Вісник Донецької академії автомобільного транспорту

№ 3
2010

Науковий журнал

Засновник:
Донецька академія
автомобільного транспорту

Видавець:
ПП «Рекламно-виробнича фірма «Молнія»
Адреса: вул. Октября, 22 а,
м. Донецьк, 83030
тел.: (062) 388-21-67

За достовірність фактів, цифр, точність імен та прізвищ несуть відповідальність автори статей

До журналу увійшли статті співробітників, аспірантів та докторантів Донецької академії автомобільного транспорту та інших навчальних закладів

Матеріали номера друкуються мовою оригіналу

Видання виходить 4 рази на рік
Видається з січня 2004 року

Адреса редакції:
пр. Дзержинського, 7,
м. Донецьк, 83086
Тел. (062) 345-21-90
E-mail: rector@diat.edu.ua

Рекомендовано до друку вченою радою Донецької академії автомобільного транспорту.
Протокол № 2 від 17.11.2010 р.

Редакційна колегія:

Головний редактор
Енглезі І.П., *ректор Академії, к.т.н.*

Заступник головного редактора
Ткаченко В.П., *д.т.н., професор*

Члени редколегії:
Бєлов Ю.В., *к.т.н., доцент*
Бєлоусов В.В., *д.т.н., професор*
Бруннер Х., *доктор наук, професор (Німеччина)*
Вербицький В.Г., *д.ф.-м.н., професор*
Вовк Л.П., *д.т.н., професор*
Горожанкін С.А., *д.т.н., професор*
Денищенко І.Я., *д.т.н., професор*
Доля В.К., *д.т.н., професор*
Жирнов А.А., *к.т.н., доцент*
Загороднов М.І., *к.т.н.*
Заренбін В.Г., *д.т.н., професор*
Макаров В.А., *к.т.н., доцент*
Макогон Б.П., *к.ф.-м.н., доцент*
Міротін Л.Б., *д.т.н., професор (Російська Федерація)*
Міщенко М.І., *д.т.н., професор*
Поліщук В.П., *д.т.н., професор*
Сахно В.П., *д.т.н., професор*
Сладковський О., *д.т.н., професор (Польща)*
Сунцов М.В., *д.х.н., професор*
Хаханов В.І., *д.т.н., професор*

Відповідальний секретар
Майорова І.М., *к.і.н.*

Коректор
Задунайська О.В.

Технічний редактор
Пахно О.Є.

ВІСНИК ДОНЕЦЬКОЇ АКАДЕМІЇ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

Науковий журнал

Засновник:
Донецька академія автомобільного транспорту.

Видавець:
ПП «Рекламно-виробнича фірма «Молнія».
Адреса:
вул. Октября, 22 а,
м. Донецьк, 83030
Тел.: (062) 388-21-67

За достовірність фактів, цифр, точність імен та прізвищ несуть відповідальність автори статей.

До журналу увійшли статті співробітників, аспірантів та докторантів
Донецької академії автомобільного транспорту та інших навчальних закладів.

Матеріали номера друкуються мовою оригіналу.

Видання виходить 4 рази на рік.
Видається з січня 2004 року.

Адреса редакції:
пр. Дзержинського, 7,
м. Донецьк, 83086
Тел: (062) 345-21-90
E-mail: rector@diat.edu.ua

Рекомендовано до друку вченою радою Донецької академії автомобільного транспорту.
Протокол №2 від 17.11.2010 р.

Свідоцтво про державну реєстрацію: серія КВ №15 936–4408 ПР від 02.12.2009 р., видане Міністерством юстиції України.
«Вісник Донецької академії автомобільного транспорту» включений до Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (постанова президії ВАК України від 10 лютого 2010 р. №1–05/1).

ISSN 2219-8180

Підписано до друку 17.11.2010 р. Формат 60×84/8. Папір офсетний.
Ум. друк. арк. 4,8. Наклад 100 прим.

