недоліки існуючих методів технічного, транспортного та економічного аналізів в значній мірі проявляються у сегменті ринку автобусів. Це пояснюється більшими ризиками внаслідок великого різноманіття варіантів конструкцій автобусів, з одного боку, і сегментів ринків транспортних послуг (у країні та за її межами) з другого боку, а також високою вартістю нових імпортованих АТЗ. Існуючі методи оновлення автобусів [41-44, 92] не відповідають концепції збереження енергії та ресурсів, а також ідеї підвищення техніко-технологічної конкурентоздатності майбутніх транспортних послуг.

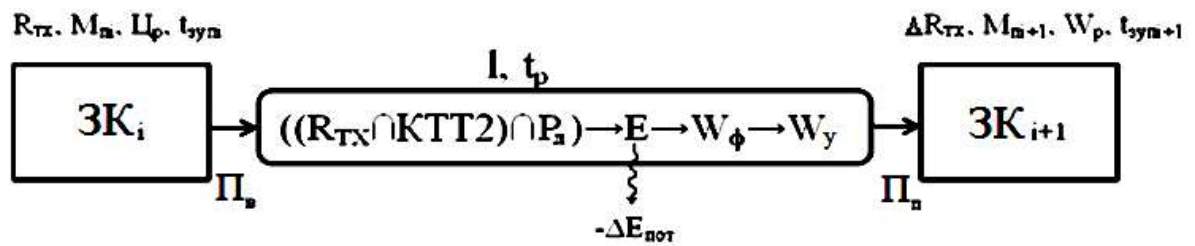
У зв'язку з цим, в даній роботі розроблено методику експлуатаційного підвищення ТЕЕА з урахуванням конструктивних параметрів та умов руху на маршруті. При створенні методики було використано схему СПОКА [39, 87] (рис. 2.4).

### **2.3 Математичні моделі показників транспортної енергоефективності автобуса для маркетингового і експлуатаційного аналізу міських пасажирських автобусних перевезень**

Для формування математичної моделі показника енергетичної ефективності автобуса з урахуванням особливостей міських перевезень використано метод аналогій з еталонним прототипом автобуса. Останній являє собою розрахункову модель еталонного прототипу автобуса [18]. Теоретично прийнято, що його показники, розрахункового прототипу, не будуть змінюватися впродовж 20 – 30-ти років. Протягом цього періоду задача експлуатаційного вибору удосконаленого автобуса розглядається як процес наближення показників його транспортної енергоефективності до еталонного прототипу.

Для визначення показника енергетичної ефективності автобуса на основі розрахункової схеми технологічного транспортування АТЗ (під впливом машинних процедур і технологічних процесів транспортних технологій) прийнята наступна схема енерговитратного переміщення між двома сусідніми зупинками  $ZK_i$  та  $ZK_{i+1}$  (кожна зупинка з точки зору транспортних систем - це проміжний транспортний термінал, який поєднаний із дорожнім середовищем) (рис. 2.5). На відміну від існуючої схеми вона враховує процеси перетворення енергії у рухових операціях з використанням ресурсних і процедурних елементів  $KTT_2$  (матеріально-ресурсна компонента ТТ).





де  $R_{TX}$  – носій технологічних ресурсів;  $KTT2$  – ресурсно-процедурний та процесний зміст;  $P_{\delta}$  – множина властивостей дороги;  $W_{\phi}$  – фізичний продукт транспорту;  $W_y$  – обліковий продукт транспорту;  $W_{\phi} < W_y$ .

Рис. 2.5 – Розрахункова схема транспортної операції (між зупинками), яка враховує перетворення ресурсів транспорту у фізичний продукт та витрати енергії

Шляхом зіставлення величин енергетичних показників автобуса та його еталонного прототипу визначаються енергетичні коефіцієнти пробігу та швидкості. Вони підставляються у модель показника енергетичної ефективності АТЗ.

Після події відправлення  $P_{\delta}$ , від зупинки, властивості автобуса як носія технічних ресурсів об'єднуються із властивостями дороги  $P_{\delta}$  під впливом процедур і процесів  $KTT2$ . В результаті потік ресурсів  $RTX$  перетворюється у потік енергії  $E$  (з дуже низьким коефіцієнтом транспортного використання енергії 10...40%) [18] автобуса, частина цієї енергії перетворюється у фізичний продукт  $W_{\phi}$ , а більша частина енергії автобуса –  $\Delta E_{пот}$  втрачається та не використовується (60...90%) для безпосереднього переміщення пасажирів [18].

### 2.3.1 Загальні положення до обґрунтування показників транспортної енергоефективності автобуса

На ринку ТЗ існує велика кількість різновидів автобусів, які відрізняються різними конструктивно-технічними параметрами та споживчими властивостями. Тому при формуванні або оновленні парку РС перед перевізниками виникає задача обґрунтування споживчих переваг за параметрами конструкції автобуса, які відповідають техніко-технологічним вимогам перевізника. Необхідні методи,

які дадуть змогу обґрунтувати переваги покупця до споживчих властивостей автобуса виходячи із задачі експлуатаційної раціоналізації СПОКА автобуса як науково-технічного товару та енергоефективного засобу виробництва транспортних послуг.

Недоліком існуючих методів технічного аналізу АТЗ в теорії автомобіля [45-47] є те, що вони не дозволяють вирішити задачу оптимізації СПОКА згідно з вищезгаданою концепцією збереження енергії та ресурсів в процесах перевезення пасажирів, тому, що в них розглядається тільки одна властивість АТЗ як носія технічних ресурсів – властивості складної транспортної машини (див. рис. 2.3). Але для аналізу енергоресурсозбереження та оптимізації АТЗ необхідно розглядати його як науково-технічний товар та знаряддя технологічних впливів. Недоліками методів теорії транспортних процесів [10-12] є припущення про незмінність параметрів техніки та технології перевезень, а також використання спрощеної схеми віртуального переміщення автобуса між зупинками, тобто етап руху автобуса між зупинками замінений проміжком часу між моментами відправлення і прибуття. Крім того, ці методи не дозволяють оцінити ефект технічної новизни конструкції автобуса оскільки в існуючих моделях продуктивності автобуса і собівартості перевезень враховується лише один його конструктивний параметр – пасажиромісткість [17, 88, 89].

У зв'язку з цим, розроблено методику обґрунтування нових автобусів [90], яка заснована на теорії енергоресурсної ефективності автомобіля і дозволяє врахувати зміни важливих факторів процесу автобусних перевезень: конструктивні, дорожні, транспортні та інші. Ця методика враховує закономірності процесу енергетичного перетворення ресурсів у фізичний продукт транспорту (рис. 2.1). Крім того, АТЗ розглядається як носій технічних ресурсів транспорту, який характеризується структурно-параметричною організацією його конструкції (рис. 2.4), а не як простий перевізний засіб, який характеризується лише одним технічним параметром (пасажиромісткістю).

Метою транспортно-технологічного обґрунтування автобуса є підвищення технологічного рівня перевезень пасажирів за критерієм транспортної енергоефективності. Величина показника технологічного рівня перевезень

пасажирів визначається як відношення виконаної транспортної роботи до відповідних енерговитрат на адаптивно-дискретний рух автобуса (або витрат палива). Транспортно-технологічна якість автобуса характеризується сукупністю його експлуатаційних властивостей і технічних параметрів, які забезпечують придатність автобуса до підвищення показника технологічного рівня перевезень. Для забезпечення енергозберігаючих технологій конструктивні параметри АТЗ повинні забезпечувати оптимальність таких показників транспортно-технологічної якості: транспортної енергетичної ефективності ( $Pe$ ) та енергетичної результативності технологічних впливів ( $TB$ ).

### 2.3.2 Математичні моделі показників транспортної енергоефективності автобуса

Із теорії автомобілів [45-47] відомо, що енерговитрати на переміщення автомобіля визначаються із врахуванням режимів його руху та основних конструктивно-технічних параметрів.

Відомо, що на перегонах, АТЗ реалізує три типові режими руху: рівномірний, прискорення та гальмування. Закономірності витрат енергії на цих режимах значно відрізняються.

Рівномірний режим реалізується в середніх зонах перегону ( $lv$  – пробіг автобуса на режимі постійної швидкості). При незмінній довжині перегону між зупинками, чим більша питома потужність двигуна автобуса  $Nn$  ( $N_{max}/G_e$ ) тим більша відстань  $lv$ . Якщо  $Nn$  недостатнє або довжина перегону не велика то можливі випадки коли  $lv \rightarrow 0$ , що приводить до значного підвищення енерговитратності руху автобуса.

При формуванні математичної моделі енерговитрат необхідно враховувати ці особливості, включаючи аналіз інших режимів руху автобуса на перегоні. Ці особливості функціонування автобуса у відомих роботах [93-99] до цього не розглядалися.

Для режимів руху ( $V=const$ ) енерговитрати на опір руху автомобіля визначається як:

$$E_{cv} = P_c \cdot l_v,$$

де  $P_c$  – сумарна сила опору руху автомобіля [93, 94].

а) рівномірний режим руху

$$P_{cv} = P_f \pm P_h + P_w; V=0, \quad (2.4)$$

де  $P_f$  – сила опору кочення коліс автобуса;

$P_h$  – сила опору підйому дороги;

$P_w$  – сила опору повітря.

б) не рівномірний режим руху

$$P_{cv}(t) = P_f \pm P_h + P_w(t) \pm P_j(t); V \neq 0, \quad (2.5)$$

де  $P_j$  – сила інерції автобуса,

$V \neq 0$  – режим прискореного руху або гальмування автобуса.

За цією формулою визначаються і витрати енергії при русі із постійною та не постійною швидкістю:

а) рівномірний режим руху

$$E_v = P_{cv} \cdot l_v; \quad (2.6)$$

$$l_v = V_n \cdot t_v; \quad (2.7)$$

б) не рівномірний режим руху

$$E_n = P_{сн} \cdot l_n; \quad (2.8)$$

$$l_n = \int V(t) dt + c. \quad (2.9)$$

Також із теорії автомобілів відомо, що потужність сил опору руху для різних режимів визначається за формулами:

а) рівномірний режим руху

$$N_v = P_{cv} \cdot l_v; \quad (2.10)$$

б) не рівномірний режим руху

$$N_n = P_{сн} \cdot l_n \quad (2.11)$$

Витрати палива для різних режимів визначається, як:

а) рівномірний режим руху

$$Q_v = g_e \cdot N_v \cdot t; \quad (2.12)$$

б) не рівномірний режим руху

$$Q_n(t) = \frac{1}{\eta_m} \int g_e(t) \cdot N_{cd}(t), \quad (2.13)$$

де  $g_e$  – кількість витраченого палива;

$t$  – час руху АТЗ;

$N_{cd}$  – потужність сил опору руху приведено до колінчастого валу двигуна.

В теорії енергоресурсної ефективності автомобіля [18, 25] вирішені рівняння для рівномірного та нерівномірного руху (кінематики, динаміки та енергетики) модульного автомобіля, які використані в даній роботі.

В цій теорії були отримані закономірності для формування методу тестового еталонно-порівняльного аналізу енергоефективності автомобіля узагальненого типу, розрахункова схема конструкції якого представляється у вигляді СПОКА. В цьому методі отримано рівняння для визначення показників енергоефективності автомобіля в адаптивно-дискретному русі в типовій транспортній операції.

В структуру типової транспортної операції входить чотири фази, а саме: режим постійної швидкості, режим розгону ( $\Delta V > 0$ ), режим гальмування ( $\Delta V < 0$ ) і режим нахату ( $Ny = 0$ ,  $\Delta V < 0$ ).

Показник транспортної енергоефективності є відношенням транспортної енерговіддачі даного автобуса у тестовій операції  $\rho$  до транспортної енерговіддачі еталонного автобуса у еталонній операції  $\rho_{em}$  [18]:

$$\Pi_e = \frac{\rho}{\rho_{em}} = \frac{K_v \gamma_{cm}}{K_e (\eta_q + \gamma_{cm})} \rightarrow \max, \quad (2.14)$$

де  $K_v$  – коефіцієнт швидкості автобуса в тестовій операції (відношення середньої швидкості автобуса в тестовому циклі до швидкості еталонного автобуса);

$\gamma_{cm}$  – коефіцієнт статичного використання пасажиромісткості автобуса;

$K_e$  – енергетичний коефіцієнт пробігу автобуса в тестовій операції (відношення витрати палива даного автобуса в тестовій операції до витрати палива еталонного автобуса, який рухається з постійною еталонною швидкістю);

$\eta_q$  – коефіцієнт спорядженої маси автобуса:

$$\eta_q = \frac{G_{ac}}{q_n}, \quad (2.15)$$

де  $G_{ac}$  – споряджена маса автобуса, т;

$q_n$  – номінальна пасажиромісткість автобуса, т.

