

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”**

ДУБНО МИХАЙЛО ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 629.113

**ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОШВИДКІСНОГО
ПОТЕНЦІАЛУ АВТОМОБІЛЯ**

Спеціальність 05.22.02 – автомобілі та трактори

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

ЛЬВІВ – 2007

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Національному університеті “Львівська політехніка” Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник доктор технічних наук, професор
Гащук Петро Миколайович,
Національний університет “Львівська політехніка”,
завідувач кафедри “Експлуатація та ремонт
автомобільної техніки”.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, доцент
Крайник Любомир Васильович,
Національний університет “Львівська політехніка”,
завідувач кафедри "Автомобілебудування",

кандидат технічних наук, доцент
Карпенко Володимир Романович
Луцький Державний технічний університет,
доцент кафедри "Автомобілі"

Захист відбудеться „ 12 ”грудня 2007 р. о 12⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 35.052.06 у Національному університеті “Львівська політехніка” за адресою: 79013, м. Львів-13, вул. С. Бандери, 12, гол. корп., ауд. 226.

З дисертацією можна ознайомитись у науково-технічній бібліотеці Національного університету “Львівська політехніка” за адресою: 79013, м. Львів-13, вул. Професорська, 1.

Автореферат розісланий “02” листопада 2007 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Шоловій Ю. П.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. З інтенсифікацією розвитку національної економіки особливого значення набуває проблема підвищення ефективності використання автомобільного транспорту на засадах раціонального використання його потенціалу. Як в якісному, так і кількісному сенсі рівень використання потенційної ефективності окремих автотранспортних засобів (АТЗ) та потенційної ефективності роботи автомобільного транспорту загалом за багатьма ознаками не задовольняють сучасних вимог.

Однією з основних причин цього є незадовільний стан планування, обліку й нормування (кваліметрії) ефективності використання автомобілів. Планування ефективності від досягнутого рівня чи від вдалого випадку до випадку й застосування укрупнених нормативів пробігу і витрати палива не сприяють раціональному формуванню та ефективному використанню виробничого (продуктивного чи швидкісного та енергетичного) потенціалу автомобілів. При такому підході виробничий потенціал оцінюється на основі не завжди об'єктивних звітно-статистичних даних, а нормативи не є скеровуючим фактором, взірцем в роботі. Дані обставини обумовлюють актуальність теми досліджень.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційні дослідження безпосередньо пов'язані з науково-дослідною роботою “Дослідження та оптимізація експлуатаційних властивостей автотранспортних машин та ефективності транспортних процесів”, що проводиться кафедрою “Експлуатація та ремонт автомобільної техніки” Національного університету “Львівська політехніка” у відповідності до Державного координаційного плану НДР за темою “Методи забезпечення раціональної експлуатації та екологічної безпеки автомобіля” (позиція № 23), сформованого науково-експертною радою за фаховим напрямом “Автомобільний транспорт і дорожнє будівництво”.

Мета і задачі дослідження. *Мета роботи* – обґрунтування пропозицій щодо підвищення енергошвидкісного потенціалу автомобіля, розробка теоретичних і практичних методів визначення і оцінювання продуктивного потенціалу автомобілів і нормування показників їх роботи на основі формалізованого методологічного підходу до вивчення режимів роботи автомобілів та до ідентифікації умов руху.

Для досягнення мети роботи були поставлені та розв'язані такі *задачі дослідження*:

1. Аналіз та обґрунтування можливості і доцільності застосування методу планування експерименту для дослідження й визначення швидкісного та енергетичного потенціалів автомобілів на основі обмеженої системи кількісних вимірників умов руху.
2. Розроблення розрахункового методу відтворення експлуатаційних режимів і визначення показників руху й роботи агрегатів автомобілів на комп'ютерах з системним урахуванням впливових чинників та особливостей реального процесу руху.
3. Поеднання у цілісну систему ідентифікаторів властивостей доріг як таких, що впливають з понять „пересіченість поздовжнього профілю дороги” і „перешкодонасиченість дороги в плані”.
4. Розроблення методики і засобів експериментального визначення ідентифікаторів властивостей доріг, а також методики дослідження реальних режимів та показників руху автомобілів при підготовці і проведенні модельного експерименту.
5. Розроблення методу отримання поліноміальних моделей (інтерполяційних формул) для визначення – оцінки швидкісного і енергетичного потенціалу автомобілів і на їх основі

розрахунково-аналітичного методу нормування середньої швидкості та витрати палива за довільного поєднання чинників, що визначають умови експлуатації.

6. Дослідження впливу умов руху і організаційно-транспортних умов перевезень на показники ефективності роботи автомобілів та розроблення розрахункового методу оцінки раціональних співвідношень між ефективністю автомобіля та умовами його роботи.

7. Обґрунтування доцільності створення, складу і структурно-функціональної схеми технічної бази керування швидкісним та енергетичним потенціалом автомобілів.

Об'єкт дослідження – експлуатаційна ефективність і виробничий потенціал автомобіля.

Предметом дослідження є принципи і методи раціонального формування виробничого потенціалу автомобіля.

Методи дослідження. В експериментальному дослідженні режимів руху автомобілів застосовувалися як прості методи фіксування їх загальних показників способом хронометражу, так і методи реєстрації режимних параметрів і параметрів доріг за допомогою записувальної та обліковувальної апаратури, що забезпечують отримання характеристик режимів у статистичній формі. У теоретичному дослідженні застосовувалися класичні методи математичного аналізу, математичне моделювання, теорія масового обслуговування і математична теорія експерименту.

Наукова новизна роботи полягає у вдосконаленні методів багатофакторного (системного) аналізу при дослідженні режимів руху, визначенні їх вихідних характеристик і оцінці складових виробничого потенціалу автомобілів на основі використання кількісних вимірників (ідентифікаторів) умов руху та результатів математично планованого, натурального експерименту.

Достовірність отриманих результатів забезпечується коректним використанням вихідних даних та апробованого математичного апарату, підтверджується збігом теоретично отриманих результатів з експериментальними даними (як власних, так і опублікованих іншими дослідниками).

Практичне значення одержаних результатів. Вдосконалені методи кількісної оцінки і методи моделювання дорожніх умов, симулювання експлуатаційних режимів руху автомобілів та синтезу поліноміальних і похідних від них не поліноміальних моделей, що забезпечують формалізований пошук додаткових можливостей підвищення ефективності автотransпортних засобів – за рахунок використання складових виробничого потенціалу автомобілів.

Наукові результати дисертаційної роботи впроваджені у ВАТ „Львівський автобусний завод” при добиранні для міських і міжміських автобусів параметрів і характеристик силових агрегатів, у ТзОВ „Львівський завод гідромеханічних передач та трансмісій” у вигляді методики стендових тестувань властивостей двигунів, ідентифікації й аналізу паливних характеристик.

Особистий внесок здобувача. У наукових роботах, які опубліковані в співавторстві, здобувачеві належать наступні наукові результати: [1] – розроблено кількісні характеристики дорожніх умов; [2] – проведено нормування транспортної роботи у транспортній мережі; [3] – обґрунтовано методи моделювання режимів руху та отримання поліноміальних моделей; [4] – проведено аналіз з добору раціональної вантажності та потужності автомобілів на основі інтерполяційних моделей – поліномів; [5] – проведено аналіз застосування та укладання диференціальних рівнянь руху автомобіля; [7] – моделювання експлуатаційних режимів вільного руху автотransпортних засобів; [8] – обґрунтування раціональної потужності, вантажності автотransпортних засобів – вплив на продуктивність та енерговит-

ратність; [9] – проведено аналіз геометричних параметрів автомобільних доріг Львівщини; [10] – опрацьовано результати щодо використання показників для оцінки ефективності транспортної системи; [11] – розроблено методику отримання показників для оцінки ефективності міської транспортної системи; [12] – проведено аналіз застосування методики отримання показників для оцінки ефективності міської транспортної системи в Україні; [13] – проведено дорожні випробування, розроблено ідентифікатори дорожніх умов.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень доповідались і були схвалені на: 6-му та 8-му Міжнародних симпозиумах українських інженерів-механіків у Львові (2003, 2007 рр.); третій науковій конференції Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба (Харків, 2007 р.), наукових конференціях науково-педагогічних працівників Національного університету „Львівська політехніка”(2004 – 2007 рр.).

