

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

УДК 631.372-027.45

ПОГОДЖЕНО

Декан механіко-технологічного факультету

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

технічного сервісу та інженерного
менеджменту ім. М.П.Момотенка
(назва кафедри)

Вячеслав БРАТШКО

(підпис)

(ім'я, прізвище)

Іван РОГОВСЬКИЙ

(підпис)

(ім'я, прізвище)

« — » _____ 2023 р.

« — » _____ 2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему «Удосконалення алгоритму визначення паливно-швидкісних
характеристик керування автомобілем»

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»
(код і назва)

Освітня програма «Автомобільний транспорт»
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

доктор технічних наук, професор
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Валерій ВОЙТЮК

(ім'я, прізвище)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к.т.н., доц. каф.
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Людмила ПІТОВА

(ім'я, прізвище)

Виконав:

(підпис)

Святослав ПІВЕНЬ

(ім'я, прізвище)

КИЇВ – 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технічного сервісу та
інженерного менеджменту ім. М.П.Момотенка

Д.Т.Н., проф.

(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

Іван РОГОВСЬКИЙ

(ім'я, прізвище)

2023 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Святославу Сергійовичу Півню

(прізвище, ім'я по батькові)

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»

(код і назва)

Освітня програма «Автомобільний транспорт»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Удосконалення алгоритму визначення паливно-швидкісних характеристик керування автомобілем»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «30» грудня 2022 р. № 1944 «Є»

Термін подання завершеної роботи на кафедру _____

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи Науково – технічна література; результати науково-дослідних робіт по літературних джерелах з безпеки дорожнього руху

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз стану питання досліджень, мета, задачі дослідження
2. Теоретичне вивчення впливу параметрів технічного стану транспортного засобу та паливно-швидкісні характеристики керування автомобілем
3. Методика розрахунку алгоритму визначення паливно-швидкісних характеристик керування автомобілем

4. Результати експериментальних досліджень паливно-швидкісних характеристик керування автомобілем

Перелік графічного матеріалу Електронна презентація на 14 слайдах

Дата видачі завдання «11» листопада 2022 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____

(підпис)

Людмила ТІТОВА

(ім'я прізвище)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

Святослав ПІВЕНЬ

(ім'я прізвище)

ЗМІСТ

НУБІП України

ВСТУП

5

Оучасні напрямки підвищення екологічності та безпеки

Д

НУБІП України

Д.2. Сучасні методи підвищення екологічності, безпеки та ефективності

Б

Висновки до розділу I

25

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕКОНОМІЧНОГО АЛГОРИТМУ

НУБІП України

У

В

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА МЕТОДИК І РОЗРАХУНОК

А

А.1. Розробка методики визначення економічного алгоритму регулювання

НУБІП України

А

А.2. Розробка методики вибору оптимальної передачі при

А

А.3. Розробка методики визначення характеристики витрати палива при

НУБІП України

А

Висновки до розділу 3

52

РОЗДІЛ 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРАХУНОК

А

НУБІП України

А

А.1.1 Методика експериментальних досліджень щодо визначення паливно-

А

А.1.2 Розрахункове визначення оптимальної частоти обертання колінчастого

А

НУБІП України

А

А

А

А

А

А

Розробка методики наближеного визначення економічного алгоритму керування легковим автомобілем.....

61

Висновки до розділу 4.....

66

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ОПТИМАЛЬНОЇ МОДЕЛІ (ЕФЕКТИВНОГО,

Б

В

Апробація оптимальної моделі керування автомобілем при проведенні

В

В

В

В

В

В

В

В

В

В

В

В

В

В

В

В

В

В

В

В

В

В

В

В

В

В

ВСТУП

Автотранспортні перевезення виникли та розвиваються для задоволення потреб суспільства у переміщенні людей та вантажів. Проте автотранспортні перевезення приносять як користь. Зростання автомобілізації прискорює виснаження непоправних природних ресурсів, сприяє глобальному потеплінню на землі, шкідливо впливає на навколишнє середовище, призводить до травмування і загибелі людей у дорожньо-транспортних пригодах. Тому існує завдання мінімізації шкоди, що завдається дорожнім рухом.

Однією з найважливіших проблем є забезпечення екологічної безпеки під час використання автомобільного транспорту. Автомобільний транспорт є одним із джерел викиду вуглекислого газу, що створює парниковий ефект. На частку припадає 23% загального антропогенного забруднення атмосферного повітря, і це цифра постійно зростає. Спалювання автомобільного палива супроводжується викидом 5 мільярдів тонн вуглекислого газу на рік. Внаслідок діяльності людини за 100 років, з 1860 по 1960 роки, вміст вуглекислого газу в повітрі збільшився на 18%. За останні п'ятдесят років темпи цих викидів зросли, і зараз вміст вуглекислого газу повітря становить близько 0,04 %. Таке швидке збільшення вмісту вуглекислого газу в атмосфері призводить до значного потепління на Землі.

Для боротьби з цим явищем було укладено міжнародні угоди. Кіотський протокол, узгоджений 1997 року, набрав чинності 2005 року. Протокол підписали понад 160 країн, що покриває понад 55% загальносвітових викидів парникових газів. Перший етап здійснення протоколу закінчився наприкінці 2012 року. Міжнародні переговори про нову угоду розпочалися у 2007 році на острові Балі (Індонезія) та були продовжені на конференції ООН у Копенгагені у грудні 2009 року.

У березні 2010 року в Угорщині відбулася нарада чотирьох міжнародних організацій: Міжнародної автомобільної федерації (FIA), Міжнародного агентства з енергії (IEA), Міжнародного транспортного форуму (ITF) та

програми ООН з навколишнього середовища (UNEP), які виступили з глобальною ініціативою зниження експлуатаційної витрати палива транспортними засобами «50*50». Поставлено завдання знизити

експлуатаційну витрату палива автомобілями до 2050 року на 50% порівняно з нинішнім рівнем. Таким чином, за очікуваного до цього часу подвоєння

світового парку автотранспортних засобів споживання ним палива, а відтак і викидів CO₂ залишиться на рівні сьогоднішнього. Досягнення поставлених цілей планується шляхом удосконалення двигунів внутрішнього згорання та

трансмісій, застосування гібридних двигунів, зниження маси транспортних засобів, поліпшення аеродинаміки кузова. Значну увагу слід приділити навчанню водіїв економічному управлінню автомобілем.

Щоб зменшити витрату палива, необхідно їздити зі швидкістю транспортного потоку і при зниженні рівня зручності руху в транспортному

потоці обмежувати на ділянках вільного руху максимальну швидкість. Дуже

важливо те, що саме, необхідно робити для підвищення безпеки керування автомобілем. Тому підвищення економічності керування автомобілем поряд зі

зниженням антропогенного забруднення атмосфери знижує аварійність

дорожнього руху. Рух із оптимальною середньою швидкістю та мінімізація витрати палива підвищує ефективність керування автомобілем. Загальнюючи можна відзначити, що підвищення майстерності водіїв – це необхідна умова підвищення екологічності, безпеки та ефективності керування автомобілем.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є розробка оптимальної моделі керування автомобілем, що забезпечує мінімальні шкідливі викиди, а також підвищення безпеки та ефективності експлуатації АТЗ.

Об'єктом магістерської кваліфікаційної роботи є оптимальна модель керування автотранспортним засобом.

Предметом магістерської кваліфікаційної роботи процес керування автомобілем та його оптимізація.

Основні завдання дослідження:

- розробити теоретичні засади економічного алгоритму

регулювання швидкості автомобіля.

• розробити менш трудомістку методику розрахунково-експериментального визначення економічного алгоритму регулювання

швидкості автомобіля.

• визначити розрахунково-експериментальним методом алгоритм економічне регулювання швидкості легкового автомобіля.

• розробити оптимальну модель (ефективного, безпечного та екологічного) управління та апробувати її під час проведення експлуатаційних

випробувань.

Наукова новизна полягає:

• у розробці теоретичних засад економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля.

• у розробці розрахунково-експериментальної методики визначення економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля в режимах розгону, що встановився, руху та уповільнення.

• у розробці оптимальної моделі управління.

Достовірність результатів проведених досліджень підтверджується застосуванням атестованих засобів вимірювання, обґрунтованістю

застосування математичних методів при обробці експериментальних даних, а також високою сумісністю теорії та експериментальних результатів.

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ДОСЛІДЖЕНОГО ПИТАННЯ.

научні напрями підвищення екологічності та безпеки дорожнього руху

Глобальне потепління вже викликає серйозні наслідки і торкається багатьох країн світу, завдаючи шкоди економіці держав. У перспективі зміна клімату може призвести до ще більш значних наслідків, включаючи питання про існування людства. Внаслідок кліматичних змін відбувається танення льодовиків, скорочується поверхня арктичних льодів. «В останні 50 років площі арктичних льодів скоротилися не менш як на 10%, а їх товщина – на 40%, що призводить до підвищення рівня Світового океану. Наслідком цього є затоплення територій, зміна клімату та ландшафтів у різних регіонах Землі.

Танення льодовиків негативно впливає на гірські екосистеми та водостоки. За ХХ ст. рівень Світового океану підвищився на 10-20 см. На думку цілого ряду вчених, в найближньому майбутньому танення льодовиків і прогрівання верхніх шарів води Світового океану призведе до підвищення його рівня ще на 30-60 см, а до кінця поточного століття - на 50-90 см (за іншими сценаріями, на 120-180 см). В результаті відбудеться руйнування низки прибережних споруд, ерозія ґрунтів та затоплення цілих регіонів Канади, Австралії та низки європейських країн [32].

Але головна проблема не у потеплінні як такому, а порушенні балансу клімату, тобто. зміні стійкості систем циркуляції повітряних та водних мас. Це призведе до збільшення стихійних лих: ураганів, тайфунів, посух, повеней, які спостерігаються останніми роками в Європі, Японії, США, Україні та багатьох інших районах світу.

Іншим наслідком потепління є негативний вплив на здоров'я людей, оскільки воно веде до поширення небезпечних для людини комах та інфекцій.

Так, підвищення температури та випадання більшої кількості опадів сприяють поширенню у північних районах таких хвороб, як малярія та вірус Денге, які раніше фіксувалися лише у зоні тропіків [32].

Кліматичні зміни впливають на глобальну продовольчу безпеку, впливаючи на продуктивність сільського господарства. У зв'язку з потеплінням знижується врожайність низки сільськогосподарських культур

(це стосується, зокрема, рису, що є основою харчування мешканців багатьох країн, що розвиваються). У перспективі при потеплінні більш ніж на 2-4°C

зменшиться врожайність сільськогосподарських культур у середніх широтах, що не компенсується можливим зростанням продуктивності у високих широтах. Так, не можна буде вирощувати озимі культури, врожайність яких

вже знижується через зимові відлиги, що почастишали. Глобальне потепління

впливає на екосистеми, що призводить до втрат біорізноманіття. Надалі

можуть відбутися масові втрати через нездатність тварин та рослин пристосуватися до швидкого зростання температури. Потепління є серйозною

небезпекою і для морської флори і фауни у зв'язку з підвищенням рівня

вуглекислоти в океані; насамперед це стосується коралових рифів, які є

джерелом життя в морях та океанах. На цей час втрачено 11% рифів за відсутності можливості їх відновлення. У найближчих 30 років можуть

загинути ще 32% коралових рифів. Зростання концентрації вуглекислоти в

океані має інші погано прогнозовані наслідки. Зокрема, він може спричинити

зміну кислотності морської води, що вплине на зростання фітопланктону та

порушить весь ланцюжок біологічних зв'язків життя в океані [32]. На цей час втрачено 11% рифів за відсутності можливості їх відновлення. У найближчих

30 років можуть загинути ще 32% коралових рифів. Зростання концентрації

вуглекислоти в океані має інші погано прогнозовані наслідки. Зокрема, він

може спричинити зміну кислотності морської води, що вплине на зростання фітопланктону та порушить весь ланцюжок біологічних зв'язків життя в океані

[32]. На цей час втрачено 11% рифів за відсутності можливості їх відновлення.

У найближчих 30 років можуть загинути ще 32% коралових рифів. Зростання

концентрації вуглекислоти в океані має інші погано прогнозовані наслідки.

Зокрема, він може спричинити зміну кислотності морської води, що вплине на зростання фітопланктону та порушить весь ланцюжок біологічних зв'язків

життя в океані [32].

Тісний взаємозв'язок всіх компонентів навколишнього середовища призводить до того, що зміни в одних її частинах впливають інші. Потепління клімату сприяє посиленню інших глобальних проблем: сприяє виникненню дефіциту прісної води та скорочення рибних ресурсів; веде до подальшого руйнування компонентів природного середовища – скорочення площі лісів, настання пустель на родючі землі, засолення ґрунтів та ін [32].

За даними Всесвітньої метеорологічної організації, світові економічні збитки від глобального потепління за 60-ті роки. минулого століття становив 50 млрд. доларів, у 80-ті рр. ХХ ст. - вже 100 млрд. доларів, а в 90-ті рр. - Близько 300 млрд. доларів. В останні кілька років ситуація суттєво погіршилася, і втрати наразі оцінюються в середньому у 300 млрд доларів щорічно. У найближчому майбутньому вони можуть потроїтися. До 2050 р. збитки більшості країн можуть становити до кількох відсотків ВВП, а таких державах, як Мальдівські і Маршаллові острови, Микронезія, можуть перевищити 10% ВВП [32].

«Комплексність та багатогранність проблеми глобальної зміни клімату ускладнює прогнозування, яке носить переважно загальний характер і не дозволяє дати детальний прогноз та рекомендації для вжиття конкретних заходів у певному регіоні планети. У зв'язку з цим думка ряду російських учених про те, що глобальне потепління матиме позитивні наслідки для нашої країни і дозволить значно скоротити споживання енергії, видається слабо обґрунтованою. Підвищення температури та порушення кліматичного балансу матиме погано прораховані наслідки і для України, включаючи збільшення числа та сили погодних аномалій, танення вічної мерзлоти, зниження родючості ґрунтів та поширення небезпечних для людини хвороб та різних сільськогосподарських шкідників. Складність вирішення проблеми глобального потепління поряд з іншими глобальними екологічними проблемами полягає у її довгостроковому характері. Парникові гази зберігаються у атмосфері протягом багатьох десятиліть і навіть століть.

Враховуючи взаємозв'язки у природі, наслідки змін у навколишньому середовищі є нестерпимі протягом багатьох років. Це передбачає об'єднання зусиль всього людства на місцевому, регіональному, національному та міжнародному рівнях з метою оцінки змін і вжиття дієвих заходів щодо вирішення цієї найважливішої глобальної проблеми [32].

Зниження експлуатаційної витрати палива можливе шляхом наступних заходів щодо покращення конструкції транспортних засобів: перехід на екологічно безпечні транспортні засоби (електромобілі, гібридні автомобілі), вдосконалення конструкцій двигуна та трансмісії, коліс та шин, покращення аеродинамічних характеристик, зниження маси тощо) застосування навігаційного обладнання, використання екологічно безпечних методів керування транспортними засобами [50].

На аеродинамічні втрати припадає основна частина енерговитрат автомобіля під час руху з високою швидкістю. Під час руху зі швидкістю 105 км/год на опір повітря припадає близько половини всіх втрат. Оскільки аеродинамічні втрати різко зростають із збільшенням швидкості, найпростіший спосіб зниження експлуатаційної витрати палива полягає в обмеженні максимальної швидкості автомобіля на ділянках вільного руху. У багатьох країнах максимальна швидкість законодавчо обмежена [50].

Витрата палива легковим автомобілем чутлива до підвищення маси транспортного засобу. Тому необхідно видаляти з автомобіля всі непотрібні предмети та змивати бруд із днища автомобіля [50].

Як і раніше, залишається актуальною проблема безпеки дорожнього руху. Щоб знизити ймовірність виникнення ДТП, у будь-якій ситуації швидкість, поздовжнє та бічне прискорення автомобіля, дистанція та бічний інтервал повинні відповідати безпечним значенням, що визначають положення меж безпечного керування. Велика кількість ДТП означає, що значна кількість водіїв систематично переходить межі безпечного керування. Застосування водієм економічного алгоритму керування зменшує ймовірність того, що він перейде межі безпечного управління [25, 26]. Тому збільшення кількості водіїв,

які застосовують економічний алгоритм, підвищує безпеку керування автомобілем.

Прогнози фахівців з видобутку нафти говорять про те, що найближчими 20 роками добувати нафту буде все важче. Родовища стануть віддаленішими, буріння відбуватиметься на велику глибину, і ціни зростатимуть, внаслідок чого дешева нафта зникне [48]. Наслідки дефіциту чи значного збільшення цін можуть спричинити серйозні збої у роботі промисловості, транспорту, сільське господарство тощо. Автотранспортна система є особливим випадком, оскільки на ній лежить відповідальність за переміщення людей і доставку абсолютно всього, що люди купують і продають. Тому висока екологічність, безпека та ефективність її функціонування мають для суспільства велике значення.

учасні методи екологічного, безпечного та ефективного керування автомобілем

Зниження експлуатаційної витрати палива шляхом підвищення якості керування автомобілем є резервом підвищення екологічності, безпеки та ефективності автомобільного транспорту, який досі погано використовується.

До останнього часу виробники автомобілів спрямовували свої зусилля на зниження витрат палива шляхом удосконалення конструкцій автомобіля. У той же час підвищення якості керування автомобілем дозволяє знизити витрату палива та викиди відпрацьованих газів на 20-30% за будь-якої конструкції транспортних засобів. Тому в країнах Євросоюзу питання зниження витрати палива та викидів CO₂ за рахунок підвищення вміння водія економічно керувати автомобілем стало одним із провідних напрямків наукових досліджень.

У ряді країн Євросоюзу реалізуються програми навчання екологічному управлінню (еководженню) водіїв, що діють, а також перевіряється вміння екологічно водити автомобіль при складанні іспитів на отримання права на керування транспортним засобом. Розглянемо методи підвищення екологічності керування автомобілем, що застосовуються в різних країнах

Євросоюзу.

Найбільших успіхів з навчання економічному водінню досягла Австрія.

Австрійський проєкт еководження «Ecowill» реалізується Міністерством

навколишнього середовища Австрії з 2004 р. Еководження вважається

невід'ємною частиною національної стратегії в галузі енергетики та охорони

клімату [19].