Віддруковано у друкарні ПП «Рекламно-видавнича фірма «Молнія»
Адреса:
вул. Октября, 22 а,
м. Донецьк, 83030
Тел.: (062) 388-21-67

© **Вісник Донецької академії автомобільного транспорту, 2010**

Зміст

Транспортні технології

Барановський Д.М. **Підвищення ефективності вантажних перевезень автомобільним транспортом** . . . 4

Горбунов Н.И., Могила В.И., Попов С.В., Кравченко Е.А., Ноженко Е.С., Ковтанец М.В. **Переработка изношенных автомобильных шин и отработанного масла в углеводородное топливо методом физико-химической активации** . . . 12

Доля О.Є. **Вплив статистичних відхилень вихідних даних на основні показники інвестиційного проекту** . . . 16

Доля В.К., Лобашов О.О., Прасоленко О.В. **Моделювання впливу рівня автомобілізації на ефективність функціонування транспортної мережі** . . . 19

Жук М.М., Ройко Ю.Я. **Дослідження впливу висотної відмітки проїзної частини на частоту серцевих скорочень як показника емоційного стану водія** . . . 23

Калинин А.В. **Проблемы повышения производительности и оценки эффективности использования автотранспортного средства при перевозке мелко-штучных пакетированных грузов** . . . 28

Ларин В.Ю., Федоров Е.Е. **Методика синтеза форм слов** . . . 34

Рейцен Є.О., Толок О.В., Руденков Е.В. **Методика моделювання розподілу дорожньо-транспортних пригод по вулично-дорожній мережі міста** . . . 43

Доля В.К., Энглези И.П., Пахно А.Е. **К определению вероятности ДТП участника движения на участках транспортной сети** . . . 49

Віховська Л.Й., Доценко Ю.В. **Обґрунтування параметрів технічної надійності та якості транспортного виробництва у мультимодальному коридорі** . . . 54

Транспорт і двигуни внутрішнього згоряння

Макаров В.А., Куплінов А.В., Волохов О.С., Стрільник Ю.М., Кулієв Р.А. **До вибору пристосувань для відмічання траєкторії руху транспортних засобів** . . . 61

Банніков В.О. **Експериментальне визначення гравітаційного моменту на керованому модулі триколісного екіпажу** . . . 64

Костенко А.В. **До питання про дослідження курсової стійкості руху легкових автомобілів** . . . 72

Подригало М. А., Байцур М.В., Клец Д.М., Файст В.Л. **Совершенствование методики выбора мощности двигателя легкового автомобиля** . . . 78

Попов Д.В. **До використання біоетанолу в якості моторного палива** . . . 87

Надійність й довговічність механізмів і машин

Зінько Р.В., Бойко О.Д., Грубель М.Г., Ціхоцький О.В., Васьків С.М. **Стенд для експериментального дослідження шин військових автомобілів** . . . 92

Автори номера . . . 97

Наші привітання . . . 98

Правила подання та оформлення статей . . . 99

УДК 631.433

БАРАНОВСЬКИЙ Д.М., к. т. н.,
Кременчуцький державний університет
імені Михайла Остроградського

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ

Побудовано загальну схему алгоритмів вантажних перевезень автомобільним транспортом для їх наступної автоматизації з урахуванням відстані перевезення, виду вантажу, вантажопідйомності рухомого складу, часу доставки, ціни на виконання перевезень. Запропоновано метод розрахунку та алгоритм визначення оптимальної кількості рухомого складу як окремих перевізників, так і регіонів у цілому.

Вступ

Сфера транспортного обслуговування є динамічною системою, в якій відбуваються складні взаємодії технологічних процесів переміщення вантажів і пасажирів. Ефективність перевезення може бути забезпечена тільки при обґрунтованому виборі найраціональнішого виду транспорту або поєднання різних його видів [1, 2].

Вантажні перевезення автомобільним транспортом є однією великою сферою послуг народного господарства сучасної України [1–3].

Автомобільний транспорт є вирішальним фактором в економічному розвитку країни.

Підвищення ефективності роботи автомобільного транспорту в цілому — важлива державна задача. Основними заходами, що вирішать поставлену задачу можна вважати:

– зниження простоїв автомобілів під вантажними і технологічними операціями;
– скорочення порожніх пробігів;
– більш повне використання вантажопідйомності рухомого складу;
– розробка оптимальних схем та маршрутів перевезень;
– підвищення рівня механізації навантажувально-розвантажувальних робіт.

Для підвищення економічної ефективності вантажних перевезень необхідно забезпечити інформаційну взаємодію різних видів транспорту [2–4].

Аналіз досліджень інформаційної взаємодії різних видів транспорту

У сучасному світі постала проблема управління взаємодією різних видів транспорту [1]. Вирішенням цієї проблеми займаються різні науки: логістика, маркетинг, менеджмент та інші, з допомогою яких відбувається науково-технічний прогрес.