Публікації. Основні результати досліджень, висновки та рекомендації опубліковані у 13 друкованих наукових працях загальним обсягом 2,4 друк. арк., з них 5 (1,2 друк. арк.) у виданнях, що входять до переліку наукових фахових видань, визначених ВАК України, для опублікування результатів досліджень з технічних наук.

Структура та обсяг дисертаційної роботи: Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних літературних джерел, який налічує 128 найменувань, 2 додатків на 4 сторінках. Основна частина дисертації займає 154 сторінки основного тексту, 19 таблиць, 48 рисунків. Загальний обсяг роботи – 201 сторінка.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність, мету і задачі досліджень, окреслено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів.

В першому розділі проведено аналіз існуючих методів визначення режимів та показників руху автомобілів, які використовуються для визначення ефективності автомобіля й можливих напрямів принципового удосконалення методології оцінювання його виробничого потенціалу. На підставі результатів аналізу визначено часткові наукові задачі подальшого аналітичного та експериментального дослідження потенціалу автомобіля.

Переважна більшість експлуатаційних властивостей автомобіля та його досконалість проявляється лише через наслідки функціонування системи “автомобіль – водій – дорога”. Режим руху і реально визначені швидкісний та паливно-ощадний потенціал автомобіля формуються внаслідок прояву як його потенційних властивостей, так і корисного завантаження, дій оператора та значної кількості чинників, що характеризують умови руху.

Значна кількість чинників, що безпосередньо позначаються на режимах руху автомобілів, та взаємозв'язок між ними суттєво ускладнюють застосування регресійного аналізу при дослідженні режимів у формі пасивного експерименту. Проведений аналіз засвідчив доцільність застосування методів: математичного моделювання режимів руху і дорожніх умов, планування експерименту, активного регресійного аналізу. Ідентифікацію дорожніх умов проводити за допомогою теоретично обґрунтованих і експериментально підтверджених формалізованих кількісних вимірників (ідентифікаторів) пересіченості поздовжнього профілю

$$P = 0,152 \left(\alpha_{\pi} \frac{I_{\text{сер.п}}^{0,275}}{e^{0,0001I_{\text{сер.п}}}} + \frac{\alpha_{\text{сп}}}{1,1} \frac{I_{\text{сер.сп}}^{0,275}}{e^{0,0001I_{\text{сер.сп}} + 0,005\alpha_{\text{сер.сп}}}} \right), \% \quad (1)$$

та звивистості й перешкодонасиченості доріг

$$K = \alpha_{\text{пов.пит}} \frac{\sqrt{\rho_0} - \sqrt{\bar{\rho}}}{\sqrt{\rho_0}}, \text{ град/км}, \quad (2)$$

де $\alpha_{\text{п}}$ і $\alpha_{\text{сп}}$ – середні значення кутів підйому і спуску дороги, %; $\alpha_{\text{сеп,сп}}$ – середньозважений кут спуску, %; $l_{\text{сеп,п}}$ і $l_{\text{сеп,сп}}$ – середні довжини підйомів і спусків, м; $\alpha_{\text{пов.пит}}$ – питомий кут повороту дороги, град/км; ρ_0 – радіус, який не змушує автомобіль зменшувати швидкість; $\bar{\rho}$ – математичне сподівання радіуса повороту.

Вплив на режими руху перехресть, звужень дороги, населених пунктів та інших обмежень швидкості на режими і показники руху автомобілів можна виразити через параметри еквівалентних кривин дороги в плані. Завдяки цьому, велика кількість різнорідних, чинників можна ідентифікувати загальним вимірником перешкодонасиченості дороги.

З метою отримання узагальнених аналітичних залежностей при плануванні експертименту чинники розглядають як змінні величини. Зокрема, у дослідженні режимів і визначенні показників руху, а також під час оцінки ефективності автомобілів є сенс варіювати: повну масу автомобіля G_a ; максимальну потужність двигуна N_{max} ; коефіцієнт опору коченню коліс f ; коефіцієнт їх зчеплення з дорогою ϕ (швидкість обмеження $V_{\text{обм}}$); пересіченість поздовжнього профілю Π ; перешкодонасиченість дороги K ; інтенсивність руху I автомобілів.

Дослідні їздки вантажних автомобілів здійснювалися маршрутами довжиною від 10 до 250 км дорогами різних категорій з удосконаленими покриттями, що проходять рівнинною і горбистою місцевостями та населеними пунктами. За винятком особливих випадків (у разі визначення параметрів розгону автомобіля, опору коченню) режими руху при дослідних їздах добиралися суто водієм відповідно до загальної дорожньої обстановки. При цьому фіксувалися загальні умови (маршрут, погода, температура навколишнього повітря тощо) і параметри, що характеризують режими руху, режими роботи агрегатів і дорожні умови: швидкість пересування, час руху, пройдений шлях, обертовий момент двигуна або розрідження у впускному трубопроводі, частота обертання вала двигуна, витрата палива, кількість вмикань передач, схили поздовжнього профілю, кути повороту керма, сумарна амплітуда коливання коліс відносно кузова та інші.

При експериментальному визначенні показника звивистості маршруту фіксувались протяжність кривих в плані, довжина маршруту, кути повороту дороги в плані. Пристрій для визначення показника звивистості маршруту являє собою давач кута повороту поздовжньої осі автомобіля відносно дороги, сконструйований на базі гіропівкомпаса, переривачі електричного кола і лічильники імпульсів.

Для визначення пересіченості поздовжнього профілю дороги в рамках обраного маршруту спеціальний прилад повинен був давати інформацію про довжину маршруту, кількість підйомів і спусків, а також шлях, пройдений автобусом-лабораторією підйомами і спусками з різними заданими схилами. В якості чутливого елемента, що здатен реагувати на зміну схилів поздовжнього профілю дороги, правила авіаційна центральна гіровертикаль – двогіроскопний авіагоризонт (двовісний силовий гіростабілізатор).

В другому розділі на основі опрацьованих на кафедрі “Експлуатація та ремонт автомобільної техніки” Національного університету “Львівська політехніка” загальних принципів і підходів визначення потенціалу автомобіля синтезовано математичну модель та алгоритми симуляційного відтворення окремих фаз руху. Поєднання методів математичного моделювання режимів руху автомобіля й формалізованої ідентифікації експлуатаційних умов руху АТЗ дозволяє втілити узагальнений план експерименту і синтезувати поліноміальні моделі.

Моделювання експлуатаційних режимів руху в загальному випадку зводиться до послідовного розв'язання низки логічних задач, що імітують дії водія-оператора, і до виконання обчислювальних операцій з метою розрахунку можливої і доцільної швидкості руху автомобіля залежно від геометричних параметрів дороги, обмежень швидкості та допустимих режимів роботи двигуна.