Головні кроки цього проєкту спрямовані на:

озвиток та поглиблення на національному рівні стандартів еководження для

тренінгів та навчання інструкторів;

ведення еководження у програмі автошкіл та екзаменаційні тести з водіння;

навчання еководження водіїв зі стажем;

навчання еководження інструкторів з водіння;

моніторинг ефективності курсів з еководження.

В результаті реалізації програми «Ecowill» було отримано такі

результати:

корочення споживання палива та викидів CO₂ у середньому на 5-20%;

корочення шуму (завдяки зменшенню частоти обертання колінчастого валу

двигуна під час руху більш високих передач);

ниження аварійності у дорожньому русі до 40%;

ниження витрат на технічне обслуговування та ремонт автомобіля (двигун,

гальмівні механізми, шини);

меншення стресу, випробуваного водіями (зменшення кількості позаштатних

ситуацій).

Програма навчання водіїв еководження існує у Швеції [22]. Ряд

зарубіжних фірм, таких як Вольво [13], Нісан [31], Тойота [41], [43],

Фольксваген [40], Хонда [35], [49] мають свої програми навчання своїх

покупців економічному водінню.

Результати узагальнення робіт з підвищення економічності керування

транспортним засобом наведено в таблицях 1.1. та 1.2. Виявлено, що

зниження витрати палива досягається наступними способами:

оптимізацією поведінки водія у дорожньому русі;
 реалізацією економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля при
 розгоні рух, що встановився, і уповільнення;
 впровадження заходів спрямованих на:

а) зменшення опору руху автомобіля;

б) зменшення внутрішніх втрат у двигуні та трансмісії;

в) зменшення потужності споживаним додатковим обладнанням.

Таблиця 1.1

Рекомендації щодо економічного алгоритму керування легковим автомобілем

Дії водія	Автори рекомендацій щодо реалізації економічного алгоритму регулювання швидкості легкового автомобіля
Оптимізація поведінки водія	
Уникати поїздки на короткі дистанції	Австрія [19] Ніссан [31]
Уникати їзди в години пік	Ніссан [31] Хонда [35]
Прогнозувати дорожню ситуацію та заздалегідь змінювати швидкість.	Австрія [19]
Рух зі швидкістю транспортного потоку	Фольксваген [40] Тойота [41]
Пуск та зупинка двигуна	
Починати рух після пуску двигуна не прогріваючи його на холостому ході	Австрія [19] Швеція [22]
Вимикати двигун відразу ж після прибуття до пункту призначення	Швеція [22] Ніссан [31]
Техніка регулювання швидкості автомобіля	
Розгін	
Величина переміщення педалі швидкості	Вольво: до 50% [13]; Швеція: до 50% [22]
Перемикання з першої передачі на другу якомога раніше	Вольво [13] Австрія [19] Фольксваген [40]

Частота обертання колінчастого валу в момент перемикання передач	Вольво [13]: -при 2000 хв ⁻¹ на автомобілі з дизельним двигуном; -при 3000 хв ⁻¹ на автомобілі з бензиновим двигуном
	Тойота [41]: -при 2000-2500 хв ⁻¹ на автомобілі з бензиновим двигуном
Пропуск передач	Австрія [19] Швеція [22]
Установився рух	
По можливості рух із постійною швидкістю на найвищій передачі	Вольво [13] Австрія [19] Швеція [22] Хонда [35] Фольксваген [40] Тойота [41]
Застосування регулятора швидкості	Вольво [13] Австрія [19]
Рух під ухил	
Гальмування двигуном	Швеція [22]
	Фольксваген [40]
Уповільнення	
Гальмування двигуном	Швеція [22]
	Вольво: [13] -переходити на нижчі передачі при частоті обертання колінчастого валу
	Фольксваген [40]
- переходити на нижчі передачі при частоті обертання колінчастого валу хв ⁻¹	Вольво [13]

Таблиця 1.2

Заходи щодо зменшення опору руху автомобіля та внутрішніх втрат у двигуні та трансмісії та відбір потужності двигуна

Чинники, що впливають на опір руху	Рекомендацій та їх обґрунтування
Знижений тиск у шинах	Австрія [19] Швеція [22]: - підтримувати тиск на 10%-15% вище рекомендованого виробником

	Хонда [35]: - перевіряти тиск у шинах не рідше 1 разу на місяць (зниження тиску на 25% підвищує опір коченню на 10%)
	Фольксваген [40]: - Зниження витрати палива до 15% економії палива
	Тойота [41]: - зниження витрати палива на 3% за підтримки тиску повітря в шинах відповідно до рекомендацій заводу виробника)
Підвищена вага автомобіля	Хонда [35]: - Збільшення ваги на 45 кг. Підвищує витрату палива на
	Фольксваген [40], Тойота [41]: - не завантажувати автомобіль непотрібними речами
Підвищений опір повітря	Австрія [19]: - Закривайте вікна при швидкості руху понад 50 км/год
	Швеція [22]: - встановлюйте багажник на даху лише за необхідності (багажник на даху підвищує витрату палива на 10 %)
	Тойота [41]: - встановлюйте багажник на даху лише за необхідності (багажник на даху підвищує витрату палива до 40%)
Підвищені внутрішні втрати у двигуні та трансмісії	Хонда [35]: - своєчасна заміна олії знижує втрати в двигуні та трансмісії
	Фольксваген [40]: - застосування високоякісних олій знижує витрату палива на 5%
Втрати на привід додаткового обладнання	Фольксваген [40]: увімкнення електроприладів підвищує витрату палива
	Тойота [43]: - використання кондиціонера підвищує витрату палива на

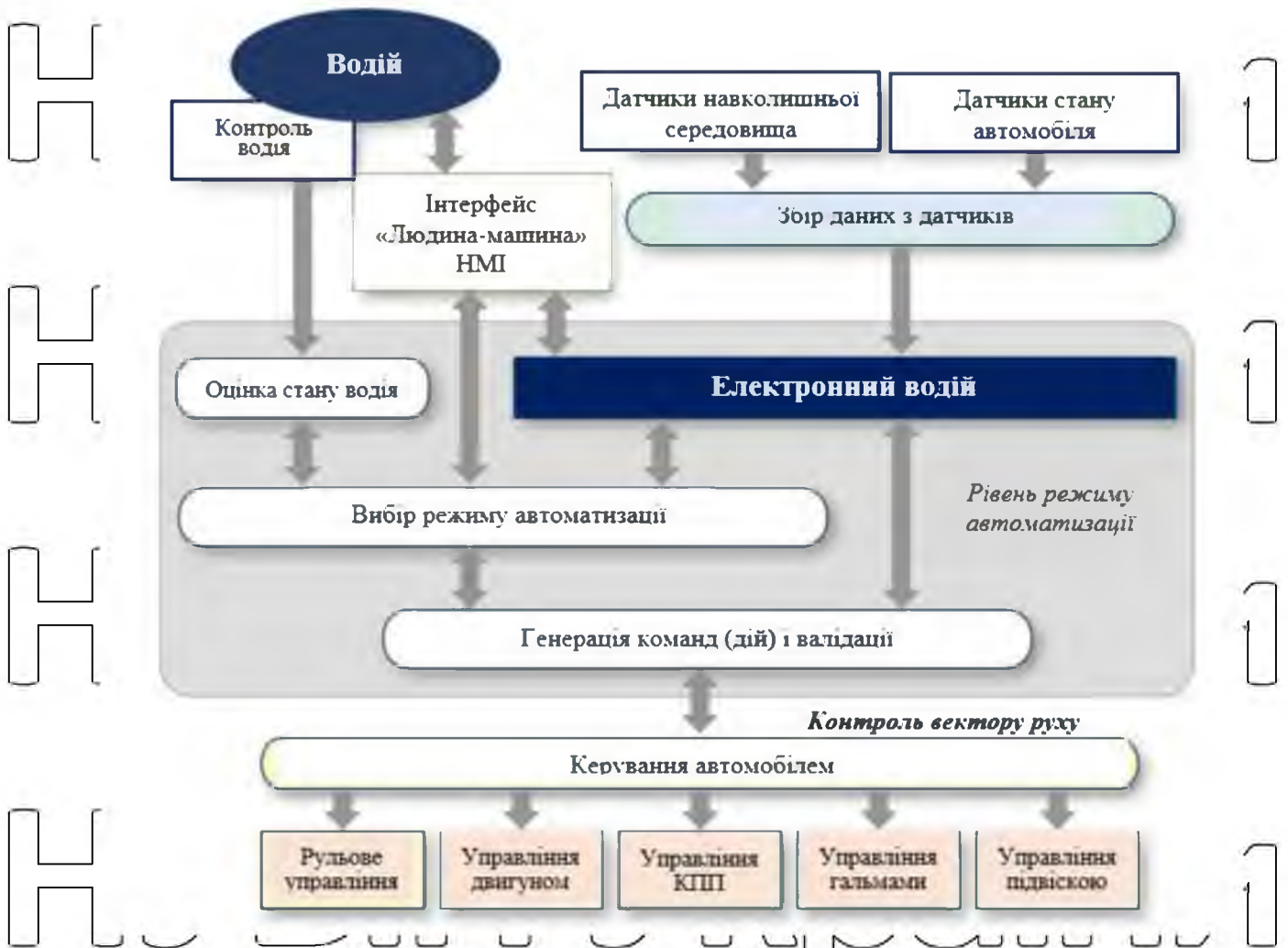


Рис. 1.1 Схема керування автомобілем

Оптимізація поведінки водіїв полягає, перш за все, у виключенні чи обмеженні кількості поїздок на короткі відстані. При поїзді на коротку відстань двигун не встигає прогрітися. Крім того, велику частку часу займає маневрування в обмежених проїздах пов'язані з виїздом з місця стоянки та паркуванням автомобілем після завершення поїздки. Все це призводить до підвищення експлуатаційної витрати палива.

Також пропонується уникати поїздок у години пік. Коли швидкість руху транспортного потоку значно сповільнюється, що призводить до підвищення витрати палива.



Рис. 1.2. Рух безпілотного вантажного автомобіля в автоколоні

Зміна поведінки водія найефективніше проявляється у його пристосуванні до режиму руху транспортного потоку. Це полягає в умінні прогнозувати розвиток дорожньо-транспортних ситуацій та завчасно плавно змінювати швидкість відповідно до зміни умов руху. При цьому практично у всіх роботах [13, 19, 22, 35, 41,40] даються рекомендації рухатися по можливості максимально довго з постійною швидкістю.

Одним з найважливіших факторів, що впливають на економічність управління, є техніка регулювання швидкості автомобіля.

Пуск та зупинка двигуна. Щоб уникнути непродуктивних витрат палива, рекомендується починати рухи відразу після пуску двигуна. Після завершення поїздки двигун має бути одразу зупинено.

Розгін. Для економічного розгону водієві необхідно знати відповідь на два питання: наскільки перемішувати педаль акселератора, і за якої частоти обертання колінчастого валу необхідно переходити на вищі передачі. Діяльність [13, 22] рекомендується переміщати педаль акселератора на 50% її ходу. У роботах [13, 19, 40] рекомендується перемикатися на другу передачу якомога раніше.

Практично у всіх рекомендаціях частота обертання колінчастого валу в момент перемикання передач змінюється від 2000 хв^{-1} (на автомобілях з низькообертливими двигунами). До 2500 хв^{-1} на автомобілях з швидкохідними двигунами.

Крім того, в роботах [19, 22] рекомендується використовувати при розгоні не всі передачі.

Рух, що встановився. У всіх роботах рекомендується рухатися з постійною швидкістю на найвищій передачі, коли двигун працює стійко. У роботах [13, 19] рекомендується застосовувати регулятор швидкості при тривалому русі, що встановився.

Рух під ухил. У роботах [22, 40] дається рекомендація на спуску гальмувати двигуном, хоча є положі спуски, на яких гальмування двигуном з вимкненням подачі палива призведе до зниження швидкості.

Уповільнення. У роботах [13,22,40] рекомендується застосовувати гальмування двигуном. Також у роботі [13] пропонується перемикаєти передачі в низхідному порядку, щоб частота обертання колінчастого валу залишалася вищою за значення, при якому відбувається включення подачі палива.

Заходи щодо зменшення опору руху автомобіля. Тиск повітря в шинах дуже впливають на величину опір кочення автомобіля. У роботі [41] вказується, що підтримка тиску в шинах на рекомендованому виробником рівні дозволяє знизити витрату палива на 3%. У роботі [35] наводяться дані, що зниження тиску повітря в шинах на 25% підвищує опір коченню на 10%.

Діяльність [40] говориться у тому, що регулярний контроль тиску повітря у шинах дозволяє знизити витрата палива до 15%. У роботі [22] надається рекомендація підтримувати тиск у шинах на 10-15% вище рекомендованого виробником. Для того, щоб забезпечити експлуатацію автомобіля з оптимальним тиском повітря в шинах, у роботі [35] рекомендується перевіряти його не рідше ніж 1 раз на місяць.

Вплив маси автомобіля на експлуатаційну витрату палива. Діяльність [35] вказується, що підвищення маси легкового автомобіля на 45 кг збільшує витрату палива на 1%. Тому у роботах [40, 41] рекомендується не завантажувати автомобіль непотрібними речами.

Опір повітря. Опір повітря збільшується пропорційно квадрату швидкості автомобіля. Тому у роботі [35, 41] рекомендується обмежити швидкість руху до 50 км/год. Діяльність [22, 41] вказується те що, що наявність багажника на даху збільшує витрата палива на 10 - 40%.

Внутрішні втрати у двигуні трансмісії. У роботі [32] пропонується зниження втрат двигуна в трансмісії своєчасно замінювати у яких масло. У роботі [40] йдеться про те, що застосування високоякісних олій знижує витрату палива на 5%.

Додаткове обладнання. У роботі [40] дається рекомендація якомога рідше включати електроприлади, що споживають багато електроенергії. У роботі [41] наводяться дані, що використання кондиціонера підвищує витрата

палива на 25%.

Для визначення економічного алгоритму керування автомобілем певної моделі необхідно провести чималтий обсяг випробувань [24]. В результат цих випробувань визначається частота обертання колінчастого валу в момент перемикання передач, що забезпечує мінімальну витрату палива при розгоні, визначення мінімально стійкої швидкості руху на всіх передачах.



Рис. 1.3. Системи зв'язку інтелектуального автомобіля

Головні завдання, які розробникам безпілотних автомобілів необхідно вирішити, зводяться до наступних: GPS Інтернет Водій Власник Сім'я Колеги Дорожня інспекція Учасники руху База Зв'язок з базою і отримувачем Контроль і безпека Спілкування з колегами водіями Спілкування з сім'єю Прозорість руху Зв'язок з власником визначення власного місця розташування на дорозі / місцевості; – моніторинг і аналіз дій оточуючих рухомих і стаціонарних об'єктів; – інформаційну взаємодію з елементами навколишнього дорожньої обстановки, диспетчерським центром, службою технічного забезпечення; – дотримання швидкісного режиму потоку, рядності, безпечної дистанції руху; – екстрене гальмування або зміна траєкторії руху для запобігання ДТП. Однією з ознак цього є те, що автовиробники почали активно

нарощувати свій ІТ-потенціал. Корпорація General Motors за мільярд доларів придбала розробників програмного забезпечення Cruise Automation. Група Ford прийняла рішення потроїти чисельність інженерів в сегменті автономних систем управління. Світові автовиробники – Audi, Daimler, Dodge, FIAT, Ford, Freightliner, KAMAZ, KIA, Nissan, Toyota і багато інших – активно працюють над технологіями автопілотування колісних транспортних засобів. Єдиний інформаційний простір являє собою сукупність навігаційних систем (GPS), бездротових мереж (Wi-Fi, WiMAX, LTE) і інтернету. Дозволяє водієві підтримувати зв'язок з усіма учасниками руху, з базою і з будинком (рис. 1.3).

Інтелектуальні автомобільні системи розвиваються паралельно з розвитком ІТ-технологій в світі. Основним завданням проектування автомобілів є здатність оновлень даних інтелектуальних систем через єдиний інформаційний простір.

Напрямок робіт зі створення автороботів ведеться в трьох напрямках:

- SmartPilot - створення розумних помічників для автомобіля, які допомагають водієві, можуть загальмувати автомобіль в разі небезпеки, здійснюють адаптивний круїз-контроль;

- AirPilot - створення машин з дистанційним управлінням;

- RoboPilot - дозволяє машині працювати взагалі без водія або в режимі

Автопілота, коли водій має можливість відволіктися на деякий час від управління вантажним автомобілем. Очікується, що на дорогах загального користування такі безпілотники можуть з'явитися в 2025-27 роках;

- безпілотний автомобіль; – автопілот;

- електронні помічники водія. Застосування автороботів призводить до високої ефективності перевезень, підвищення пропускної спроможності, підвищення середньої швидкості руху та інші, економія палива, підвищення безпеки руху. Автопілот: звільнення водія від обов'язків (тепер тільки пасажери). Електронний помічник водія: істотне підвищення безпеки руху.

