

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

ПІЦИК МАКСИМ ГРИГОРОВИЧ

УДК 656.13.072

**ПІДВИЩЕННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ
МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ АВТОБУСНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

05.22.01 – транспортні системи

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

Київ – 2020

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі транспортних технологій Національного транспортного університету Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Хабутдінов Рамазан Абдулайович,
Національний транспортний університет Міністерства освіти і науки України, завідувач кафедри «Транспортні технології»

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Давідч Юрій Олександрович,
Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова Міністерства освіти і науки України,
професор кафедри «Транспортні системи і логістика»

кандидат технічних наук, доцент
Любий Євген Володимирович,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет Міністерства освіти і науки України,
доцент кафедри «Транспортні системи і логістика»

Захист відбудеться «__» _____ 20 року о _____ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.059.02 у Національному транспортному університеті за адресою: 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, аудиторія 333.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного транспортного університету за адресою: 01103, м. Київ, вул. М. Бойчука, 42.

Автореферат розісланий «__» _____ 20 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

В.І. Каськів

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В умовах ринкової економіки у структурі пасажирського автотранспорту частка малих автотранспортних підприємств із чисельністю автобусів від 3 до 30 становить більш ніж 90 %. Ці підприємства функціонують в умовах недостатнього самофінансування та підвищеної енергоємності перевезень пасажирів. Основна частина цих підприємств використовує автобуси, що мають високий рівень фізичного та морального зносу. Вони функціонують в складних умовах дорожнього руху в містах, що призводить до значного підвищення енергоємності й собівартості перевезень.

У складних умовах дорожнього руху, експлуатації і інтенсивного транспортного потоку не достатньо використовується конструктивно-технічний потенціал продуктивності і енергоефективності як нових так і старих автобусів. Така ситуація вимагає формування енергозберігаючих транспортних технологій та оновлення транспортних засобів на основі концепції експлуатаційно-технологічного енерго- і ресурсозбереження.

Існуючі розрахункові схеми теорії транспортних процесів і економіки транспорту в роботах таких авторів як: Воркут А. І., Афанасьєв Л. Л., Вельможин А. В., Бичков В. П., Ефанов А. В., на яких засновані методики підвищення противитратної ефективності організації міських автобусних перевезень (МАП) (за умови незмінності параметрів транспортних технологій), не враховують важливі фактори перевезень: конструктивні параметри нових автобусів, транспортні і дорожні умови їх використання на маршрутах, процеси енерговитратного і адаптивно-дискретного функціонування автобусів, а також процедури і процеси транспортних технологій. І крім того ці методи не відповідають технологічно-інноваційному підходу на автотранспорті.

У зв'язку з цим на міському пасажирському транспорті актуальні нові методи технологічно-модернізаційного енергозбереження і підвищення техніко-технологічної конкурентоспроможності майбутніх транспортних пропозицій на ринку автобусних транспортних послуг.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами. Наведені в дисертації основні результати й рекомендації розроблено на основі виконання у Національному транспортному університеті держбюджетної науково-дослідної роботи № 31 «Теоретичні основи енергозберігаючих технологій систем автомобільних перевезень» (номер державної реєстрації 0104U003342) та положень Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року, схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30.03.2018 № 430-р.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є підвищення енергоефективності міських пасажирських автобусних перевезень з урахуванням комплексу конструктивно-технічних, дорожніх та транспортно-експлуатаційних факторів для комплексного вирішення організаційно-технологічних задач удосконалення процесів перевезень. Для досягнення вказаної мети поставлені 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;

- розробити алгоритм імітаційного моделювання технологічного функціонування автобусів з урахуванням параметрів техніко-технологічних новацій дорожніх та транспортно-експлуатаційних факторів в рамках адаптації математичної моделі;

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

- розробити методики комплексного підвищення транспортної енергоефективності міських автобусних перевезень з урахуванням техніко-технологічних факторів починаючи із ранніх етапів експлуатації автобусів.

Об'єктом дослідження є процес технологічного транспортування пасажирів на міських автобусних маршрутах з урахуванням конструктивно-технічних характеристик автобусів, дорожніх та транспортно-експлуатаційних факторів.

Предметом дослідження є залежності показників транспортної енергоефективності міських пасажирських автобусних перевезень від конструктивно-технічних, дорожніх та транспортно-експлуатаційних факторів.

Методи дослідження. В даній роботі використовуються 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 автобусу, математичне моделювання функціонування автобусу на перегонах.

Наукова новизна:

- 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 новий 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. Розроблено 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.

Результати досліджень та методики експлуатаційного підвищення енергетичної ефективності міських автобусних перевезень апробовані у практичній діяльності ПАТ «САТП 0904». Це дозволило із ряду наявних на підприємстві автобусів обрати ті, що за своїми конструктивно-технічними характеристиками більше відповідають характеристикам маршрутів, що обслуговуються. Крім цього, результати дисертаційної роботи рекомендовано використовувати при проведенні конкурсу по вибору перевізника на маршрут директоратам з безпеки на транспорті Міністерства інфраструктури України. Розроблені теоретичні та методичні положення використані в навчальному процесі у Національному транспортному університеті при підготовці фахівців спеціальності 275 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» з таких дисциплін, як: «Сучасні транспортні технології», «Ресурсозберігаючі технології на автомобільному транспорті» та «Комплексні проблеми технологій пасажирських перевезень».

Особистий внесок здобувача. Основні положення та результати досліджень за темою дисертаційної роботи здобувачем отримані самостійно. Особисто здобувачем опубліковано 2 статті у наукових фахових виданнях [6, 7]. У роботах написаних у співавторстві особисто здобувачем на основі аналізу експлуатаційно-технологічних характеристик міських автобусів обґрунтовано критерії їх ефективності [1, 5]; здійснено дослідження впливу конструктивних параметрів автобуса, умов перевезень та характеристик доріг на показники енергетичної ефективності і енергетичного показника собівартості та продуктивності [2, 4, 8]; розроблено методику моніторингу міських автобусів із урахуванням їх енергетичної ефективності [3]; запропоновано методику удосконалення порядку проведення конкурсу з перевезення пасажирів на автобусному маршруті загального користування [7].

Апробація матеріалів дисертації. Результати наукових розробок, отримані під час виконання дисертаційної роботи, докладалися на LXIII – LXXV наукових конференціях професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та працівників відокремлених структурних підрозділів Національного транспортного університету (м. Київ, 2007-2019 рр.).