Побудова математичних моделей окремих фаз руху автомобіля здійснено на основі загальноприйнятого в теорії автомобіля диференціального рівняння з урахуванням: змінності опору рухові автомобіля на вертикальних кривих дороги; взаємозумовленості тягової сили і положення органу керування подачею палива в двигун; залежності коефіцієнта корисної дії (ККД) трансмісії від швидкості руху й навантаження; існування додаткового опору коченню коліс, зумовленого зниженою якістю дорожнього покриття і підвищеними швидкостями пересування. Диференціальні рівняння, що описують рух автомобіля, прямо-лінійною в плані дорогою мають вигляд

$$m_j \frac{dv}{dt} + bv^2 - av - e_o \pm cl = 0, \quad m_j v \frac{dv}{dt} + KFv^3 + bv^2 + av \pm clv - N'_o - N'_{np} t = 0, \quad (3)$$

де v – швидкість руху автомобіля, м/с; dv/dt – пришвидшення центра мас автомобіля, м/с²; m_j – коефіцієнт, що інтегрально враховує інерцію поступальних і обертових мас автомобіля (інерційна маса автомобіля), кг·с²/м; $c = G/R$ – відношення маси автомобіля до радіуса вертикальної кривої дороги, кг/м; KF – фактор опору повітря, кг·с²/м²; N'_{np} – швидкість наростання потужності в процесі відкриття дроселя карбюратора чи рейки паливного насоса, кВт/с; N'_o – потужність, що розвивається двигуном при початковому положенні дроселя (рейки паливного насоса), кВт; l – відстань подолана автомобілем, м; t – тривалість руху, с; a, b, e_o – сталі, що залежать від параметрів, що характеризують автомобіль і умови руху.

Перше з наведених рівнянь (3) описує рух автомобіля при роботі двигуна за зовнішньою швидкісною характеристикою, рух за інерцією з вимкненою передачею і при гальмуванні двигуном. Друге рівняння описує рух автомобіля при розгоні з максимально можливим пришвидшенням, тобто при відкритті дроселя (зміщенні рейки паливного насоса) з „раціональною” швидкістю.

Рівняння руху автомобіля дозволяють враховувати залежності: а) сил опору рухові транспортного засобу від типу й якості покриття дороги та від параметрів вертикальних та горизонтальних перехідних кривих дорожнього профілю; б) втрат рушійного чинника (енергії) в трансмісії від швидкості руху автомобіля і діючого обертового моменту; в) втрат рушійного чинника (енергії) на привід допоміжних агрегатів і пристроїв від швидкості руху автомобіля; г) потужності двигуна від барометричного тиску й температури навколишнього повітря, а також від приймистості двигуна.

Через те, що основним методом розробки науково обґрунтованих оцінок виробничого потенціалу є розрахунково-аналітичний, важливого значення набуває задача аналітичної ідентифікації паливних характеристик автомобільного двигуна.

На рис. 1 наведено перебіг однієї гілки навантажувальної характеристики автомобільного двигуна (M_e – обертовий момент на валу двигуна, n_e – частота обертання цього вала, Q_t – швидкість витрати палива). На цій гілці можна вирізнити такі особливі точки: R_d – точка, що відповідає граничному за якістю згоряння палива режиму роботи двигуна (при надсиланні у циліндри двигуна палива зі швидкістю понад значення Q_{td} паливо згоряє настільки неповно, що обертовий момент падає); R^+ – точка, що відображає так званий зовнішній тяговий режим (технічне обмеження кількості палива, що надсилається у двигун,

зумовлює при заданій n_e максимальний обертовий момент M_e^+ ; R_m – точка, що відповідає режимові марного ходу, коли $M_e = 0$; R_{g1} і R_g – точки, що відображають зовнішні гальмівні режими за відсутності відсікання потоку палива (переважно бензинові карбюраторні двигуни) і у разі його відсікання (переважно дизельні двигуни); R_η – точка, що відповідає режиму мінімальної питомої витрати палива $g_e = Q_t / N_e$ (точка дотику до графіка променя d_1 , спрямованого з точки O початку системи координат, N_e – потужність двигуна); R_2 – точка дотику до графіка променя d_2 , спрямованого з точки R_g ; R_0 – точка перегину графіка з дотичною d_3 у ній, яка ділить цей графік на опуклу угору і опуклу донизу (вгнуту) ділянки.

Двигун внутрішнього згоряння насамперед покликаний продукувати корисну роботу. Отже, вияв якого-небудь гальмівного ефекту є свідченням недосконалості двигуна. Хоча режим марного ходу вирізняється з-посеред інших відсутністю зовнішнього ефекту (як шкідливого гальмівного, так і корисного тягового), та наділене ексергією пальне і тут споживається непродуктивно. Зовнішню гальмівну характеристику $M_e = M_{er}(n_e)$ і характеристику марного ходу $Q_t = Q_{tm}(n_e)$ можна тлумачити як формальні виразники неідеальності двигуна загалом на всіх можливих режимах його роботи.

У разі ідеального двигуна марний і гальмовий ходи мали б збігатись, при цьому мали б справджуватись умови $Q_{tm}(n_e) \equiv 0$ та $M_{er}(n_e) \equiv 0$. Тому можна припустити, що при усунуванні гальмівного ефекту двигун при заданому значенні обертової частоти n_e і довільному можливому Q_t здатен продукувати додатковий обертовий момент $\Delta M_e = M_{er}(n_e)$ відповідно до його гальмівної характеристики.

Отже, якщо при заданому n_e умовно усунути можливість вияву гальмівного ефекту однаково для всіх можливих Q_t , то навантажувальна характеристика при заданому n_e відображатиметься кривою

$$Q_t = Q_t(n_e, M_{eid} = M_e + M_{er}(n_e)),$$

що виходить з початку системи координат, рис. 2 (тут частота $n_e = n_e^*$ взята за базову).

Рис. 1. Особливості перебігу гілки навантажувальної характеристики двигуна

Рис. 2. Навантажувальна характеристика ідеалізованого двигуна (базова)

Це означатиме, що на режимах марного ходу ідеалізований двигун цілком не споживатиме пального, на відміну від реального. Виявляється, дві гілки навантажувальної характеристики ідеалізованого двигуна, відповідні двом частотам $n_{e1} < n_{e2}$, співвідносяться так, що величина $Q_t(n_{e2}, M_{eid}) / Q_t(n_{e1}, M_{eid})$ є такою самою, як відношення $Q_{t02} / Q_{t01} = k = \text{const}$ при якомусь довільному $M_{eid} = M_{eid0}$.

Якщо за базову правитиме найбільша частота $n_e = n_e^*$, то залежність k від n_e (названа канонічною), виявиться монотонно спадною.

Тож формально ідеалізація двигуна зводиться до операції перенесення кожної кривої $Q_t = Q_t(n_e, M_e)$ поля навантажувальних характеристик паралельно сама до себе вздовж осі OM_e так, щоб крайня ліва точка кривої збіглася з початком системи координат $M_e O Q_t$. Цю операцію можна здійснити точно за наявності гальмівної характеристики $M_e = M_{er}(n_e, Q_t \equiv 0)$, через що ця характеристика посідає важливу роль серед експериментальної інформації.

Таким чином, якщо характеристика реального двигуна описується рівнянням $F(n_e, M_e, Q_t) = 0$, то характеристику ідеалізованого двигуна відобразитиме рівняння

$$F(n_e, M_e - M_{er}(n_e) = M_{eid}, Q_t) = 0. \quad (4)$$

Зрозуміло, що ідеалізована характеристика має зберігати таку важливу рису реальної, як монотонність.

На базовій характеристиці доцільно вирізнити низку особливих точок. Цими точками слід вважати початок системи координат O та вже згадувані точки $R_m(M_{eid\text{ mx}}, Q_{t\text{ mx}})$, $R_o(M_{eid\text{ o}}, Q_{to})$, R_2 при деякому $M_{eid} = M_{eid2}$, $R^+(M_{eid}^+, Q_{to}^+)$ (рис. 2). До них можна долучити ще точку R_α – точку дотикання під певним кутом α до графіка $F(M_{eid}, Q_t) = 0$ прямої d_0 , що виходить з точки R^+ , а у разі карбюраторного двигуна також точку R_{g1} , відповідну повністю прикритій дросельній заслінці.