Перелік промислових технологій по апаратної частини:

- приймачі супутникових навігаційних систем і станцій диференціальних поправок;

– інерціальні вимірювальні системи на лінійних акселерометрах і гіроскопах;

– скануючі лазерні далекоміри (3D, 4D);

– радари; – ультразвукові датчики;

– бортові контролери та комп'ютери з високою обчислювальною потужністю;

– системи технічного зору, камери високої роздільної здатності і високопродуктивні комп'ютери автомобільного виконання для обробки відеопотоку в реальному часі;

– системи введення-виведення інформації для оператора-контролера;

– виконавча мехатроніка автомобіля;

– електро-гідропідсилювач керма з електронним управлінням;

– коробки відбору потужності для корисної надбудови з електронним управлінням;

– рухові установки з електронним управлінням (електронна педаль газу);

– гальмівні системи з електронним управлінням (електронна педаль гальма). Перелік промислових технологій з програмного забезпечення:

1. Алгоритми розпізнавання дорожньої обстановки в реальному часі:

– обробка відеопотоку і розпізнавання та класифікація навколишніх об'єктів;

– обробка і розпізнавання звукових сигналів і керуючих команд;

– обробка даних зі скануючих сенсорних систем (лазерних, радарів, ультразвукових);

– обробка даних діагностики та моніторингу систем автороботів;

2. Алгоритми системи управління роботом в реальному часі:

– об'єднання даних сенсорних систем, технічного зору, навігації, самодіагностики;

– ухвалення рішення про подальший рух і обробка колійного завдання;

– вироблення управляючих сигналів на мехатронні виконують системи автомобіля;

3. Алгоритми обробки і передачі телеметричної інформації на оператора-

контролера – зшивання відеозображення кругового огляду в 360°;

– доповнена реальність (накладення додаткової інформації для оператора на відеопотік);

– відображення тактичних карт і взаємодія робота в складі групи, підрозділи. Перелік промислових розробок зі створення систем управління автомобілем, енергоефективні компоненти:

1. Розробка енергоефективної версії ДВЗ, що входить до складу комбінованої енергоустановки, що оснащується магнітними штовхачами клапанів ГРМ з вбудованим генератором, відключення циліндрів на часткових навантаженнях, електротурбокомпресором (можливо механічний компресор з електроприводом першого ступеня), електротурбокомпаундом, масляний насос змінної продуктивності з електроприводом, термоелектричним рекуператором тепла вихлопних газів по циклу Ренкіна, термоелектричним рекуператором тепла вихлопних газів по прин ПТУ Зейбека, вентилятор системи охолодження з електроприводом, насос ГУР з електроприводом;

2. Розробка електромеханічного підсилювача рульового управління;

3. Розробка пневмокомпресору з електроприводом, що відрізняється високими питомими показниками, для електричних транспортних засобів (ТЗ), що відключається пневмокомпресор для гібридних ТЗ;

4. Розробка інноваційних провідних матеріалів електричних високовольтних систем дозволяють знизити матеріалоємність і втрати енергії в провідниках; розробка джгутів проводів з урахуванням інноваційних матеріалів;

5. Розробка пневматичних шин з низьким опором коченню;

6. Розробка системи управління автомобілем оснащеного тяговим електроприводом або гібридним приводом, побудованої на інноваційних алгоритмах і логіці управління досягти максимальної енергоефективності та екологічності. Розробка програмного забезпечення та апаратної частини для одиночних автомобілів і автопоїздів;

7. Розробка системи управління розширником, побудованої на

інноваційних алгоритмах і логіці управління дозволяють досягти максимальної енергоефективності та екологічності. Розробка програмного забезпечення та апаратної частини.

8. Розробка програмного забезпечення дозволяє моделювати гібридні й електричні системи.

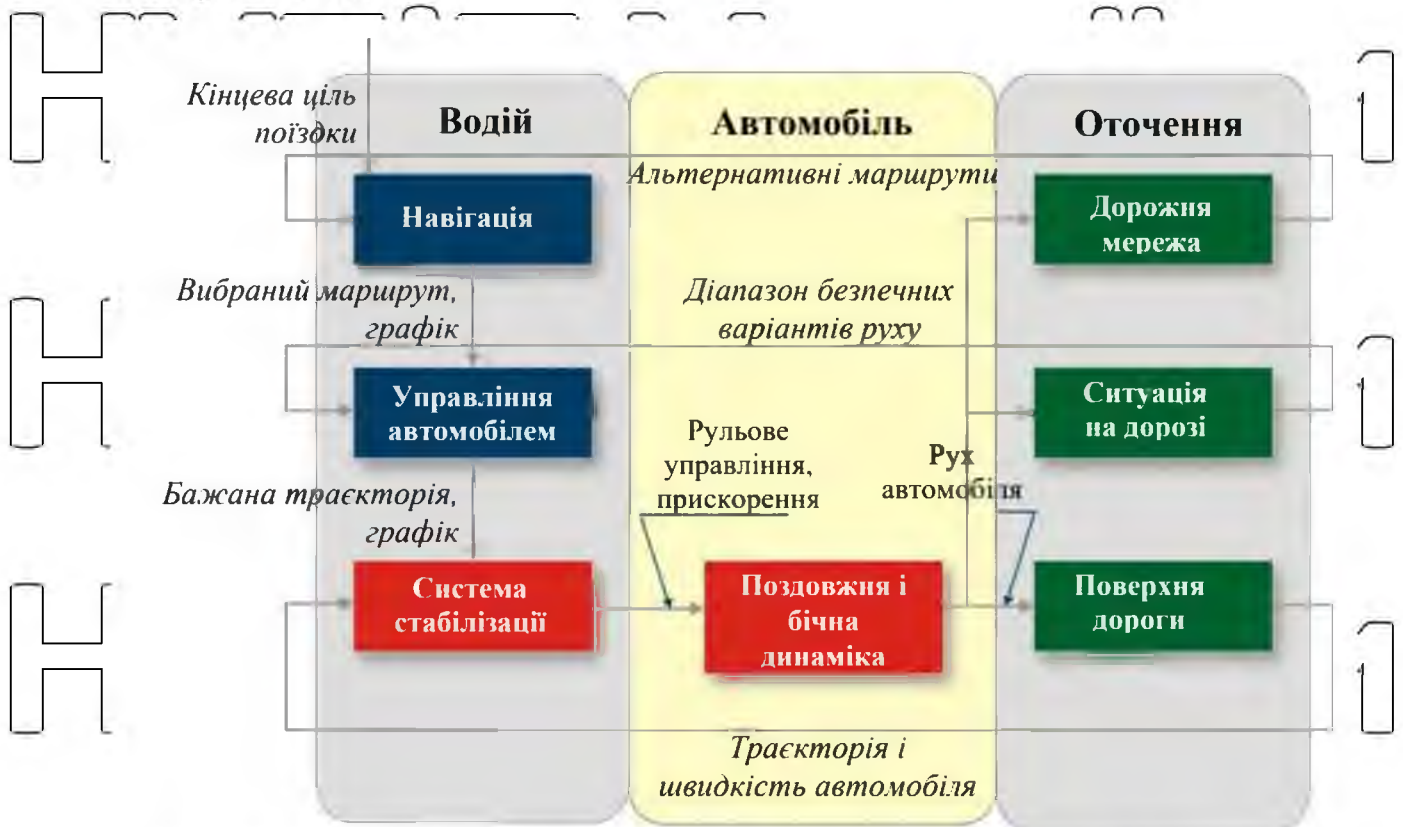


Рис. 14. Інтелектуальна система взаємодії автомобіля з навколишнім середовищем

В результаті аналізу рекомендованих методів економічного водіння автомобіля можна відзначити наявність ряду розбіжностей. У вітчизняних технологіях пропонується при розгоні переміщати педаль акселератора на 100%. У рекомендаціях зарубіжних авторів пропонується переміщувати педаль акселератора на 50-60%. У роботах вітчизняних учених пропонується максимально використати рух накатом. У роботах зарубіжних авторів такої рекомендації немає. Причиною такої розбіжності у рекомендаціях є відсутність закінченої розробки теоретичних засад економічного керування автомобілем.

Висновки до розділу 1

Проведений аналіз показав, що вміння водіїв керувати автомобілем дуже впливає на величину негативних наслідків функціонування автомобільного транспорту: шкідливий екологічний вплив, поранення та загибель людей, матеріальні втрати, витрачання не поновлюваних ресурсів.

На підставі викладеного вище метою цих досліджень є зменшення шкідливого впливу автомобільного транспорту на навколишнє середовище, підвищення безпеки та ефективності транспортного процесу внаслідок застосування оптимальної моделі керування автомобілем. Для досягнення

поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

озробити теоретичні засади економічного керування автомобілем;

озробити менш трудомістку методику розрахунково-експериментального визначення економічного алгоритму керування автомобілем;

изначити розрахунково-експериментальний метод алгоритм економічного регулювання швидкості легкового автомобіля;

озробити оптимальну модель (ефективного, безпечного та екологічного) управління та апробувати її під час проведення дорожніх випробувань.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ ЕКОНОМІЧНОГО УПРАВЛІННЯ АВТОМОБІЛЕМ

Щоб економічно керувати автомобілем при різних режимах його роботи (при розгоні і рух, що встановився) двигун повинен працювати з максимально можливим ККД. При уповільненні необхідно максимально використовувати енергію, накопичену при розгоні автомобіля шляхом руху накатом. Щоб двигун працював із максимальним ККД його необхідно максимально завантажувати [24, 25, 26, 28]. Розуміння цього знайшло своє відображення у запропонованому в 40-ті роки минулого століття циклі «розгін-накат». При русі в транспортному потоці водій реалізує цикл «розгін - рух, що встановився, - уповільнення». Розглянемо докладніше, як повинен діяти водій, щоб максимально завантажувати двигун при розгоні і рух, що встановився.

Одночасно проаналізуємо, як змінюється витрата палива при гальмуванні двигуном, порівняно з рухом накатом.

Щоб економічно розганятися, водієві необхідно знати: наскільки він повинен перемістити педаль акселератора, і за якої частоти обертання колінчастого валу переходити на вищі передачі.

Кількість енергії E , що витрачається на розгін, пропорційно різниці квадратів кінцевої та початкової швидкостей розгону:

$$E = (mV_2^2 - mV_1^2)/2$$

Де m – маса автомобіля; V_2^2 – швидкість закінчення розгону; V_1^2 – швидкість початку розгону.

З наведеного виразу випливає, що її величина залежить від інтенсивності розгону. Тому необхідно завантажувати двигун так, щоб ККД був максимальним. Сучасні двигуни оснащені системою нейтралізації газів, що відпрацювали, у них не відбувається збагачення суміші при максимальному завантаженні, що знижує ККД. Зі сказаного вище можна зробити висновок, що водій повинен при розгоні перемістити педаль акселератора на 100% її ходу. Щоб визначити частоту обертання колінчастого валу, коли необхідно

переходити більш вищі передачі, розглянемо комплексну характеристику витрати палива, наведену на рис. 2.1. для типового легкового автомобіля із робочим об'ємом двигуна 2000 см^3 . Графік було отримано під час проведення випробувань на полігоні [28].

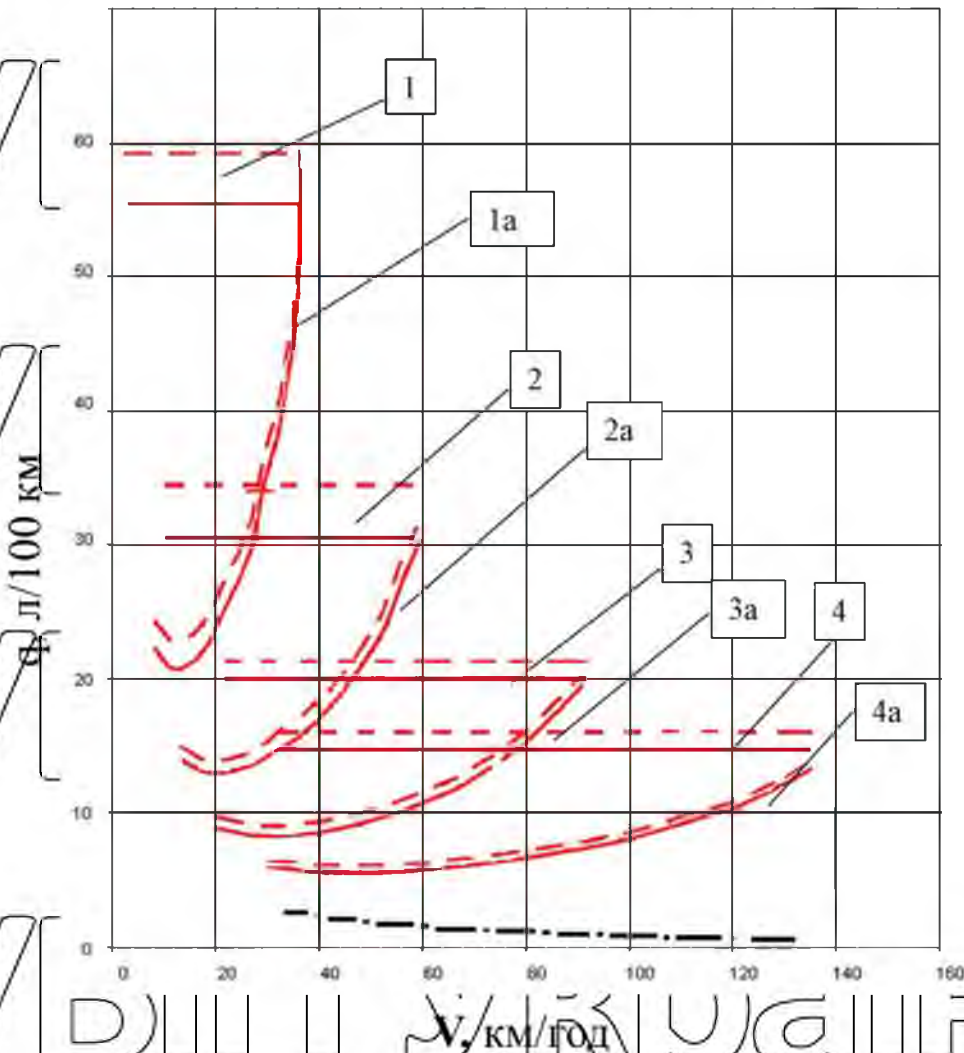


Рис. 2.1. Комплексна характеристика витрати палива автомобіля з робочим об'ємом двигуна 2000 см^3 :

1-2-3-4-витрата палива при розгоні на передачах; 1a-2a-3a- 4a-витрата палива при встановленому русі на передачах

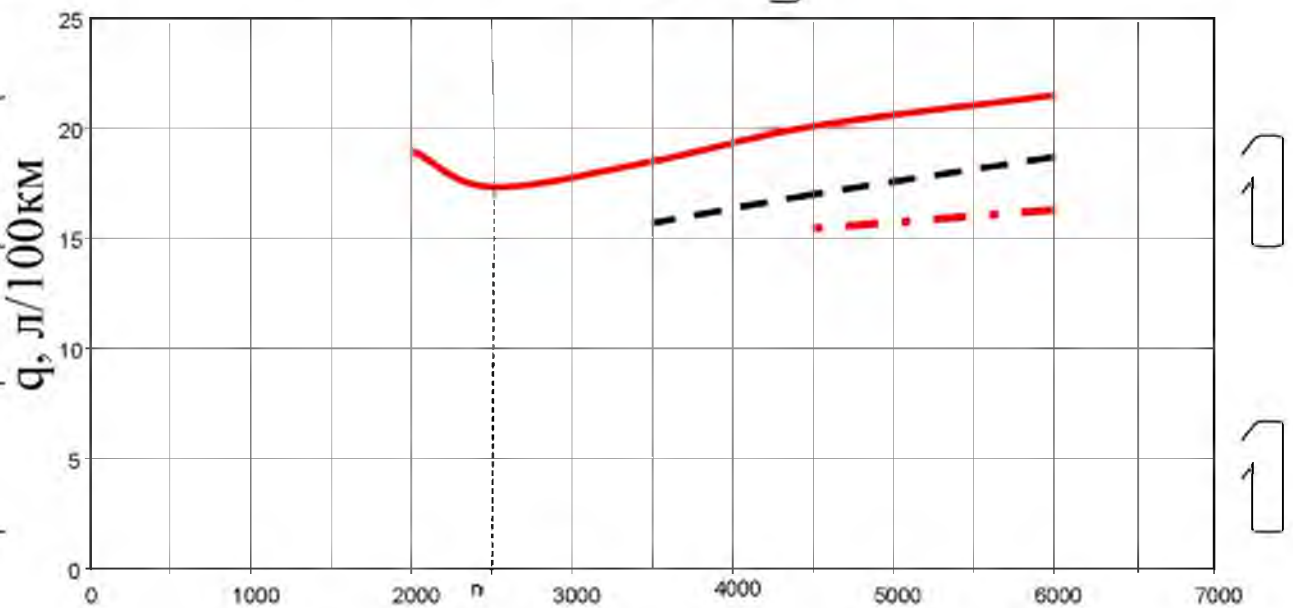
— навантаження 3 людей;

- - - навантаження 5 людей;

--- вибіг;

Як очевидно з графіка, представленого на рис. 2.1 при розгоні на всіх передачах витрата палива не залежить від швидкості, а залежить тільки від номера передачі, що використовується. При кожному перемиканні витрата

палива зменшується пропорційно до зміни відношення передавальних чисел передач. З викладеного випливає, що чим раніше ми переходитимемо на вищі передачі, тим менше має бути витрата палива при розгоні. Прості експерименти показують, що є оптимальна частота обертання колінчастого валу, коли він необхідно перемикає передачі, і більш раннє перемикання збільшує як час розгону, а й витрату палива. Експериментальний графік зміни витрати палива при розгоні, залежно від частоти обертання колінчастого валу в момент перемикання передач, наведено на рис. 2.2



п. хв-1

Рис. 2.2. Зміна витрати палива в залежності від частоти обертання колінчастого валу в момент перемикання передач при розгоні автомобіля з робочим об'ємом двигуна 2000 см^3

- розгін від 0 - 120 км/год;
- - - розгін від 60 - 120 км/год;
- · - · - розгін від 90 - 120 км/год

Оптимальна частота обертання колінчастого валу при перемиканні передач залежить від наступних факторів: номінальної та мінімальності кої частот обертання колінчастого валу, форми кривої крутного моменту, числа передач і передавальних відносин у трансмісії, вона повинна визначатися експериментально для кожної моделі автомобіля.

Під час руху з постійною швидкістю водій може підвищувати

завантаження двигуна шляхом вибору найвищої передачі, на якій зберігається стійка робота двигуна [28].