Енергетичні коефіцієнти  $K_v$  і  $K_e$  визначаються для міського і магістрального тестових циклів [18]:

$$K_v = \frac{a_1(b_1 - b_2\psi_{cp})}{b_3t_p + a_2}, \quad (2.17)$$

де  $a_1$  і  $a_2$  – постійні параметри, які враховують режим руху автобуса;

$b_1, b_2, b_3$  – розрахункові коефіцієнти, які враховують конструктивні параметри та характеристики дороги [18, 25];

$\psi_{cp}$  – середнє значення коефіцієнту опору дороги на маршруті, що розглядається:

Враховуючи частку роботи автобуса у різних режимах визначається коефіцієнт швидкості автобуса на розрахунковому маршруті:

$$K_{vp} = K_{vz} \alpha_z + K_{vm} (1 - \alpha_z), \quad (2.20)$$

де  $\alpha_z$  – частка часу роботи автобуса в міських маршрутах (довжина перегону  $l_n$  є(100; 1200) м);

$K_{vz}$  і  $K_{vm}$  – значення коефіцієнта швидкості для міського і магістрального циклів відповідно.

Паливний коефіцієнт пробігу автобуса для міського і магістрального тестових циклів:

$$K_e = \frac{H \rho k_d (c_1 \psi_{cp} + c_2)}{c_3 q (\gamma_{cm} + \eta_q) + c_4 H_a B_a}, \quad (2.21)$$

де  $\rho$  – густина палива, г/см<sup>3</sup> (для бензинових двигунів  $\rho = 0,76$ ; для дизельних  $\rho = 0,84$ );

$k_d$  - коефіцієнт дорожніх умов руху (приймається в межах 0,75...1,15) [99];

$c_1, c_2, c_3, c_4$  – коефіцієнти, що враховують технічні та дорожні характеристики процесу руху автобуса на перегонах [18, 25];

$H_a$  і  $B_a$  – відповідно висота і ширина автобуса, м;

$H$  – загальна норма витрати палива, л/100 км:

## 2.4 Математичні моделі показників транспортної енергетичної ефективності автобуса і перевезень

Раніше було встановлено, для аналізу ефективності роботи автобусів використовуються показники якості, продуктивності та собівартості [100-104], які мають ряд недоліків [105]. Для можливості аналізу впливу конструктивних параметрів, а також умов перевезень і характеристик дороги необхідно порівняти даний автобус з еталонним прототипом. На підставі цього порівняння визначаються енергетично еквівалентні значення пробігу автобуса  $l_e$ , швидкості  $V_{eme}$  та часу його руху  $t_{pe}$ :

$$l_e = l \cdot K_e; \quad (2.24)$$

$$V_{eme} = V_{em} \cdot K_v; \quad (2.25)$$

$$t_{pe} = t_p \cdot K_t, \quad (2.26)$$

де  $l$ ,  $V_{em}$ ,  $t_p$  – відповідно пробіг автобуса на маршруті (м), еталонна швидкість (приймається рівною 40 км/год) та час руху (с);

$K_e$ ,  $K_v$ ,  $K_t$  – енергетичні коефіцієнти пробігу, швидкості та часу руху автобуса,  $K_t = K_e / K_v$ .

Показники (2.24, 2.25, 2.26) підставляються у відомі з теорії транспортних процесів формули продуктивності та собівартості [10-12]. В результаті отримано енергетично еквівалентні показники продуктивності  $W_{ze}$  та собівартості  $S_{kme}$  [105]:

$$W_{ze} = \frac{q \cdot \gamma_{cm} \cdot l_m}{t_p \cdot K_t + t_{зун} + t_{ок}} = K_w \cdot W_z, \quad (2.27)$$



де  $l_m$  – довжина маршруту, км;

$t_p$  – час руху автобуса, год;

$t_{зуп}$  – час зупинки для посадки і висадки пасажирів, год;

$t_{ок}$  – час простою автобуса в кінцевих пунктах простою, год;

$W_e$  – годинна продуктивність автобуса, пас.-км/год;

$K_w$  – енергетичний коефіцієнт годинної продуктивності автобуса [18]:

$$K_w = \frac{K_v}{X_\partial(K_e - 1) + 1},$$

$$K_v = c_1 x^2 + c_2 x + c_3,$$

$$K_e = b_1 x^2 + b_2 x + b_3,$$

де  $X_\partial$  – частка часу руху автобуса у загальному часі їздки  $t_i$ :

$$X_\partial = \frac{t_p}{t_i} = \frac{t_p}{t_p + t_{зуп} + t_{ок}},$$

$$S_{кмe} = C_{зм} \cdot K_e + \frac{C_{noc} \cdot (t_p \cdot K_t + (t_{зуп} + t_{ок}) \cdot \beta)}{l_m} = K_s \cdot S_{км}, \quad (2.32)$$

де  $C_{зм}$  – змінні витрати на 1 км пробігу, грн/км;

$C_{noc}$  – постійні витрати на 1 годину роботи, грн/год;

$K_s$  – енергетичний коефіцієнт собівартості перевезень:

$$K_s = K_e \left( s_1 + s_2 \frac{C_{noc}}{C_{зм}} \right); \quad (2.33)$$

$$K_e = b_1 x^2 + b_2 x + b_3, \quad (2.34)$$

де  $s_1, s_2$  – коефіцієнти, які враховують експлуатаційні фактори перевезень;

$S_{км}$  – собівартість виконання 1 км транспортної роботи, грн/ км;

$x$  – значення конструктивного параметра.

Оптимізація використання автобуса в енергетично нормалізованій схемі транспортної операції здійснюється за критеріями:

$$W_{ze} \rightarrow \max; \quad S_{xme} \rightarrow \min. \quad (2.35)$$

Перевага розробленої моделі полягає в тому, що при вирішенні задач організації перевезень енергетичні коефіцієнти  $Ke$  і  $Kt$  приймаються рівними одиниці. Якщо вирішуються організаційні та технологічні задачі, то ці коефіцієнти враховуються. Для визначення цих коефіцієнтів розроблені математичні моделі та методи моделювання [18]. З їх допомогою можна вирішувати технологічні та організаційні задачі перевезень з урахуванням еволюції конструктивних параметрів, умов перевезень і характеристик дороги. Показником результативності технологічних впливів називається відношення дискретної транспортної роботи  $W(\Delta l)$ , яка відповідає характерному пробігу АТЗ  $\Delta l$ , до величини імпульсів сили тяги автобуса  $P_m \Delta t$  [18]:

$$TB = \frac{W(\Delta l)}{P_m \Delta t^2} \rightarrow \max.$$

У багатофазовій операції руху показник енергетичної результативності технологічного впливу  $TB$  визначається для окремих підфаз і фаз ( $TB_i$ ), а також для тестового циклу ( $TB_{\psi}$ ). Підфазами операції руху для АТЗ з багатоступінчастими коробками передач являються режими руху на певній передачі. Величини  $TB_i$  та  $TB_{\psi}$  являють собою відношення дискретної транспортної роботи у певній фазі до квадратичного імпульсу сили тяги у цій фазі.

### **3. МОДЕЛЮВАННЯ ТА БАГАТОВАРІАНТНИЙ АНАЛІЗ ВПЛИВУ ТЕХНІЧНИХ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ФАКТОРІВ НА ТРАНСПОРТНУ ЕНЕРГЕТИЧНУ ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИ МІСЬКИХ АВТОБУСНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ**

#### **3.1 Постановка задачі моделювання транспортної енергетичної ефективності автобусів в тестових операціях на основі еталонно- порівняльного підходу**

В умовах міських автобусних перевезень однією з важливих задач є технологічне обґрунтування і вибір автобусів із наданою СПОКА, що відповідають вимогам підвищення ТЕЕА в транспортних процесах. Складні умови адаптивно-дискретного руху автобуса, що виникають на міських маршрутах обумовлюють високий рівень енергоємності та ресурсоємності перевезень. Цей рівень залежить від його конструктивних параметрів, режимів руху, дорожніх та транспортних факторів. Тому для підвищення транспортної енергоефективності перевезень з врахуванням цих факторів, виникає необхідність в використанні імітаційних моделей аналізу адаптивно-дискретного функціонування автобуса в міському циклі. В математичних моделях які використовуються для імітації технологічного функціонування автобуса у тестовій операції, покладено аналітичні залежності його дискретної кінематики, динаміки та енергетики [18, 93, 106]. Такі моделі дозволяють створити не тільки узагальнену модель тестової операції, в якій розглядаються різні варіанти СПОКА автобусів, а і дає можливість розглядати різні режими руху і характеристики дороги на маршруті. Тому такий підхід дозволяє вибрати автобус який буде відповідати вимогам енергоефективності перевезень з урахуванням особливостей маршрутів, на яких планується перевозити пасажирів.

Моделювання адаптивного руху автобуса з різними варіантами СПОКА у тестових операціях виконується за допомогою програмного забезпечення на ЕОМ. Метою імітаційного моделювання є створення умов експлуатаційного функціонування та аналіз придатності конструктивних параметрів автобуса як

засобу транспортного виробництва до підвищення транспортної енергоефективності перевезень на маршруті.

Такий підхід дозволяє комплексно аналізувати процес енерговитратного функціонування автобуса з урахуванням:

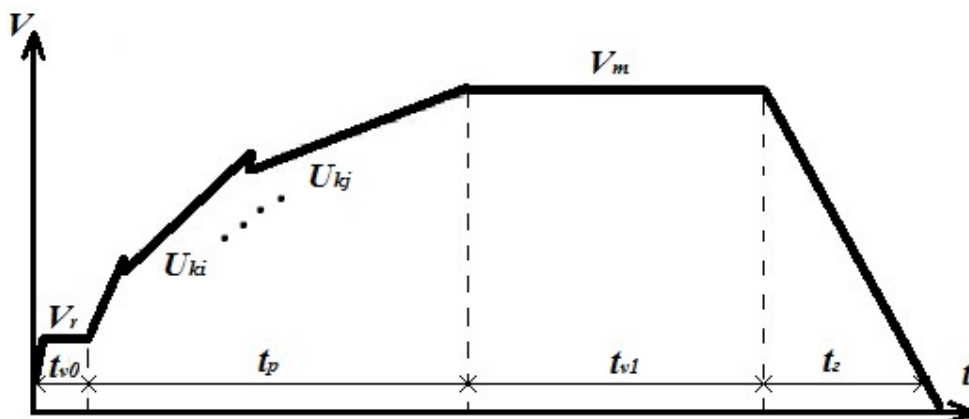
- типових робочих процесів автобуса як складного технічного засобу та об'єкта керування рухом;
- рівня технологічної придатності варіанта СПОКА автобуса до наданих умов перевезень.

Задачами моделювання є:

- формування різних конкуруючих варіантів СПОКА автобусів, що запропоновані для маршруту;
- імітація різних фаз рухових операцій автобуса відповідно до характеристик маршруту;
- порівнювальний аналіз різних варіантів СПОКА автобусів;
- визначення найбільш придатного варіанту автобуса, який забезпечує найбільший рівень показника ТЕЕА в тестових операціях;
- формування розрахункового транспортного циклу між зупинками і визначення енергетичних коефіцієнтів для використання в бальній системі конкурсного вибору автобуса.

### **3.2 Аналіз впливу технічних і експлуатаційних факторів на показники транспортної енергетичної ефективності автобусів і пасажирські перевезення на основі результатів моделювання на міських автобусних маршрутах**

За допомогою імітаційного моделювання роботи автобуса у тестовій операції визначаються показники ТЕЕА [18, 73, 80, 90]. Схема тестової операції має загальний вигляд представлений на рис. 3.1, але в умовах міського руху при зменшенні довжини перегону або при малій питомій потужності автобуса при підвищенні щільності транспортного потоку, сталих режимів руху може і не бути. При цьому рівень ТЕЕА значно зменшується.



$V_r, V_m$ , – задані значення швидкості сталого руху автобуса (початкова та максимальна відповідно);  $t_{v0}, t_{v1}$  – час руху автобуса при швидкостях відповідно  $V_r, V_m$ ;  $U_{ki} \dots U_{kj}$  – передаточні числа коробки передач, які використовуються при розгоні автобуса;  $t_p, t_2$  – час руху автобуса при розгоні та гальмуванні відповідно.

Рис.3.1. Схема карти тестової операції руху

Значення сталої швидкості автобуса після його розгону у перегінному циклі визначається наступним чином:

$$V_m = V_r(h_g, U_{kr}) + \Delta V_s(n_n);$$

$$\Delta V_s = \sum_{i=1}^{n_n} \Delta V_i(U_{ki}),$$

де  $V_r$  – вихідна мінімальна швидкість автобуса в зоні зупинки ( $V_r=3$  м/с);

$\Delta V_s$  – сумарне збільшення швидкості у циклі;

$\Delta V_i$  – приріст швидкості на  $i$ -й передачі при розгоні автобуса, обумовлений динамікою розгону АТЗ і алгоритмом трудових дій водія;

$n_n$  – кількість передач, що використовуються при розгоні відповідно до заданої операційної карти (для визначення  $n_n$  використовується спеціальна підпрограма);

$h_g$  – відносне положення педалі подачі палива,  $h_g \in (0;1)$ ;

$U_{kr}$  і  $U_{ki}$  – передаточне число коробки передач автобуса у фазах розгону.