Таким чином, деяка аналітична залежність $F_a(M_{eid}, Q_t) = 0$ бездоганно апроксимувала б базову навантажувальну характеристику $F(M_{eid}, Q_t) = 0$, якщо б вона точно проходила через перелічені точки та задовольняла умови монотонності, опуклості – вгнутості.

Слід зазначити, що без суттєвої втрати адекватності формального відображення базової характеристики $F(M_{eid}, Q_t) = 0$, вимоги до аналітичної залежності $F_a(M_{eid}, Q_t) = 0$ можна суттєво спростити. Цю залежність достатньо зшити з двох парабол, які разом мають десять ступенів вільності (містять десять вільних коефіцієнтів).

Описана процедура відображення характеристик двигуна веде до аналітичних співвідношень, відхилення яких від експериментальних графіків на множині додатних значень обертового моменту ($M_e > 0$) не перевищують 2 % як за значеннями Q_t , так і за M_e . Точність перетворень характеристик в значній мірі залежить від того, наскільки вдало підібрано аналітичні апроксимуючі залежності та базове значення $n_e = n_e^*$ частоти обертання вала двигуна.

В третьому розділі досліджено моделювання – симулювання експлуатаційних режимів руху автомобілів в послідовному (чи взаємопов'язаному паралельному) втіленні низки обчислювальних операцій визначення показників окремих фаз руху машини відповідно до регламентацій щодо організації руху на даному маршруті, послідовності зміни геометричних елементів дороги й чергування різних обмежень, мети, якою керується водій-оператор та особливостей сприйняття ним загальних обставин руху.

Моделювання руху автомобіля повинно відтворювати і використовуваний водіями ефект динамічного подолання підйомів. З цією метою на спуску перед підйомом швидкість

автомобіля збільшується на 15 % у порівнянні зі швидкістю обмеження, регламентованого для даного спуску.

Комп'ютерне моделювання криволінійного в плані руху автомобіля зводиться до зіставлення кривизни траєкторії руху центра інерції автомобіля з кривиною заданої перехідної кривої і у разі необхідності – усування невідповідностей. При цьому визначаються кути збочення коліс, кути і швидкості повороту керованих коліс, пройдений шлях та додатковий опір $\Delta P_{кр}$ криволінійному рухові, на підставі чого можна обчислювати додаткові витрати потужності двигуна на i -тому кроці моделювання.

Аналіз результатів моделювання засвідчує, що залежність додаткового опору рухові $\Delta\psi$ від коефіцієнта бічної сили μ відповідає співвідношенню $\Delta\psi = K_c \mu^2$, де K_c – коефіцієнт пропорційності (можна брати $K_c = 0,22$). Отже задаючи значення μ для кругової кривої (керуючись вимогами безпеки й комфортабельності руху) і закон зміни цієї величини вздовж перехідної кривої на всіх трьох стадіях повороту можна точно визначити додатковий опір рухові автомобіля. Долучаючи його до інших різновидів опору рухові (коченню, підйому тощо), можна і за наявності кривих дороги в плані визначати режими роботи автомобіля.

Фіксуючи режими роботи двигуна на кожній передачі (необхідна для цього кількість елементів пам'яті комп'ютера або кількість лічильників у разі експериментального визначення збільшується пропорційні до кількості передач в трансмісії) і враховуючи час або шлях руху на кожній з них, можна нагромадити статистичні дані про розподіл обертових моментів, що навантажують трансмісію з боку двигуна.

Відповідно до укладеної блок-схеми програми комп'ютерного розрахунку показників вільного руху автомобілів на конкретному маршруті кожному конкретному симулюванню передуює завантаження технічних параметрів автомобіля, геометричних параметрів дороги (у послідовності їх розташування на даному маршруті), прийнятої початкової швидкості руху (з зазначенням передачі), обмежень, що регламентують режим руху (перехрестя, звуження, обмеження швидкості тощо), з зазначенням їх координат і, нарешті, різних керівних ознак (кінця маршруту, кінця ділянки з тими чи іншими геометричними параметрами тощо).

Оцінка адекватності принципової структури моделі провадилася на всіх етапах її створення: при складанні рівнянь руху, аналізі розрахункової схеми, розробки логічної, а потім і програмної блок-схеми і, нарешті, самої програми шляхом розв'язання контрольних задач і співставлення результатів розрахунків з експериментальними даними. Наведені в роботі результати розрахунку показують, що при однакових вхідних даних розрахункові і експериментальні результати збігаються з задовільною точністю (3...5%). Перевагами розробленої моделі є достатня точність отриманих результатів та можливість отримання більшої за обсягом інформації про режими руху автомобіля.

У четвертому розділі запропоновано методику моделювання руху автомобілів в транспортному потоці, який є типовим прикладом функціонування складної системи в умовах спільної дії детермінованих і випадкових чинників. Інтегровано визначають особливості руху автомобілів в транспортному потоці інтенсивність руху й склад потоку.

З позицій теорії масового обслуговування (ТМО) група з n автомобілів, рух яких в даному місці дороги обмежений неможливістю з яких-небудь причин обігнати лідера (автомобіль, що очолює групу), – розглядається як черга, яку складають $n-1$ заявок на обслуговування, під яким розуміють факт здійснення обгону головного автомобіля (лідера).

Математичний апарат ТМО дає змогу адекватно визначати швидкісні режими руху автомобілів в транспортному потоці: існує можливість обчислити не тільки середню швидкість руху автомобіля на конкретному маршруті, але й побудувати графік розподілу значень математичного сподівання швидкості без багаторазової реалізації алгоритму імітаційного моделювання, а отже з меншими затратами праці й часу. Такі задачі можна розв'язувати й з використання результатів моделювання режимів вільного руху автомобілів. Спосіб її розв'язання спирається на поняття „коефіцієнт зближення автомобілів”, за допомогою якого можна оцінювати інтенсивність надходження заявок на обслуговування.

Розрахунок швидкісного режиму руху автомобілів в транспортному потоці поєднує в собі чотири етапи:

1. Підготовка первісної інформації, що характеризує: а) типові умови руху (геометричні параметри дороги, склад транспортного потоку, інтенсивність руху, організацію руху тощо); б) АТЗ (параметри двигуна та трансмісії, повна маса, максимальні і/чи допустимі швидкісні параметри тощо)
2. Розрахунок і побудова графіків швидкостей вільного руху в заданих дорожніх умовах автомобілів, що формують транспортний потік
3. Укладання системи рівнянь і визначення кількості запитів на обгін, кількості автомобілів, що рухались вільно та автомобілів, що потрапили в чергу, математичних сподівань швидкостей руху автомобілів різних швидкісних груп в тому чи іншому перерізі дороги
4. Побудова швидкісних графіків і визначення середніх швидкостей руху автомобілів різних швидкісних груп.

Незалежно від способу побудови графіків швидкостей руху автомобілів в транспортному потоці, показники руху і режими роботи агрегатів автомобілів на їх підставі визначаються в ході розв'язування так званої оберненої задачі у такий послідовності:

1. Отриманий графік швидкості суміщають з кресленням поздовжнього профілю дороги, для якої було здійснено розрахунок швидкісних режимів руху даного автомобіля при заданій інтенсивності
2. Графік швидкості і поздовжній профіль поділяють на відрізки, в межах яких пришвидшення автомобіля береться сталим, а параметри, що визначають опір дороги рухові, залишають незмінними
3. За відомими для кожного такого відрізка дороги значеннях довжини шляху S , початкової v_1 і кінцевої v_2 швидкостей, а також передачі, на якій відбувається рух, визначають час руху t , пришвидшення автомобіля j_a і обчислюють частоту обертання вала двигуна n і затрачувану потужність N_e
4. Для знайдених значень N_e і n за паливною характеристикою двигуна визначають витрату палива за час руху даним відрізком дороги
5. За відомими передатним числом трансмісії і тривалістю руху автомобіля на кожному відтинку дороги відомої довжини, можна визначити середньозважене передатне число трансмісії, середнє тягове зусилля, середню потужність та інші показники.