Публікації. Основні теоретичні і практичні положення дисертаційної роботи опубліковані в 10 наукових статтях у фахових виданнях України і 1 стаття в іноземному виданні, а також 12 тезах доповідей на наукових конференціях.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 162 сторінки друкованого тексту, з них 122 сторінки основного тексту. Список використаних джерел налічує 126 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, визначено об'єкт та предмет дослідження, сформульовано мету і завдання дослідження, наведено

зв'язок роботи з науковими темами, сформульовано наукову новизну і практичне значення одержаних результатів, наведено структуру та обсяг дисертаційної роботи.

Перший розділ «Аналіз міських пасажирських автобусних перевезень і актуальність задач підвищення їх енергетичної ефективності» присвячено аналізу існуючих методів та критеріїв обґрунтування та оновлення автобусного парку для міських пасажирських автобусних перевезень. Наведено етапи реалізації принципів розвитку довгострокового енергозбереження в процесі експлуатації автобусів та розроблено структурну схему виконання дослідження (рис. 1).

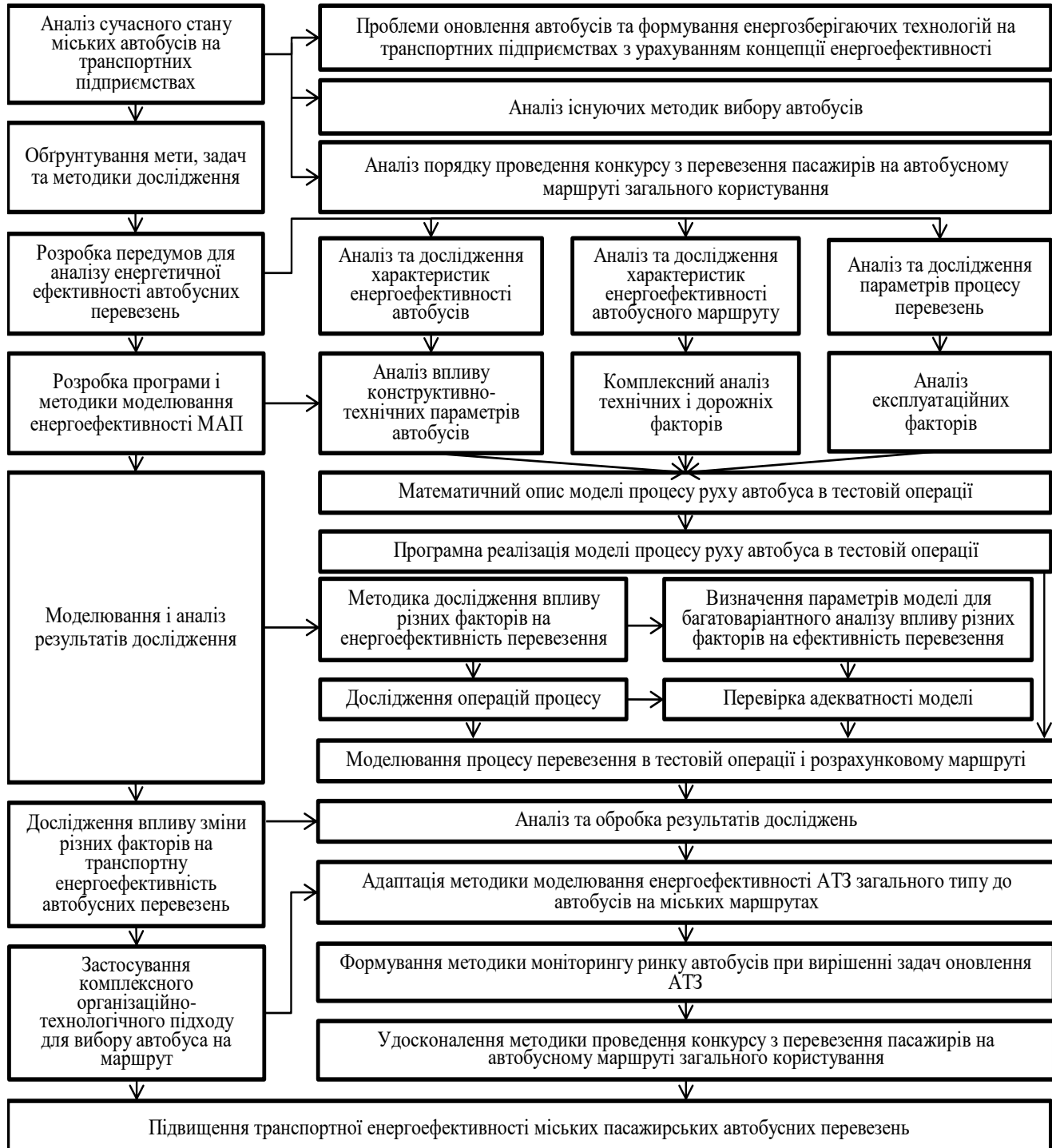


Рисунок 1 – Структурна схема виконання дослідження

Встановлено, що існуючі методи обґрунтування автобусів для оновлення і формування рухомого складу мають деякі недоліки, зокрема: ґрунтуються на організаційному підході, орієнтовані на противитратну ефективність, не враховують подальші зміни параметрів автобуса та збільшення енергетичної результативності машинних процедур, що не дає змоги оцінити їх майбутню технологічну ефективність.

Розрахункові схеми та математичні моделі для аналізу оцінки енергетичної якості нових моделей автобусів та впливу зміни їх конструктивних параметрів на показники ефективності роботи – відсутні.

Для підвищення енергоефективності міських пасажирських автобусних перевезень запропоновано адаптувати розрахункові схеми представлені в теорії енергоресурсної ефективності АТЗ, визначити критерії для аналізу технологічного рівня автобуса та розробити методику врахування транспортної енергоефективності автобусів при проведенні конкурсу по вибору перевізника на маршрут.