В результаті проведення моделювання для різних варіантів конструкції автобусів отримуємо значення показників ТЕЕА. До цих показників відносяться:

- 1)  $K_{ec}$  – енергетичний коефіцієнт пробігу, який являє собою відношення витрат енергії для заданого автобуса та еталонного [18];
- 2)  $K_{eq}$  – паливний коефіцієнт пробігу, який являє собою відношення витрат палива для заданого автобуса та еталонного [18];
- 3)  $K_{vc}$  – енергетичний коефіцієнт швидкості. Це відношення середньої швидкості в циклі до еталонної швидкості, яка приймається постійною (40 км/год);
- 4)  $K_{tn}$  – енергетичний коефіцієнт часу несталого руху. Це відношення часу руху при змінній швидкості до загального часу руху у циклі:

### **3.2.1 Аналіз впливу конструктивних параметрів автобуса на його транспортну енергетичну ефективність**

Методика поелементного аналізу конструкції автобуса включає наступні етапи:

- а) постановка завдання аналізу (вибір базової моделі, переліку змінних характеристик, що вибрано для різних варіантів СПОКА);
- б) формування конкуруючих варіантів конструкції автобуса для однопараметричного або багатопараметричного аналізу;
- в) розрахунок показників транспортної енергоефективності автобуса  $Per$  і  $TV$  для кожного варіанту;
- г) встановлення закономірності впливу одного або декількох характеристик СПОКА;
- д) формулювання висновків про вагомість даної характеристики або варіанту СПОКА.

Поелементний однопараметричний аналіз впливу конструкції автобуса проводиться за визначеним алгоритмом (рис. 3.2) та на основі функціональних залежностей:

$$\begin{aligned}
K_v &= f_1(x), & K_e &= f_2(x), & P_{ep} &= f_3(x), \\
TB &= f_4(x), \\
x &\in (x_{\min}; x_{\max}), \\
\{P\} &\rightarrow idem, \{D\} \rightarrow idem,
\end{aligned}$$

де  $x$  – значення змінної характеристики СПОКА;

$x_{\min}$  і  $x_{\max}$  – мінімальне і максимальне значення характеристики  $x$ .

У математичних моделях для визначення показників  $K_v$ ,  $K_e$  і  $P_{ep}$  в рамках перетину множин  $\{K\}$  (СПОКА автобуса),  $\{P\}$  (режими руху),  $\{D\}$  (дорога) враховується формування трьох фізичних чинників адаптивно-дискретної транспортної роботи [18]:

- а) середньої швидкості складного адаптивно-дискретного руху автобуса;
- б) енергоємності і паливоємності транспортної роботи на різних фазах руху;
- в) пробігової структури операції руху, що складається з набору фаз сталого і несталого руху АП

При параметричному аналізі СПОКА приймається незмінність множин  $\{D\}$  та  $\{P\}$ . У зв'язку з цим, ідея поелементного параметричного аналізу конструкції автобуса полягає в оцінці комплексного впливу заданої характеристики конструкції  $x$  на три вищезгадані чинники. При цьому параметричний аналіз енергоефективності СПОКА може бути використаним для рішення різних задач: а) маркетингового моніторингу нових автобусів; б) експлуатаційного аналізу придатності СПОКА автобуса до конкретного маршруту. При маркетинговому моніторингу нових автобусів розглядаються функціонування АТЗ як складного науково-технічного товару. Облік закономірностей такого впливу важливий для споживчо-орієнтованого оновлення РС. Оцінка відповідності технічної новизни автобуса до концепції збереження енергії та ресурсів в транспортному процесі здійснюється за допомогою показників енергетичної  $P_{ep}$  (в тестовій операції) [73, 80].



Рис.3.2. Алгоритм багатоваріантного аналізу для оцінки автобуса за енергоефективністю

В якості базової моделі конструкції обрано автобус Богдан А-092, який широко використовується в міських пасажирських перевезеннях. Технічні характеристики даного автобуса наведено в табл. 3.2 [107].

На ринку міських перевезень конкуренція нових моделей відбувається за рахунок зміни значень певних конструктивних параметрів. Найчастіше створення нових зразків конструкцій АТЗ для міських перевезень відбувається за рахунок зміни заводами-виробниками таких технічних характеристик:



## Технічні характеристики автобуса Богдан А-092

Технічні характеристики	Богдан А-092
Пасажіромісткість, чол. загальна / для сидіння	50 / 21
Габаритні розміри, мм:	
Довжина	7205
Ширина	2370
Висота	2740
Споряджена маса, кг	4600
Повна маса, кг	8100
Колія коліс, мм:	
Передніх	1665
Задніх	1650
Розподіл маси на дорогу від автобуса у спорядженому стані, кг:	
передня вісь	2050
задня вісь	2550
Розподіл маси на дорогу від автобуса з повною масою, кг:	
передня вісь	2450
задня вісь	5650

Час розгону до 60 км/год, с	35
Максимальна потужність, кВт (к.с.)	89 (121)
Частота обертання колінчастого валу при максимальній потужності, об/хв	3200
Частота обертання колінчастого вала при максимальному крутному моменті, об/хв	1600
Радіус шини, мм	365
Лінійна витрата палива, л/100 км	17

- максимальна потужність двигуна;
- максимальний крутний момент;
- максимальна частота обертання колінчастого вала;
- питома потужність автобуса;
- передаточне число головної передачі;
- передаточні числа коробки передач;
- радіус колеса;
- питома витрата палива двигуна.

Проаналізуємо вплив зміни окремих конструктивних параметрів на показники функціональної ефективності та результативності технологічного впливу автобуса.

### 3.2.2. Аналіз впливу максимальної потужності двигуна

Однією із конструктивних характеристик, що значно впливає на тягово-швидкісні властивості автобуса є максимальна потужність двигуна  $N_m$  [97, 98, 108, 109]. У різних виробників на автобусах одного і того ж класу цей показник має різні значення. Але методика, яка б оцінювала вплив та різницю зміни цієї характеристики на енергоефективність автобуса при здійсненні міських перевезень, відсутня.

Згідно з розробленою методикою, оптимальні значення  $N_m$  визначаються на основі аналізу транспортного руху АТЗ (тобто роботи АТЗ у режимах сталого і несталого руху, що чергуються). За отриманими результатами побудовано залежності показників енергетичної ефективності (рис. 3.3, 3.4, 3.5) та результативності технологічного впливу автобуса (рис. 3.6, 3.7) від максимальної потужності двигуна  $N_m$  (к.с.).

З рисунків 3.3, 3.4 видно, що при збільшенні значення потужності  $N_m$  енергетичні коефіцієнти пробігу  $K_e$ , часу руху  $K_{te}$  та швидкості  $K_{vc}$  в циклі збільшуються, а частка часу в несталому русі  $K_{tn}$  зменшується. Також видно, що надмірне збільшення або зменшення потужності негативно впливає на коефіцієнти енергетичної ефективності  $Pe$  та паливної ефективності  $Peq$  автобуса в операції, а оптимальні значення знаходяться в межах  $N_m = 96...101$  (к.с.).

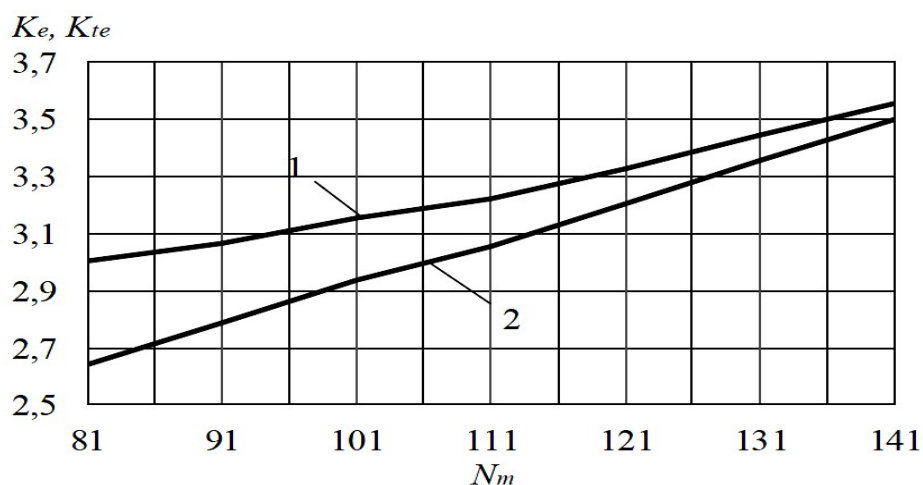


Рис.3.3. Графік залежності показників транспортної енергетичної ефективності автобуса Богдан А-092 від максимальної потужності двигуна  $N_m$  (к.с.)

1 –  $K_e$ , 2 –  $K_{te}$

$K_e$  - енергетичний коефіцієнт пробігу;  
 $K_{te}$  - час руху;  $K_{vc}$  – швидкість;  
 $K_{tn}$  - частка часу в несталому русі.

1 –  $K_{vc}$ , 2 –  $K_{tn}$

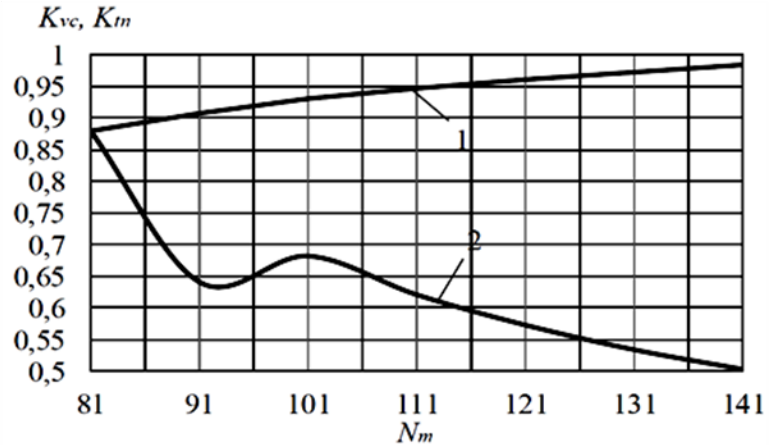


Рис.3.4. Графік залежності показників транспортної енергетичної ефективності автобуса Богдан А-092 від максимальної потужності двигуна  $N_m$  (к.с.)

Елементи трансмісії мають велику кількість варіантів та комбінацій, частіше за все змінюються, значення передаточних чисел головної передачі та коробки передач, а також кількість самих передач [110, 111].

Головна передача створена для збільшення крутного моменту, що передається на ведучі колеса та впливає на тягові характеристики, витрати палива, розгін та максимальну швидкість руху автобуса. Чим більше число передач в коробці передач, тим кращі динамічні та паливно-економічні характеристики АТЗ. Із збільшенням кількості передач легше підібрати оптимальний режим роботи двигуна для заданої швидкості руху у конкретних дорожніх умовах, відповідно економічність АТЗ покращується [18].

За результатами математичного моделювання проведеного відповідно до розробленої методики було встановлено та проаналізовано вплив передаточного числа головної передачі  $U_0$  на показники енергоефективності ( $K_e$ ,  $K_{te}$ ,  $K_{vc}$ ,  $K_{tn}$ ,  $Peq$ ,  $Pe$ ) та результативності технологічного впливу  $TB$  автобуса.

Значення передаточного числа головної передачі має великий вплив на енергетичні коефіцієнти пробігу  $K_e$  та часу руху  $K_{te}$ , криві залежності мають схожий екстремальний характер та показують, що пік значень коефіцієнтів приходить на  $U_0=5,2$ . При збільшенні  $U_0$  від 5,857 і вище, майже не змінюється.

Доля часу в неусталеному режимі руху  $K_{tn}$  значно збільшується в межах значень  $U_0=5,3\dots5,9$ , а при значеннях менше та вище зазначених майже не впливає. А коефіцієнт швидкості  $K_{vc}$  при збільшенні  $U_0$ , стрімко зменшується.

Передаточне число головної передачі значно впливає на коефіцієнт енергетичної ефективності автобуса в тестовій операції, крива має екстремальний характер та показує, що оптимальне значення  $U_0 = 5,857$ , а при його збільшенні  $P_e$  не змінюється.

### 3.3. Аналіз впливу експлуатаційних умов перевезень

В даному дослідженні показниками, що характеризують умови руху, обрано зміну приросту швидкості руху (чим більше щільність транспортного потоку на перегоні, тим менше  $\Delta V_s$ ), коефіцієнт статичного використання пасажиромісткості та довжина перегону які при використанні існуючих методик складання графіків руху автобусів не враховуються [115]. З графіків (рис.3.5) видно, що при збільшенні приросту швидкості  $\Delta V_s$  енергетичний показник пробігу  $K_{ec}$ , часу руху  $K_{tc}$  та доля часу в неусталеному режимі руху  $K_{tn}$  збільшується, а крива коефіцієнта швидкості  $K_{vc}$  має вигляд параболи із вершиною спадання при значенні  $\Delta V=11$  м/с. Криві показників енергетичної та паливної ефективності мають схожий характер та показують, що із збільшенням приросту швидкості вони зменшуються.