Розрахунки засвідчують, що показники руху і режимів роботи агрегатів АТЗ, наприклад, ЗИЛ-431410 за різної інтенсивності транспортного потоку U , сформованого на горбистому маршруті із затяжними підйомами до 60 %, відрізняються помітно. Це в якісному сенсі підтверджує і наведена на рис. 3 діаграма розподілу режимів роботи його двигуна.

Отримані результати добре узгоджуються з відомими експериментальними даними про вплив інтенсивності руху на показники роботи автомобіля: із зростанням інтенсивності руху U середня швидкість $v_{\text{сеп}}$ знижується, витрата палива Q_s залишається майже незмінною, середнє передатне число $i_{\text{т.сеп}}$ зростає, а режими роботи двигуна перерозподіляються у бік менших середніх значень потужності $N_{\text{сеп}}$ і частоти обертання $n_{\text{сеп}}$.

Важливою особливістю запропонованої моделі транспортного потоку є можливість ідентифікації розташування всіх автомобілів потоку в кожен мить часу. Завдяки цьому можна контролювати взаємну відповідність розрахункових інтервалів між автомобілями та деякого наперед заданого закону їх розподілу, а також досліджувати вплив на них різних чинників. Відповідність розрахункових інтервалів деяким наперед заданим є важливим свідченням правильного функціонування запропонованої моделі.

П'ятий розділ присвячено визначенню показників руху АТЗ та оптимізації їх повної маси, а також й потужності двигунів.

З метою визначення обґрунтованих норм швидкостей руху автомобільних поїздів (на прикладі автомобілів ЗИЛ-433360) дорогами магістральної мережі України було здійснено модельний експеримент відповідно до плану-піврепліки 2^{6-1} (шість змінних задано на двох рівнях у 32 різних дослідах). При моделюванні режимів руху за змінні (впливові чинники) брали: пересіченість поздовжнього профілю Π , ‰; повна маса автопоїзда G_a , кг; перешкодонасиченість маршруту руху K , град/км; коефіцієнт зчеплення шин з дорогою ϕ ; коефіцієнт опору коченню коліс f ; інтенсивність руху U (зведених) авт/год. Зв'язок між натуральними і кодованими змінними відображають співвідношення:

$$x_1 = \frac{\Pi - 25}{20}; x_2 = \frac{G_a - 12000}{5000}; x_3 = \frac{K - 20}{20}; x_4 = \frac{\phi - 0,6}{0,2}; x_5 = \frac{f - 0,02}{0,01}; x_6 = \frac{U - 450}{450}.$$

Рис. 3. Розподіл режимів роботи двигуна вантажного АТЗ при русі горбистим маршрутом у транспортному потоці різної інтенсивності (діаметр кола відповідає частці часу роботи двигуна в заданій області режимів; області режимів, частка часу роботи в яких не перевищує 3 % не відображені).

Діапазони варіювання факторів були визначені внаслідок проведеного обстеження магістральної дорожньої мережі України і в зв'язку з необхідністю визначення норм швидкостей для різних періодів року (зима, літо), як для повністю завантаженого автопоїзда, так і для автопоїзда без вантажу. При цьому у всіх випадках при моделюванні дотримувалося встановлене для вантажних автопоїздів обмеження максимальної швидкості руху (70 км/год).

Для модельного відтворення режимів руху автопоїздів були синтезовані два типові маршрути. Поздовжній профіль першого з цих маршрутів є рівнинним (незатяжні схили не перевищують 40 %) і має показник пересіченості $\Pi = 6$ %, а поздовжній профіль другого – горбистим (затяжні схили досягають 60 %) і має показник пересіченості $\Pi = 40$ %.

З використанням раніше викладеної методології були синтезовані графіки зміни миттєвої швидкості руху автопоїзда та визначені математичні сподівання швидкостей пересування за різної інтенсивності руху. На основі отриманих залежностей середньої швидкості від інтенсивності руху на одній смузі дороги можна коректувати середні швидкості відповідно до інтенсивності руху.

Розроблений метод моделювання режимів руху АТЗ і метод синтезу поліноміальних моделей можна використати для визначення також і інших показників: часової витрати палива; середнього передатного числа трансмісії; середньої потужності і середньої частоти обертання вала двигуна; обертового моменту, що передається трансмісією; додаткових витрат потужності на криволінійний рух.

При визначенні всіх цих показників (за винятком, хіба що, останнього), незалежно від кількості факторів, що беруться до уваги (є значущими, впливовими), задовільна адекватність завбачень, прогнозів досягається за допомогою неповної квадратичної моделі

$$y = b_0 + b_1x_1 + \dots + b_ix_i + b_nx_n + b_{12}x_1x_2 + \dots + b_{(i-1)i}x_{i-1}x_i + \dots + b_{(n-1)n}x_{n-1}x_n, \quad (5)$$

де b_0 – вільний член; $x_1, \dots, x_i, \dots, x_n$ – змінні; $b_1, \dots, b_i, \dots, b_n$ – коефіцієнти регресії при змінних в першому степені; $b_{12}, \dots, b_{(i-1)i}, \dots, b_{(n-1)n}$ – коефіцієнти регресії при добутках змінних.

Сила впливу тієї чи іншої змінної на визначуваний показник залежить від різновиду показника, типу і марки автомобіля. Так, наприклад, з шести факторів – питомої потужності $N_{\text{пит}}$, повної маси автомобіля G_a , пересіченості поздовжнього профілю дороги Π , перешкодонасиченості маршруту K , опору коченню коліс f , інтенсивності руху U , – що визначають середньою швидкістю руху автомобіля, пересіченість поздовжнього профілю посідає перше місце за впливовістю для автопоїздів з малою питомою потужністю, і останнє – для міських автобусів.

На основі інтерполяційних формул, що визначають середню швидкість пересування АТЗ, витрату палива та інші показники, можна провести глибокий і змістовний аналіз впливу пересіченості поздовжнього профілю дороги Π , перешкодонасиченості K і інтенсивності руху U на ній, коефіцієнта опору коченню коліс f , потужності двигуна N_{max} , коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою ϕ , обмеження швидкості $v_{\text{обм}}$, повної маси G_a на ефективність автомобілів.

Важливим вимірником ефективності автомобілів є їх часова продуктивність

$$W = \frac{q\gamma\beta l_B v_{\text{сєр}}}{l_B + \beta t_{\text{пр}} v_{\text{сєр}}}, \quad (6)$$

де q і γ – вантажність АТЗ і коефіцієнт її використання; l_B і β – довжина вантаженої їздки і коефіцієнт використання пробігу; $v_{\text{сєр}}$ і $t_{\text{пр}}$ – середня швидкість руху АТЗ і час простою під навантаженням-вивантаженням.

Якщо $v_{\text{сєр}}$ розглядати як поліном (5), то продуктивність визначатиметься за формулою

$$W = \frac{q\gamma\beta l_B (b_0 + b_1 x_1 + \dots + b_n x_n + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + \dots + b_{(n-1)n} x_{n-1} x_n)}{l_B + \beta t_{\text{пр}} (b_0 + b_1 x_1 + \dots + b_n x_n + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + \dots + b_{(n-1)n} x_{n-1} x_n)}. \quad (7)$$

Отже, формула (7) відбиває в собі залежність продуктивності автомобіля як від факторів, що характеризують організаційно-транспортні умови перевезень, так і від факторів, що характеризують умови руху транспортного засобу.