За роки незалежності в Україні почав активізуватися процес інтеграції транспортної системи в європейську [2]. Урядом України укладені угоди про міжнародне автомобільне сполучення з 30 країнами світу. Завдяки поступовій інтеграції української економіки та вигідному економічному положенню, українські перевізники суттєво збільшили обсяги перевезень вантажів, про що свідчить кількість перетинань кордону. При цьому в Україні на даний час ще не існує централізованого управління перевезеннями як вантажними, так і пасажирськими.

Для вирішення цієї проблеми пропонуємо розглянути створення центрального серверу країни, який буде керувати авіаційним, річним, морським, залізничним та автомобільним транспортом, а також забезпечувати їх взаємодію між собою (рис. 1).

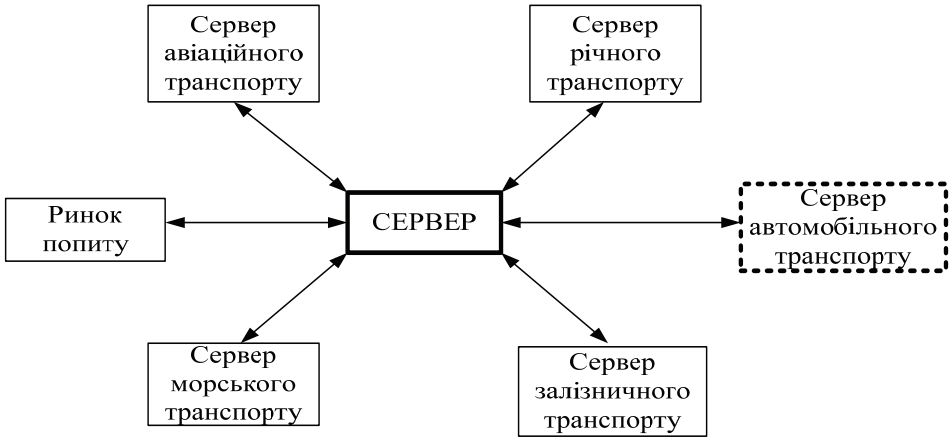


Рис. 1. Схема взаємодії головного серверу з іншими серверами видів транспорту

При такій взаємодії замовлення буде надходити до головного серверу, а звідти надсилатиметься запит безпосередньо до конкретного серверу (авіаційного, річного, морського, залізничного чи автомобільного). При цьому, якщо використання якогось виду транспорту виявиться неефективним, то замовнику буде запропоновано альтернативний варіант, який відповідатиме наступним вимогам: доставка вантажу в задане місце, термін доставки (визначений день і година), необхідна кількість й асортимент вантажу, оптимальний рівень витрат, якість перевезень (використання раціональних транспортних засобів).

Автомобільні вантажні перевезення складають близько 60% від загального обсягу перевезень всіма видами транспорту в сучасній Україні [2]. Ці цифри, без сумніву, кажуть самі за себе. Автомобільний транспорт був і залишається одним з найважливіших видів транспорту. Зараз автомобільний транспорт у цілому задовольняє потреби економіки та населення, однак, впродовж останніх років виникла низка нових проблем, що потребують системного аналізу та вжиття відповідних заходів для забезпечення сталого розвитку галузі. Отже, на вантажному автомобільному транспорті існує ряд таких проблем:

– незадовільне транспортне обслуговування;

– викиди шкідливих речовин автомобільним транспортом в атмосферне повітря, що становлять 95% викидів від пересувних джерел або 30% від загального обсягу шкідливих речовин;

– недостатня ефективність організацій міжнародних перевезень вантажів автомобільним транспортом;

– неоптимальна структура парків рухомого складу (РС);

– відсутність необхідних обсягів компенсацій при фінансових втратах автомобільних перевізників.

Маршрутизація перевезень вантажів забезпечує рух автомобілів за раціональним (оптимальним) маршрутом, дає можливість зменшити пробіги без вантажу, збільшити коефіцієнт використання пробігу і продуктивність РС, а також збільшити рентабельність перевезень. Важливим елементом маршрутизації є вибір маршруту руху в транспортній мережі. Попит на вантажні автомобільні перевезення багато в чому обумовлюється динамікою та структурою змін об’ємів виробництва в країні, а також платоспроможністю підприємств і організацій [3].