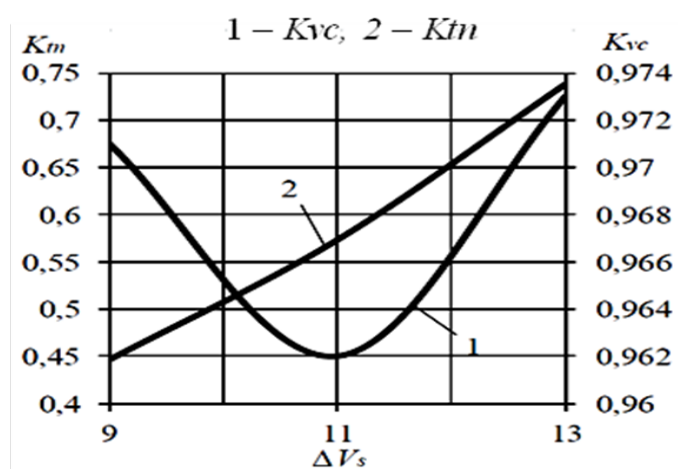


Рис.3.5. Графік залежності показників енергетичної ефективності автобуса Богдан А-092 від приросту швидкості  $\Delta V_s$  (м/с)

Також необхідно дослідити вплив зміни довжини перегону  $l_c$  на показники енергетичної ефективності і технологічного впливу автобуса. Діапазон зміни перегону ми обираємо від 100 м до 1000 м, так як необхідно враховувати не лише відстань між зупинками, а ще світлофори, перехрестя та завантаженість дороги.

### **3.4. Постановка задачі модернізаційно-технологічного підвищення транспортної енергоефективності міських пасажирських автобусних перевезень**

Актуальність методів технологічно-інноваційного аналізу транспортного процесу і модернізаційного підвищення енергоефективності автобусних перевезень обумовлена тим, що спеціалістами транспортних підприємств використовуються суто господарчий підхід до їх керування сервісно-комерційним функціонуванням з використанням вартісного, але технологічно-консервативного методу максимізації прибутку від перевезень [74-77].

В першому розділі було показано, що недоліком з точки зору розвитку ТТ є використання схеми віртуального транспортування, принципу FUT та відсутність опису технологічного транспортування з урахуванням властивостей автобуса. В результаті нехтування задачами технологічно-інноваційного розвитку спостерігається дуже великий рівень фізичного та морального зносу автобусів. Важливою причиною цього нехтування на практиці є наслідки розукрупнення на автотранспорті та появою великої кількості малих та дуже малих автомобільних підприємств з міських перевезень пасажирів. Така ситуація призвела до того, що в містах функціонують до 85-90 % малих підприємств (з кількістю автобусів від 3-х до 12-ти одиниць) [2, 4]. З точки зору можливості розвитку автотранспорту у сфері міських автобусних перевезень сформувалось явище масового дрібнотоварного виробництва автотранспортних послуг [117] в умовах низького економічного стану міського населення, яке є основним споживачем автотранспортних послуг. В теорії економіки транспортного процесу [118] таке виробництво має ряд суттєвих недоліків в аспекті управління модернізаційним розвитком автотранспортних підприємств. По-перше, вони мають дуже низький

рівень економічної стійкості, по-друге, вони мають дуже малі штати інженерно-технічних працівників і тому не можливо забезпечити потрібний рівень спеціалізації робітників в напрямку аналізу і формування енергозберігаючих транспортних технологій. В той же час, в цих підприємствах обмежені фінансові можливості для своєчасного оновлення рухомого складу. Воно відбувається дуже повільно із-за низької економічної стійкості. При цьому, в основному використовується вартісний метод обґрунтування оновлення, який має суттєві вищезазвані недоліки. Основними умовами такого обґрунтування є мінімізація експлуатаційних і приведених витрат [117] без врахування метода модернізаційно-технологічного підвищення ТЕЕА і концепції технологічного енергозбереження на автотранспорті. Завдяки сумарному впливу недоліків суто вартісного підходу формуються низькі транспортні технології, які характеризуються невисокими рівнями продуктивності та ТЕЕА, а з іншого боку, це не відповідає і суперечить стратегічній концепції енергозбереження.

В зв'язку з цим, для методологічного забезпечення концепції експлуатаційно-технологічного енергозбереження та для інноваційного підвищення рівня ТТ, а також для експлуатаційного керування техніко-технологічним рівнем автотранспортних послуг потрібно сформувавши комплекс експлуатаційних методик підвищення ТЕЕА. При цьому слід використати такі важливі принципи технологічного розвитку процесів перевезень [18]: а) життєвого циклу транспортних послуг; б) технологічно-інноваційного збереження енергії і ресурсів в процесі автобусних перевезень; в) концептуально-обґрунтованої реалізації комплексу техніко-технологічних новацій.

В першому розділі було визначено, що з точки зору концепції інноваційно-технологічного енергозбереження існуючі методи [10-17], що є нефізичними, нетехнічними, нетехнологічними, неенергетичними, невиробничими та антимодернізаційними і антивиробничими. Відомо, що в цих методах використано схему віртуального транспортування, а в основу теорії організації перевезень покладено принцип FUT (див. перший розділ). На практиці експлуатації автобусів вищевказані методологічні недоліки обумовили низький рівень техніки та технології міських пасажирських автобусних перевезень. В

теоретичному і практичному аспектах не вирішується актуальна науково-технічна задача модернізаційно-технологічного підвищення ТЕЕАП. Слід зауважити, що при вирішенні цієї задачі необхідно врахувати важливі особливості міських автобусних перевезень (див. перший розділ). В зв'язку з вищевикладеним для формування вищеназваного комплексу експлуатаційних методик підвищення ТЕЕА сформовані наступні вимоги, що до врахування:

- конструктивного різноманіття автобусів;
- нерівномірності пасажиропотоку на маршруті;
- нестабільне заповнення автобусів пасажирами;
- нерівномірно-переривчастий рух автобусів на маршрутах;
- високу енергоємність руху автобуса.

З урахуванням вищевикладеного і сформульованих вимог в вищеназвану структуру комплексу для інноваційного підвищення ТЕЕА входять наступні три методики:

- методика моніторингу заданого сегменту ринка автобусів за рівнем їх ТЕЕА;
- методика експлуатаційного підвищення ТЕЕА з урахуванням конструктивних параметрів, а також дорожніх і транспортних умов руху на маршруті;
- методика врахування ТЕЕА при проведенні конкурсу по вибору перевізника на маршрут.

В результаті того, що на ринку існує велике конструктивно-технічне різноманіття автобусів, перед перевізниками постає задача в систематизації, зберіганні, обробці і аналізі технічних, енергетичних та конструктивних параметрів автобусів в різних сегментах ринку надання транспортних послуг. Це дасть можливість перевізникам робити вибір автобусів більш науково обґрунтованим та таким, що буде відповідати високому технологічному рівню транспортного обслуговування і експлуатації на заданих маршрутах.

Транспортне обслуговування і експлуатація автобусів повинні бути не тільки противитними, а і технологічно якісними.

Під технологічно якісними розуміють такі проекти транспортування, в яких необхідно забезпечити:

- адаптивну транспортну продуктивність в умовах конфліктної дорожньої мережі;
- траєкторну безпеку з урахуванням можливих небезпечних дорожньо-транспортних ситуацій;
- транспортна енергоефективність з урахуванням конфліктності, небезпечних ситуацій і названих особливостей АП.

Це можна досягти на основі формування і реалізації проектів модернізаційно-технологічного підвищення транспортної енергоефективності міських пасажирських автобусних перевезень. Крім того, вибір автобусів в цих проектах повинен виходити з умов підвищення: а) технологічної ефективності машинних і трудових процедур ТТ; б) ефективності процесів енергетичного перетворення ресурсів в продукт транспорту при експлуатації автобусів.

Крім того, рішення поставленої задачі з врахуванням вищезазначених вимог повинно виходити із інноваційно-технологічної концепції експлуатаційно-технологічного енерго-ресурсозбереження, яка сформульована в першому розділі. З точки зору інноваційно-технологічного забезпечення як автотранспорту так і автотранспортного процесу міських автобусних перевезень, названа концепція модернізаційно-технологічного розвитку повинна реалізуватися при вирішенні усіх експлуатаційних задач в аспекті підвищення ТЕЕАП: обґрунтування оновлення автобусів, технологічного вибору РС, вибір маршрутів руху, формування парку рухомого складу та інноваційного формування енергозберігаючих транспортних технологій при плануванні техніко-технологічного розвитку автобусних перевезень.

В цих методиках загальними вимогами є необхідність дослідження і прогнозування впливу характеристик автобуса на ТЕЕАП як ресурсо-технічного засобу якісного транспортного виробництва.

Враховуючи це, для вирішення задачі техніко-технологічного обґрунтування та концептуально-орієнтованого оновлення парку РС необхідно використання теорії енергоресурсної ефективності АТЗ [18].

Проектне підвищення ТЕЕА [39] забезпечує в майбутньому гарантоване зниження енерго- і ресурсоемності автотранспортних послуг.



### **3.5. Методика моніторингу заданого сегменту ринка автобусів за рівнем їх транспортної енергетичної ефективності**

Згідно принципу життєвого циклу автотранспортних послуг першим етапом рішення задачі транспортної енергетичної ефективності автобуса починається з маркетингового аналізу сегменту ринку автобуса [119].

Слід відзначити, що автоперевізники, перед якими виникла задача оновлення існуючого парку або формування нового, зіштовхуються із великим конструктивно-технічним різноманіттям автобусів. Згідно існуючого противитратного підходу при виборі автобуса користуються критеріями їх пасажиромісткості. При цьому вищезазвані вимоги враховуються недостатньо, а деякі важливі (СПОКА, дорожньо-мережева інфраструктура, технологічні процедури) взагалі не враховуються. В зв'язку з цим, такі рішення є концептуально хибними так як вони не забезпечують інноваційно-технологічне енергозбереження та не дозволяють оцінювати і спрогнозувати придатність технічних характеристик автобусів до енергозберігаючих транспортних технологій. Особливо такий не концептуальний підхід небажаний при керуванні розвитком міських автобусних перевезень. Відомо, що вони відносяться до масових перевезень пасажирів. Крім того, вони здійснюються в складних дорожніх умовах та на адаптивно-дискретних режимах руху автобусів і при постійних змінах їх експлуатаційних характеристик. Це приводить до значного зростання енерго- і ресурсоемності автобусних перевезень.

Зважаючи на це, для більш обґрунтованого вибору автобусів із заданими характеристиками СПОКА, запропоновано методику маркетингового моніторингу автобусів за показниками ТЕЕА [120-122].

В запропонованій методиці моніторингу автобусів на міські маршрути оцінка ТЕЕА відбувається за показником їх енергетичної ефективності для різних марок і моделей автобусів. Для уніфікованого аналізу конструктивно-технічних особливостей нових автобусів запропоновано модель автобуса узагальненого типу, яка враховує варіанти структурно-параметричної організації конструкції автобуса у вигляді 14-ти функціонально конструктивних модулів.

Вона дає змогу провести аналіз із ряду автобусів і вибрати той, що відповідає технологічним вимогам заданих параметрів.

Метою методики моніторингу є оцінка та прогнозування придатності технічних характеристик автобусів, які пропонуються на ринку, до енергозберігаючих транспортних технологій.

Під транспортними технологіями розуміється науково-описана сукупність людино-машинних і енергоресурсних способів створення якісного продукту транспорту [18, 83, 84]. Для розробки методики моніторингу були вирішені наступні задачі:

- сегментування ринку автобусів і формування конструктивних варіантів;
- формування варіантів СПОКА на основі визначення технічних і вартісних характеристик міських автобусів як нових товарів;
- уточнення математичних моделей для проведення моніторингу автобусів за показником їх енергетичної ефективності;
- розробка електронних таблиць для автоматизованих розрахунків показників транспортно-технологічної якості автобусів.

Також було розглянуто процес моніторингу ринку автобусів заданого сегменту за ТЕЕА та визначено напрямок подальших досліджень.



СПОКА – структурно-параметрична організація конструкції автобуса

Рис.3.6. Процес моніторингу ринку автобусів заданого сегменту за ТЕЕА

Згідно концепції енергозбереження, параметри конструкції автобуса і характеристики його структури повинні бути такими, що забезпечать

максимізацію показників транспортної енергоефективності  $Pe$ . Саме такий показник характеризує придатність автобуса до максимізації технологічної якості продукту транспорту.

Звідси формується математична постановка задачі проведення моніторингу ринку в заданому сегменті, яка виглядає так:

Задані:

- 1) сегмент ринку;
- 2) характеристики маршрутів (довжина, кількість перегонів, характеристики дороги);
- 3) пасажиромісткість автобуса;
- 4) завантаженість автобуса;
- 5) конкуруючі варіанти СПОКА.

Визначити рівень показника енергетичної ефективності  $Pe$  кожного варіанта СПОКА автобуса для групи конкуруючих варіантів.

Рівень автобуса як науково-технічного товару задається критерієм споживчої якості  $Ps_a$ , який є мультиплікативною функцією від п'яти показників споживчих якостей [18]:

$$\begin{aligned} P_{sa} &= P_e \cdot P_\partial \cdot P_{pn} \cdot P_{me} \cdot P_{pe} \\ P_e &\geq P_{ej}, P_\partial \geq P_{\partial j}, P_{pn} \geq P_{pnj}, P_{me} \geq P_{mej}, P_{pe} \geq P_{pej} \end{aligned} \quad (4.1)$$

де  $P_e$  – показник енергетичної ефективності АТЗ, який прийнятий як показник комплексної якості автобуса;

$P_\partial$  – показник довговічності (відношення величин амортизаційного пробігу даного автобуса і його середнього значення для сегменту автобусів):

$$\Pi_{\delta} = \frac{LH}{LH_j} \rightarrow \max, \quad (4.2)$$

де  $\Pi_{pn}$  – показник ресурсної неоднорідності конструкції автобуса, який залежить від агрегатної структури транспортних засобів, нормативного пробігу агрегатів, а також їх цін (на даному етапі  $\Pi_{pn} = 1$ );

$\Pi_{me}$  – показник товарної економічності, який є відношенням середньої ціни автобусів у даному сегменті ринку до ціни конкретного автобуса (на даному етапі  $\Pi_{me} = 1$ ):

Порівняти та вибрати той, який відповідає  $\Pi_e \rightarrow \max$ . Цей варіант повинен забезпечити підвищення ТЕЕА для заданих автобусних маршрутів.

$$\Pi_{me} = \frac{Ц_j}{Ц} \rightarrow \max, \quad (4.3)$$

де  $\Pi_{pe}$  – показник рівня екологічності автобуса, згідно стандартів Євро;

$j$  – індекс, який характеризує обмеження характеристик споживчої властивості у сегменті автобусів.