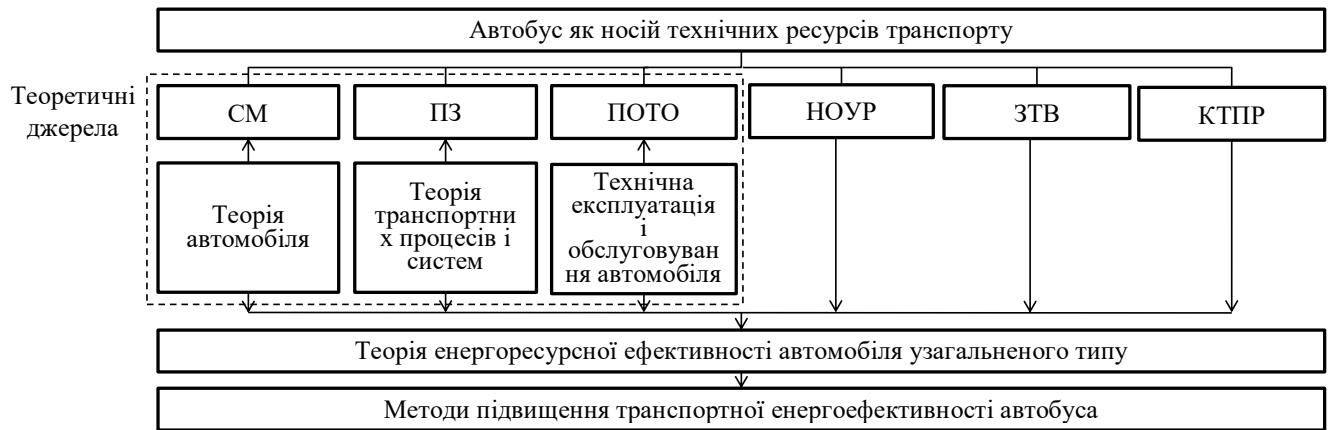
Для реалізації обґрунтування задач модернізаційно-технологічного розвитку автобусного парку була прийнята гіпотеза про те, що комплексне обґрунтування експлуатаційних і техніко-технологічних факторів процесу перевезення на етапі планування оновлення рухомого складу за критеріями енергоефективності та конкурсу з перевезення пасажирів на автобусному маршруті загального користування дозволить реалізувати концепцію енергозбереження.

У **другому розділі** «Адаптація розрахункових схем та математичних моделей для моделювання і тестового аналізу транспортної енергоефективності міських автобусних перевезень» встановлені та сформовані передумови обґрунтування автобусів на основі експлуатаційно-технологічного підходу.

Проаналізувавши літературні джерела за темою дисертації, визначено, що існуючі методи оцінки ефективності функціонування автобуса засновані на критеріях противитратної ефективності доставки пасажирів, які мають ряд недоліків. По-перше, в них не враховується комплекс властивостей автобуса як носія технічних ресурсів транспорту (АНРТ) (рис. 2), прояви яких обумовлюють формування енергетичних процесів перетворення ресурсів і створення фізичного продукту транспорту. По-друге, в теоріях транспортного процесу та економіки замість багатоетапного процесу перетворення технологічних ресурсів розглядається простий акт списання їх вартості в затрати. По-третє, вимірник облікової транспортної роботи (пасажиро-кілометр) не має фізичної суті, оскільки відображає схему функціонування автобуса як перевізного засобу (у розрахунковій схемі транспортного циклу він є самохідним кузовом).

Ресурси поділяються на технічні (АТЗ), енергетичні (паливо), трудові (водії) й дорожньо-фізичні (поверхні кочення автомобільних шляхів). Технології використання ресурсів базуються на таких їх перетвореннях:

- а) залучення в операцію руху відповідно до проявів їх властивостей при перетвореннях енергії;
- б) з'єднання згідно з технологіями людино-машинної праці;



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

Рисунок 2 – Схема функціонування автобуса як носія технічних ресурсів транспорту і теоретичного забезпечення його функціонування

в) перетворення у фізичний продукт транспорту в результаті людиномашинних дій на кількість перевезених пасажирів.

Режимні ресурси транспорту (час наряду роботи автобуса) використовуються шляхом їх заміщення на енергетично обумовлений час багатозадачних рухових операцій. Таким чином, схема відтворення продукту транспорту є енергетичною (рис. 3). Параметри автобуса як носія ресурсів є характеристиками продуктоутворюючого засобу праці та процесно-функціонуємого знаряддя для технологічних процедур (машинних).

Згідно з цією схемою носії технологічних ресурсів транспорту (у вигляді спорядженого автобуса на маршруті), 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 автобуса). 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

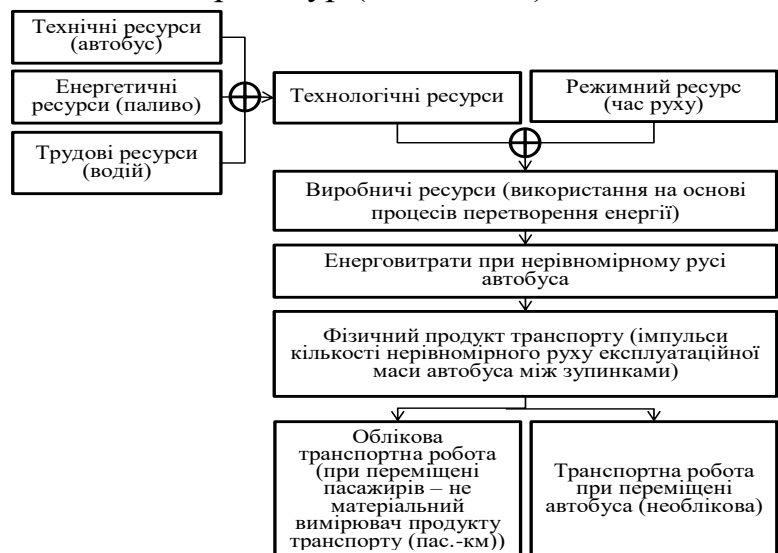
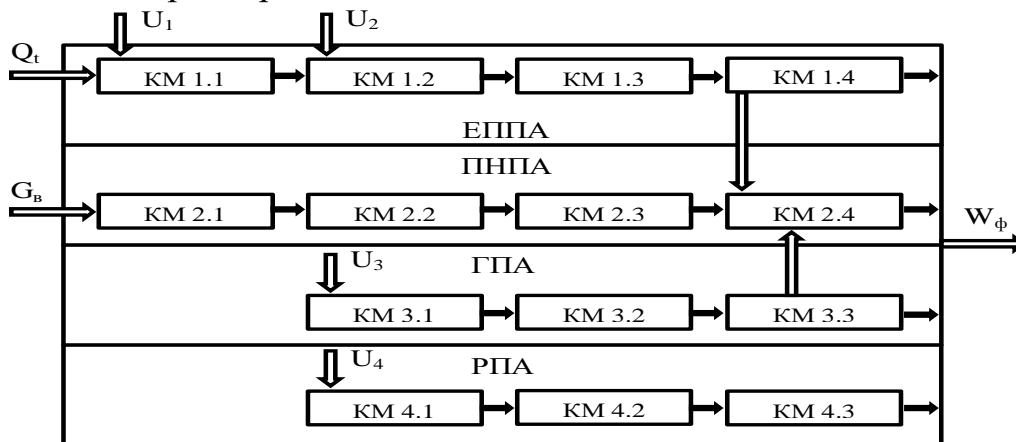


Рисунок 3 – Енергетична схема перетворення ресурсів у перевізному процесі

автобуса і тим менша кількість режимного ресурсу транспорту витрачається (фактор часу руху).