Метою роботи є підвищення ефективності вантажних перевезень автомобільним транспортом при інформаційному забезпеченні та оптимізація кількості рухомого складу.

Враховуючи специфіку автомобільного транспорту, важливою проблемою є організація його взаємодії з іншими видами транспорту в транспортних вузлах. Саме тут на автомобільний транспорт припадає великий обсяг завозу-вивозу вантажів, що потрапляють від дрібних відправників та обслуговування клієнтів, які не мають інших транспортних шляхів крім автомобільних доріг.

Вантажні автомобільні перевезення становлять важливий фактор розвитку економіки нашої країни і забезпечують її зовнішньоекономічні зв'язки [3]. Процес забезпечення перевезень сполучений з рішеннями цілого ряду організаційних, технологічних та управлінських проблем.

Відповідно до мети роботи пропонується схема взаємодії серверів автомобільного транспорту вантажних перевезень (САТВП), яка включає сервери міських, приміських, міжміських, міжнародних та транзитних перевезень (рис. 2).

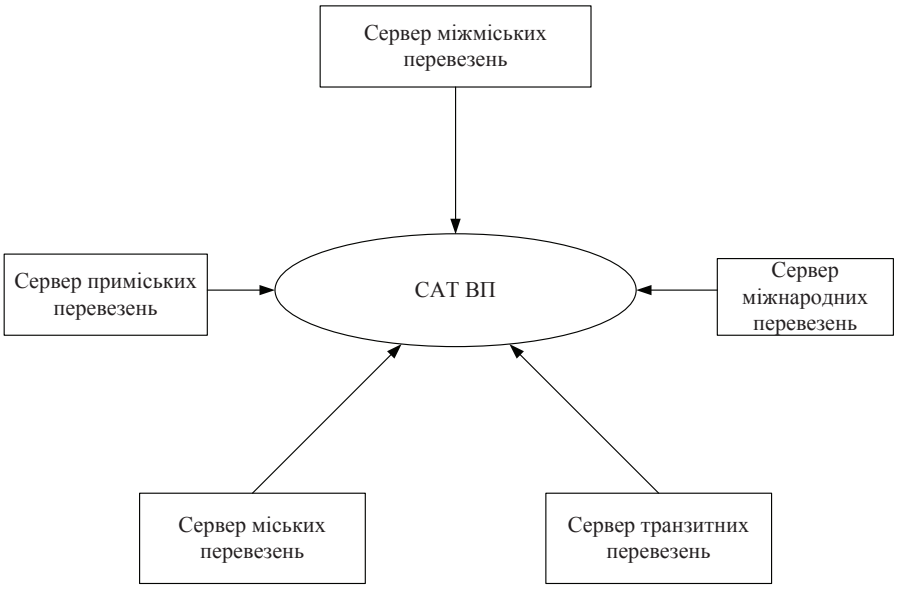


Рис. 2. Блок-схема взаємодії серверів вантажного автомобільного транспорту

Головний сервер має розташуватися в м. Київ, до нього буде надходити інформація з інших незалежних серверів, які керуватимуть різними видами перевезень. Інформацію до серверів повинні вносити перевізники всіх форм власності, які займаються тим чи іншим видом доставки вантажів.

Міські сервери будуть розташовані в кожному великому промисловому місті, приміські можуть відноситись як до міських, так і функціонувати самостійно.

Міжміські сервери потрібно розташовувати в обласних центрах. Міжнародні — в регіональних центрах. Щодо транзитного серверу — то він буде розміщений у містах України, що мають спільний кордон з іншими державами.

Замовлення повинно надходити до головного сервера, а потім до серверу автомобільного транспорту. При цьому замовлення повинно проходити наступні етапи обробки (рис. 3).

Всі замовлення, які потрапляють на сервер формують у черги. Ці черги можуть бути:

– з відмовами та з чергою на чекання;

– пріоритетні та безпріоритетні (коли чергу утворюють всі, без винятку, замовлення, що надходять на обслуговування);

– абсолютні (коли замовлення, що надійшло, відштовхує тих, хто чекає) та відносні (коли більш пріоритетні замовлення займають краще місце у черзі);

– з дискретним часом (коли прибуття замовлення на обслуговування та його закінчення здійснюються в певні моменти часу) або безперервним часом (коли прибуття замовлення здійснюється в будь-які моменти часу, без жодних обмежень на інтервал між ними).