Звідси зрозуміло, що чим більший показник споживчої якості  $\Pi_{ca}$ , тим вища досконалість конструкції автобуса.

Алгоритм моніторингу представлений на рисунку 3.7. В ньому представлена логіка і процедури переробки інформації і прийняття рішення.

Для забезпечення автоматизованих розрахунків показників були розроблені електронні таблиці (рис. 3.7.) за допомогою пакету програм EXCEL. Вони забезпечують порівняльний аналіз автобусів та застосовуються для збору, зберігання, швидкого розрахунку та систематизації характеристик ТЗ, що використовуються для техніко-технологічного обґрунтування автобуса.

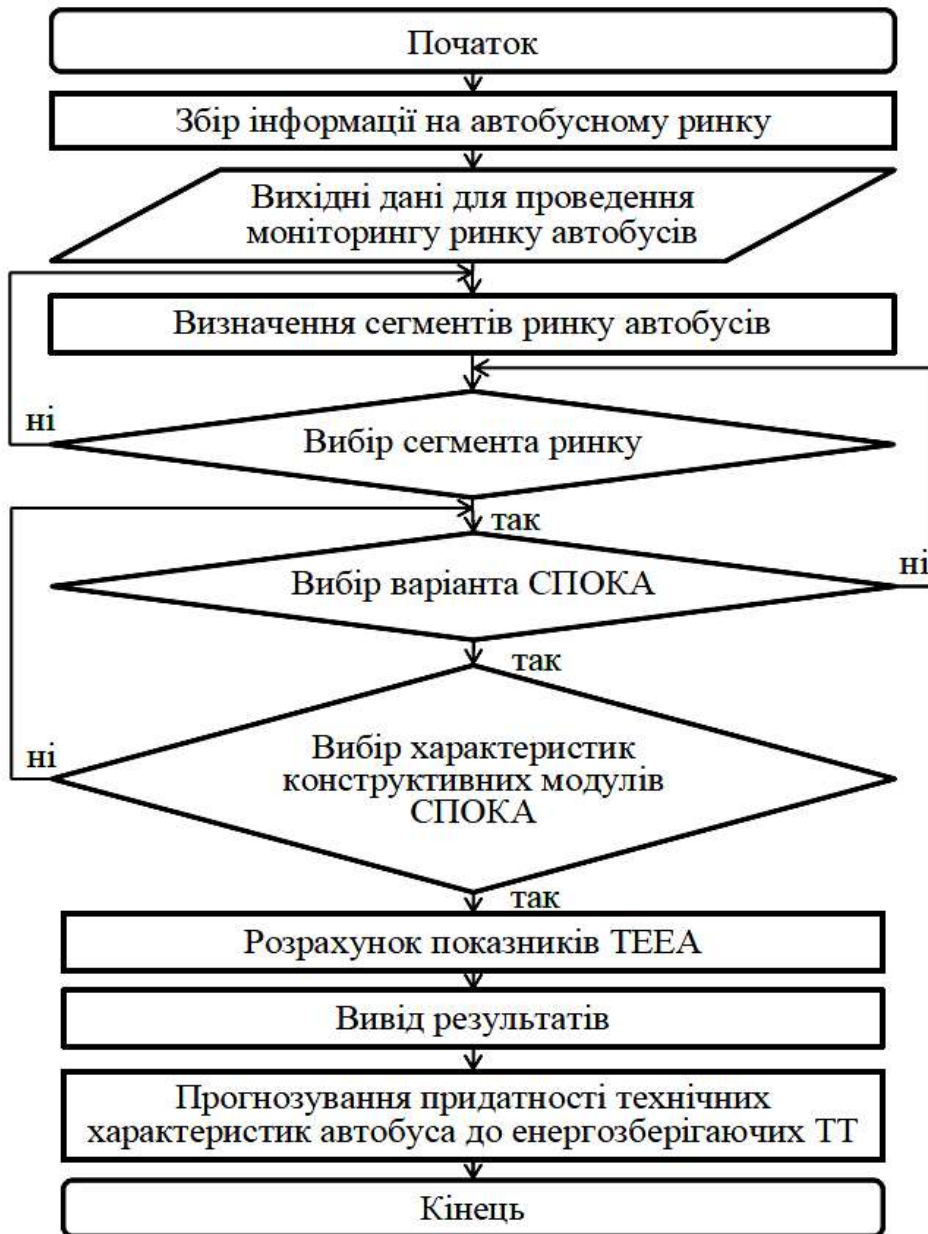


Рис. 3.7. Схема алгоритму моніторингу ринку автобусів за рівнем їх ТЕЕА на наданому сегменті

Згідно умови здійснюється ранжирування автобусів за ступенем їх придатності до енергозберігаючих технологій. Крім того, за допомогою цих таблиць формуються вихідні дані для технологічного прогнозування, яке полягає у визначенні характеру впливу зміни найважливіших конструктивних параметрів на величину енергетичної ефективності автобуса.

ЕНЕРГОРЕСУРНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ													
4													
5													
6	Марка	Кт	Показник	Пс	Пс	Коефіцієнт швидкості		Паливний індекс		Показник енергетичної ефективності (α=0.4)			
7	автобусів		економ.	Полож.влас.	змін	Міськ.цикл	Магістраль	Міськ.цикл	Магістраль	Міськ.цикл	Магістраль	Зміш.міст.	Зміш.маг.
8													
9	ГАЗ-3221 до 313-402	0.189	0.237	0.007	0.010	0.801	0.856	5.846	4.497	0.032	0.044	0.036	0.040
10	ГАЗ-32213 до 313-406	0.239	0.299	0.012	0.016	0.807	0.859	5.415	4.165	0.039	0.055	0.045	0.049
11	УАЗ-2206	0.317	0.396	0.014	0.024	0.761	0.841	6.749	4.527	0.036	0.060	0.045	0.052
12	РАФ-2203-01	0.331	0.414	0.014	0.020	0.795	0.854	7.534	5.795	0.035	0.049	0.040	0.044
13	ІВЕЙ 3265 5-й клас А3	0.280	0.350	0.020	0.030	0.710	0.819	3.828	2.871	0.056	0.086	0.066	0.075
14	КАВЗ-3976	0.379	0.474	0.022	0.033	0.694	0.812	5.425	4.173	0.046	0.070	0.054	0.061
15	Богдан А-062	0.305	0.381	0.019	0.029	0.642	0.787	5.108	4.142	0.050	0.076	0.059	0.067
16	ГАЗ-3205	0.450	0.562	0.023	0.035	0.688	0.809	5.933	4.564	0.041	0.062	0.048	0.055
17	ГАЗ-672М	0.446	0.557	0.022	0.035	0.642	0.787	6.031	4.639	0.040	0.063	0.048	0.055
18	БАЗ-3202Еталон	0.230	0.288	0.015	0.027	0.646	0.789	4.360	2.933	0.053	0.094	0.067	0.079
19	ГАЗ-32054	0.502	0.628	0.025	0.037	0.688	0.809	6.534	5.026	0.039	0.060	0.046	0.052
20	ГАЗ-32051	0.408	0.510	0.038	0.033	0.688	0.809	3.488	4.845	0.075	0.064	0.071	0.068
21	БАЗ-А-079 ОАЕталон	0.305	0.381	0.022	0.035	0.646	0.789	4.313	3.318	0.058	0.092	0.070	0.080
22	Богдан А-092	0.273	0.342	0.021	0.030	0.688	0.809	4.427	3.689	0.062	0.087	0.070	0.078
23	Богдан А-091	0.316	0.396	0.025	0.043	0.688	0.809	4.684	3.223	0.063	0.108	0.079	0.093
24	ГАЗ-4207	0.163	0.204	0.013	0.020	0.646	0.789	3.022	2.324	0.061	0.098	0.074	0.085
25	ГАЗ-699Р	0.608	0.760	0.028	0.044	0.679	0.805	5.795	4.458	0.037	0.057	0.044	0.050
26	ГАЗ-42021	0.363	0.454	0.029	0.044	0.679	0.805	3.628	2.790	0.064	0.098	0.076	0.086
27	ГАЗ-699Н	0.435	0.544	0.032	0.051	0.666	0.799	6.498	4.999	0.043	0.066	0.051	0.058
28	Мерседес-Бенц С 202 С	0.435	0.544	0.032	0.051	0.750	0.836	2.275	1.750	0.100	0.145	0.116	0.129
29	Богдан А-144	0.226	0.283	0.019	0.033	0.688	0.809	4.087	2.725	0.066	0.117	0.084	0.099
30	КАМІУС-263	0.399	0.499	0.029	0.046	0.658	0.795	4.378	3.368	0.059	0.092	0.071	0.081
31	МАЗ 104С-21	0.227	0.284	0.018	0.027	0.692	0.811	3.803	2.925	0.063	0.096	0.074	0.084
32	ГАЗ-52527	0.303	0.379	0.026	0.040	0.666	0.799	3.789	2.915	0.068	0.106	0.081	0.093
33	КАМІУС-263 64 ВД 2.2	0.478	0.598	0.037	0.062	0.601	0.765	3.732	2.870	0.062	0.103	0.077	0.089
34	ГАЗ-5256	0.275	0.344	0.031	0.047	0.706	0.817	3.554	2.733	0.090	0.136	0.106	0.120
35	КАМІУС-263 00 ВД 2.2	0.603	0.754	0.044	0.076	0.551	0.737	3.773	2.922	0.058	0.100	0.073	0.085
36	КАМІУС-436 01 ВД 2.2	0.420	0.526	0.044	0.070	0.650	0.791	3.055	2.350	0.085	0.134	0.102	0.117
37	Богдан А-231	0.216	0.270	0.030	0.046	0.688	0.809	3.185	2.450	0.112	0.171	0.133	0.150
38	ГАЗ-А291	0.248	0.310	0.027	0.045	0.602	0.766	3.056	2.351	0.087	0.144	0.107	0.124

Рис.3.8. – Фрагмент розробленої електронної таблиці

Інформація в електронній таблиці згрупована по марках автобусів. Таблиця поділена на кілька частин, у яких представлено вихідні дані, проміжні розрахунки та показники оцінки ТЕЕА, за якими приймається рішення що до обґрунтування вибору автобуса згідно з концепцією енергозбереження.

### 3.6. Методика експлуатаційного підвищення транспортної енергоефективності автобуса з урахуванням конструктивних параметрів, а також дорожніх і транспортних умов руху на маршруті

Існуючі методики [10-17, 123] забезпечують підвищення противитратної ефективності двох видів експлуатації автобусів (транспортно-організаційну та комерційну), в яких його властивості розглядаються дуже спрощено - як перевізного засобу. При цьому, враховується тільки одна конструктивно-технічна (пасажиромісткість) і одна експлуатаційна властивість (технічна швидкість), яка визначається за схемою віртуального транспортування. Такий

підхід не дозволяє реалізувати концепцію енергозбереження при експлуатації без врахування конструктивно-технічних і ресурсно-технічних властивостей автобуса.

Для цільового управління та експлуатаційного підвищення енергозберігаючого розвитку автобусного парку актуальним є створення методів комбінаторного аналізу схем функціонування автобуса і композиційного проектування процесу відтворення основного товару автотранспортного комплексу – автотранспортних послуг, що забезпечує заданий рівень енергетичної якості.

Тому була запропонована нова методика експлуатаційного підвищення ТЕЕА [64, 71, 80]. Ця методика на відміну від існуючих заснована на транс-технологічній схемі транспортування пасажирів та враховує виробництво продукту транспорту, виробничу функцію автотранспорту та матеріальну виробничу і модернізаційну компоненту транспортних технологій.

Методики, що використовувались раніше на відміну від запропонованої не можуть науково-обґрунтовано вирішувати задачі технологічно-якісної експлуатації автобусів як носія технічних ресурсів.

Дана методика має дві мети: стратегічна мета – реалізація концепції технологічного енерго- і ресурсозбереження при експлуатації автобуса та тактична мета – забезпечення технологічного вибору автобуса за критерієм ТЕЕА із урахуванням комплексу конструктивно-технічних, дорожніх і трафікових (автомобільних і пішохідних) умов руху. Крім того, забезпечити вибір автобуса відповідно до поставлених задач та обраних маршрутів згідно концепції енергозбереження.