Аналіз і удосконалення комплексу властивостей автобуса як носія технічних ресурсів транспорту, які обумовлюють формування енергетичних процесів перетворення ресурсів і створення фізичного продукту транспорту, може бути здійснено на основі теорії енергоресурсної ефективності АТЗ узагальненого типу, що представлена у роботах Хабутдінова Р. А.

Для уніфікації аналізу конструктивно-технічних особливостей автобусів, що в великій кількості представлені на ринку АТЗ, розроблено схему структурно-параметричну організацію конструкції автобуса (СПОКА) узагальненого типу (рис. 4). Ця схема враховує варіанти структурно-параметричної організації конструкції автобуса у вигляді 14 функціонально конструктивних модулів. Вона дає змогу провести аналіз із ряду автобусів і вибрати той, що відповідає технологічним вимогам заданих параметрів.



U_1, U_2, U_3, U_4 – управління; Q_t – потік палива; G_b – маса пасажирів; W_ϕ – фізичний продукт транспорту; ЕППА – енергоперетворюючий пристрій автобуса; ПНПА – пристрій несення маси пасажирів автобуса; ГПА – гальмівний пристрій автобуса; РПА – рульовий пристрій автобуса; КМ – конструктивні модулі; КМ 1.1 – джерело енергії (двигун); КМ 1.2 – трансформація енергії (коробка передач, головна передача); КМ 1.3 – розподіл енергії (диференціали міжколісні, міжосьові та коробки відбору потужності); КМ 1.4 – колісний тяговий модуль (пара ведучих коліс); КМ 2.1 – кузов; КМ 2.2 – рама (остов); КМ 2.3 – підвіска; КМ 2.4 – ходові модулі; КМ 3.1 – тормозна педаль та тормозний привод; КМ 3.2 – тормозний механізми; КМ 3.3 – тормозні колеса (вісі); КМ 4.1 – рульове колесо та рульовий механізм; КМ 4.2 – рульовий привід (рульова трапеція та рульові тяги); КМ 4.3 – керуючі колеса (передні)

Рисунок 4 – Схема структурно-параметричної організації конструкції автобуса як технічного засобу транспортного виробництва

Використання модульної схеми СПОКА при аналізі ТЕЕА обумовлюється необхідністю врахування впливу конструктивно-технічного фактору транспортного виробництва на маршрут. 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, що забезпечує формування фізичного продукту транспорту.

Метою транспортно-технологічного обґрунтування автобуса є підвищення технологічного рівня перевезень пасажирів за критерієм транспортної енергоефективності. Під транспортною енергоефективністю розуміється, технологічний ефект комплексного підвищення середньої швидкості автобуса на перегонах та його транспортної енерговіддачі в типових транспортних операціях.

Рівень показника технологічного рівня перевезень пасажирів визначається показником транспортної енергоефективності ρ_e , який є відношенням 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 технологічного рівня автобусних перевезень. Для забезпечення енергозберігаючих технологій конструктивні параметри АТЗ повинні забезпечувати умову максимізації двох показників: а) величини ρ_e в тестових операціях у порівнянні з еталонним прототипом; б) енергетичної результативності технологічних впливів машинних процедур автобусу TB .

Показник транспортної енергоефективності автобуса Π_e і є відношенням транспортної енерговіддачі даного автобуса у тестовій операції ρ до транспортної енерговіддачі еталонного автобуса у еталонній операції ρ_{em} :

$$\Pi_e = \frac{\rho}{\rho_{em}} = \frac{K_v \cdot (\beta_d; \alpha_z) \gamma_{cm}}{K_{ep} (\eta_q + \gamma_{cm})} \rightarrow \max, \quad (1)$$

де K_{vp} – коефіцієнт швидкості автобуса на розрахунковому маршруті (відношення середньої швидкості автобуса на розрахунковому маршруті до постійної швидкості еталонного автобуса);

β_d – доля доріг I та II категорій на розрахунковому маршруті;

α_z – доля пробігу автобуса на міських дорогах на маршруті;

γ_{cm} – коефіцієнт статичного використання пасажиромісткості автобуса;

K_{ep} – енергетичний коефіцієнт пробігу автобуса в тестовій операції (відношення витрати палива даного автобуса на розрахунковому маршруті до витрати палива еталонного автобуса, який рухається з постійною еталонною швидкістю);

η_q – коефіцієнт спорядженої маси автобуса.

Показник результативності машинних процедур транспортних технологій для i -ї фази тестової операції визначається як:

$$TB_i = \frac{W(\Delta l)}{P_m \cdot \Delta t^2} = \frac{q \cdot \gamma_{cm} \cdot l_i}{P_{mi} \cdot t_i^2} \rightarrow \max, \quad i = \overline{1, n_\phi}, \quad (2)$$

де q і γ_{cm} – пасажиромісткість та коефіцієнт її статичного використання;

P_{mi} – середня сила тяги автобуса у i -й фазі операції, кН;

l_i – довжина пробігу автобуса у i -й фазі операції (стала швидкість, розгін, накат, гальмування), м;

n_ϕ – кількість фаз в тестовій операції між зупинками.

Величина показника технологічної результативності автобуса на перегоні між зупинками визначається як:

$$TB_n = \sum_{i=1}^{n_\phi} TB_i \cdot l_i / \sum_{i=1}^{n_\phi} l_i \rightarrow \max. \quad (3)$$

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} :

$$l_e = l \cdot K_e, \quad V_{eme} = V_{em} \cdot K_v, \quad t_{pe} = t_p \cdot K_t, \quad (4)$$

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 ($K_t = K_e / K_v$).

Отримані показники (4) підставляються у формули продуктивності та собівартості, що представлені в теорії транспортних процесів. В результаті отримано енергетично еквівалентні показники продуктивності W_{ze} та собівартості $S_{кме}$:

$$W_{ze} = \frac{q \cdot \gamma_{cm} \cdot l_m}{t_p \cdot K_t + t_{зуп} + t_{ок}} = K_w \cdot W_z, \quad (5)$$

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;

K_w – енергетичний коефіцієнт годинної продуктивності автобуса.

$$S_{кме} = C_{зм} \cdot K_e + \frac{C_{noc} \cdot (t_p \cdot K_t + (t_{зуп} + t_{ок}) \cdot \beta)}{l_m} = K_s \cdot S_{км}, \quad (6)$$

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.