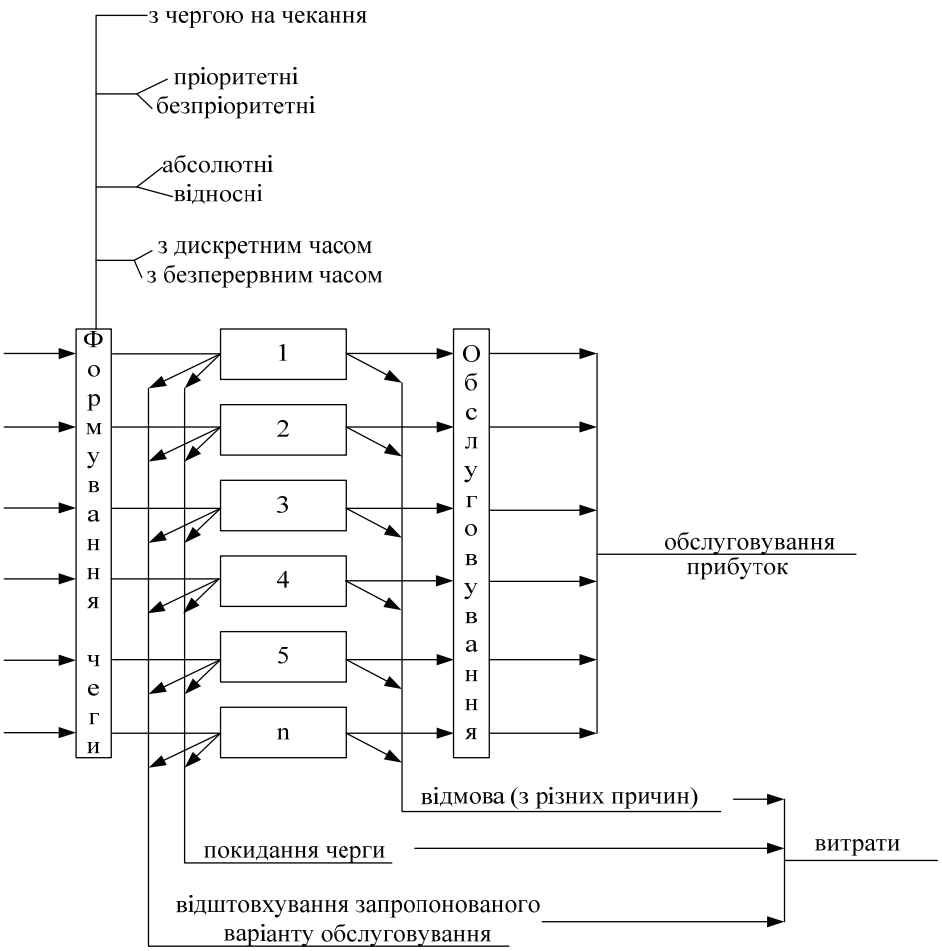


Рис. 3. Схема обробки замовлення

Коли черга вже сформована, замовник також може залишити її з різних причин або відмовитись від запропонованого варіанту обслуговування й очікувати наступного. Щойно клієнту запропонують оптимальний варіант, який його задовольнить, замовлення передають на виконання перевізнику.

З середини виконання перевезень пропонується розглядати як взаємодію декількох сфер, схема якої наведена на рис. 4.

Замовлення від головного сервера потрапляє у сервер найближчого перевізника, там його обробляють диспетчери та пересилають до логістичного відділу. Між диспетчерами та логістами існує взаємозв'язок. Логісти і диспетчери мають доступ до інформації щодо наявних транспортних засобів (ТЗ), вільних водіїв та інших ресурсів. Результатом їх роботи є обробка замовлення, пошук оптимального маршруту і сам процес транспортування. Перевізники співпрацюють також з брокерськими фірмами і митними пунктами, якщо перевезення цього вимагають.