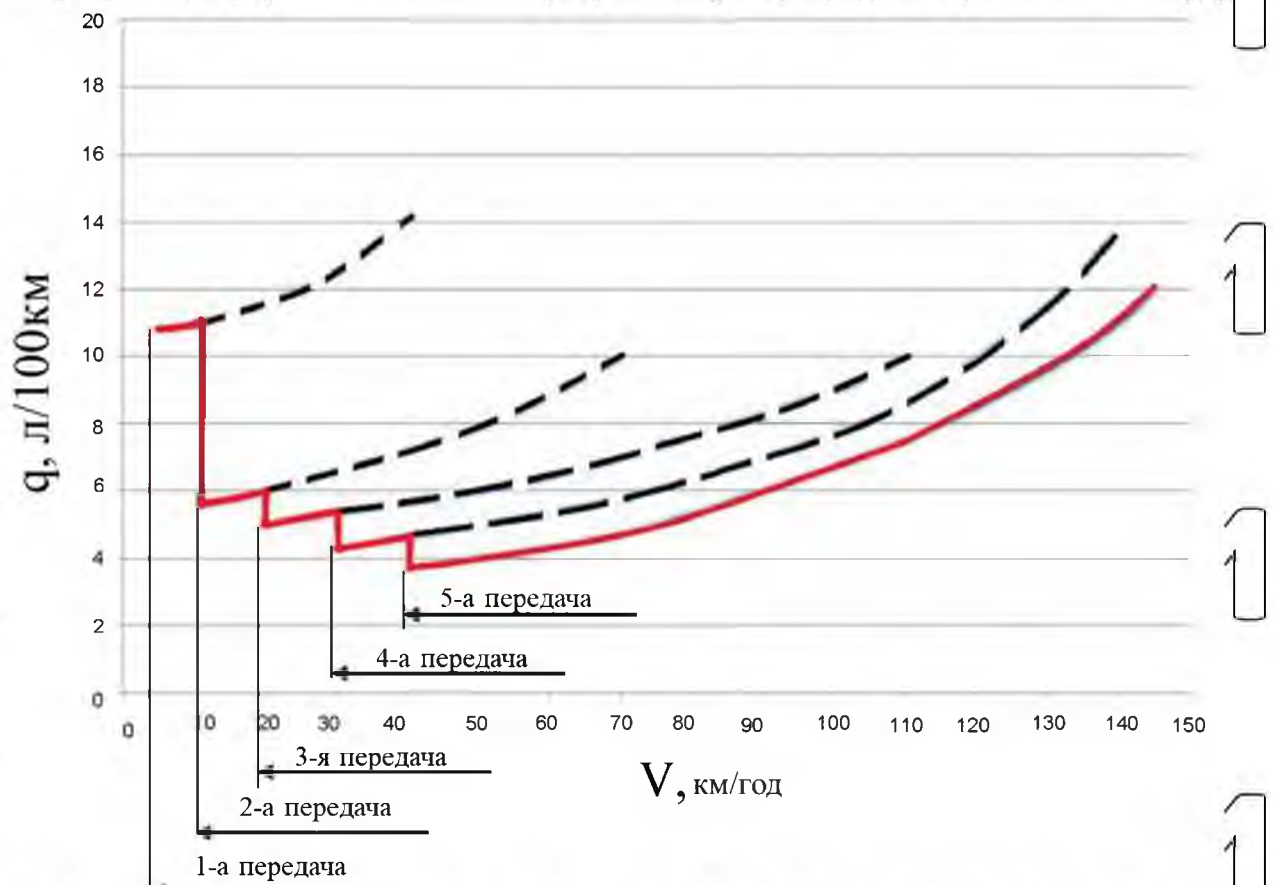


Рис. 2.3. Характеристика мінімальної витрати палива при встановленому русі автомобіля з робочим об'ємом двигуна 2000 см³:

— крива мінімальної витрати палива при встановленому русі;
 - - - витрата палива при встановленому русі на знижених передачах

На рис. 2.3 наведено графік зміни витрати палива при встановленому русі на передачах. З нього можна зробити висновок, що для мінімізації витрати палива швидкість руху на кожній зниженій передачі повинна змінюватися у вузькому діапазоні: від мінімально-стійкої швидкості на цій передачі до мінімально-стійкої швидкості на вищій передачі, яку необхідно включити у разі підвищення швидкості до цієї величини. На рис. 2.3 суцільною лінією показана крива зміни мінімальної витрати палива при русі, що встановився на різних передачах.

На величину витрати палива дуже впливає максимальна швидкість, що вибирається водієм. При русі в транспортному потоці величина оптимальної

максимальної швидкості на ділянках вільного руху визначається середньою швидкістю транспортного потоку - водій повинен обмежувати максимальну швидкість на ділянках вільного руху так, щоб вона не перевищувала середньої швидкості автомобіля більш ніж на певну величину. Різниця між максимальною швидкістю автомобіля та його середньою швидкістю не повинна перевищувати певної величини, яка зменшується у міру збільшення середньої швидкості. Для визначення оптимальної максимальної швидкості у вільному транспортному потоці було запропоновано застосувати показник, що характеризує ефективність перетворення палива на швидкість руху -

$$k_{qv} = V/q, \text{ } 100 \text{ км}^2/\text{люд.год} \quad (2.2)$$

Де V – середня швидкість автомобіля, км/год; q – витрата палива, л/100

км.

Фізичний зміст под наступний: він визначає, яку швидкість створює один літр палива, витрачений на 100 км.

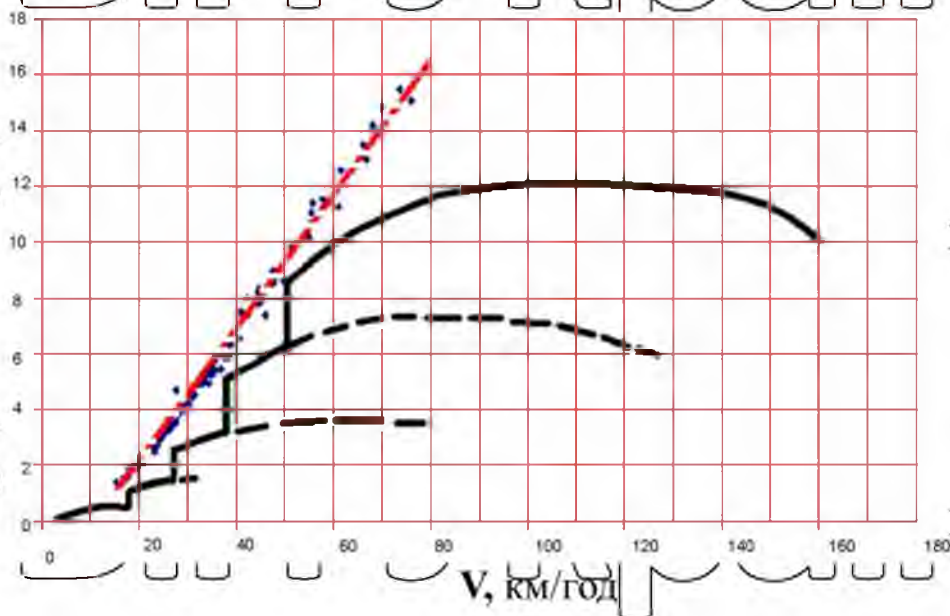


Рис. 2.4. Залежно зміни коефіцієнта перетворення палива у швидкість від

швидкості встановленого руху і від середньої швидкості повідомлення автомобіля з робочим об'ємом двигуна 2000 см³ на різних передачах

На рис. 2.4 суцільною лінією зображено графік зміни k_{qv} в залежності від швидкості руху легкового автомобіля, що встановився, при оптимальному виборі передач. Як можна побачити на представленому графіку величина k_{qv}

має максимум при швидкості 110 км/год. Це означає, що до цієї швидкості витрата палива збільшується повільніше, ніж швидкість, а після досягнення k_{qv} максимуму, витрата палива починає зростати швидше, ніж збільшується

швидкість автомобіля. Очевидно, що перевищувати швидкість, що відповідає

максимуму k_{qv} , нецільно. У легкових автомобілів величина швидкості, що відповідає

розглянемо питання використання руху автомобіля накатом. Широкому максимуму кдв дорівнює 100-115 км/год у вантажних 75-90 км/год застосуванню накату перешкоджає мфр про небезпеку руху з роз'єднаною

величину швидкості автомобіля, що відповідає максимуму k_{qv} , можна трансмісією. Цей мфр живе досі тому, що відбувається не критичне перенесення досвіду підвищення курсової стійкості при гальмуванні автомобілів випуску

автомобілів. На рис. 2.4 штрих-пунктирною лінією показано зміну k_{qv} при зростанні швидкості руху автомобіля. Як видно з рис. 2.4, штрих-пунктирна лінія показує, що при економічному керуванні автомобілем сприймається лише зазубертація

волни середньої швидкості. Повідомлення в діапазоні до 80 км/год як правило не перевищується і лише кривою зміни k_{qv} при русі, що призводить до занесення, оскільки при економичному керуванні автомобілем середня швидкість руху автомобіля

буває нижчою. Крім того, при економичному керуванні автомобілем інтенсивне гальмування на слизькій дорозі необхідно виконувати, натиснувши на педаль зчеплення. До

сказаного необхідно додати, що багато сучасних автомобілів обладнуються АБС, за наявності якої так само необхідно гальмувати навіть на задньопривідному автомобілі, натиснувши на педаль зчеплення. В іншому випадку ефективність гальмування знизиться.

Говорячи про безпеку руху, накатом розглянемо рис. 2.5. При накаті стійкість провідних коліс проти бокового ковзання найвища, оскільки

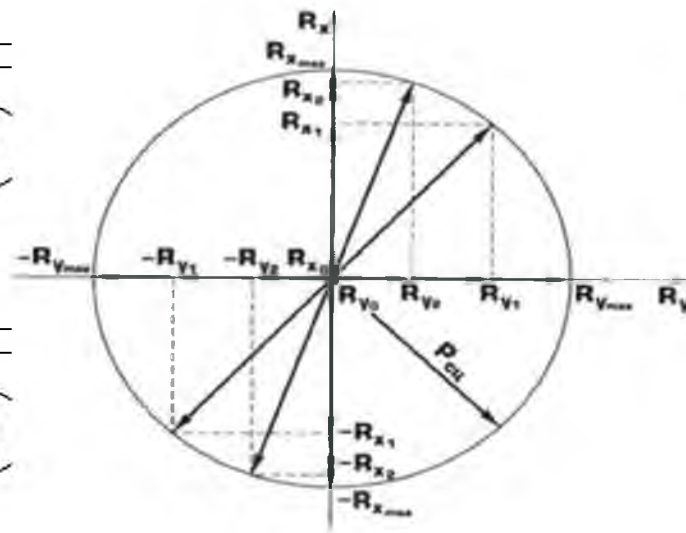


Рис.2.5. Характеристика відведення колеса автомобіля:

R_x - поздовжня реакція; R_y - поперечна реакція; R_{zc} - сила зчеплення; δ - кут бокового відведення;

Наявність на автомобілі економайзера примусового холостого ходу породила ілюзію того, що при уповільненні шляхом гальмування двигуном

витрата палива є меншою, ніж при уповільненні накатом. Це не так тому, що витрати палива необхідно порівнювати на однакових відрізках колії. Відрізком для порівняння є шлях, що проходить автомобілем під час руху накатом.

Оскільки шлях, що проходить автомобілем при гальмуванні двигуном

приблизно втричі коротший, тому дві третини шляху автомобіль повинен пройти з постійною швидкістю, що дорівнює швидкості початку уповільнення. При цьому витрата палива на цій ділянці колії перевищує витрату палива в режимі холостого ходу під час руху накатом. Графік зміни витрати палива в залежності від величини середнього уповільнення наведено на рис. 2.6 отриманий під час випробування на автополігоні [28]. Більш детально питання визначення показник в витрати палива при уповільненні, буде розглянуто в розділі 3.

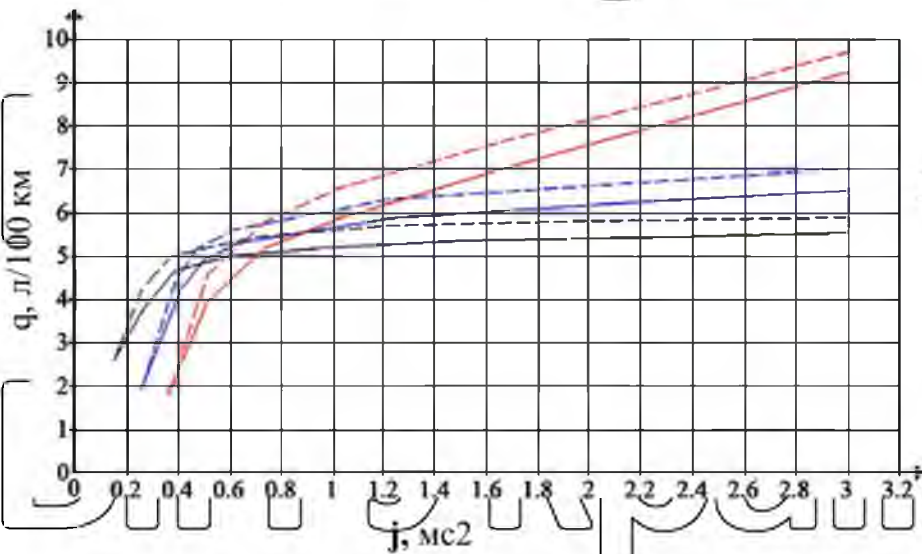


Рис. 2.6. Характеристика залежності витрати палива від величини уповільнення автомобіля з робочим об'ємом двигуна 2000 см^3 : навантаження 2 люд.; навантаження 5 люд.; 1 – уповільнення при швидкості від 120 – 40 км/год; 2 – уповільнення при швидкості від 90 – 40 км/год; 3 – уповільнення при швидкості від 60-40 км/год

Як бачимо з графіка, що найменше значення середнього уповільнення відповідає руху накатом. Точка перегину кривої витрати пального відповідає гальмування двигуном. Оскільки рух накатом є важливою складовою економічного алгоритму керування автомобілем, не можна не помітити, що багато сучасних автоматичних трансмісії не дозволяють використовувати цей прийом для зниження експлуатаційної витрати палива. Щоб при керуванні автомобілем з автоматичною трансмісією можна було використовувати накат,

доцільно ввести в конструкцію трансмісії муфту вільного ходу. Очевидно, що вона повинна блокуватися, щоб поряд з рухом накатом можна було реалізувати гальмування двигуном.

Проведений аналіз дозволив зробити висновок про те, що вплив майстерності водія на експлуатаційну витрату палива проявляється у двох напрямках. Перше - запобігання підвищенню експлуатаційної витрати палива в результаті збільшення опору коченню (підвищення маси автомобіля при перевезенні в багажнику непотрібних предметів, зниження тиску в шинах щодо норми тощо), підвищення опору повітря (багажник на даху легкового автомобіля, відкриті вікна в салоні автомобіля під час руху з високою швидкістю), підвищення витрати електроенергії (кондиціонер, електрообігрів стекол, зовнішніх дзеркал, сидінь) [27, 29].

Друге - зменшення експлуатаційної витрати палива в результаті застосування безпечного та ефективного алгоритму управління в кожній фазі циклу руху: розгоні, усталеному русі, уповільненні, обмеження максимальної швидкості [27, 29].

Економічне водіння має складатися із трьох компонентів: технічних заходів, спрямованих на зменшення опору руху автомобіля; розробки економічного алгоритму керування автомобілем (регулювання швидкості автомобіля в режимах розгону, руху та уповільнення); навчання водіїв застосування економічного алгоритму керування автомобілем та зміни поведінки водіїв (обмеження максимальної швидкості на ділянках вільного руху та підвищення рівномірності руху - зменшення його агресивності) [29].

В результаті теоретичного аналізу встановлено, що для зниження витрат палива при розгоні водію необхідно знати відповідь на 2 питання:

а) наскільки слід перемістити педаль акселератора;

б) при якій частоті обертання колінчастого валу переходити на вищі передачі.

Оскільки кількість енергії, що витрачається на розгін, залежить тільки від різниці квадратів швидкостей завершення та початку розгону, і не залежить

від його інтенсивності, необхідно розганятися при завантаженні двигуна (переміщенні педалі швидкості), що відповідає мінімальній питомій витраті палива (максимальному ККД). У двигунів, які не мають нейтралізатора газів, що відпрацювали, цьому відповідає його завантаження на 85-90%. При подальшому збільшенні завантаження відбувається збагачення паливної суміші та ККД знижується. Оскільки водій не має інформації про переміщення педалі, що відповідає максимуму ККД, було з'ясовано, що розгін слід проводити за максимального переміщення педалі швидкості, оскільки при цьому відбувається мінімальне збільшення витрат палива.

Розглянемо економічний алгоритм розгону, до якого повинен наближатися водій, на прикладі легкового автомобіля з двигуном, що розвиває максимальну потужність 50-90 кВт при частоті обертання колінчастого валу 5500-6000 хв⁻¹.

Перше, на що слід звернути увагу – кінцева швидкість розгону. Вона визначається правилами дорожнього руху, щільністю транспортного потоку та слизькістю дорожнього покриття.

На відміну від рекомендацій, викладених у наведених вище зарубіжних джерелах, переміщувати педаль акселератора трохи більше, ніж 50 - 60%, аналіз показує, що з розгоні її потрібно переміщати на 100% її ходу. Це пов'язано з тим, що розгін при максимальному завантаженні двигуна є економічним тому, що в цьому випадку двигун працює з максимальним ККД.

А швидкість розгону регулюється моментом перемикання на вищі передачі — що нижчі обороти, у яких виробляється перемикання, то нижча інтенсивність розгону і менше витрата палива [29].

Тим не менш, на першій передачі педаль акселератора необхідно переміщати, за 2 - 3 секунди тільки на 50 - 60% її ходу, а на решті всіх передачах на - 100% її ходу (на першій передачі доводиться обмежувати переміщення педалі з-за великого прискорення автомобіля) [29].

Переходити на вищі передачі необхідно, як тільки частота обертання колінчастого валу зростає до оптимального значення, яке необхідно

експериментально визначати. Якщо тахометра немає, момент перемикання можна визначити по спідометру, що, звичайно, менш зручно. Для легкових автомобілів із двигуном потужністю до 90 кВт оптимальна частота обертання в момент перемикання на вищі передачі лежить у діапазоні 2000 – 3000 хв⁻¹.

При перемиканні передач вона знижується до 1500 – 2300 хв⁻¹ відповідно. Ці значення визначають верхню і нижню межі оптимального, за витратою палива, діапазону частот обертання колінчастого валу при русі, що не встановився [29].

При збільшенні опору руху (збільшення кількості пасажирів, маси вантажу в багажнику, русі на підйом, буксирування причепа) верхня межа оптимального діапазону частоти обертання колінчастого валу зміщується у бік вищих обертів, при зменшенні навантаження (рух на спуску) - зміщується у бік нижчих оборотів. Відповідно відбувається усунення нижньої межі.

При розгоні на легковому автомобілі з потужнішим двигуном (88 кВт і від при 5500 - 6000 хв⁻¹) частота обертання колінчастого валу у момент перемикання передач залишається без зміни, але можна перемикати передачі, пропускаючи деякі з них. Так, наприклад, при 5-швидкісній КП можна перемикатися по наступним схемам: 1 - 2 - 4; 1 - 3 - 5. Це дозволяє уникнути дуже високих прискорень при натисканні на педаль швидкості 100% її ходу.

При використанні всіх передач можна перемикатися при більш низькій частоті обертання колінчастого валу. Для визначення оптимальних значень при пропуску передач необхідно проведення експерименту [29].