На рис. 4 наведено графіки зміни продуктивності автомобілів ЗІЛ-431410(А) (з малою питомою потужністю) і ЗІЛ-431410 при їх роботі з різною кількістю причепів на горбистому маршруті ($P=14$ %, $K=5,4$ град/км, $U=150$ авт/год). Розрахунок продуктивності машин здійснено для таких умов: $\beta=0,5$, $\gamma=1$, $l_B=40$ км, $\eta=q/G_a=0,55$; простій (у хв/т) при механізованому виконанні навантажувально-розвантажувальних робіт становив 6,16; 4,13; 3,8 і 3,5 відповідно при роботі автомобіля без причепа, з одним, двома й трьома причепами, а при немеханізованому виконанні навантажувально-розвантажувальних робіт – 10,5 хв/т у всіх випадках з витрачанням додаткових 4,5 хв. на операцію одного зважування кожної ланки автопоїзда.

Характерною особливістю залежності продуктивності машини від повної маси чи вантажності є її пологий перебіг в околі максимуму. Наприклад, продуктивність автопоїзда ЗІЛ-431410 з двома причепами вантажністю 4 т кожний становить 165,19 ткм/год, з одним причепом – 152,77 ткм/год, а з трьома – 143,77 ткм/год (крива 1, рис. 4). Оскільки продуктивність одиночного автомобіля в тих самих умовах руху становить лише 98,99 ткм/год, то доцільність роботи автомобіля з одним причепом не викликає жодних сумнівів (продуктивність зростає на 35 %). Натомість, при оцінці доцільності використання автопоїздів з більшою кількістю причепів потрібно брати до уваги ще й додаткові критерії, наприклад, енергетичні та економічні витрати на перевезення.

Якщо знехтувати 5 % продуктивності автопоїзда ЗІЛ-431410 за кращих умов роботи, то оптимальною можна вважати масу вантажу з широкою множини значень Δq_1 – від менш, ніж 9 т до більш, ніж 14 т (див. рис. 4). Широкою є й множина Δq_2 за п'ятивідсоткового зниження продуктивності автопоїзда в гірших умовах. Цілком подібне можна виснувати і стосовно автопоїзда ЗІЛ-431410(А). Та найважливішим є те, що широкою є і множина Δq_0 – спільний для обидвох автомобілів перетин множин Δq_1 та Δq_2 .

Можна, однак, висунути й жорсткіші вимоги: по-перше, величину ΔW знехтуваної продуктивності взяти однаковою у всіх чотирьох відображених на рис. 4 випадках; по-друге, покласти її рівною лише 2 %, та ще й – від найменшого з чотирьох максимальних значень продуктивності (найбільша ордината штрихової лінії 2 на рис. 4). В такому разі множині Δq_0 буде протиставлено значно вужчу множину $\Delta q'_0$ прийнятних значень маси вантажу (рис. 5).

Якщо зазначену величину ΔW зменшити до 1 %, то отримаємо невироджену ще вуж-

чу множину $\Delta q''_0$ прийнятних значень маси вантажу. Тож виявляється, що вантажність $11,365 \leq q \leq 11,941$ т автопоїзда при малому відхиленні від максимуму продуктивності є цілком прийнятною: і для транспортного засобу ЗИЛ-431410, і для транспортного засобу ЗИЛ-431410(А); і для кращих, і для гірших експлуатаційних умов. Отже, в даному разі доцільним є застосування двох причепів.

Енерговитратність автомобіля можна оцінити, керуючись відносною витратою палива

$$Q_w = \frac{Q_p v_{\text{сер}}}{W} = \frac{Q_p (l_b + \beta t_{\text{пр}} v_{\text{сер}})}{q \gamma \beta l_b v_{\text{сер}}} = \frac{Q_p (l_b + \beta t_{\text{пр}} v_{\text{сер}})}{\eta G_a \gamma \beta l_b v_{\text{сер}}}, \text{ л/ткм}, \quad (8)$$

де $Q_p v_{\text{сер}}$ – часова витрата палива, л/год

Рис. 6 та 7 відображають оцінки енергетичної ефективності автомобілів ЗИЛ-431410 при їх роботі з різною кількістю причепів на горбистому маршруті з параметрами $\Pi=14\%$, $K=5,4$ град/км, $U=150$ авт/год, $\varphi=0,7$, $f=0,015$ за таких умов: $\beta=0,5$, $\gamma=1$, $l_b=40$ км, $\eta=0,55$; простій y (хв/т) при механізованому виконанні навантажувально-вивантажувальних робіт становить 6,16; 4,13; 3,8 і 3,5 відповідно при роботі автомобіля без причепа, з одним, двома й трьома причепами.

Відображена на рис. 6 ситуація (1 – механізоване навантаження-вивантаження вантажу, 2 – немеханізоване), коли нарощування кількості причепів в автопоїзді реально сприяє тільки зниженню відносної витрати палива є типовою.

Як впливає з рис. 4, оптимальна за критерієм продуктивності повна маса автопоїздів,

Рис. 4. Залежність продуктивності автопоїздів на базі автомобілів з різною питомою потужністю від маси вантажу

Рис. 5. Множини значень прийнятної маси вантажу

формованих на базі АТЗ універсального призначення, у разі вищої потужності двигуна є меншою і мало залежить від тривалості навантажувально-вивантажувальних робіт. Загалом зростання потужності завжди сприяє підвищенню продуктивності транспортного засобу. Стримуючим чинником є енерговитратність.

Енерговитратність, як впливає з рис. 7, не має яскраво вираженого мінімуму у разі одиночного автомобіля ($q = 4$ т) відносно малою потужністю двигуна – $N < 70$ кВт. У разі використання двох ($q = 12$ т) та трьох ($q = 16$ т) причепів потужність двигуна мала б перевищувати 170 кВт. Оптимальною для автопоїзда з одним причепом ($q = 8$ т) є потужність $N = 120$ кВт. Проте, тут напрошується й інший висновок: потужність двигуна при $q = 8$ т на енерговитратності машини майже не позначається; зміна потужності в діапазоні значень $N = 70 \dots 170$ кВт спричиняє зміну відносної витрати палива лише в межах 3,2 %.

Отже, поєднання великої потужності двигуна з якнайбільшою кількістю причепів (в окресленому раніше діапазоні їх можливої зміни) є доцільним як з огляду на потреби збільшення продуктивності, так і з огляду на бажання зменшити витрати палива. Продуктивність автопоїзда буде найвищою у разі застосування трьох причепів та двигуна потужністю 170 кВт. Такий автопоїзд працюватиме з продуктивністю 303,1 тоді, коли одиночний автомобіль з двигуном потужністю 150 кВт – з продуктивністю 107,3 т/год. Чотириланковий автопоїзд з двигуном потужністю 170 кВт виявлятиме також і найвищу паливну ощадність. Йому властива відносна витрата палива 0,110 л/ткм тоді, коли одиночному автомобілю з двигуном потужністю 150 кВт – 0,322 л/ткм.

Таким чином, долучення до автомобіля трьох причепів сприяє підвищенню майже втричі його продуктивності та зниженню майже у стільки ж його енерговитратності.

Рис. 6. Залежність енерговитратності автопоїзда від його вантажності

Рис. 7. Залежність енерговитратності автопоїзда від потужності двигуна

В околі „раціональної” точки $(q, N) = (16 \text{ т}; 170 \text{ кВт})$, де продуктивність найвища, а енерговитратність найменша, перебіг залежностей $W = W(q, N)$ та $Q_w = Q_w(q, N)$ не є логічним (як це було у разі локального аналізу). Отож, якщо поступитися 5-10%, відносної витрати палива проти найменшого її значення, то множина прийнятних значень параметрів (q, N) автопоїзда розшириться незначно.