Для розробки методики експлуатаційного підвищення ТЕЕА були вирішені наступні задачі:

- аналіз технічних характеристик автобусів;
- аналіз характеристик маршруту;
- визначення особливостей функціонування автобуса на маршруті;
- уточнення математичних моделей для експлуатаційного підвищення ТЕЕА;

- розробка методики експлуатаційного підвищення ТЕЕА з урахуванням конструктивних параметрів і умов руху на маршруті.

Математична постановка задачі визначення автобуса із оптимальною СПОКА сформується наступним чином.

Задані:

- 1) конкуруючі варіанти СПОКА автобусів;
- 2) фіксовані характеристики дороги, тестової операції, режимів руху;
- 3) вимоги до рівня ТЕЕА;
- 4) вимоги до рівня показників продуктивності та собівартості.

Знайти варіанти СПОКА, які будуть задовольняти вимогам.

На рисунку 3.9. представлено алгоритм методики експлуатаційного підвищення ТЕЕА з урахуванням конструктивних параметрів і умов руху на маршруті. В ньому наведено два підходи до вирішення задачі вибору автобуса: організаційний і техніко-технологічний.

Таким чином, реалізація процедур та методів запропонованих у блок-схемі алгоритму методики експлуатаційного підвищення ТЕЕА з урахуванням конструктивних параметрів і умов руху на маршруті дозволить вирішити визначені в роботі задачі та досягти поставленої мети.

Методом параметричного математичного моделювання енергоефективності автобусів з різними конструктивно-технічними характеристиками і з урахуванням змін характеристик маршрутів та дорожніх умов отримані функціональні залежності [42].

В результаті моделювання встановлено, що використані математичні моделі та розроблені алгоритми мають достатню чутливість щодо однопараметричного та багатопараметричного аналізу ТЕЕА.

Це дозволить виконати такий вибір автобуса, який забезпечить врахування комплексу конструктивно-технічних, дорожніх і трафікових (автомобільних і пішохідних) умов руху та буде відповідати концепції енергозбереження.



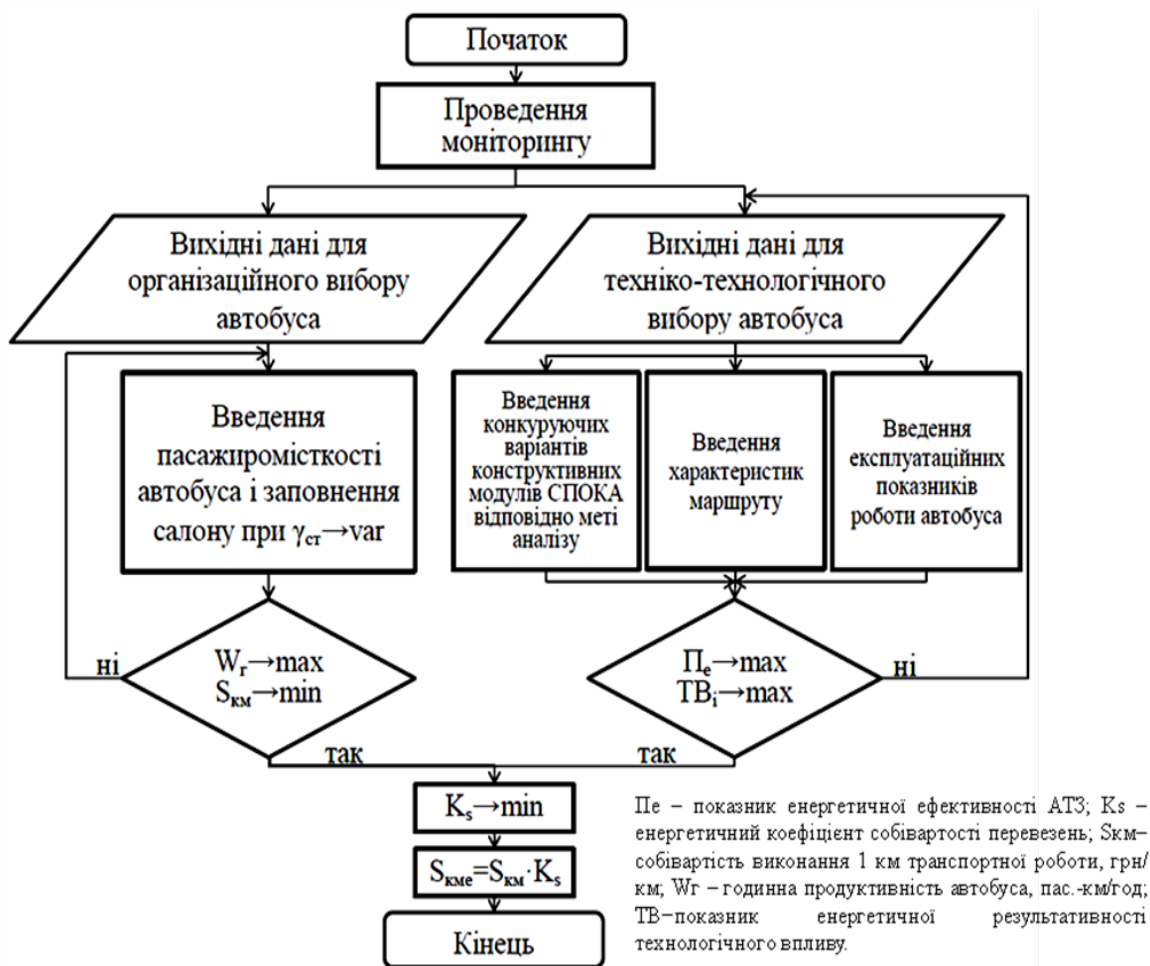


Рис.3.9. Блок-схема алгоритму вирішення задачі техніко-технологічного обґрунтування вибору автобусів для міських маршрутів

### 3.7. Методика врахування транспортної енергоефективності автобуса при проведенні конкурсу по вибору перевізника на маршрут

З точки зору інноваційного розвитку транспортних підприємств важливе значення має врахування і реалізація концепції модернізаційно-технологічного розвитку не тільки під час експлуатації автобуса, але і на самих ранніх етапах життєвого циклу автотранспортних послуг. Одним із таких етапів є участі цих підприємств в конкурсах з перевезення пасажирів на автобусних маршрутах загального користування [55, 56].

Однак, існуючий порядок проведення конкурсу, заснований на методиці організаційного вибору автобусів та не відповідає інноваційно-технологічній концепції експлуатаційно-технологічного енерго-ресурсозбереження. Він

враховує лише окремі експлуатаційні показники (пасажиромісткість, витрати на перевезення, термін експлуатації ТЗ). При цьому не враховуються перспективні, важливі, аспекти експлуатації – підвищення ТЕЕА. В методиках конкурсу не оцінюються такі фактори як : конструктивні параметри, експлуатаційні і дорожні характеристики, що впливають на енергоефективність перевезень на маршруті. Крім того, в першому розділі було встановлено, що методики організаційного вибору автобусів, ґрунтуються на технологічно-консервативних теоріях транспортних процесів і економіки транспорту [10-12, 117, 118], в яких розглядається автобус, як простий віртуальний рухомий кузов, а не як носій технічних ресурсів транспорту [18]. В розрахунковій схемі автобусної операції фіксуються тільки події відправлення та прибуття автобуса на зупинку, а не процес їх енерговитратного та ресурсо-перетворювального переміщення.

З іншого боку, в удосконаленні порядку проведення конкурсу згідно зазначеної концепції перш за все можуть бути зацікавлені органи виконавчої влади, які виконують роль організаторів цього конкурсу. Технологічно-модернізаційне зниження енерго- і ресурсоемності АП є гарантією того, що майбутні тарифи на перевезення можуть залишатися на мінімально допустимому рівні (тому, що на них впливає рівень майбутніх витрат на технічні, енергетичні та трудові ресурси АП). Крім того, відомо, що підвищення ТЕЕА позитивно впливатиме на рівень екологічності АП [124-126].

Дану задачу запропоновано вирішити за допомогою удосконалення існуючого порядку проведення конкурсу серед перевізників претендентів [58, 59].

Метою удосконалення методики є забезпечення вибору перевізника-претендента на обслуговування запропонованого маршруту, парк автобусів якого буде відповідати характеристикам маршруту та забезпечить технологічно-якісне обслуговування пасажирів.

Для досягнення поставленої мети було вирішені наступні задачі:

- аналіз технічних характеристик автобусів;
- аналіз характеристик маршрутів;
- розробка математичних моделей для врахування ТЕЕА;

- удосконалення існуючого порядку проведення конкурсу з перевезення пасажирів на автобусному маршруті загального користування.

Математична постановка задачі удосконалення існуючої методики конкурсу з перевезення пасажирів на автобусному маршруті та планування оновлення РС формується наступним чином:

Задані:

- 1) паспорт і схема, характеристики маршруту;
- 2) характеристики автомобільного і пішохідного трафіка;
- 3) дані завантаженості автобуса по перегонах;
- 4) графіки руху автобусів;
- 5) різні варіанти СПОКА автобуса;
- 6) величина тарифу.

Необхідно вирішити задачу техніко-технологічного вибору автобуса за критерієм ТЕЕА і відобразити такий вибір методики конкурсу в якості методичної основи для вирішення цієї задачі.

Згідно першого розділу для забезпечення концептуально-орієнтованого перевізника (концепція експлуатаційно-технологічного енергозбереження) необхідно запропонувати розрахункову модель визначення балів, яка буде враховувати показник ТЕЕА.

Для врахування ТЕЕА використано математична модель показника енергетичної ефективності  $Pe$ . Цей показник, як критерій техніко-технологічної удосконаленості автобуса, пропонується ввести в існуючий комплекс показників конкурсної оцінки при виборі перевізника на обслуговування маршруту.

Алгоритм проведення конкурсу по вибору перевізника на маршрут представлена у вигляді блок-схеми в [56]. Перші 13 блоків схеми є стандартними та торкаються організаційної сторони його проведення. У 14 блоці запропоновано використання методики для комплексного обґрунтування експлуатаційних і техніко-технологічних якостей автобуса на маршруті, яка також має вигляд блок-схеми і представлена в [60].

Пропонується при виконанні всіх умов, що представлені перед перевізниками, за існуючим порядком проведення конкурсу та після реєстрації

всіх необхідних документів визначити кращого перевізника-претендента з використанням удосконаленої бальної системи оцінки, яка дозволить реалізувати підвищення транспортної енергоефективності міських автобусних перевезень за допомогою кількісної оцінки із урахуванням енергоефективності автобуса.

Доповнивши існуючу методику оцінки рухомого складу, яка представлена в 14 блоці алгоритму проведення конкурсу показником *Pe*, отримаємо вираз, який дозволяє враховувати енергетичну ефективність автобусів і дає їм кількісну оцінку у вигляді конкурсного балу.

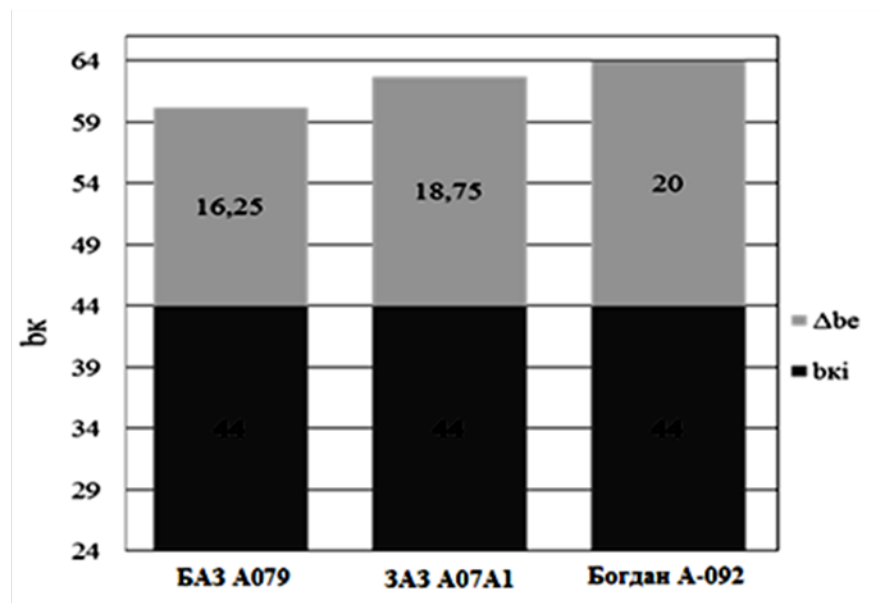
Для більш швидкого та точного розрахунку балів розроблені електронні таблиці за допомогою пакету програм EXCEL.

Таблиці легкі у використанні і дають змогу проводити порівняльний аналіз придатності автобусів до характеристик заданого маршруту за енергоефективністю із переліку наявних у перевізників-претендентів. Також дають можливість систематизувати дані для різних автобусів, характеристик маршрутів, дорожніх умов та ін.

Для прикладу було розглянуто декілька перевізників-претендентів із різними моделями автобусів. Умовно за всіма організаційними показниками вони рівні між собою, а автобуси мають однакову СПОКА. Якщо використати існуючу методику вибору кожен з них може претендувати на обслуговування маршруту, що пропонується. Тоді може бути обрано перевізника-претендента, парк автобусів якого не буде відповідати концепції енергозбереження та не забезпечує технологічно-якісного обслуговування пасажирів.