Під час руху на підйом, коли частота обертання колінчастого валу знижується, переходити на нижчі передачі необхідно, коли оберти впадуть до нижньої межі оптимального діапазону. При збільшенні крутості підйому переходити на нижчі передачі необхідно раніше, ніж оберти знизяться до нижньої межі оптимального діапазону і тим раніше, ніж крутіше підйом. Це необхідно робити тому, що в момент перемикання передач швидкість знижується тим швидше, чим крутіше підйом. Тому, щоб вийти на верхню межу оптимального діапазону зміни обертів необхідно переходити на нижчі передачі раніше.

Для економічного подолання крутого підйому доцільно (якщо це можливо) при наближенні до нього підвищити швидкість, щоб за рахунок збільшення запасу кінетичної енергії проїхати на підйом більший шлях на вищій передачі. На момент початку руху на підйом необхідно натиснути на педаль швидкості на 100% її ходу. У міру зниження швидкості слідкувати за показаннями тахометра (спідометра) і при наближенні частоти обертання колінчастого валу до нижньої межі оптимального діапазону, включити нижчу передачу (вибравши момент так, щоб частота обертання колінчастого валу збільшилася до верхньої межі оптимального діапазону) і знову натиснути швидкості на 100% її перебігу. Якщо швидкість продовжує падати, необхідно переходити на нижчі передачі до тих пір, поки не дійдемо до передачі, на якій можливий рух на підйом із постійною швидкістю. Якщо на цій передачі при натисканні на педаль швидкості на 100% її ходу автомобіль почне розганятися, необхідно зменшити натискання на педаль настільки, щоб автомобіль рухався на підйом з постійною швидкістю, а частота обертання колінчастого валу відповідала верхній межі оптимального діапазону [29].

Оптимальна частота перемикавання на вищій передачі при розгоні залежить від потужності двигуна, що припадає на тонну ваги автомобіля, мінімально стійкої частоти обертання колінчастого валу, форми протікання кривої моменту двигуна, числа передач і передавальних чисел трансмісії. Тому для кожного автомобіля необхідно визначати оптимальну частоту обертання колінчастого валу в момент перемикавання передач при експериментальному розгоні.

Після досягнення заданої швидкості необхідно включити найвищу передачу, на якій можливий стійкий рух автомобіля, і відпустити педаль швидкості до положення, що відповідає цій швидкості руху автомобіля.

Однією з типових помилок під час руху з постійною швидкістю є циклічне переміщення педалі швидкості щодо положення, що відповідає обраній постійній швидкості автомобіля. Таке циклічне переміщення педалі швидкості призводить до коливання швидкості, в результаті автомобіль

розганяється, то гальмує двигуном. При такому гальмуванні двигуном подача палива не вимикається. Такий стиль керування призводить до збільшення витрати палива. Тому водій повинен вміти не переміщати педаль після виходу на режим постійної швидкості, доки не виникне необхідність повернути швидкість до обраного значення.

Рух на знижених передачах з постійною швидкістю, як і при розгоні збільшує витрату палива і знижує ресурс двигуна. Це означає, що рух з постійною швидкістю має відбуватися на найвищій передачі, коли двигун працює стійко. Тому необхідно експериментально визначати мінімально стійкі швидкості руху всіх передачах, оскільки вони залежить від конструктивних особливостей автомобіля [29].

Для переходу в режим гальмування двигуном необхідно повністю відпускати педаль акселератора. При гальмуванні двигуном переходити на нижчі передачі необхідно, коли оберти знизяться до нижньої межі оптимального діапазону. Тоді після включення нижчої передачі вони збільшаться до верхньої межі цього діапазону. У цьому випадку гальмування буде досить ефективним, а двигун працюватиме в оптимальному режимі.

При гальмуванні педаллю гальма паливо витрачається неефективно, оскільки енергія, витрачена на розгін, перетворюється на тепло, що нагріває гальма. Щоб використати витрачену на розгін енергію, необхідно застосовувати накат – рух за інерцією з роз'єднаною трансмісією. Тому всі заплановані зниження швидкості (при під'їзді до перехрестя, повороту, при наближенні до автомобіля, що наздоганяється, тощо) спочатку слід використовувати накат. Потім можна перейти до гальмування двигуном, і на завершення натиснути на педаль гальма [29].

Під час руху під ухил, коли швидкість автомобіля зберігається постійною, трохи зростає або знижується (у межах ± 5 км/год) так само слід рухатися накатом. Зі збільшенням крутості ухилу доцільно гальмувати двигуном, підібравши передачу, на якій зберігатиметься постійна швидкість. При подальшому збільшенні крутості ухилу необхідно допомогти двигуну

натиснувши на педаль гальма.

Для оптимізації керування автомобілем з витрат палива необхідно визначити алгоритм дій водія в режимах розгону, руху на швидкості, режимі руху, що встановився, і показати ефективність руху накатом. Визначення економічного керування автомобілем експериментальним методом є трудомістким завданням. Застосування розрахунково-експериментального методу визначення економічного алгоритму управління дозволить значно скоротити обсяг випробувань та значно розширити обсяг досліджуваних варіантів частоти обертання колінчастого валу при перемиканні передач у процесі розгону [29].

Для використання розрахунково-експериментального методу необхідно визначити такі характеристики автомобіля:

алежності швидкості автомобіля від часу розгону на кожній передачі;

аси вибігу автомобіля у заданих діапазонах зниження швидкості;

аси зниження швидкості автомобіля у заданих діапазонах її зниження при гальмуванні двигуном;

алежності шляху, що проходить автомобілем від часу розгону на кожній передачі;

алежності витрати палива від шляху розгону на кожній передачі;

алежності дорожньої витрати палива від швидкості при русі, що встановився на кожній передачі;

одинна витрата палива на неодруженому ході.

Висновки до розділу 2

проведені дослідження показали, що зниження експлуатаційного витрати палива при розгоні педаль акселератора необхідно переміщати на 100 % її ходу;

проведеного аналізу видно, що оптимальна частота обертання колінчастого валу в момент перемикання передач при розгоні збігається з отриманими даними.

точно рекомендації щодо вибору оптимальної передачі під час руху з

постійною швидкістю.

апропоновано методику визначення максимальної швидкості на ділянках вільного руху, перевищення якої призводить до зниження ефективності витрачання палива.

бґрунтовано та визначено залежність експлуатаційної витрати палива від середньої величини уповільнення автомобіля. Показано, що рух накатом є найбільш ефективним способом зниження швидкості.

На підставі аналізу сил, що діють у плямі контакту колеса з дорогою, показано, що застосування накату не знижує активну безпеку автомобіля.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-РОЗРАХУНКОВОЇ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОГО АЛГОРИТМУ РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ РУХУ АВТОМОБІЛЯ

розробка методики експериментально-розрахункового визначення економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля при розгоні та русі на підйомі

При експериментальному визначенні економічного алгоритму регулювання швидкості при розгоні автомобіля [24, 29] вироблялася серія розгонів до заданої швидкості при частоті, що поступово підвищується, обертання колінчастого валу в момент перемикання на вищі передачі. Заїзди проводяться на ділянці постійної довжини. Довжина випробувальної ділянки визначається відстанню, що проходить автомобілем, при найповільнішому розгоні до заданої швидкості. При більш швидких розгонах автомобіль досягає задану швидкість на більш короткому відрізку і проходить наступну шляху з постійною швидкістю, як показано на рис. 3.1.

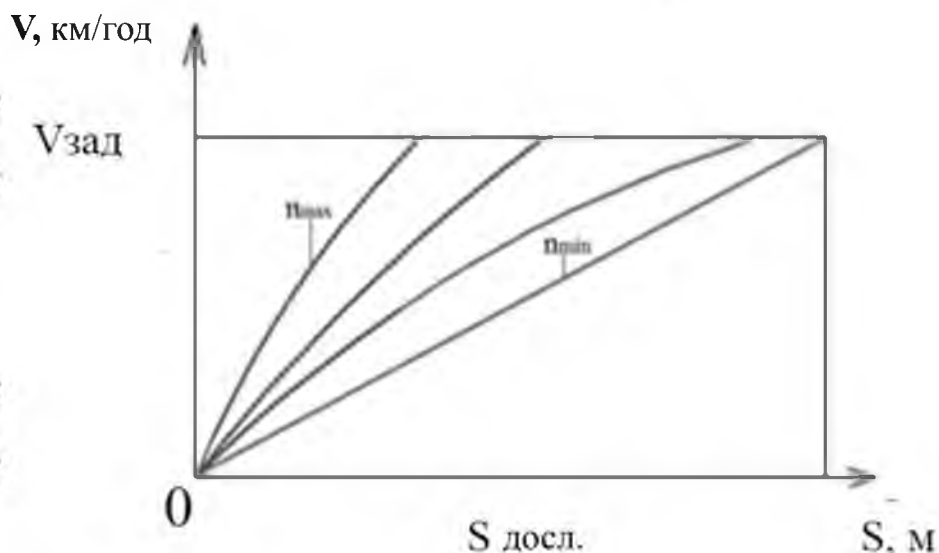


Рис. 3.1. Схема зміни швидкості автомобіля V при проходженні випробувальної ділянки S . l_{\min} - відстань, що проходить автомобілем при найменшій частоті обертання колінчастого валу в момент перемикання передач; l_{\max} - відстань, пройдена автомобілем при максимальній частоті обертання колінчастого валу в момент перемикання передач

За результатами випробувань будується графік зміни колійної витрати палива в залежності від частоти обертання колінчастого валу в момент перемикавання передач. Графік, що ілюструє зміну колійної витрати палива в залежності від частоти обертання колінчастого валу в момент перемикавання передач при розгоні та схема визначення оптимального значення частоти обертання колінчастого валу, наведено на рис. 3.2. Як можна побачити з представленого на рис. 3.2 графіка мінімальної колійної витрати палива відповідає перемикавання на вищі передачі при частоті обертання колінчастого валу $n_{\text{опт}} \text{ хв}^{-1}$ [29].

Рис.3.2. Схема зміна дорожньої витрати палива q залежно від частоти обертання колінчастого валу в момент перемикавання передач p при розгоні автомобіля з місця до заданої швидкості та визначення її оптимального значення $n_{\text{опт}}$.

Для проведення обчислень, перш за все, необхідно визначити швидкості автомобіля на кожній передачі, що відповідають заданій частоті обертання колінчастого валу в момент перемикавання передач. Обчислення швидкості автомобіля V в залежності від частоти обертання колінчастого валу n проводиться за формулою:

$$V = \frac{V_{\text{задана}} \cdot i_0}{i_p}$$

Де V - задана швидкість автомобіля в момент перемикавання на вищій передачі, км/год;
 i_0 - задана частота обертання колінчастого валу в момент перемикавання на вищій передачі, хв-1;

i_p - передатне відношення включеної передачі;
 i_0 - передатне відношення головної передачі.

Знаючи значення швидкості автомобіля у момент перемикавання передач,

за експериментальним графіком зміни швидкості залежно від часу розгону визначаємо час розгону кожної передачі до заданої швидкості. На рис.3.3 показано як з допомогою експериментальних графіків визначається час розгону t_{pi} на 1-ї передачі до заданої швидкості V_{zi} , але в рис.3.4 показано як з допомогою експериментальних графіків визначається час розгону на передачах вище 1-ї [29]

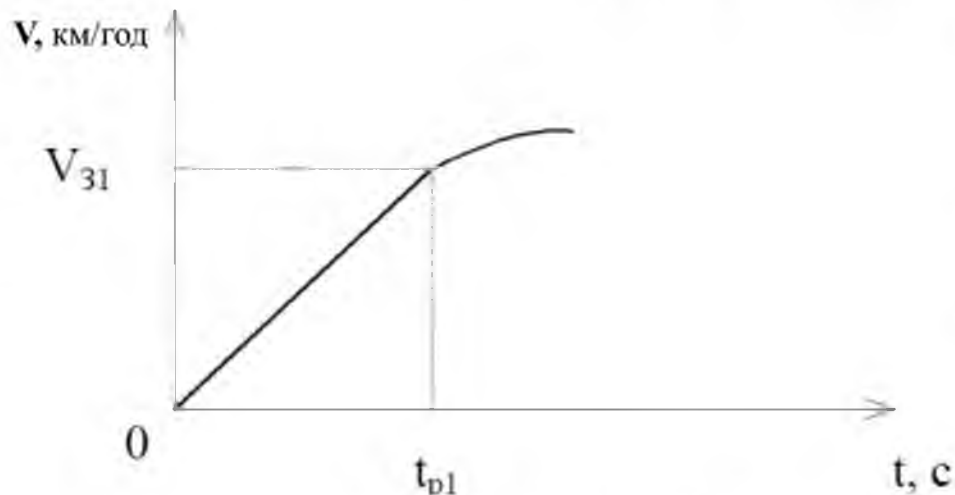


Рис.3.3. Схема визначення часу розгону t_{pi} до заданої швидкості V_{zi} на першій передачі за експериментальним графіком:

t_{pi} - час розгону; V - швидкість автомобіля

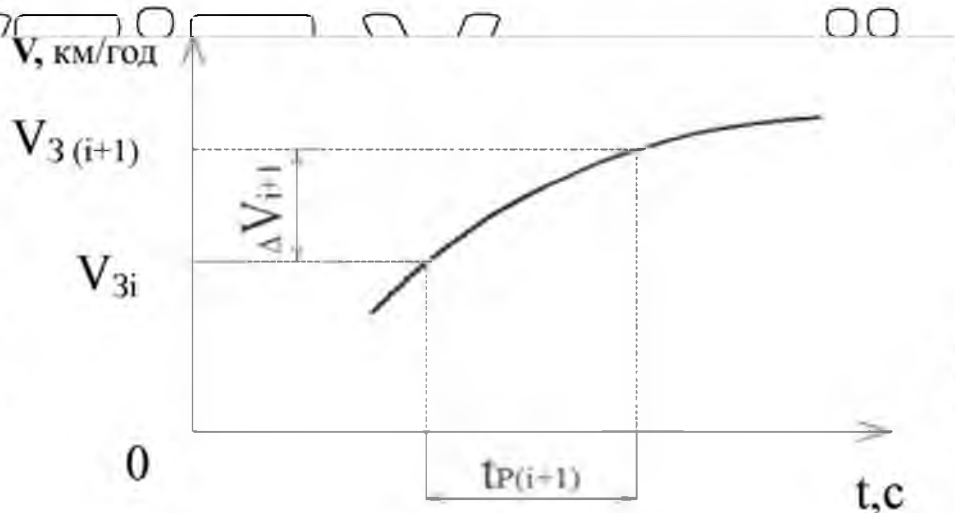


Рис.3.4. Схема визначення часу розгону до заданої швидкості на передачах вище 1-ї

V_{zi} - швидкість початку розгону на 1 передачі; $V_{z(i+1)}$ - швидкість завершення розгону на 1-й передачі та перемикання на передачу (i+1)

Порядок визначення часу розгону на передачах зрозумілий із графіків, наведених на рис. 3.3 та 3.4 і не вимагає спеціальних пояснень.

Щоб обчислити витрату палива при розгоні, необхідно визначити шляхи, що проходять на кожній передачі при розгоні до заданої швидкості (заданих значень частоти обертання колінчастого валу в момент перемикання передач) шляхи, що проходять автомобілем у момент перемикання передач, і шляхи, що проходять автомобілем з постійною швидкістю при більш швидких розгонах у порівнянні з найповільнішим розгоном [29].

За допомогою графіків наведених на рис. 3.3 та 3.4 можна визначити збільшення швидкості в процесі розгону на кожній передачі. Знаючи час розгону та збільшення швидкості, визначимо середнє прискорення розгону на кожній передачі за формулою:

Д
 v_1 - швидкість початку розгону на 1-й передачі км/год;
 a_1 - середнє прискорення розгону на 1-й передачі км/год;²
 t_{p1} - час розгону на 1-й передачі, с.

Знаючи середні прискорення та час розгону на кожній передачі визначимо шляхи, що проходять автомобілем на цих передачах при розгоні, за формулою:

$$S_{pi} = \frac{v_{(i-1)} t_{pi}}{3,6} + j_i t_{pi}^2 / 2, \text{ м} \quad (3.3)$$

Д
 v_{i-1} - швидкість закінчення розгону попередньої передачі, км/год;
 S_{pi} - шлях розгону автомобілем при розгоні на 1-й передачі, м;
 j_i - середнє прискорення розгону на 1-й передачі, м/с².

Щоб обчислити шляхи розгону до заданої швидкості, необхідно визначити шляхи, що проходять автомобілем у момент перемикання передач. Їхня величина визначається за формулою:

Де $S_{\text{пері}}$ - шлях, що проходить автомобілем при перемиканні на 1-у передачу, м;

V_{i-1} - швидкість закінчення розгону попередньої передачі, км/год;

$t_{\text{пер}}$ - час перемикання передач, що дорівнює 0,5 с.

Склавши шляхи, що проходять автомобілем при розгоні на кожній передачі і при перемиканні передач отримаємо довжину ділянки розгону до заданої швидкості:

Д
 S_i - сума довжин ділянок розгону на передачах, обчислених за формулою (3.34),
 m_p - довжина ділянки розгону до заданої швидкості, м,

$\Sigma S_{\text{пері}}$ - сума довжин ділянок, що проходить при перемиканні передач, обчислених за формулою (3.4), м

Порівняння витрати палива за різних інтенсивностей розгону має проводитися ділянці постійної довжини. Тому як випробувальна ділянка необхідно прийняти найдовшу ділянку розгону, яка відповідає найнижчій частоті обертання колінчастого валу в момент перемикання передач.

З урахуванням викладеної вище довжини випробувальної ділянки визначаємо за формулою:

Д
 $S_{\text{р.тах}}$ - довжина ділянки найповільнішого розгону, м;
 $S_{\text{випр}}$ - довжина ділянки випробування, визначаємо довжини ділянок руху з постійною швидкістю при більш швидких розгонах за формулою:

Д
 $S_{\text{уст}}$ - довжина ділянки руху із постійною швидкістю, м,
 $t_{\text{уст}}$ - час руху з постійною швидкістю у j -му заїзді, с;

Після обчислення значень часу руху з постійною швидкістю в заїздах

різною інтенсивністю розгону можна визначити часи проходження випробувальної ділянки. Для найповільнішого розгону цей час дорівнює сумі часів розгону на передачах плюс час, витрачений на перемикання передач:

Д

$t_{\Sigma j}$ – сумарний час розгону на передачах у j -му заїзді, с;

t_{Σ} – сумарний час промігнення внаслідок різкої зміни швидкості у j -му заїзді розгону, с.