У **третьому розділі** «Моделювання та багатоваріантний аналіз впливу технічних та експлуатаційних факторів на транспортну енергоефективність при міських автобусних перевезеннях» визначено, що для складних умов адаптивно-дискретного руху автобуса, що виникають на міських маршрутах та обумовлюють високий рівень енергоємності і ресурсоємності перевезень є 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. 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.

Параметричний і структурно-параметричний аналіз проводиться за алгоритмом рис. 5 та на основі функціональних залежностей:

$$\begin{aligned} K_v &= f_1(x), & K_e &= f_2(x), & P_{ep} &= f_3(x), \\ TB &= f_4(x), & & & & \\ x &\in (x_{\min}; x_{\max}), \end{aligned} \quad (7)$$

де x – значення змінної конструктивно-технічних, дорожніх та транспортно-експлуатаційних факторів;

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

У результаті моделювання, для кожного розробленого варіанту вихідних характеристик та факторів визначаються показники функціональної ефективності автобуса та результативності технологічних впливів: K_{ec} – енергетичний коефіцієнт пробігу (відношення витрат енергії для заданого автобуса та еталонного); K_{eq} – паливний коефіцієнт пробігу (являє собою відношення витрат палива для заданого автобуса та еталонного); K_{vc} – коефіцієнт швидкості

(відношення середньої швидкості в циклі до еталонної швидкості, яка приймається постійною (40 км/год); K_{tm} – коефіцієнт часу несталого руху (відношення часу руху при змінній швидкості до загального часу руху у циклі); P_{ep} – показник енергетичної ефективності (відношення транспортної енерговіддачі заданого та еталонного автобуса); P_{epq} – показник паливної ефективності (відношення транспортної паливовіддачі заданого автобуса до паливовіддачі еталонного); TBC – середньозважене значення показника результативності технологічного впливу в циклі; TBr , TBm – значення показника енергетичної результативності технологічного впливу при швидкостях відповідно V_r та V_m .

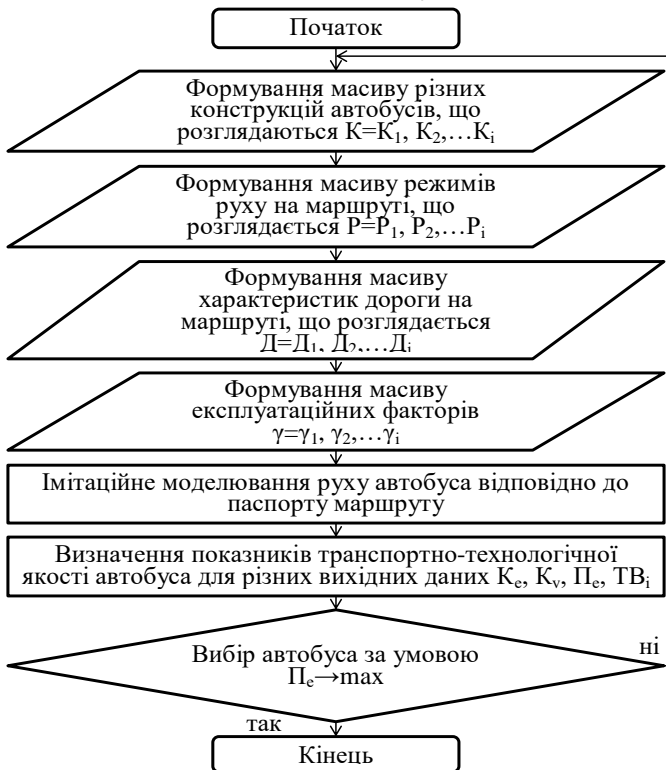


Рисунок 5 – Алгоритм багатоваріантного аналізу для оцінки перевізника

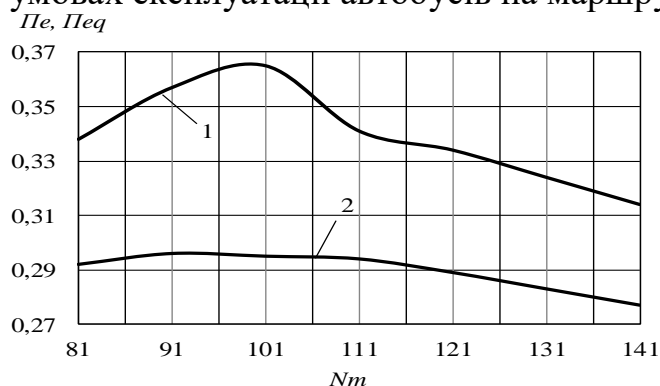
визначено характер залежностей показників енергетичної ефективності та результативності технологічних впливів від зміни конструктивно-технічних, дорожніх та транспортно-експлуатаційних факторів.

За допомогою методів регресійного аналізу встановлено функціональні залежності показників енергетичної ефективності автобуса та енергоеквівалентної продуктивності і собівартості від досліджуваних факторів виду

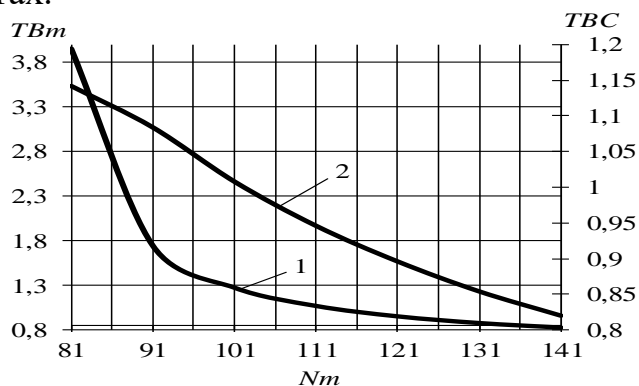
$$y = k_1 x^2 + k_2 x + k_3, \quad x \in (x_{\min}; x_{\max}), \quad (8)$$

де k_1, k_2, k_3 – коефіцієнти рівняння;
 x – змінний параметр.

Отримані функціональні залежності дозволяють керувати рівнем ТЕЕА в умовах експлуатації автобусів на маршрутах.

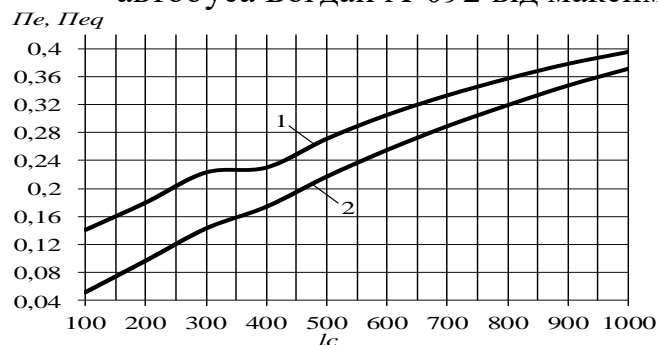


1 – $Пе$; 2 – $Пеeq$.