З урахуванням отриманого вище вимірниками ефективності автомобіля будуть:

$$W_{\alpha V} = q\gamma \frac{l_B^2}{t^3}, \frac{\text{ткм}^2}{\text{год}^3}, W_{\alpha Q} = q\gamma \frac{l_B^2}{t^2 Q}, \frac{\text{ткм}^2}{\text{год}^2 \text{л}}, \quad (9)$$

де $t = \left(\frac{\beta}{v_{\text{серв}}} + \frac{1-\beta}{v_{\text{сер0}}} \right) \frac{l_B}{\beta} + t_{\text{пр}}$ і $Q = \left(\frac{Q_{pV_B}}{v_{\text{серв}}} + \frac{1-\beta}{\beta} \frac{Q_{pV_0}}{v_{\text{сер0}}} \right) l_B$ – час переміщення вантажу (год) і витрата палива (л); $v_{\text{сер0}}$ і $v_{\text{серв}}$ – швидкості руху автомобіля без вантажу і з вантажем (км/год); Q_{pV_0} і Q_{pV_B} – витрати палива при русі автомобіля без вантажу і з вантажем (л/год).

Критерії $W_{\alpha V}$ та $W_{\alpha Q}$, подібно до традиційних критеріїв, вказують на доцільність поєднання великої вантажності автомобіля та великої потужності його двигуна (рис. 8 і 9).

Різним наперед заданим значенням потужності N двигуна відповідають різні оптимальні значення вантажності q АТЗ. Коли йдеться про продуктивність автомобіля, ці оптимальні значення вантажності АТЗ відповідають точкам ламаної лінії abc , (рис. 8), а коли про енерговитратність, – точкам ламаної лінії $aa'bc$, (рис. 9).

Якими б не були наперед задані значення вантажності автомобіля, його продуктивність виявиться найвищою при найбільшому значенні потужності $N = 170 \text{ кВт}$, (лінія cd на рис. 8).

Рис. 8. Сукупний вплив потужності двигуна й маси вантажу на продуктивність автопоїзда, вимірювану в енергетичних розмірностях

Рис. 9. Сукупний вплив потужності двигуна й маси вантажу на енерговитратність автопоїзда, вимірювану в енергетичних розмірностях

Натомість, лінія cd (рис. 9) вже не відповідає множині оптимальних значень потужності двигуна, коли йдеться про енерговитратність: очевидно, що при $q = 4$ т перевагу має двигун малої потужності $N = 70$ кВт.

ВИСНОВКИ

У дисертації вирішена актуальна науково-практична задача яка полягає в підвищенні ефективності використання засобів енергошвидкісного потенціалу автомобіля.

1. На основі аналізу з'ясовано, що основними причинами, які знижують ефективність застосування розрахунково-теоретичних методів визначення потенціалу автомобілів є недосконалість методів розрахункового відтворення експлуатаційних режимів руху автомобілів і неповний облік умов експлуатації, зокрема чинників, що характеризують дорожні умови, а також труднощі отримання експериментальних даних, залежності показників роботи і критеріїв ефективності автомобілів від великого числа взаємопов'язаних чинників.

2. Розроблено комплексний метод оцінки швидкісного і паливно-ощадного потенціалу автомобілів, що поєднує:

а) метод розрахункового відтворення режимів руху на комп'ютерах, що дозволяє враховувати реальні умови руху, в тому числі визначальний несталый його характер внаслідок дії детермінованих і випадкових перешкод, а також особливості змінного режиму роботи агрегатів і що забезпечує досить точне (в межах 3...5 %) визначення показників руху автомобілів і режимів роботи агрегатів;

б) метод дослідження кореляційних зв'язків між геометричними параметрами автомобільних доріг і ідентифікації останніх за допомогою показників перетину (статистичної характеристики подовжнього профілю) і перешкодонасиченості (статистичної характеристики, що враховує криві, перетини в одному рівні, населені пункти і інші детермінований перешкоди рухові в плані); використання кількісних характеристик (ідентифікаторів) відповідних якостей доріг, в поєднанні з іншими, раніше відомими їх кількісними характеристиками, усуває невизначеність класифікації умов руху за якісними ознаками і забезпечує застосування керованого експерименту (ефективного методу багатовимірного кореляційного аналізу) при дослідженні експлуатаційних властивостей автомобілів;

в) метод моделювання і типізації умов руху, що дозволяє подати обширну і різноманітну інформацію про них для тієї або іншої мережі доріг (маршрутів) у вигляді компактних і зручних для розрахункового відтворення режимів руху автомобілів моделей доріг і типових маршрутів;

г) метод отримання за результатами керованого експерименту (як модельного, так і натурного) поліноміальних моделей, що є основою як розрахунково-аналітичного методу нормування показників руху при будь-якому поєднанні визначальних їх факторів, так і оцінки швидкісного і паливно-економічного потенціалу автомобілів при їх експлуатації і проектуванні.

3. Поліноміальні моделі, отримані методами планування експерименту, дозволяють визначати показники-характеристики режимів руху і режимів роботи агрегатів автомобілів за будь-якого поєднання визначальних факторів, а також аналізувати залежність вимірників ефективності автомобілів від умов руху та оптимізувати повну масу, потужність двигуна й швидкісний режим руху транспортних засобів за критеріями продуктивності і відносних витрат палива з урахуванням як організаційно-транспортних, так і дорожніх умов експлуатації.

4. Теоретичний аналіз і проведені розрахунки засвідчили:

а) максимум продуктивності транспортних засобів спостерігається при порівняно невеликій повній масі – відповідній автомобілю з одним-двома причепами; натомість, критерій „відносна витрата палива” стимулює лише до нарощування кількості причепів;

б) оптимальна за критерієм продуктивності повна маса автопоїздів, формованих на базі автомобілів універсального призначення, у разі вищої потужності двигуна є меншою і мало залежить від тривалості навантажувально-вивантажувальних робіт;

в) криві, які характеризують залежність продуктивності й відносних витрат палива від повної маси транспортного засобу, перебігають в області оптимуму полого і тому пошук оптимального складу багатоланкових автопоїздів повинен провадитися з високою точністю та за повного обліковування всіх вагомих чинників.

5. Залежності продуктивності й відносних витрат палива від швидкості руху транспортних засобів є гіперболічними і не мають екстремумів. Тому рівень обмеження максимальної швидкості руху автомобілів визначає одночасно і їх продуктивність, рівень витрат палива та зведених економічних витрат. Зокрема, обмеження швидкості руху автомобіля ЗИЛ-431410 на рівні 70 км/год призводить до зменшення його продуктивності на 12 %, зменшення витрати палива на 18 % та збільшення витрат на перевезення на 5,5 %.

6. З огляду на енерговитратність у разі використання одиночного автомобіля доцільною є мала потужність двигуна – $N < 70$ кВт; на автомобілях з двома та трьома причепами потужність двигуна мала б перевищувати 170 кВт; оптимальною ж для автопоїзда з одним причепом є потужність двигуна $N = 120$ кВт, хоча загалом вона в цьому випадку на енерговитратності майже не позначається: зміна потужності в діапазоні значень $N = 70 \dots 170$ кВт спричиняє зміну відносної витрати палива лише в межах 3,2 %.