Щоб визначити час проходження випробувальної ділянки при інтенсивніших розгонах, необхідно до часу розгону до заданої швидкості додати час руху з постійною швидкістю до кінця випробувальної ділянки:

Д

е Знаючи довжину випробувальної ділянки та часи її проходження у різних заїздах сумарний час середньої швидкості руху до кінця випробувальної ділянки у заїздах:

Д

е

$B_{\text{вип}}^{\text{ср}}$ – середня швидкість руху в процесі проходження випробувальної ділянки в j -му заїзді, км/год час проходження випробувальної ділянки в заїзді, с.

Зміна витрати палива в залежності від пройденого шляху при розгоні, описується лінійним рівнянням:

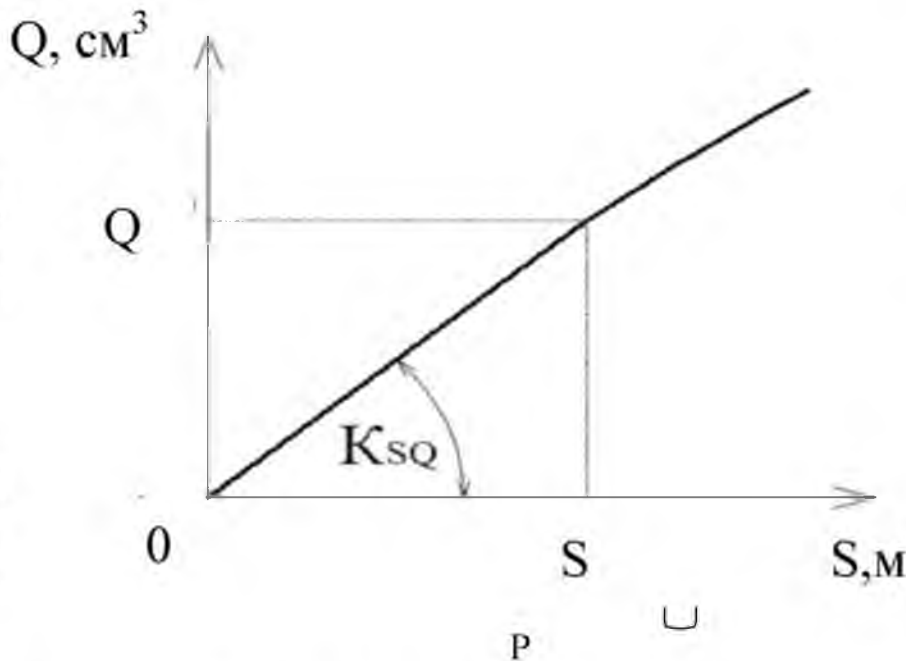
Д

$\eta_{\text{роз}}$ – коефіцієнт перетворення пройденого шляху витрата палива при розгоні на 1-й передачі, см³;

S_1 – шлях, пройдений у процесі розгону на 1-й передачі,

Коефіцієнт перетворення шляху витрата палива визначається виходячи з результатів експерименту кожної передачі при розгоні з повною подачею палива. Схема його визначення показано на рис. 3.5. Величина коефіцієнта

дорівнює відношенню витрати палива до пройденого шляху [29].



S - пройдений шлях; Q - витрата палива

Визначення витрати палива в процесі розгону на передачах проводиться за формулою (3.5) на підставі розрахованих раніше шляхів розгону на передачах та результатах обчислення коефіцієнтів перетворення шляху у витрату палива для кожної передачі.

Для визначення витрати палива на ділянці руху з постійною швидкістю використовуються результати визначення витрати палива під час руху на вищій передачі з постійною швидкістю. Витрата палива під час руху ділянки з постійної швидкістю обчислюється за такою формулою:

$Q_{уст}$ - шляхова витрата палива при русі, що встановився, із заданою швидкістю витрати палива на ділянці руху, що встановився, cm^3 ;

$L_{уст}$ - довжина ділянки руху із постійною швидкістю, м.

Сумарна витрата палива на проходження виробувальної ділянки в заїзді визначається за формулою:

де
 Q_{ij} - витрата палива на ділянці розгону в j -му заїзді, см^3 ;

$Q_{\text{в}} - \text{витрата палива палива на дисковий вимірювальний встановлений на одному заїзді, см}^3$.

Дорожня витрата палива при проходженні випробувальної ділянки визначається за формулою:

$$q_s = 100 \sum Q_j / S_{\text{випр}} \text{ л/100 км} \quad (3.14)$$

т Д

$Q_{\text{д}}$ - витрата палива на проходження випробувальної ділянки в j -му заїзді,
 $S_{\text{випр}}$ - довжина випробувальної ділянки, л/100 км;

т За результатами обчислень дорожньої витрати палива в різних заїздах

будується графік зміни дорожньої витрати палива при розгоні до заданої

швидкості в залежності від частоти обертання колінчастого валу в момент

Перемикання передач.

Зробка методики визначення оптимальної передачі під час руху

л При русі витрата палива залежить від швидкості руху і обраної водієм

Передачі. Питання вибору швидкості не відноситься до визначення алгоритму

Вибору передачі при русі, що встановився. Водій може знизити витрату палива,

використовуючи найвищу передачу для обраної швидкості. Можливості

використання вищих передач під час руху з постійною швидкістю

Визначаються величиною мінімальних стійких швидкостей руху на передачах.

На рис. 3.6 показаний графік, що ілюструє правильний вибір передачі під час

руху з постійною швидкістю залежно від її величини [29].

п

р

о

х

о

д

ж

е

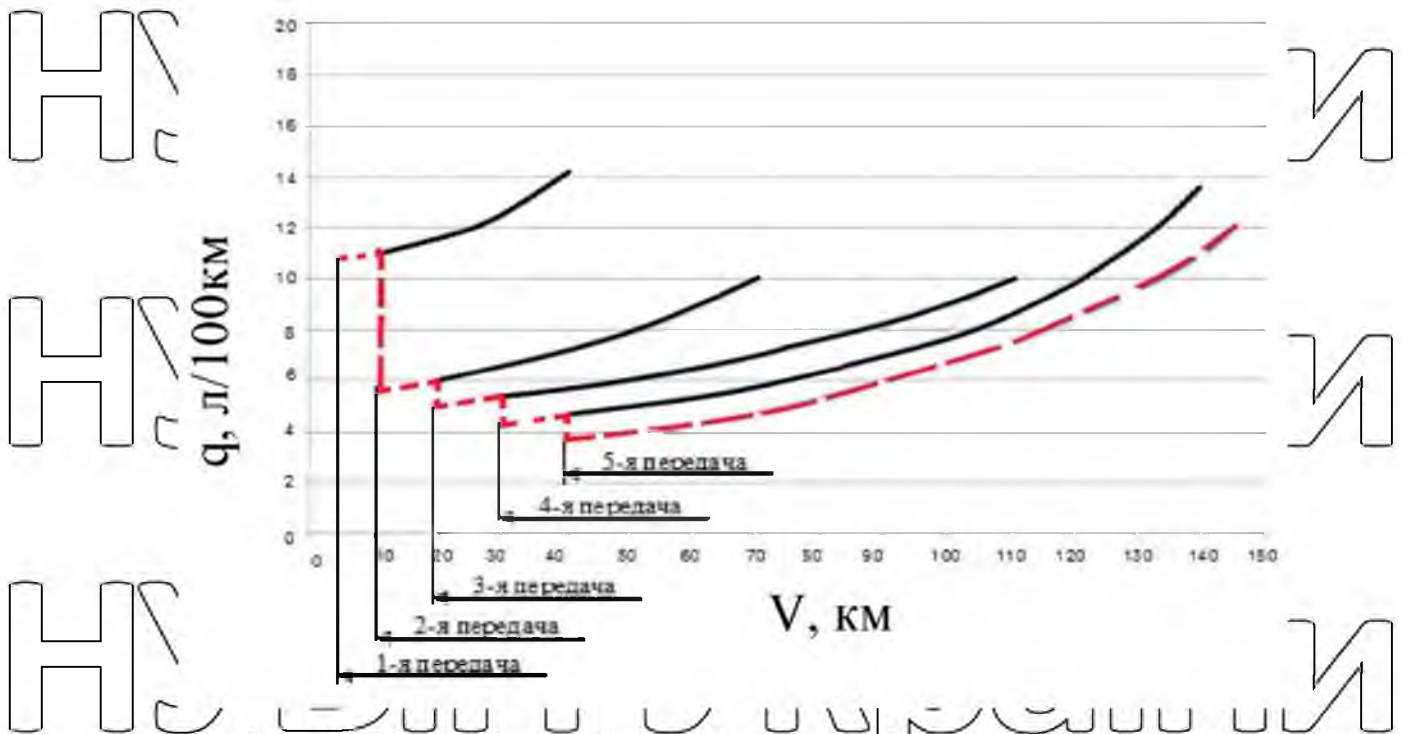


Рис. 3.6. Графік, що ілюструє правильний вибір передачі під час руху з постійною швидкістю

На рис. 3.6 пунктирною лінією показано як змінюється витрата палива і шляхова витрата палива на передачах і чорною лінією показано як змінюється шляхова витрата палива при русі, якщо водій правильно вибирає передачу.

Оптимальність вибору передачі визначає просте правило: швидкість автомобіля повинна бути не нижче мінімальної стійкої швидкості на вибраній передачі, і не більше мінімальної стійкої швидкості на наступній передачі. Падивно-швидкісна характеристика дорожньої витрати палива та значення мінімальної стійкої швидкості на передачах визначаються при проведенні попередніх натурних випробувань [29].

обробка методика визначення характеристики дорожньої витрати палива при уповільненні автомобіля

Щоб побудувати характеристику зміни дорожньої витрати палива залежно від уповільнення, необхідно, як і при розгоні визначити довжину випробувального ділянки. Її довжина визначається за попередніх натурних випробувань шляхом вимірювання часу влітту автомобіля в заданому діапазоні зміни швидкості. При підвищенні інтенсивності уповільнення автомобіль

проходить частину шляху, що дорівнює різниці між довжиною випробувального ділянки і шляху, що проходить із заданим уповільненням. Схема зміни швидкості на випробувальній ділянці під час реалізації різних уповільнень показано на рис. 3.7 [29].

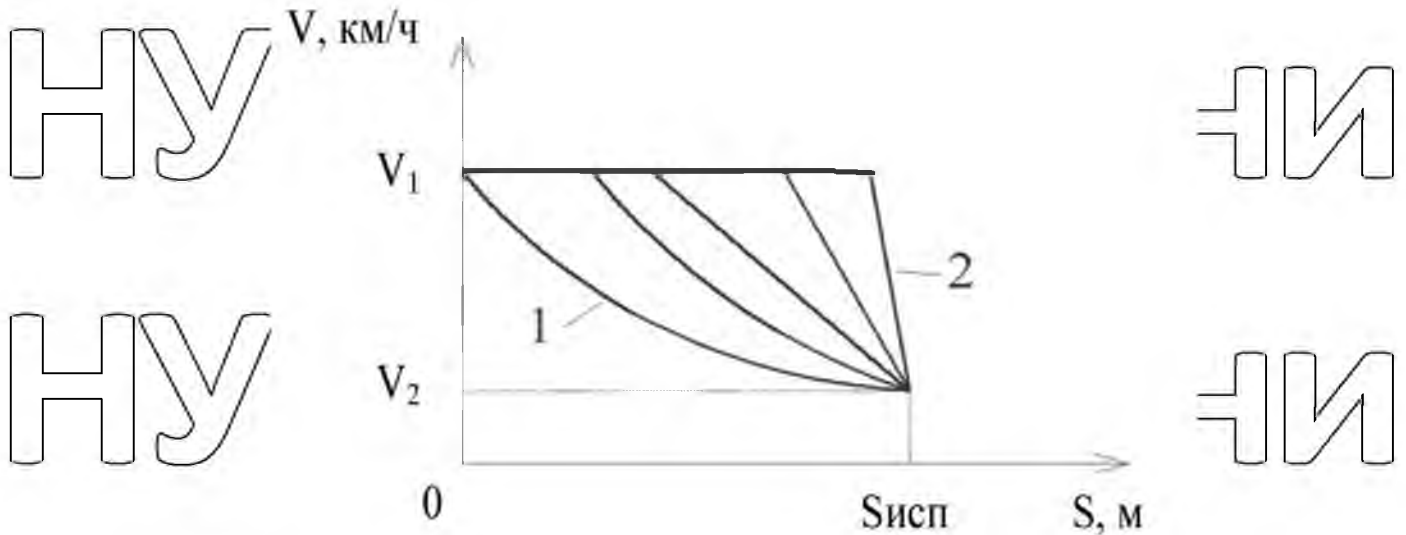


Рис. 3.7. Графік зміни швидкості автомобіля на випробувальній ділянці при різних уповільненнях:
1 - вибіг, 2 - максимальне уповільнення

При проведенні натурних випробувань визначаються: час вибігу t_v при зниженні швидкості від V_1 до V_2 та годинна витрата палива. Знаючи різницю швидкостей і час вибігу, знаходимо середнє уповільнення a вибігу за формулою:

Д

V_1 - швидкість на початку вибігу, км/год;

a - середнє уповільнення при вибігу автомобіля, м/с²;

t_v - тривалість вибігу, с.

Знаючи: початкову швидкість та тривалість вибігу, середнє уповільнення вибігу знаходимо шлях вибігу за формулою:

S_v - шлях вибігу, м;

V_1 - швидкість на початку вибігу, км/год;

$t_{в1}$ - тривалість вибігу, с;

$j_{в}$ - середнє уповільнення вибігу автомобіля, м/с².

Оскільки довжина випробувального ділянки $S_{випр}$ дорівнює шляху вибігу $S_{в}$, довжину ділянки руху автомобіля з постійною швидкістю дорівнюватиме довжині вибігу мінус шлях, що проходить автомобілем при гальмуванні:

де

$S_{уст}$ - довжина ділянки шляху, що проходить з постійною швидкістю, м;

$S_{в}$ - шлях вибігу, що дорівнює довжині випробувального ділянки, м;

$S_{тр}$ - шлях, що проходить автомобілем при гальмуванні, м.

Задаючись середньою величиною уповільнення на ділянці гальмування,

визначимо час гальмування:

де

$t_{тр}$ - тривалість гальмування, с;

V_1 - швидкість початку гальмування, км/год;

V_2 - швидкість припинення гальмування, км/год;

$j_{тр}$ - середнє уповільнення ділянки гальмування, м/с².

Шлях, що проходить автомобілем при гальмуванні знаходимо за формулою:

Знаючи шляхи, прохідні автомобілем при вибігу, рух і гальмуванні, що встановився, знайдемо витрату палива при уповільненні з різною інтенсивністю. Дорожня витрата палива при вибігу знаходиться за формулою:

$$q_s = 100 q_t t_{в1} / 3,6 S_{в} \text{ л/100 км} \quad (3.20)$$

де

q_s - шляхова витрата палива при вибігу, л/100 км;

qt - годинна витрата палива на холодостому ході, л/год;

t_B - час вибігу, с;

S_B - шлях вибігу, м.

Висновки до розділу 3

Застосування експериментально-розрахункової методики визначення економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля дозволяє суттєво скоротити кількість випробувань у режимі розгону та значно розширити

кількість досліджуваних варіантів для вибору оптимальної частоти обертання

коліщного валу моменту перемикає передач при розгоні.

Для визначення оптимальних передач під час руху з постійною швидкістю передбачено визначення мінімальної стійкої швидкості під час руху на кожній передачі.

Розроблено методику визначення характеристики витрати палива в залежності від величини уповільнення автомобіля та величини початкової швидкості уповільнення.

РОЗДІЛ 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО АЛГОРИТМУ РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ РУХУ АВТОМОБІЛЯ

очні визначення економічного алгоритму управління

4.1.1 Методика експериментальних досліджень щодо визначення паливно-швидкісних характеристик автомобіля

Лабораторно-дорожні випробування проводилися на автополігоні з масою, що відповідає навантаженню у вигляді водія та пасажирів. Для вимірювань швидкості та пройденого шляху застосовувався прилад «п'ять колесо». Витрата палива вимірювалася за допомогою поршневого витратоміра. Експеримент проводився на автомобілі з робочим об'ємом двигуна 2000 см³.

Паливно-швидкісна характеристика розгону визначалася за повного відкриття дросельної заслінки. Дорожні випробування проводилися на дорогах Канева та Черкаської області.

В результаті проведених лабораторно-дорожніх випробувань було отримано:

алежності швидкості від часу розгону на всіх передачах;

алежність витрати палива від пройденого шляху при розгоні всіх передачах;

паливно-швидкісна характеристика при русі, що встановився на всіх передачах;

мінімальні стійкі значення швидкості при встановленому русі на всіх передачах;

одина витрата палива при роботі двигуна на холостому ході, що склала 1,1 л/год;

Використовуючи отримані залежності відповідно до розрахунково-експериментальної методики визначення економічного алгоритму управління наведеного в розділі 3, були визначені:

алежність витрати палива при розгоні від частоти обертання колінчастого валу

в момент перемикавання передач;

алежність мінімальної витрати палива від швидкості руху автомобіля, що встановився;

алежність ефективності перетворення палива у швидкість від величини швидкості усталеного руху;

алежність витрати палива при уповільненні його величини;

Значення мінімально стійкої частоти обертання колінчастого валу обчислювалися на підставі даних визначення мінімально стійкої швидкості на передачах за рівнянням 3.1.

Під час проведення розрахунків використовувалися дані передавальних чисел передач: I передача - 3.636; II передача - 1.96; III передача - 1.357, IV передача - 0.941, V передача - 0.784; передатне число головної передачі - 3,7; та радіус кочення колеса - 0,255.

Результати визначення значень мінімальної стійкої швидкості при русі, що встановився на передачах, і відповідні їм частоти обертання колінчастого валу наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Значення мінімальної стійкої швидкості V_{min} і частоти обертання колінчастого валу n_{min} при встановленні руху на передачах

№ передачі			
V_{min} , км/год			
n_{min} хв ⁻¹			

Для визначення оптимальної частоти обертання колінчастого валу в момент перемикання передач при розгоні вибрали наступні значення швидкості, відповідні початку і завершення розгону. Розгін з місця до дозволеної швидкості руху у населеному пункті, що дорівнює 60 км/год. Розгін з місця до дозволеної швидкості руху поза населеним пунктом, що дорівнює 90 км/год. І розгін від 40 до 90 км/год, що імітує умови руху в транспортному потоці поза населеним пунктом.