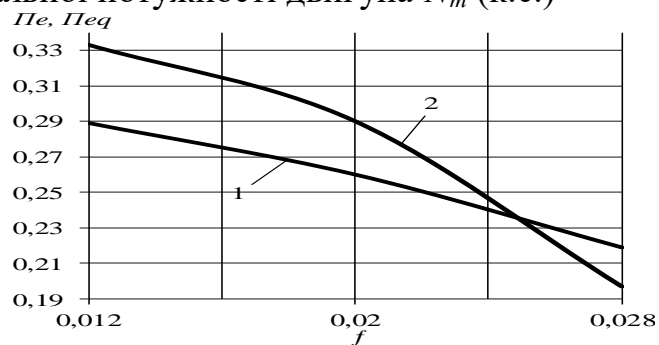


1 – $ТВm$; 2 – $ТВС$.

Рисунок 6 – Графік залежності показників транспортно-технологічної якості автобуса Богдан А-092 від максимальної потужності двигуна N_m (к.с.)



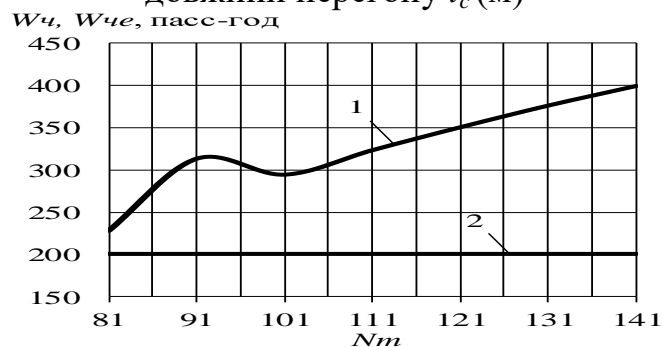
1 – $Пе$; 2 – $Пеeq$.



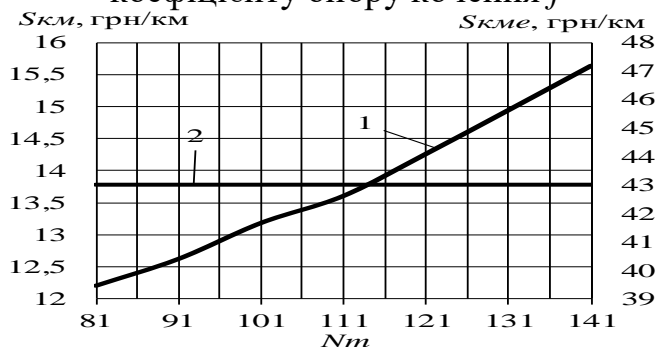
1 – $Пе$; 2 – $Пеeq$.

Рисунок 7 – Графік залежності показників транспортно-технологічної якості автобуса Богдан А-092 від довжини перегону l_c (м)

Рисунок 8 – Графік залежності показників транспортно-технологічної якості автобуса Богдан А-092 від коефіцієнту опору кочення f



1 – $Wч$; 2 – $Wче$.



1 – $Skме$; 2 – $Skм$.

Рисунок 9 – Графік залежності продуктивності автобуса Богдан А-092 та собівартості перевезень від зміни максимальної потужності двигуна N_m (к.с.)

У четвертому розділі «Розробка комплексу методик модернізаційно-технологічного підвищення транспортної енергоефективності міських пасажирських автобусних перевезень» обґрунтовано та розроблено комплекс методик який на відміну від існуючих, вартісних методів обґрунтування оновлення РС умовами якого є мінімізація експлуатаційних і приведених витрат, буде базуватися на таких важливих принципах технологічного розвитку процесів перевезень, як: а) життєвого циклу транспортних послуг б) технологічно-інноваційного збереження енергії і ресурсів в процесі автобусних перевезень в) концептуально-обґрунтованої реалізації комплексу техніко-технологічних новацій.

Враховуючи, це в 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.

У цих методиках загальними вимогами являються необхідність дослідження і прогнозування впливу характеристик автобусу 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.

Проектне підвищення ТЕЕА забезпечує в майбутньому гарантоване зниження показників енерго- і ресурсоемності автотранспортних послуг, які обумовлюють експлуатаційні витрати у майбутніх перевезеннях.

На етапі оновлення існуючого парку або формуванні нового, автоперевізник зіштовхується із великим конструктивно-технічним різноманіттям автобусів, тому для більш обґрунтованого їх вибору із заданими характеристиками СПОКА, запропоновано методику маркетингового моніторингу автобусів за показниками ТЕЕА.

У запропонованій методиці моніторингу автобусів на міські маршрути оцінка ТЕЕА відбувається за показником їх енергетичної ефективності для різних марок і моделей автобусів.

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

Алгоритм моніторингу представлений на рисунку 10. В ньому представлена логіка і процедури переробки інформації і прийняття рішення.

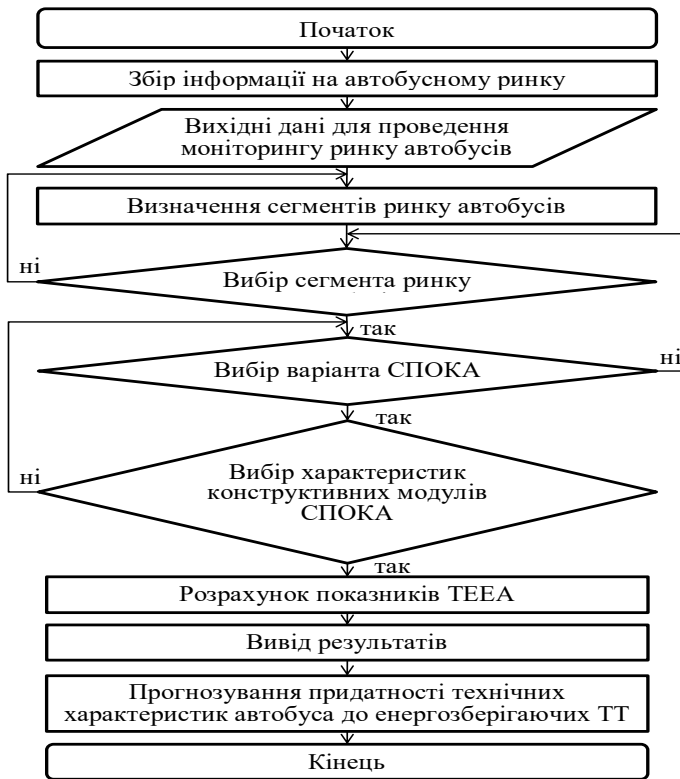


Рисунок 10 – Алгоритм моніторингу ринку автобусів за рівнем їх ТЕЕА на наданому сегменті

транспортних підприємств важливе значення має врахування і реалізація концепції модернізаційно-технологічного розвитку не тільки при експлуатації автобуса но 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.