Використавши запропоноване удосконалення методики проведення конкурсу, замовник, який його організує, а саме – органи виконавчої влади, мають можливість обрати перевізника-претендента, автобуси якого будуть енергоефективними та відповідатимуть стратегії енергозбереження. Ця методика дозволяє збільшити бали отримані за існуючою процедурою, за рахунок показників енергоефективності, що дасть змогу науковообґрунтовано оцінити і обрати необхідні для перевезення автобуси. Таким чином, розроблена методика, яка є доповненням існуючого порядку проведення конкурсу, дозволяє

реалізувати комплексний підхід до вирішення задачі підвищення технологічного рівня перевезення пасажирів.



$b_{ki}$  – бал за існуючою методикою;  
 $\Delta b_{e}$  – приріст балу з урахуванням енергетичного коефіцієнту;  
 $b_k$  – енергетична ефективність автобусів у вигляді конкурсного балу.

Рис.3.10. Співвідношення балів з урахуванням їх приросту

В роботі встановлено, що внаслідок технологічної парадоксальності продукту транспорту та технологічної вродженості існуючих розрахункових схем теорії транспортних процесів останні не можуть бути використані для вирішення задач модернізаційно-технологічного підвищення транспортної енергоефективності МПАП. Ці задачі можуть бути вирішені на основі методів теорії енергоресурсної ефективності.

Встановлено, що існуючі методи обґрунтування автобусів не враховують сутність процедур та процесів створення продукту транспорту та його форми і, отже, можуть бути використані лише для вирішення організаційних задач.

Встановлено, що за допомогою методів теорії енергоресурсної ефективності автомобіля можна комплексно аналізувати та обґрунтовувати

автобусні парки різних автотранспортних підприємств з урахуванням технічної новизни рухомого складу та впливу дорожніх умов.

Розроблено методику експлуатаційного підвищення транспортної енергоефективності автобуса з урахуванням конструктивних параметрів, дорожніх і транспортних умов руху на маршруті яка дозволяє науково-обґрунтовано вирішувати задачі технологічно-якісної експлуатації автобусів як носія технічних ресурсів.

Розроблена методика удосконалення існуючого порядку проведення конкурсу по вибору перевізника на маршрут яка дозволить серед транспортних підприємств обрати той, парк автобусів якого буде відповідати характеристикам маршруту та забезпечить технологічно-якісне обслуговування пасажирів.

## ЗАКЛЮЧЕННЯ

Аналіз існуючих методів обґрунтування оновлення рухомого складу автобусних парків, виявив, їх не відповідність концепції енергозбереження на автотранспорті, оскільки в них використовується спрощений метод підвищення противитратної ефективності автобусних перевезень. Спрощений метод базується на розрахунковій схемі віртуального транспортування пасажирів і на принципі незмінності параметрів транспортних технологій. В зв'язку з цим, вони не дозволяють аналізувати та вдосконалювати техніко-технологічні проекти згідно названої концепції.

Уточнено математичну модель аналізу енергетичної ефективності автобусних перевезень за рахунок врахування особливостей функціонування автобуса на міських маршрутах. На її основі запропоновано нову розрахункову схему технологічного транспортування автобуса, а також принцип врахування техніко-технологічної новизни на автотранспорті і транспортних технології, що дозволило вирішувати задачі комплексного підвищення ТЕЕА із врахуванням комплексу конструктивно-технічних, дорожніх та експлуатаційних факторів в умовах їх експлуатації.

Встановлено залежності показників енергоефективності автобусів від конструктивно-технічних, дорожніх та транспортно-експлуатаційних факторів, що дають змогу комплексно обґрунтувати параметри автобусів у відповідності до умов експлуатації.

Розроблено алгоритм моделювання технологічного функціонування автобусів на маршруті, що дає змогу враховувати зміну його структурно-параметричної організації та визначити кількісні значення показника транспортної енергоефективності автобусів, а також встановити функціональні залежності впливу на них низки параметрів (дорожніх та транспортно-експлуатаційних) на відміну від існуючих моделей. Крім цього, результати роботи рекомендовано використовувати при проведенні конкурсу по вибору перевізника на маршрут директоратам з безпеки на транспорті Міністерства інфраструктури України.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Яцківський Л. Ю., Зеркалов Д. В. Загальний курс транспорту. К. : Арістей, 2007. 544 с.
2. Статистичні дані по галузі автомобільного транспорту [Електронний ресурс]. URL: <https://mtu.gov.ua/content/statistichni-dani-po-galuzi-avtomobilnogo-transportu.html>
3. Пасажирооборот та кількість перевезених пасажирів // База даних «Транспорт» / Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstst.gov.ua>. (дата звернення: 12.03.17).
4. Ігнатенко О.С., Маруніч В.С. Пасажирські перевезення. Київ: НТУ, 2017. 265 с.
5. Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. URL: [https://ukrstat.org/uk/druk/publicat/kat\\_u/publ1\\_u.htm](https://ukrstat.org/uk/druk/publicat/kat_u/publ1_u.htm)
6. Піцик М. Г. Принципи та методи комплексного аналізу транспортно-технологічних процесів за енергетичними критеріями. LXII науково-практична конференція науково-педагогічних співробітників, аспірантів, студентів та структурних підрозділів університету: тези доповідей. Київ, 2007. С. 143.
7. Піцик М. Г., Хмельов І. В. Шляхи реалізації технологічної концепції комплексного збереження енергії та ресурсів у системі автобусних перевезень. LXXV наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету: тези доповідей. Київ, 2019. С 246.
8. Яновський П. О. Пасажирські перевезення. Київ: НАУ, 2008. 469 с.
9. Цибулка Ян., Качество пассажирских перевозок в городах. М.: Транспорт, 2010. 239 с.
10. Воркут А. И. Грузовые автомобильные перевозки. К. : Вища школа, 1986. 447 с.
11. Вельможин А. В., Гудков В. А., Миротин Л. Б. Основы теории транспортных процессов и систем. Волгоград : ВолгПИ, 1992. 192 с.



12. Дмитриченко М. Ф., Яцківський Л. Ю., Ширяева С. В., Докуніхін В. З. Основи теорії транспортних процесів і систем: навчальний посібник для ВНЗ. К. : Видавничий Дім «Слово», 2009. 336 с.
13. Афанасьев Л. Л., Воркут А. И., Дьяков А. Б. Пасажирские автомобильные перевозки. М. : Транспорт, 1986. 220 с.
14. Ігнатенко О. С., Маруніч В. С. Організація автобусних перевезень у містах. К. : УТУ, 1998. 196 с.
15. Доля В. К. Пасажирські перевезення. Харків : Форт, 2011. 504 с.
16. Спирин И. В. Городские автобусные перевозки: справочник. М. : Транспорт, 1991. 237 с.
17. Гудков В. А., Миротин Л. Б., Вельможин А. В., Ширяев С. А. Пасажирские автомобильные перевозки. М. : Горячая линия – Телеком, 2006. 448 с.
18. Хабутдинов Р. А. Системное формирование технологий автомобильных перевозок по критериям энерго- и ресурсоотдачи : дис. докт. техн. наук: 05.22.01. Киев, 2003. 332 с.
19. Петрашевский О. Л., Хабутдинов А. Р. Метод риско-регулятивного обеспечения технологической успешности движенических операций автомобильных перевозок //Вісник Національного транспортного університету. 2012. № 26 (2). С. 243-247.
20. Осташевский С.А. Теоретические основы и практические методы оценки и повышения эффективности системы "автомобиль-водитель-дорога": автореф. дис. докт. техн. наук: 05.22.01. Харків, 2015. 43 с.
21. Кравченко О. П. Технічна експлуатація автомобілів. Теоретичні основи : навчальний посібник. Луганськ : СНУ, 2005. 104 с .
22. Лудченко О. А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: Технологія : підручник. К.: Вища шк., 2007. 527с.
23. Коваленко Н. А., Лобах В. П., Веприцев Н. В. Техническая эксплуатация автомобилей : учеб. пособие. Минск : Новое знание, 2008. 352 с.

24. Хабутдінов Р. А. Концептуальна характеристика транспортної системи та її інтегративної властивості // Управління проектами, системний аналіз і логістика. 2006. № 3. С. 153 – 157.

25. Хабутдінов Р. А., Коцюк О. Я. Енергоресурсна ефективність автомобіля. К. : УТУ, 1997. 137 с.

26. Мороз М.М. Удосконалення транспортної системи пасажирських перевезень м. Кременчук. Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). Полтава : ПолтНТУ, 2014. Вип. 2 (41), С. 156-164.

27. Варелопуло Г.А. Организация движения и перевозок на городском пассажирском транспорте. Москва: Транспорт, 2009. 267 с.

28. Железняк О. О., Олещенко Л. М. Визначення собівартості пасажирсько-транспортного процесу. Актуальні проблеми економіки. 2012. №11, С. 218-226.

29. Піцик М. Г., Хабутдінов Р. А. Аналіз експлуатаційно-технологічних характеристик міських автобусів // Вісник Національного транспортного університету. 2008. № 17. С. 160 – 163.

30. Піцик М. Г. Дослідження експлуатаційно-технологічних якостей автобусів сімейства «Богдан». LXIV науково-практична конференція науково-педагогічних співробітників, аспірантів, студентів та структурних підрозділів університету: тези доповідей. Київ, 2008. С 156.

31. Піцик М. Г. Аналіз транспортно-технологічних процесів автобусних перевезень в умовах міста за енергетичними критеріями. LXVI науково-практична конференція науково-педагогічних співробітників, аспірантів, студентів та структурних підрозділів університету: тези доповідей. Київ, 2010. С 178.

32. Піцик М. Г. Дослідження експлуатаційно-технологічних якостей автобусів. LXV науково-практична конференція науково-педагогічних співробітників, аспірантів, студентів та структурних підрозділів університету: тези доповідей. Київ, 2009. С 158.

33. Піцик М. Г. Дослідження експлуатаційно-технологічних якостей автобусів на міському маршруті за енергетичними критеріями. LXVII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та

співробітників відокремлених структурних підрозділів університету: тези доповідей. Київ, 2011. С 168.

34. Піцик М. Г. Аналіз експлуатаційно-технологічних якостей міських автобусів на маршруті за енергетичними критеріями. LХІХ наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету: тези доповідей. Київ, 2013. С 216.

35. Піцик М. Г., Хмельов І. В. Аналіз енергоефективності АТЗ для здійснення міських вантажних перевезень. LХХІІ наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету: тези доповідей. Київ, 2015. С 256.

36. Піцик М. Г., Хмельов І. В. Аналіз транспортно-технологічної якості транспортних засобів. LХХІІІ наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету: тези доповідей. Київ, 2017. С 246.

37. Піцик М. Г. Аналіз експлуатаційно-технологічних якостей міських автобусів. LХХІV наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету: тези доповідей. Київ, 2018. С 231.

38. Піцик М.Г. Аналіз впливу умов руху на показники технологічної якості АТЗ. LХХV наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету: тези доповідей. Київ, 2019. С 246-247.

39. Пицык М. Г., Хмельёв И. В. Метод оценки проектов пассажирских перевозок с учётом изменения конструктивных параметров автобусов // Вестник БУТ: Наука и транспорт, №1 (38), 2019, с. 22-24.

40. Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 30.05.2018 № 430. К. : КМУ, 2018.

41. Самойлов Д. С. Городской транспорт. М. : Стройиздат, 1983. 384 с.

42. Юдин В. А., Самойлов Д. С. Городской транспорт. М. : Стройиздат, 1975. 287с.
43. Островского Н. Б. Пассажирские автомобильные перевозки. М : Транспорт, 1986. 224 с.
44. Александров Л. А., Козлов Р. К. Организация управления на автомобильном транспорте. М. : Транспорт, 1985. 264 с.
45. Зимелев Г. В. Теория автомобиля. М. : Машгиз, 1959. 312 с.
46. Фалькевич Б. С. Теория автомобиля: учебник для вузов. М. : Машгиз, 1963. 239 с.
47. Гришкевич А. И. Автомобили. Теория: учебник для вузов. Мн. Выш. шк., 1986. 208 с.
48. Великанов Д. П. Эффективность автомобиля. М. : Транспорт, 1969. 284 с.
49. Великанов Д. П. Развитие автомобильных транспортных средств. М. : Транспорт, 1984. 120 с.
50. Лурье М. И., Токарев А. А. Скоростные качества и топливная экономичность автомобиля. М. :Машиностроение, 1967 163 с.
51. Хабутдинов Р. А. Транспортная эффективность автомобиля в процессе дорожного движения // Респ. межвед. научн.-техн. сб. Автомобильный транспорт. К. : Техника, 1989. № 26. С. 18-22.
52. Хабутдинов Р. А. О системном анализе путей энергоресурсосбережения при проектировании и эксплуатации автомобиля // Автошляховик України. 1993. № 3. С. 33-35.
53. Хабутдинов Р. А. Теория автомобильного подвижного состава для энергосберегающих технологий систем перевозок // Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту і експлуатації автомобілів: зб. наук. пр. К. : НТУ, ТАУ. 2002. № 13. С. 19-22.
54. Хабутдінов Р. А. Методи параметричного аналізу автомобілів для ресурсозбереження // Автошляховик України // Вісник ЦНЦ ТАУ. 2000.-№ 3. С. 33-34.