Відповідно до методики, наведеної в розділі 3 були визначені значення швидкості в момент перемикання передач відповідно до обраних значень

частот обертання колінчастого валу за рівнянням (3.1).

озрахункове визначення оптимальної частоти обертання колінчастого валу в момент перемикання передач при розгоні

Для визначення оптимальної частоти обертання колінчастого валу необхідно побудувати залежність зміни витрати палива при розгоні від частоти обертання колінчастого валу в момент перемикання передач. У той же час експериментально були отримані характеристики зміни швидкості автомобіля

від часу розгону на кожній передачі. Тому виникає необхідність визначення значень швидкості автомобіля, що відповідає заданій частоті обертання колінчастого валу в момент перемикання передач. Тому відповідно до формули 3.1 були визначені значення швидкості, що відповідають обраним значенням

частот обертання колінчастого валу. Результати визначення значень швидкості в момент перемикання передач при розгоні з місця до швидкості 60 і 90 км/год наведено у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Значення швидкостей руху на передачах V_i при заданій частоті обертання колінчастого валу n

(використовується для обчислення при розгоні з місця до 60 і 90 км/год)

n , XB^{-1}	V_1 , км/год				
	V_2 , км/год				
V_i , км/год	V_3 , км/год				
	V_4 , км/год				
	V_5 , км/год				

При розгоні від 40 до 90 км/год були розглянуті 3 варіанти використання передач: розгін на 5 передачах, розгін з використанням 4 і 5 передач, і розгін з використанням 3, 4 і 5 передач. Результати визначення швидкості відповідних

заданій частоті обертання колінчастого валу наведено у таблиці 4.3.

Значення швидкостей руху на передачах V_i при заданій частоті обертання колінчастого валу n

(Використовується для обчислення при розгоні від 40 до 90 км/год)

$n \text{ хв}^{-1}$									
$V, \text{ км/год}$	$V_1, \text{ км/год}$								
	$V_2, \text{ км/год}$								
	$V_3, \text{ км/год}$								
	$V_4, \text{ км/год}$								
	$V_5, \text{ км/год}$								

Визначення часу розгону до заданої швидкості.

Дані, наведені в таблицях 4.2 і 4.3, були використані для обробки експериментальних графіків, що описують залежності швидкості автомобіля від часу розгону на кожній передачі. Їхня обробка дозволила визначити значення часу розгону на кожній передачі для заданих частот обертання колінчастого валу в момент перемикання передач. Швидкість початку розгону на кожній наступній передачі дорівнює швидкості завершення розгону попередньої передачі. Результати обробки графіків, отриманих під час проведення натурних випробувань, наведено у таблицях 4.4 - 4.17.

Значення швидкостей закінчення розгону та часу розгону на передачах для $n_{\text{пер}} = 1500 \text{ хв}^{-1}$ при розгоні з місця до швидкості 60 км/год

№ передачі	V, км/год	t

Таблиця 4.5

3

№ передачі	V, км/год	t

Таблиця 4.6

№ передачі	V, км/год	t

Таблиця 4.7

№ передачі	V, км/год	t

я

й

к

н

о

НУ			

Таблиця 4.8

НУ	№ передачі	V, км/год	t

Таблиця 4.9

НУ	№ передачі	V, км/год	t

Таблиця 4.10

НУ	№ передачі	V, км/год	t

НУБІП України

Таблиця 4.11

№ передачі	V, км/год	t

НУБІП України

НУБІП України

Таблиця 4.12

№ передачі	V, км/год	t, с

НУБІП України

НУБІП України

Таблиця 4.13

№ передачі	V, км/год	t

НУБІП України

НУБІП України

Таблиця 4.14

№ передачі	V, км/год	t

Таблиця 4.15

НУБІП України

№ передачі	км/год	1, 3

НУБІП України

НУБІП України

Таблиця 4.16

Значення швидкостей закінчення розгону та часу розгону на передачах для

НУБІП України

Показники	I		II		III	
	V км/год	t c	V км/год	t c	V км/год	t c
У ₁						
У ₂						
У ₃						
У ₄						
У ₅						
$\sum t, c$						

Таблиця 4.17

НУБІП України

Значення швидкостей закінчення розгону та часу розгону на передачах для заданих значень $n_{пер} = 3260 \text{ хв}^{-1}$; $n_{пер} = 4500 \text{ хв}^{-1}$; $n_{пер} = 5500 \text{ хв}^{-1}$ при розгоні від 40 до 90 км/год

$n, \text{ хв}^{-1}$						
Показники	V км/год	t с	V км/год	t с	V км/год	t с
V_1						
V_2						
V_3						
V_4						
V_5						
$\sum t, c$						

Визначення середнього прискорення розгону.

На підставі результатів обчислення часу розгону при зміні швидкостей автомобіля в заданих діапазонах були проведені обчислення середніх прискорень автомобіля в процесі розгону різних передач. Результати обчислень наведено у таблицях 4.18 – 4.20.

Таблиця 4.18

Значення середнього прискорення при розгоні з місця до 60 км/год

$n, \text{ хв}^{-1}$						
$j_1 \text{ м/с}^2$						
$j_2 \text{ м/с}^2$						
$j_3 \text{ м/с}^2$						
$j_4 \text{ м/с}^2$						
$j_5 \text{ м/с}^2$						

Таблиця 4.19

Значення середнього прискорення при розгоні з місця до 90 км/год

$n, \text{ хв}^{-1}$						

$j_1 \text{ м/с}^2$							
$j_2 \text{ м/с}^2$							
$j_3 \text{ м/с}^2$							
$j_4 \text{ м/с}^2$							
$j_5 \text{ м/с}^2$							

Визначення довжини випробувальної ділянки, шляхів розгону до заданої швидкості та руху. Знаючи час розгону в заданому діапазоні швидкостей кожної передачі і середнє прискорення можна обчислити шлях розгону прохідний кожної передачі за формулою (3.3) з допомогою даних, наведених у таблицях 4.1 - 4.20.

Для визначення часу розгону до заданої швидкості необхідно визначити шляхи, що проходять автомобілем в момент перемикання передач.

Для визначення шляху розгону до заданої швидкості необхідно скласти шляхи розгону, на кожній передачі додавши до них шляхи, що проходять автомобілем в момент перемикання передач. Розрахунок часу під час перемикання передач здійснювався за такою формулою (3.4). Час перемикання передач було прийнято рівним 0,5 сек., відповідала швидкості завершення розгону попередньої передачі і під час перемикання залишалася постійною.

Величина витрати палива в процесі розгону порівнювалася на ділянці постійної довжини, яка була прийнята рівною довжині ділянки найповільнішого розгону, обчисленої за формулою (3.5). При підвищенні

інтенсивності розгону автомобіль досягав заданої швидкості на меншому відрізку шляху, і проходив відрізок випробувальної ділянки, що залишився, з постійною швидкістю. Довжина цієї ділянки визначалася за формулою (3.6).

Результати обчислень довжин шляхів розгону, шляху прохідного при перемикання передач і довжин ділянок руху, що встановився, при різних інтенсивностях розгону наведені в таблицях 4.21 - 4.23.

Таблиця 4.21

Значення шляхів: розгону на передачах S_i , перемикання передач $S_{\text{пер}}$, руху

$S_{уст}$ і довжини випробувального ділянки S_B , що встановився, при розгоні з місця до 60 км/год

$n, \text{хв}^{-1}$				
$S_1, \text{м}$				
$S_2, \text{м}$				
$S_3, \text{м}$				
$S_4, \text{м}$				
$S_5, \text{м}$				
$S_{пер}, \text{м}$				
$\sum S_{п}, \text{м}$				
$S_{уст}, \text{м}$				
$S_B, \text{м}$				

Порівняння результатів визначення витрати палива вироблялося дільниці постійної довжини. Довжина випробувального ділянки дорівнює шляху, що проходить автомобілем при повільному розгоні. Довжина ділянки руху визначається за формулою (3.6).

Визначення витрати палива та середньої швидкості під час проходження випробувальної ділянки. З обробки експериментальних графіків, наведених на рис. П.6 - П.10 було визначено значення коефіцієнтів перетворення шляху витрату палива при розгоні на передачах. Розмір витрати палива при розгоні кожної передачі визначалася за такою формулою (3.11). Для обчислення витрати палива на ділянці встановленого руху визначався шляховий витрата палива під час руху із заданою швидкістю. Експериментальна паливно-швидкісна характеристика, що використовується для цього, наведена на рис. П.11. Витрата палива на ділянці встановленого руху обчислювалася за формулою (3.12). Значення витрати палива при розгоні на передачах, ділянці руху і сумарна витрата палива при проходженні випробувальної ділянки наведені в таблицях 4.22 - 4.23.

Таблиця 4.22

Значення сумарної витрати палива під час проходження випробувальної ділянки з місця до 60 км/год.

$n, \text{хв}^{-1}$							
$Q (\text{см}^3)$							
$q_s, \text{л}/100 \text{ км}$							

Таблиця 4.23

Значення сумарної витрати палива під час проходження випробувальної ділянки з місця до 90 км/год.

$n, \text{хв}^{-1}$							
$Q (\text{см}^3)$							
$q_s, \text{л}/100 \text{ км}$							

Таблиця 4.24

Значення сумарного Q та дорожнього q_s витрат палива при проходженні випробувального ділянки від 40 км/год до 90 км/год

$n, \text{хв}^{-1}$							
$Q (\text{см}^3)$							
$q_s, \text{л}/100 \text{ км}$							

Значення дорожньої витрати палива в залежності від частоти обертання колінчастого валу в момент перемикання передач обчислювалися за формулою

(3.14). Величини середньої швидкості проходження випробувального ділянки

при заданій частоті обертання колінчастого валу в момент перемикання передач визначалися за формулою (3.10).

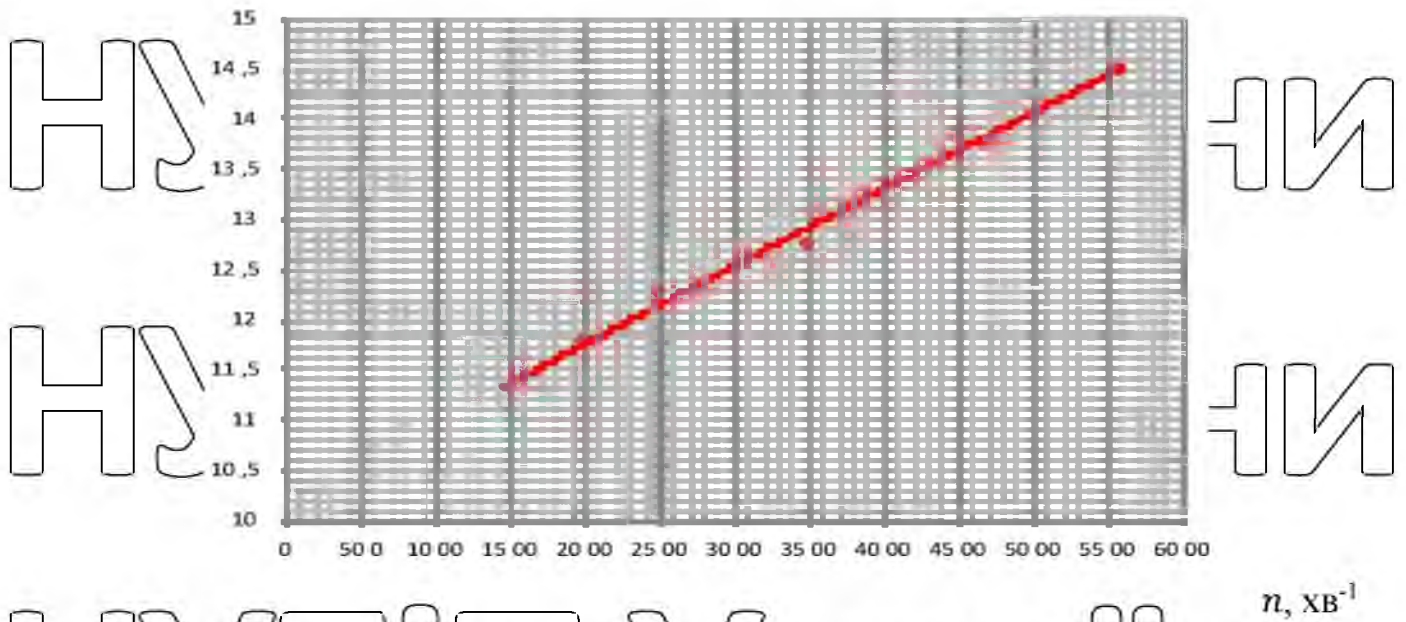


Рис. 4.1. Графік зміни кльйної витрати палива при розгоні з місця до 60 км/год в залежності від частоти обертання колішасного валу в момент перемикаання передачі

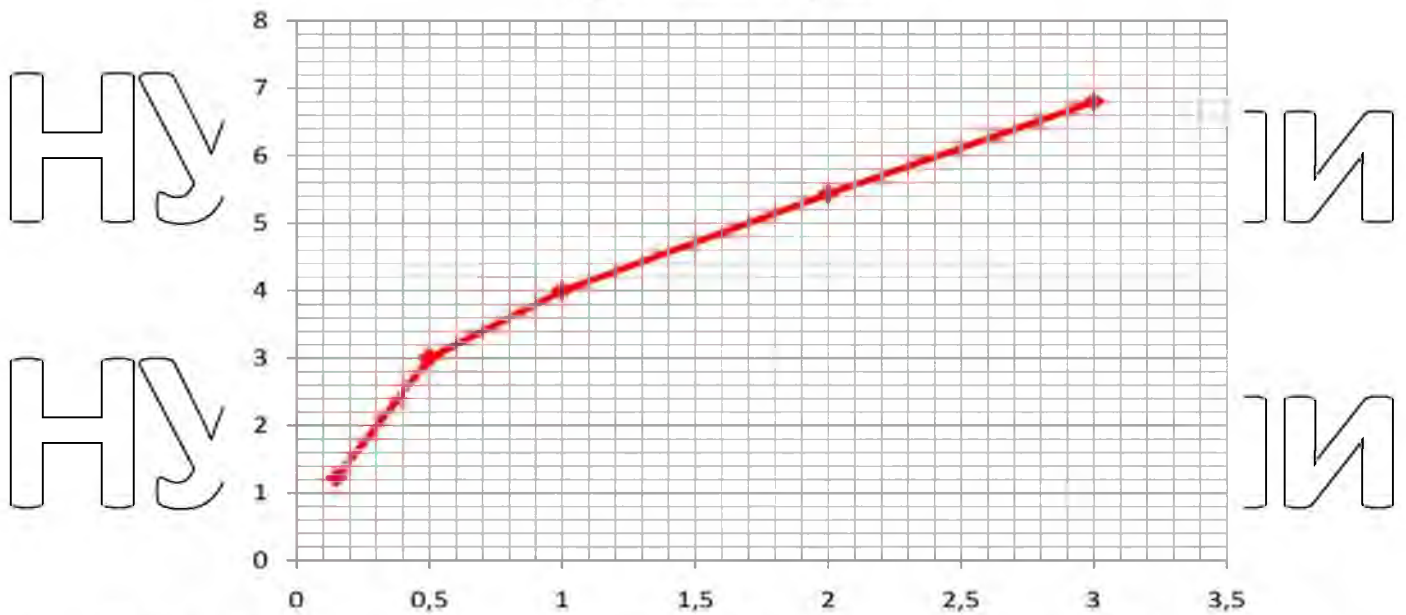


Рис. 4.2. Графік залежності дорожньої витрати палива від уповільнення при зниженні швидкості з 90 до 40 км/год

НУБІП України

визначення оптимальної передачі під час руху з постійною швидкістю

Після досягнення обраної швидкості включити найвищу передачу, що забезпечує стійку роботу двигуна (якщо розгін, зниження швидкості було завершено на іншій передачі).

Залежно від швидкості руху, що встановився, необхідно вибирати наступні передачі:

- 5-а передача – при швидкості 45 км/год і вище;
- 4-а передача – при швидкості 35-45 км/год;
- 3-я передача – при швидкості 25-35 км/год;
- 2-а передача – при швидкості 15-25 км/год;
- 1-а передача – при швидкості до 15 км/год.

висновки до розділу 4

результаті проведення експериментально-розрахункового дослідження визначено економічний алгоритм регулювання швидкості керування легкового автомобіля з двигуном потужністю до 100 кВт.

оптимальна частота обертання колінчастого валу в момент перемикання передач дорівнює:

- при розгоні з місця до 60 км/год – 1500 хв^{-1}
 - при розгоні з місця до 90 км/год – 2500 хв^{-1}
 - при розгоні від 40 до 90 км/год – 2500 хв^{-1}
- мінімально стійка швидкість дорівнює:

- 1 - передача - 5 км/год
- 2 - передача - 10 км/год
- 3 - передача - 20 км/год
- 4 - передача - 30 км/год
- 5 - передача - 40 км/год

ідтверджено, що застосування накату забезпечує мінімальну витрату палива при уповільненні.

Розроблено методику наближеного визначення економічного алгоритму керування легковим автомобілем.

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ОПТИМАЛЬНОЇ МОДЕЛІ (ЕФЕКТИВНОГО, БЕЗПЕЧНОГО І ЕКОЛОГІЧНОГО) УПРАВЛІННЯ АВТОМОБІЛЕМ І ЇЇ АПРОБАЦІЯ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ДОРОЖНИХ ВИПРОБУВАНЬ

Для перевірки економічного та безпечного алгоритму керування в процесі експлуатаційних випробувань автомобіля з робочим об'ємом двигуна 2000 см³ було обладнано модернізованим маршрутним комп'ютером МК-2114. Опис маршрутного комп'ютера наведено нижче

вимірювальна апаратура

Вимірювання показників якості управління здійснювалося за допомогою маршрутного комп'ютера МК-2114. Для отримання необхідних даних у програму роботи було внесено необхідні зміни. Загальний вигляд МК-2114 показано на рис.5.1.