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.

Доповнивши методику оцінки рухомого складу в існуючому порядку проведення конкурсу показником P_e , отримаємо вираз, який дозволяє

Для цільового управління та експлуатаційного підвищення енергозберігаючого розвитку автобусного парку запропонована нова методика експлуатаційного підвищення ТЕЕА (рис. 11).

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. З точки зору інноваційного розвитку

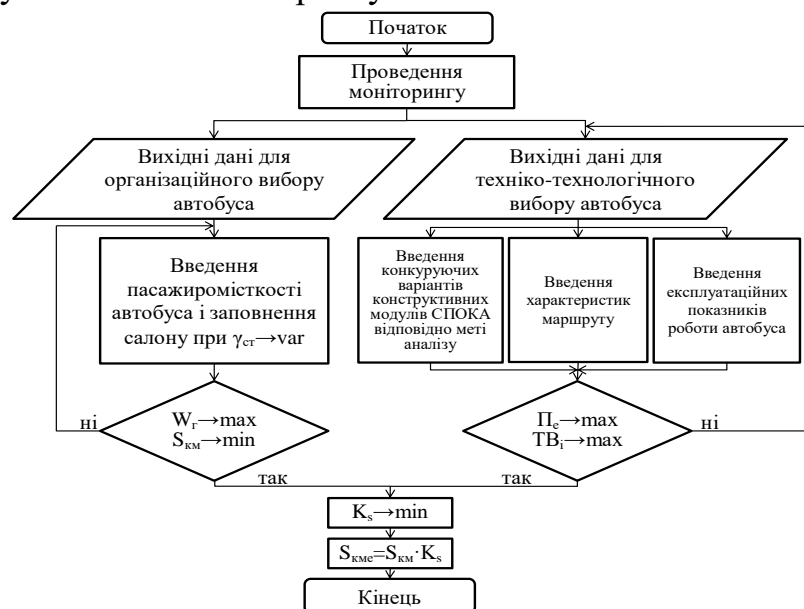


Рисунок 11 – Блок-схема вирішення задачі техніко-технологічного обґрунтування вибору автобусів для міських маршрутів

враховувати енергетичну ефективність автобусів і дає їм кількісну оцінку у вигляді конкурсного балу:

$$b_{\kappa} = b_{\kappa i} + \Delta b_e, \quad (9)$$

де $b_{\kappa i}$ – бал за існуючою методикою;

Δb_e – приріст балу з урахуванням енергетичного коефіцієнта:

$$\Delta b_e = a \cdot \Pi_e, \quad (10)$$

де a – розрахунковий коефіцієнт:

$$a = (b_o - b_{\kappa i}) / \Pi_{e_{\max}}, \quad (11)$$

де b_o – допустиме значення із урахуванням долі на енергоефективність, яке знаходиться в межах 15-20 % від максимальної кількості балів.

$$b_o = 1,5 \cdot b_{\max}, \quad (12)$$

де b_{\max} – максимальна кількість балів, що дається на РС за існуючою методикою.

Використавши запропоноване удосконалення методики проведення конкурсу, замовник, який його організовує, 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.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішена важлива науково-технічна задача підвищення транспортної енергетичної ефективності міських автобусних перевезень (МАП) шляхом використання техніко-технологічного підходу та методу комплексного (технологічно-організаційного) обґрунтування автобусів як носіїв технічних ресурсів автотранспорту із урахуванням конструктивно-технічних, дорожніх та транспортно-експлуатаційних факторів, що дозволяє забезпечити реалізацію концепції експлуатаційно-технологічного збереження енергії в процесах автобусних перевезень. Проведені дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

1. 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 МАП згідно названої концепції.

2. 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.

3. Розроблено алгоритм імітаційного 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.

4. 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. На основі аналізу отриманих результатів доведена достатня чутливість математичних моделей транспортної енергоефективності. Шляхом аналізу впливу різної довжини перегону між зупинками (від 100 м до 1000 м) встановлено, що на перегонах довжиною 1000 м показник транспортної енергоефективності зростає майже на 32 % по відношенню до перегону в 100 м, що має суттєве значення при плануванні та організації автобусних маршрутів. Крім того, за результатами аналізу впливу максимальної потужності двигуна автобуса Богдан А-092 на показник транспортної енергоефективності встановлено екстремальний характер функціональної залежності, з оптимумом в межах 91...94 к.с.

5. Розроблено методики для комплексного підвищення транспортної енергоефективності МАП з урахуванням техніко-технологічних параметрів починаючи із ранніх етапів експлуатації: «Моніторингу сегментів ринку автобусів»; «Експлуатаційного підвищення ТЕЕА»; «Врахування ТЕЕА при проведенні конкурсу».

На відміну від існуючих ці методики дозволяють конкретизувати заходи по експлуатаційному підвищенню транспортної енергоефективності і враховувати їх при плануванні організації міських автобусних перевезень.

6. Результати досліджень та методики експлуатаційного підвищення енергетичної ефективності міських автобусних перевезень апробовані у практичній діяльності ПАТ «САТП 0904». Це дозволило із ряду наявних на підприємстві автобусів обрати ті, що за своїми конструктивно-технічними характеристиками більше відповідають характеристикам маршрутів, що обслуговуються. Крім цього, результати дисертаційної роботи рекомендовано використовувати при проведенні конкурсу по вибору перевізника на маршрут директоратам з безпеки на транспорті Міністерства інфраструктури України. Розроблені теоретичні та методичні положення використані в навчальному процесі у Національному транспортному університеті при підготовці фахівців спеціальності 275 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» з таких дисциплін, як: «Сучасні транспортні технології», «Ресурсозберігаючі

технології на автомобільному транспорті» та «Комплексні проблеми технологій пасажирських перевезень».

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у виданнях іноземних держав або у виданнях України, які включені до міжнародних науково-метричних баз:

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

Статті у наукових фахових виданнях України:

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

3. Піцик М. Г., Хабутдінов Р. А. Обґрунтування вибору автобусів з використанням моделі енергетичного показника собівартості // Вісник Національного транспортного університету. 2009. № 19 (2). С. 111-114.