55. Про затвердження Порядку проведення конкурсу з перевезення пасажирів на автобусному маршруті загального користування : Постанова Кабінету Міністрів України від 03.12.2008 № 1081. К. : КМУ, 2008.

56. Нагорный Е. В., Сословский В.Г., Токарев К.А. Определение победителей конкурса на обслуживание городских автобусных маршрутов Коммунальное хозяйство городов. Научно-технический сборник. 2005. Вып.63. С. 288–300.

57. Закон України “Про автомобільний транспорт” № 22. К. : ВРУ, 2001.

58. Піцик М. Г. Вдосконалення конкурсної методики оцінки перевізників при виборі автобусів на маршрут // Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія. К. : 2012. № 9. С. 155-157.

59. Піцик М. Г. Аналіз методики конкурсного вибору перевізників на міських маршрутах. LXX наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та працівників відокремлених структурних співробітників університету: тези доповідей. Київ, 2014. С 205.

60. Хабутдинов Р. А. Комплексные методы реализации энерго- и ресурсосберегающих технологий перевозок в логистических системах. Збірник доповідей VII міжнародної науково-практичної конференції «Ринок послуг комплексних транспортних систем та прикладні проблеми логістики». К. : Автоекспо. 2005. С. 141 – 144.

61. Піцик М. Г. Експлуатаційне обґрунтування параметрів міських автобусів по їх транспортній ефективності // Вісник Національного транспортного університету. К. : 2012. № 26(2). С. 254-258.

62. Піцик М. Г., Хмельов І. В. Методика оцінки транспортно-технологічної якості транспортних засобів. LXX наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету: тези доповідей. Київ, 2014. С 204.

63. Піцик М. Г. Методика оцінки техніко-технологічних якостей автобусів, що здійснюють перевезення по місту. LXXI наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету: тези доповідей. Київ, 2015. С 256.

64. Піцик М. Г. Методика обґрунтування вибору автобуса на міський маршрут з урахуванням його транспортної енергоефективності. LXXII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету: тези доповідей. Київ, 2016. С 231.

65. Вельможин А. В. Теория организации и управления автомобильными перевозками: логистический аспект формирования перевозочных процессов: монография. Волгоград : РПК "Политехник", 2001. 177 с.

66. Вельможин А. В. Измерение эффективности автоперевозок: монография. Волгоград : Нижне-Волж., 1985. 144 с.

67. Мун Э. Е, Рубец А. Д. Организация перевозок пассажиров маршрутными такси. М. : Транспорт, 1986. 136 с.

68. Таранов А. Т. Перевозка пассажиров автомобильным транспортом. Изд. 2-е перераб. и дополн. М. : Транспорт, 1972. 316 с.

69. Блатнов М. Д. Пассажирыские автомобильные перевозки. М. : Транспорт, 1981. 198с.

70. Володин Е. П., Громов Н. И. Организация и планирование перевозок автомобильным транспортом: учебник. М. : Транспорт, 1982. 224 с.

71. Хабутдінов Р. А., Ткаченко С. П., Піцик М. Г. Концептуально-орієнтований метод підвищення технологічної енергоефективності автобусів // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. Сєвєродонецьк. 2011. № 5 (1). С. 208-212.

72. Хабутдінов Р. А., Хмельов І. В. Концептуальний показник транспортно-технологічної якості автопоїздів // Проблеми транспорту : зб. наук. праць. 2007. № 4. С. 114 – 117.

73. Хабутдінов Р. А., Піцик М. Г., Ткаченко С. П. Кількісна оцінка машинних процедур транспортних технологій автобусних перевезень // Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія. 2011. № 8. С. 207 – 209.

74. Бычков В. П. Экономика автотранспортного предприятия: учебник. М. : ИНФРА-М, 2006. 384 с.

75. Автотранспортные предприятия: нормативное регулирование деятельности. М. : Современная экономика и право, 2000. 215 с
76. Ефанов А. В., Зырянова Н. И. Экономика автотранспортного предприятия: учебное пособие для вузов. Екатеринбург : РГППУ, 2006. 218 с.
77. Кудинова Л.А. Применение теории систем к проблеме управления на городском пассажирском транспорте. Экономические основы совершенствования управления на автомобильном транспорте. Санкт-Петербург: КОРОНА принт, 2012. 315 с.
78. Хабутдінов Р. А. Енергоресурсний аналіз технічного розвитку рухомого складу автотранспорту // Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту і експлуатації автомобілів: зб. наук. пр. К. : НТУ, ТАУ, 2001. Вип.11. С.157-160.
79. Хабутдінов Р .А. Логіко-поняттєвий апарат теорії транспортних технологій // Вісник Національний транспортний університет. 2007. Вип.13. С. 33-34.
80. Хмельов І. В., Гусєв О. В., Піцик М. Г. Методика аналізу енергетичної ефективності транспортних засобів з урахуванням умов перевезень // Вісник Національного транспортного університету. 2014. № 29 (1). С. 348-353.
81. Хабутдинов Р. А. Управление энергоресурсной эффективностью автомобиля в его жизненном цикле. Материалы международной научно-технической конференции “Проблемы транспорта и пути их решения”. Киев. 1997. С. 56-57.
82. Свідерський Є. І. Бухгалтерський облік у галузях економіки: навч. посібник. К. : КНЕУ, 2004. 233 с.
83. Хабутдінов Р. А. Методологічні основи транспортно-технологічної енергології // Зб. наук. праць “Проблемі транспорту”. К. : НТУ, 2006. Вип.3. С 164–168.
84. Хабутдінов Р. А. Методологія концептуально-новаційного управління технологічним розвитком автотранспорту // Вісник Національного транспортного університету. 2014. № 29 С 409-414.

85. Хабутдинов Р. А. Безопасное и экономичное управление автомобилем. К. : Знание, 1986, 23с.
86. Хабутдінов А. Р. Ризико-регулятивне водіння як процедурний чинник безпеки та енергоефективності автомобільного руху // Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія. 2011. № 8. С. 204-207.
87. Хабутдінов Р. А., Хабутдінов А. Р. Концептуальна схема структурно-параметричної організації транспортної системи і технологічна ресурсінергія в ній // Вісник Національного транспортного університету. 2008. № 17. С 134-142.
88. Спирин И. В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками. М. : Академия, 2003. 400 с.
89. Ищенко В. И., Поберезкин Г. А., Штанов В. Ф. Организация перевозок пассажиров автомобильным транспортом. К. : Техника, 1988. 94 с.
90. Хмельов І. В., Гусев О. В., Піцик М. Г. Метод оцінки транспортно-технологічної якості автобусів // Вісник Національного транспортного університету. 2017. № 1 (37). С. 410 – 415.
91. Дмитриченко М.Ф., Лановий О.Т., Поліщук В.П. Системологія на транспорті. Основи теорії систем і управління (Книга 1) Київ: Знання України, 2005. 344 с.
92. Лащених О.А., Кузькін О.Ф. Методи і моделі оптимізації транспортних процесів і систем: навч. посібн. Запоріжжя: ЗНТУ, 2006. 435 с.
93. Тарасик В. П. Теория движения автомобиля. СПб. : ВНУ, 2006. 480 с.
94. Вахламов В. К. Конструкция, расчёт и эксплуатационные свойства автомобилей. М. : Академия, 2007. 560 с.
95. Вонг Дж. Теория наземных транспортных средств. Пер. с англ. М. : Машиностроение, 1982. 284 с.
96. Литвинов А. С., Фаробин Я. Е. Автомобиль. Теория эксплуатационных свойств. М. : Машиностроение, 1989. 240 с.
97. Токарев А. А. Топливная экономичность и тягово-скоростные качества автомобиля. М. : Машиностроение, 1982. 222 с.
98. Токарев А. А. Об оценке тяговых качеств автобусов городского типа. Автомоб. пром-ть. 1960.№11.



99. Аринин И.Н., Коновалов С.И., Баженов Ю.В. Техническая эксплуатация автомобилей. Изд. 2-е. Ростов н/Д : Феникс, 2007. 314 с.
100. Прокудин Г.С., Омаров Д.М. Підвищення ефективності та якості автобусних пасажирських перевезень. LXX наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та працівників відокремлених структурних підрозділів університету: тези доповідей. Київ: НТУ, 2014. С. 209.
101. Прокудин Г.С., Прокудин О.Г., Омаров Д.М. Підвищення продуктивності та якості автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях // Науковотехнічний збірник «Вісник НТУ». Київ: НТУ, 2016. № 1 (34). Серія «Технічні науки». С. 378–387.
102. Прокудин Г.С., Прокудин О.Г., Омаров Д.М. Удосконалення організації перевезень пасажирів у великих містах // Науковий журнал «Управління проектами, системний аналіз і логістика». Київ: НТУ, 2015. Вип. 16. Част. 1: «Технічні науки». С.125–135.
103. Єрмак О.М., Пустовіт В.І. Щодо визначення якості пасажирських перевезень / Міжвузівський збірник „Наукові нотатки”. Київ, 2014. Вип. 46. С. 170–176.
104. Гілевська К.Ю., Сокульський О.Є., Васільцова Н.М. Контроль якості транспортних послуг для підвищення ефективності організації автобусних маршрутів МПТС. Науковий журнал «Управління проектами, системний аналіз і логістика». Київ: НТУ, 2014. Вип. 13. С. 163–171.
105. Хабутдінов Р. А., Піцик М. Г. Обґрунтування вибору автобусів з використанням моделі енергетичного показника собівартості // Вісник Національного транспортного університету. 2009. № 19(2). С. 111 – 114.
106. Волков Е. В. Теория движения автомобиля : монография. Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2018. 204 с.
107. Мирошниченко М.Е. Автобусы Богдан. Руководство по ремонту и эксплуатации. Днепропетровск: Монолит, 2009. - 370 с.
108. Илларионов В. А. Эксплуатационные свойства автомобиля. М. : Машиностроение, 1966. 260 с.

109. Гащук П. Н Оптимизация топливно-скоростных свойств автомобиля. Львов : Вища шк., 1987. 168 с.
110. Островцев А. Н. Основы проектирования автомобилей. М. : Машиностроение, 1968. 204 с.
111. Гришкевич А. И., Бусел Б. У., Бутусов Г. Ф. и др. Проектирование трансмиссий автомобилей. Справочник. М. : Машиностроение, 1984. 272 с.
112. Токарев А. А. Исследование тягово-скоростных свойств и топливной экономичности городских автобусов: автореф. дис. канд. техн. наук. М., 1961. 190 с.
113. Токарев А. А. Оценка топливной экономичности автобусов городского типа // Автомоб. пром-ть. 1961. №3.
114. Токарев А. А. Определение эксплуатационных расходов топлива городскими автобусами типа // Автомоб. пром-ть. 1961. №12.
115. Сокульський О.Е., Гілевська К.Ю., Панченко Д.Л. Методика визначення інтервалу руху пасажирського транспортного засобу на маршруті МПТС, з урахуванням пасажиропотоків, коефіцієнту заповнення салону та часу чекання пасажиром на зупинці. Науковий журнал “Управління проектами, системний аналіз і логістика”. К.: НТУ, 2014. Вип. 14. С. 223–232.
116. Кавець В. Н. Проектирование автомобиля. Нижний Новгород : 1992. 230 с.
117. Шеремет А. Д., Хорин А. Н. Теория экономического анализа: учебник. 4-е изд., доп. М. : ИНФРА-М, 2019. 389 с.
118. Лавриков И. Н., Пеньшин Н. В. Экономика автомобильного транспорта: учебное пособие. Тамбов : ГОУ ВПО ТГТУ, 2011. 116 с.
119. Хабутдинов Р. А. Управление энергоресурсной эффективностью автомобиля в его жизненном цикле. Материалы международной научно-технической конференции “Проблемы транспорта и пути их решения”. Киев, 1997. С. 56-57.
120. . Хмельов І. В., Піцик М. Г. Методика моніторингу енергетичної ефективності міських автобусів // Проблеми транспорту. 2011. № 8. С. 83 – 87.

121. Хмельов І. В., Гусєв О. В., Алексеєнко О. В., Піцик М. Г. Моніторинг енергетичної ефективності міських автобусів // Вісник Національного транспортного університету. 2016. № 34. С. 499 – 505.

122. Піцик М. Г. Методика моніторингу енергетичної ефективності міських автобусів. LXVIII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету: тези доповідей. Київ, 2012. С. 200.

123. Про затвердження Методичних рекомендацій визначення рівня тарифів на послуги пасажирського автотранспорту загального користування : Наказ Міністерства транспорту України від 25.06.2003 № 461. К.: МТУ, 2003.

124. Хабутдінов Р.А. Інтегровані бази знань для вирішення задач ресурсозбереження і екології в автотранспортній системі. Тези доповідей IV міжнародної конференції про роль університетів у майбутньому інформаційному суспільстві □RUFIS-2000□. Київ, 2000. С. 24-25.

125. Хабутдінов Р. А. Теорія ресурсно-екологічної прогресивності транспортних зв'язків // Вісник: зб. наук. пр. НТУ та ТАУ. 2000. № 4. С.61-63.

126. Матейчик В. П., Цюман М. П., Смешек М. Особливості моніторингу і контролю показників екологічної безпеки транспортних засобів і транспортних потоків в умовах інтелектуальних систем // Вісник Національного транспортного університету. 2016. № 1. С. 255-266.