Рис.4.1. Загальний вигляд МК-2114

Перелік параметрів, що вимірюються, і система управління маршрутним комп'ютером наведені в таблицях 5.1 і 5.2. Технічні характеристики перепрограмованого МК-2114

№	Найменування параметру	Од- вимірювання	діапазон вимірів	Дискретність вміру
---	------------------------	-----------------	------------------	--------------------

Поточний час доби	год, хв	... 23,59	
Час поїздки	год, хв, с	... 23,59	
Пробіг за поїздку	км	... 999,9	
Витрата палива за поїздку	л	...	
Коефіцієнт часу руху*		... 1,00	
Швидкість сполучення в поїзді	км/год	... 150,0	
Максимальна швидкість у поїзді	км/год	... 150,0	
Поточна (миттєва) швидкість	км/год	... 150,0	
Шум прискорення у поїзді	м/с ²	... 9,99	
Середня витрата палива у поїзді	л/100 км	... 99,9	
Поточна (миттєва) витрата палива	л/100 км	...	
Число оборотів колінчастого валу на 1 км колії	про/км		
Число гальмування на 1 км шляху	1/км		
Сигналізація про перевищення заданої швидкості	км/год	... 150	
Сигналізація про зменшення запасу ходу до 50 км.	км		
Напруга бортової мережі	У		
Сигналізація про вихід напруги бортової мережі за задані межі	У		
Температура зовнішнього повітря	градус С		

Коефіцієнт часу руху - відношення часу руху до часу поїздки

пробація оптимальної моделі керування автомобілем під час проведення експлуатаційних випробувань

Випробування проводилися на дорогах Канева Черкаської області. Під час проведення випробувань водій керував, реалізуючи оптимальну модель керування, основу якого лежав розроблений вище економічний алгоритм керування автомобілем і доповнений моделлю безпечної поведінки на дорозі. Оптимальна модель керування автомобілем наведена нижче.

Оптимальна модель керування автомобілем

Розгін

розгін при вбудовуванні в потік та його перетині, обгоні автомобілів проводити з необхідною для безпечного виконання маневру інтенсивністю; аксимальна швидкість у вільному транспортному потоці – дозволена швидкість +10 км/год;

бмеження максимальної швидкості порівняно з дозволеною на ділянках вільного руху за зниження рівня зручності руху в транспортному потоці; отримуватись швидкості транспортного потоку; бгін лише тих транспортних засобів, які рухаються повільніше за транспортний потік;

ри багатосмутовому русі змінювати смуги тільки для виконання поворотів та випередження транспортних засобів, що рухаються повільніше за транспортний потік;

о можливості рухатись рівномірно зі швидкістю транспортного потоку;

озгін робити при переміщенні педалі акселератора на 100% її ходу; еремикання на вищій передачі робити при розгоні до 60 км/год при частоті обертання колінчастого валу 1500 хв^{-1} , еремикання на вищій передачі робити при розгоні вище 60 км/год при частоті обертання колінчастого валу 2500 хв^{-1} .

Рух на підйом

ри в'їзді на підйом керування педаллю акселератора робити так, щоб

швидкість руху на підйомі залишалася постійною;

якщо швидкість знижувалася, педаль акселератора перемістити на 100% її ходу;

якщо швидкість продовжувалася знижуватися – здійснювався перехід на знижені передачі при частоті обертання колінчастого валу 1800 хв.⁻¹.

Рух із постійною швидкістю

Рух із постійною швидкістю робити на найвищій передачі, при якій двигун працює стійко, використовувати в залежності від швидкості наступні передачі:

за швидкості до 10 км/год;

при швидкості 10 – 20 км/год;

при швидкості 20 – 30 км/год;

при швидкості 30 – 40 км/год;

при швидкості понад 40 км/год;

істанція – не менше 3 – 4 с;

при русі з постійною швидкістю зафіксувати положення педалі акселератора і зміну його проводити тільки за необхідності уєднати відхилення швидкості заданого значення.

Рух на узвозі

Використовувати рух накатом, якщо швидкість руху на спуску змінювалася

стосовно швидкості початку спуску в межах ± 5 км/год;

використовувати гальмування двигуном, якщо автомобіль починав розганятися,

використовувати передачу забезпечує рух на спуску з обраною швидкістю;

астосовувалося комбіноване гальмування за неможливості забезпечити рух з обраною швидкістю при гальмуванні двигуном.

Уповільнення

Планові уповільнення починати виконувати шляхом руху накатом, переходячи до гальмування двигуном та натискання на педаль гальма, у разі потреби, на завершення зниження швидкості;

натні гальмування виконувати комбінованим способом – натискаючи на педаль гальма та не натискаючи на педаль зчеплення.

В процесі випробувань вівся протокол, до якого занеслися результати

вимірювання показників якості керування автомобілем у кожній поїздки (від пункту старту до пункту призначення). Загальний пробіг міськими дорогами склав 1300 км, шосе - 1960 км. Випробування проводилися в теплу пору року.

По кожному з виміряних показників було визначено середні значення для міста та шосе. Середні результати випробувань наведено у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1
Результати експлуатаційних випробувань автомобіля з робочим об'ємом двигуна 2000 см³

Умови	$k_t^{(1)}$	V_c , км/год	V_{max} , км/год	σ_j^2 , м/с ²	q , л/100 км	δH , %	Пробіг, км
Місто							
Двосмугове шосе							
Чотирьох поосне шосе Б							
Чотири смугове шосе А							

коефіцієнт часу руху - відношення часу руху до часу поїздки

Показник нерівномірності руху середнє квадратичне відхилення поздовжнього прискорення від середнього значення

Висновки до розділу 5

У процесі експлуатаційних випробувань підтверджено ефективність застосування економічного алгоритму керування автомобілем. Застосування розробленого економічного алгоритму управління дозволило знизити експлуатаційну витрату палива в порівнянні з нормативом, що встановлюється Міністерством транспорту України:

- у міських умовах руху на 29%;
- при русі не населених пунктах на 36 %.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Основні результати виконаного дослідження полягають у наступному: підвищення якості керування автомобілем є резервом підвищення екологічності, безпеки та ефективності автомобільного транспорту. Провідні країни розвинутої автомобілізації та фірми виробники автотранспортних засобів реалізують програми з економічного водіння автомобіля. Розроблено теоретичні основи економічного керування автомобілем, що включають методи регулювання швидкості автомобіля в режимах розгону, руху та уповільнення. Показано, що зниження експлуатаційної витрати палива при розгоні педаль акселератора необхідно переміщати на 100% її ходу. Обгрунтовано та запропоновано рекомендації щодо визначення оптимальної частоти обертання колінчастого валу в момент перемикання передач при розгоні та на вибір оптимальної передачі при русі з постійною швидкістю.

Запропоновано методикау визначення максимальної швидкості на ділянках вільного руху, перевищення якої призводить до зниження ефективності витрачання палива.

Обгрунтовано та визначено залежність експлуатаційної витрати палива від середньої величини уповільнення автомобіля. Показано, що рух накатом є найбільш ефективним способом зниження швидкості.

На підставі аналізу сил, що діють у площі контакту колеса з дорогою, показано, що застосування накату не знижує активну безпеку.

розроблена менш трудомістка методика експериментально-розрахункового визначення економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля дозволяє більш точно визначити оптимальні частоти обертання колінчастого валу в момент перемикання передач при розгоні до 60 км/год і при розгоні до більш високих швидкостей.

визначено експериментально-розрахунковим методом алгоритм економічного регулювання швидкості автомобіля, що дозволяє суттєво скоротити кількість випробувань у режимі розгону та значно розширити кількість досліджуваних варіантів для вибору оптимальної частоти обертання колінчастого валу в

момент перемикання передач при розгоні. Для визначення оптимальних передач під час руху з постійною швидкістю, передбачено визначення мінімальної стійкої швидкості під час руху на кожній передачі. Розроблено методику визначення характеристики витрати палива в залежності від величини уповільнення автомобіля та величини початкової швидкості уповільнення.

Проведено апробацію оптимальної моделі керування автомобілем при русі дорогами загального користування і показано, що його застосування дозволило знизити витрату палива в порівнянні з нормативом Мінтрансу України в міських умовах на 29%, а при русі дорогами поза населеними пунктами на

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Road traffic injuries. World Health Organization. Веб-сайт. URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs358/en/> (дата звернення 01.10.2018).

2. Статистика. Патрульна поліція України. Веб-сайт. URL: <http://patrol.police.gov.ua/statystyka/> (дата звернення 15.01.2020).

3. В Україні – найвища смертність від ДТП в Європі (ІНФОГРАФІКА). ТЕКСТИ.org.ua. Веб-сайт. URL: http://texty.org.ua/pg/news/textynewseditor/read/87057/V_Ukrajini_najvyshha_smernnist_vid_DTP (дата звернення 01.10.2018).

4. Правила дорожнього руху України. Київ : Укрспецвидав, 2020. 64 с.

5. Статистичні дані по галузі автомобільного транспорту. Міністерство інфраструктури України. Веб-сайт. URL: <https://mtu.gov.ua/content/statystichni-dani-po-galuzi-avtomobilnogo-transportu.html> (дата звернення 05.10.2018).

6. Який середній вік автопарку буде в Україні через 5 і 10 років? AUTO.RIA.com™. Веб-сайт. URL: <https://auto-ria.com/news/autolaw/232129/kakoj-srednij-vozzrast-avtoparka-budet-v-ukraine-cherez-5-i-10-let.html> (дата звернення 05.10.2018).

7. Інструкція про призначення та проведення судових експертиз та експертних досліджень. Наказ Міністерства юстиції України 08.10.98 № 53/5 (у редакції наказу Міністерства юстиції України від 26.12.2012 № 1950/5 зі змінами № 1350/5 від 27.07.2015, № 1420/5 від 26.04.2017).

8. Науково-методичні рекомендації з питань підготовки та призначення судових експертиз та експертних досліджень (у редакції наказу Міністерства юстиції України від 26.12.2012 № 1950/5 зі змінами № 1350/5 від 27.07.2015).

9. Три тисячі смертей щорічно: чи покращиться дорожня безпека в Україні? AUTO.RIA.com™. Веб-сайт. URL: <https://auto.ria.com/news/autolaw/236184/tri-tysyachi-smertej-ezhegodno-uluchshitsya-li-dorozhnaya-bezopasnost.html> (дата звернення 08.10.2018).

10. Опублікована статистика ДТП в Україні в 2018 году // Первый автоклуб «Автоа». Веб-сайт. URL: <http://autonews.autoa.net/novosti/20627->

opublikovana-statistika-dtp-v-ukraine-v-2018-gody.html#! (дата звернення 08.05.2019).

11. Не за склом: стан справ з ДТП в Україні за 2017 рік. AUTO.RIA.com™: Веб-сайт. URL: <https://auto.ria.com/uk/news/autolaw/236137/ne-za-steklom-kak-obstoyali-dela-s-dtp-v-ukraine-v-2017-godu.html> (дата звернення 03.10.2018).

12. Про схвалення Стратегії підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2020 року. Законодавство України. Веб-сайт. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/481-2017-%D1%80> (дата звернення 05.10.2018).

13. Рейтинг країн за рівнем смертності у ДТП: Україна в десятці (інфографіка). Інформаційне агентство УНАН. Веб-сайт. URL: <https://www.unian.ua/society/2088789-reyting-krajm-za-rivnem-smertnosti-u-dtp-ukrajina-v-desyatti-infografika.html> (дата звернення 01.10.2018)

14. Кашканов А. А. Технології підвищення ефективності автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод: монографія. Вінниця: ВНТУ, 2018. 160 с.

15. Кужель В. П., Кашканов А. А., Кашканов В. А. Методика зменшення невизначеності в задачах автотехнічної експертизи ДТП при ідентифікації дальності видимості дорожніх об'єктів в темну пору доби: монографія. Вінниця: ВНТУ, 2010. 200 с.

16. Кашканов В. А., Ребедайло В. М., Кашканов А. А., Кужель В. П. Інтелектуальна технологія ідентифікації коефіцієнта зчеплення при автотехнічній експертизі ДТП: монографія. Вінниця: ВНТУ, 2011. 128 с.

17. Кашканов А. А., Ребедайло В. М. Вплив фактора видимості на вибір безпечної швидкості руху автомобіля вночі. Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. 2002. №17. С. 62-66.

18. Кашканов А. А., Кужель В. П. Принципи та моделі оцінки ефективності автомобільних фар. Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. 2002. №2. С. 139-143.

19. Кашканов А. А., Крещенецький В. Л., Біліченко В. В. Конструкція і стан автотранспортних засобів в проблемі забезпечення безпеки дорожнього руху. Системні методи керування, технології організації виробництва, ремонту і експлуатації автомобілів. 2003. Вип. 17. С. 62-65.

20. Кашканов А. А. Застосування нечіткої логіки в автомобільній автоматизації. Автомобільний транспорт. 2003. № 13. С. 58-61.

21. Кашканов А. А., Кужель В. П. Вплив засліпленості водія на вибір безпечних режимів руху. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2003.

№ 5. С. 63-66.

23. Кашканов А. А., Кужель В. П. Аналіз методів і засобів діагностування автомобільних фар. Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2004. № 7(77). Ч. 1. С. 25-29.

24. Rotshtein A., Katielnikov D. & Kashkanov A. A fuzzy cognitive approach to ranking of factors affecting the reliability of man-machine systems. Cybernetics and Systems Analysis. Vol. 55, No. 6, November, 2019. P. 958-966. DOI: 10.1007/s10559-019-00206-8.

25. Kashkanov A. A., Rotshtein A. P., Kucheruk V. Yu., Kashkanov V. A. Tyre-Road friction Coefficient: Estimation Adaptive System. Bulletin of the Karaganda University. «Physics» series. 2020. № 2(98). P. 50-59. DOI: 10.31489/2020Ph2/50-59. (Web of Science Core Collection)

1. Struble D. Automotive accident reconstruction: practices and principles.

Boca Raton: CRC Press, 2013. 498 p.

26. Best Practice Manual for Road Accident Reconstruction, ENFSI-BPM-RAA-01. Version 01 - November 2015. European Network of Forensic Science Institutes. 21 p.

27. Закон України «Про судову експертизу». Документ № 4038-XII.

Поточна редакція від 07.11.2015 : офіційний веб-сайт Верховної Ради України

URL: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/4038-12> (дата звернення 16.12.2015).

28. Jazar R. N. Vehicle Dynamics: Theory and Application. NY: Springer, 2018. 1015 p.

29. Genta G., Morello L. Automotive chassis. Volume 1: Components design. Springer, 2019. 621 p.

30. Genta G., Morello L. Automotive chassis. Volume 2. System design. Springer, 2019. 825 p.

31. Franck H., Franck D. Mathematical methods for accident reconstruction. a forensic engineering perspective. Boca Raton: CRC Press, 2009. 328 p.

32. Steffan H. Accident reconstruction methods. Vehicle System Dynamics. 2019. Volume 47. Issue 8: P. 1049-1073. DOI: 10.1080/00423110903100440.

33. Про затвердження переліків рекомендованої науково-технічної та довідкової літератури, що використовується під час проведення судових експертиз. Наказ Міністерства юстиції України від 30 липня 2010 року № 1722/5. К., 2017. 94 с.

34. Rotshtem A., Rebedailo V., Kashkanov A. Fuzzy Logic-based Identification of Car Wheels Adhesion Factor with a Road Surface. Fuzzy Systems & A.I. Reports and Letters. 2017. 6(1-3), P. 53-64.

35. Rotshtein A., Kashkanov A. Fuzzy Expert System for Identification of Car Wheels Adhesion Factor with a Road Surface. Proceeding of the 6-th European Congress on Intelligent Techniques and Soft Computing, Aachen, Germany, 2018. p. 1735 - 1740.

36. Можливості використання спеціальних знань при розслідуванні дорожньо-транспортних пригод / Авт.-уклад. С. О. Шевцов. – Х.: СПД-ФО Чальцев О. В., 2015. 308 с.

37. Методи оцінки кінематичних і динамічних параметрів транспортних засобів під час зіткнення з урахуванням їх деформування і руйнування. Київський науково-дослідний інститут судових експертиз (КНДІСЕ). К.: КНДІСЕ, 2015. 64 с.

38. Рекомендації щодо використання в практичній діяльності та комплектування пересувної автотехнічної лабораторії (позитивний досвід

роботи відділення автотехнічних експертиз та оцінювальної діяльності НДЕКЦ при УМВС України в Харківській області з організації огляду місць дорожньо-транспортних пригод). Київ: Державний науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України, 2016. 32 с.

39. Дячук В. І. Оцінка слідчим висновку експерта-автотехніка як джерела доказів. *Право і Безпека*. 2014. № 1. С. 168-173.

40. Галак І. І. Особливості призначення та проведення технічної експертизи та її роль при розслідуванні ДТП. *Вісник Національного транспортного університету*. 2016. Вип. 26. С. 84-88.

41. Трофименко Н. С. Питання призначення та проведення деяких видів судових експертиз (за матеріалами узагальнення експертної практики). *Вісник Академії митної служби України*. Серія: «Право». 2018. № 1 (10). С. 107-112.

42. Туренко А. М., Сараєв О. В. Оцінка ефективності гальмування транспортних засобів при дослідженні дорожньо-транспортної пригоди: монографія. Х.: ХНАДУ, 2015. 350 с.

43. Сараєв О. В. Метод оцінки ефективності гальмування транспортних засобів при дослідженні дорожньо-транспортної пригоди: дис. ... докт. тех. наук. Харків: ХНАДУ, 2016. 418 с.

44. Данець С. В. Оцінка параметрів руху транспортних засобів при реконструкції дорожньо-транспортних пригод: дис. ... канд. тех. наук. Харків: ХНАДУ, 2018. 321 с.

45. CRASH-3 Technical manual. U.S. Department of Transportation. National Highway Traffic Safety Administration. National Center for Statistics and Analysis Accident Investigation Division. 2016.

46. Cliff W. E., Moser A. Reconstruction of Twenty Staged Collisions with PC-Crash's Optimizer. SAE Paper №2001-01-05-07.

47. Сараєв О. В. Новітні технології дослідження обставин дорожньо-транспортної пригоди. *Вісник Національного транспортного університету*. 2013. Вип. 28. С. 405-414.

48. Косяков В. В., Кучерявенко О. Б. Використання комп'ютерної програми CARAT-3 при проведенні автотехнічних експертиз : метод. рек. К.: ДНДЕКЦ МВС України, 2016. 40с.

49. The Cad Zone. Веб-сайт. URL: <http://www.cadzone.com> (дата звернення 26.09.2019).

50. Васілевський О. М., Кучерук В. Ю., Володарський Є. Т. Основи теорії невизначеності вимірювань : підручник. Вінниця : ВНТУ, 2015. 230 с.
Безпека дорожнього руху та деякі правові аспекти: навч. пос. МОН України

/ Кищун В. А., Кузнецов Р. М., Мурований І. С., Лаба О. В. Луцьк: РВВ ЛНТУ,

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України