4. Піцик М. Г., Хмельов І. В. Методика моніторингу енергетичної ефективності міських автобусів // Проблеми транспорту. 2011. № 8. С. 83-87.

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

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

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

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

9. Піцик М. Г., Хмельов І. В., Гусев О. В. Методика аналізу енергетичної ефективності транспортних засобів з урахуванням умов перевезень // Вісник Національного транспортного університету. 2014. № 29 (1). С. 348-353.

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

11. Піцик М. Г., Хмельов І. В., Гусев О. В. Метод оцінки транспортно-технологічної якості автобусів // Вісник Національного транспортного університету. 2017. № 1 (37). С. 410-415.

Опубліковані праці апробаційного характеру:

12. Піцик М.Г. Принципи та методи комплексного аналізу транспортно-технологічних процесів за енергетичними критеріями. *LXIII науково-практична*

конференція науково-педагогічних співробітників, аспірантів, студентів та структурних підрозділів університету: тези доповідей. Київ, 2007. С. 143.

13. 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.

14. 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.

15. 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.

16. 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.

17. 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.

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

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

20. 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.

21. 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.

22. Піцик М.Г. Аналіз експлуатаційно-технологічних якостей міських автобусів. *LXXIV наукова конференція професорсько-викладацького складу,*

аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету: тези доповідей. Київ, 2018. С. 231.

23. 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.*

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

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

25. 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.*

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

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

АНОТАЦІЯ

Піцик М.Г. Підвищення транспортної енергоефективності міських пасажирських автобусних перевезень. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01 «Транспортні системи» (275 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)) - Національний транспортний університет, Міністерство освіти і науки України, Київ, 2020.

Дисертаційна робота присвячена підвищенню транспортної енергоефективності міських пасажирських автобусних перевезень.

Для підвищення енергоефективності автобусів і МПАП запропоновано на основі інноваційного техніко-технологічного підходу вирішувати задачі формування сучасних ТТ і оновлення парку рухомого складу транспортних підприємств з використанням методик, які відповідають концепції збереження енергії.

Інноваційний підхід до формування парку автобусів у транспортних підприємствах, полягає в тому, щоб обрати автобуси на міські маршрути, які забезпечать довготермінову конкурентоспроможність серед перевізників.

В зв'язку з цим зростає актуальність нових комплексних методів енергетичного аналізу функціонування автобусів і підвищення їх транспортної енергоефективності, що ґрунтуються на теорії і методах модернізаційного підвищення енергоресурсної ефективності автомобіля узагальненого типу, а саме: методика моніторингу заданого сегменту ринка автобусів за рівнем їх транспортної енергетичної ефективності; методика експлуатаційного підвищення транспортної енергоефективності автобуса з урахуванням конструктивних параметрів, а також дорожніх і транспортних умов руху на маршруті; методика врахування транспортної енергоефективності автобуса при проведенні конкурсу по вибору перевізника на маршрут.

Таким чином, розроблені методики дозволяють реалізувати комплексний підхід до вирішення задачі підвищення технологічного рівня перевезення пасажирів згідно концепції технологічно-модернізаційного енергозбереження на пасажирському автотранспорті.

Ключові слова: автобус, автобусні перевезення, енергетична ефективність, комплексний підхід, оновлення рухомого складу, умови експлуатації.

АННОТАЦІЯ

Пицык М.Г. Повышение транспортной энергоэффективности городских пассажирских автобусных перевозок. - Квалификационная научная работа на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.01 «Транспортные системы» (275 Транспортные технологии (на автомобильном транспорте)) - Национальный транспортный университет, Министерство образования и науки Украины, Киев, 2020.

Диссертационная работа посвящена повышению транспортной энергоэффективности городских пассажирских автобусных перевозок.

Для повышения энергоэффективности автобусов и ГПАП предложено на основе инновационного технико-технологического подхода решать задачи формирования современных ТТ и обновление парка подвижного состава транспортных предприятий с использованием методик, которые соответствуют концепции сохранения энергии.

Инновационный подход к формированию парка автобусов в транспортных предприятиях, заключается в том, чтобы выбрать автобусы на городские маршруты, которые обеспечат долгосрочную конкурентоспособность среди перевозчиков.

В связи с этим возрастает актуальность новых комплексных методов энергетического анализа функционирования автобусов и повышение их транспортной энергоэффективности, основанные на теории и методах модернизационного повышения энергоресурсной эффективности автомобиля обобщенного типа, а именно: методика мониторинга заданного сегмента рынка автобусов по уровню их транспортной энергетической эффективности; методика эксплуатационного повышения транспортной энергоэффективности автобуса с учетом конструктивных параметров, а также дорожных и транспортных условий

движения на маршруте; методика учета транспортной энергоэффективности автобуса при проведении конкурса по выбору перевозчика на маршрут.

Таким образом, разработаны методики позволяют реализовать комплексный подход к решению задачи повышения технологического уровня перевозки пассажиров согласно концепции технологически модернизационного энергосбережения на пассажирском автотранспорте.

Ключевые слова: автобус, автобусные перевозки, энергетическая эффективность, комплексный подход, обновление подвижного состава, условия эксплуатации.

ANNOTATION

Pitsyk M. G. Improving energy efficiency of urban passenger bus transportations. - Qualified scientific work on the rights of the manuscript.

Thesis for the degree of candidate of technical Sciences in the specialty 05.22.01 "Transport systems" (275 Transport technologies (on road transport)) - National Transport University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kiev, 2020.

The thesis is devoted to improving the energy efficiency of urban passenger bus transportations. In order to improve the energy efficiency of buses and transportations, it is proposed to solve the problems of scientific justification of the modern city buses and updating the rolling stock of transport enterprises using methods that correspond to the concept of energy saving on the basis of an innovative technical and technological approach. An innovative approach to forming a fleet of buses in transport companies is to choose buses for urban routes that will ensure long-term competitiveness in the market of transport services.

In this regard, increasing the relevance of new integrated methods of energy analysis of the operation of buses and increase transport energy efficiency based on modernization theory and methods increasing energy efficiency of the vehicle of the generic type, namely: the monitoring methodology of a given segment of the bus market in terms of their transport energy efficiency; methodology of improving transport efficiency of the bus taking into account the structural parameters, as well as road and traffic conditions on the route; method of accounting the transport energy efficiency of the bus during the competition while choosing the carrier on the route.

Thus, the developed methods allow us to implement a comprehensive approach to solving the problem of increasing the technological level of passenger transportation according to the concept of technological modernization of energy saving on passenger vehicles.

Key words: bus, bus transportation, energy efficiency, integrated approach, rolling stock renewal, operational factors.