7. Розроблені методи моделювання експлуатаційних режимів руху автомобілів, ідентифікації дорожніх умов, визначення показників руху і оцінки швидкісного і паливо-економічного потенціалу автомобілів обґрунтовані теоретично і підтверджені експериментально. Опрацьовані науково-методичні основи використання швидкісного і паливо-ощадного потенціалу автомобілів з урахуванням їх технічних можливостей і умов експлуатації дозволяють змінити існуючий порядок планування роботи автомобілів на основі єдиних для всіх відомств і галузей національної економіки нормативів швидкостей і витрат матеріальних ресурсів.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Дубно М. В., Вайда І. Р., Нікіпчук С. В. Класифікація, типізація, ідентифікація і моделювання умов експлуатації автомобіля // Вісник Національного університету «Львівська політехніка» Динаміка, міцність та проектування машин і приладів – Львів, 2005. – С. 38–40
2. Дубно М. В., Вайда І. Р., Нікіпчук С. В. Моделювання на ЕОМ експлуатаційних режимів вільного руху автомобіля // Збірник наукових праць. Проектування, виробництво та експлуатація автотранспортних засобів і поїздів. Випуск 9. – Львів: Асоціація «Автобус», 2006. – С. 33–37
3. Гащук П. М., Дубно М. В., Палюх В. М. Визначення показників та швидкісного режиму руху автотранспортних засобів // Системи озброєння і військова техніка. Науковий

журнал Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба – Харків, 2007. – Випуск 1(9) С.77–80

4. Гащук П. М., Дубно М. В., Добір повної маси та потужності двигуна автомобіля на основі інтерполяційних моделей-поліномів // Ж.: Машинознавство – Львів, 2007. – № 3. – С. 41–45

5. Гащук П. М., Дубно М. В., Палюх В.М. Моделювання експлуатаційних режимів окремих фаз руху автомобіля // Збірник наукових праць №14. Одеського інституту Сухопутних військ. – Одеса, 2007. – С. 31–35

6. Дубно М. В. Моделювання термодинамічних процесів у двигунах внутрішнього згоряння. // Збірник наукових праць. Проектування, виробництво та експлуатація автотранспортних засобів і поїздів. Випуск 7. Тези доповідей на 6-му Міжнародному симпозіумі українських інженерів-механіків у Львові – Львів: Асоціація «Автобус», 2003. – С. 204

7. Дубно М. В., Вайда І. Р., Нікіпчук С. В. Моделювання режимів вільного руху автомобіля комп'ютерними засобами // 8-й Міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові. Тези доповідей. – Львів, 2007. – С.145–146

8. Гащук П. М., Дубно М. В. Автомобільні поїзди: раціональне поєднання вантажності та потужності // 8-й Міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові. Тези доповідей. – Львів, 2007. – С.147

9. Гащук П. М., Дубно М. В., Палюх В.М. Кореляційні зв'язки геометричних параметрів автомобільних доріг // Тези доповідей третьої наукової конференції Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. Матеріали конференції. - Харків, 2007. – С.80

10. Дубно М. В., Палюх В. М., Русіло П. О. Загальні проблеми транспортного обслуговування // Науково-технічний збірник Військового інституту. Випуск 2. – Львів, 2003. – С.58–67

11. Дубно М. В., Палюх В. М., Русіло П. О. До питання оцінки ефективності організації міської транспортної системи обслуговування // Науково-технічний збірник Військового інституту. Випуск 3. – Львів, 2004. – С. 61–67

12. Дубно М. В., Палюх В. М., Русіло П. О. Деякі зауваження до процедури збирання даних щодо оцінки ефективності транспортного обслуговування// Науково-технічний збірник Військового інституту. Випуск 4. – Львів, 2005. – С. 60–64

13. Гащук П. М., Дубно М. В. Взаємозв'язок і групування геометричних параметрів автомобільних доріг // Науково-технічний збірник Львівського інституту Сухопутних військ. Випуск 5. – Львів, 2006. – С.17–24

АНОТАЦІЇ

Дубно М. В. Засоби підвищення енергошвидкісного потенціалу автомобіля. – Рукопис

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.02 – автомобілі та трактори. – Національний університет “Львівська політехніка”. – Львів, 2007.

Дисертаційна робота присвячена розробці методології оцінювання й пошуку засобів підвищення продуктивного (швидкісного та енергетичного) потенціалу автомобілів та методології нормування показників їх роботи на основі максимально формалізованого підходу до визначення режимів роботи та ідентифікації умов руху автомобілів. Подано

теоретичне узагальнення наукових положень і комплекс методів, якими забезпечується найбільш ефективно використання транспортних засобів. Запропоновано методи раціонального формування виробничого потенціалу автомобіля та створення методології нормування показників руху на основі багатофакторного дослідження режимів руху, формалізованих підходів до ідентифікації дорожніх умов, оцінки швидкісних та енергоперетворювальних властивостей автомобіля. Здійснено впровадження у виробництво розроблених методів, у вигляді нормативно – технічної документації.

Ключові слова: витрата палива, експлуатаційні режими руху, умови руху, метод, моделювання, потужність двигуна, потенціал автомобіля

Дубно М. В. Средства повышения энергоскоростного потенциала автомобиля.— Рукопись

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.02 – автомобили и тракторы. – Национальный университет “Львовская политехника”. – Львов, 2007.

Диссертационная работа посвящена разработке методологии оценивания и поиска средств повышения производственного (скоростного и энергетического) потенциала автомобилей и методологии нормирования показателей их работы на основе максимально формализованного подхода к определению режимов работы и идентификации условий движения автомобилей. Представлено теоретическое обобщение научных положений и комплекс методов, которыми обеспечивается наиболее эффективное использование транспортных средств. Предложены методы рационального формирования производственного потенциала автомобиля и создания методики нормирования показателей движения на основе многофакторного исследования режимов движения, формализованных подходов к идентификации дорожных условий, оценки скоростных и энергопреобразующих свойств автомобиля.

В работе приведен анализ существующих методов определения режимов и показателей движения автомобилей, используемых измерителей эффективности автомобиля и возможных направлений принципиального усовершенствования методологии оценивания его производственного потенциала. На основании результатов этого анализа сформулированы задачи и методики дальнейшего экспериментального и аналитического исследования.

Основываясь на работы кафедры “Эксплуатация и ремонт автомобильной техники” Национального университета “Львовская политехника” была предложена математическая модель автомобиля и алгоритмы симуляционного воспроизведения отдельных фаз его движения. Проведены моделирования движения автомобилей в транспортном потоке, который служит типичным примером функционирования сложной системы в условиях общего действия случайных факторов. Интегрировано определяют особенности движения автомобилей в транспортном потоке интенсивность движения и состав потока.

Исследования позволили предложить метод по определению показателей движения автомобильных транспортных средств и оптимизации их полной массы, а также мощности двигателей и расхода топлива. Разработанные методы моделирования эксплуатационных режимов движения автомобилей, идентификации дорожных условий, определение показателей движения и оценки скоростного и топливо-экономического потенциала

автомобилей обоснованные теоретически и подтвержденные экспериментально. Обработанные научно-методические основы использования скоростного и топливосберегательного потенциала автомобилей с учетом их технических возможностей и условий эксплуатации разрешают изменить существующий порядок планирования работы автомобилей на основе единых для всех ведомств и областей национальной экономики нормативов скоростей и затрат материальных ресурсов. Осуществлены внедрения в производство, разработанных методов, в виде нормативно – технической документации.

Ключевые слова: расход топлива, эксплуатационные режимы движения, условия движения, метод, моделирование, мощность двигателя, потенциал автомобиля

Dubno M.V. Means of increasing the power high-speed vehicle's potential. – Manuscript.

The dissertation for obtaining candidate's degree in speciality 05.22.02 – automobiles and tractors. – National University “Lviv Politechnika” – Lviv. 2007.

The dissertation is dedicated to working out the methodology of estimation and research on means of increasing the productive (high-speed and power) vehicle's potential and methodology of standartization its working characteristics on the basis of maximum formalization approach to the operating condition' specification and identification traffic conditions. The theoretical generalization of scientific regulations and system of methods are done, they provide the most effective vehicles' exploitation. The rational formation methods of productive vehicle's potential and methodology of traffic characteristics' standartuzation on the basis of multifactor operating conditions research, formation approaches to the traffic conditions identification, the estimation of high-speed and power-convertive vehicle's characteristics are suggested. The application of worked out methods in production in the form of regulation technical documentation is done.

Key words: fuel consumption, exploitation traffic conditions, traffic conditions, method, modelling, engine power, vehicle's potential.