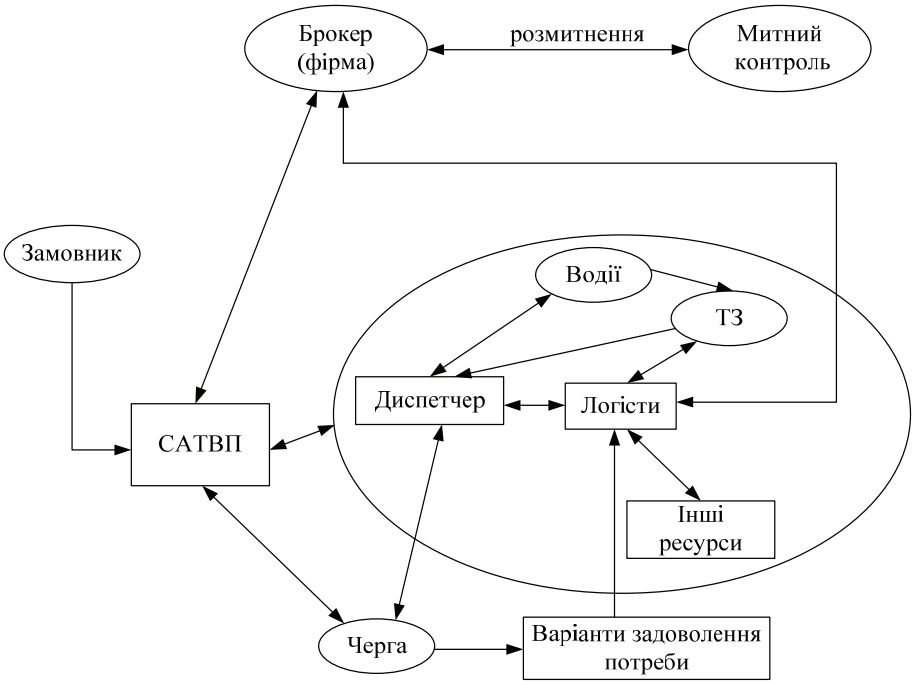


Рис. 4. Схема взаємодії роботи при обробленні замовлення

Для програмного забезпечення роботи серверу вантажного автомобільного транспорту (АТ) для автоматизації процесів перевезень необхідне складання алгоритму роботи.

Для того, щоб обрати конкретний вид транспортного засобу, необхідно врахувати: тип вантажу і його кількість, розмір і кількість партій, спосіб виконання навантажувально-розвантажувальних робіт, дорожні умови, термін доставки, собівартість і економічність перевезень.

Оскільки, весь алгоритм займає великий об'єм, то в цьому випадку буде наведено тільки основні принципи його складання.

В першій частині алгоритму буде враховано відстань перевезень, в другій — вид вантажу. Наступним кроком стане побудова алгоритму, який допоможе обрати необхідний рухомий склад. Після цього відбудеться перехід на алгоритм, який врахує час доставки вантажу, а потім — алгоритм, який враховує вартість перевезень.

Принципи переходу складових частин самого алгоритму вказано на рис. 5, а на рис. 6 показано основні складові алгоритму перевезення вантажів автомобільним транспортом.

Рис. 5. Принцип переходів складових частин алгоритму

Оптимізація кількості рухомого складу

Цілеспрямований пошук ефективних управлінських рішень потребує кількісної міри і, як наслідок, потребує використання математичного апарату. Моделі володіють важливими перевагами, але при їх використанні важливо не забувати, що транспорт не вичерпується

моделлю і не побудований з них. Реалізм в моделюванні потребує реалізму в використанні математичного апарату.

Прагнення дати системну оцінку викликає необхідність розробки моделей транспортного комплексу його елементів (наприклад, рухомого складу), на базі якого можна було б розраховувати виробничі потужності і резерви транспортних підприємств.

Задача формування автопарку зводиться до задачі встановлення відповідності між необхідними об'ємами провізних можливостей і структурою рухомого складу, що є в наявності [4].

Рис. 6. Основні складові алгоритму перевезення вантажів автомобільним транспортом

Для конкретного господарського суб'єкта визначені дві змінні в часі:

$V_н(t)$ — необхідний об'єм провізних можливостей;

$V_м(t)$ — можливий об'єм провізних можливостей.

Величина $V_н(t)$ змінюється в часі пропорційно очікуваному економічному росту виробництва в регіоні:

$$V_н(t) = V_н(t_0) \cdot (1 + P_p)^t, \; t \geq t_0 \tag{1}$$

де P_p — очікуваний відносний приріст виробництва за рік.

Величина $V_м(t)$ змінюється в часі, у зв'язку з напрямком зміни чисельності структури і продуктивності рухомого складу парку, і знаходиться як:

$$V_м(t) = \sum_{J=1}^{JM} A_j(t) q_j W_j - \sum_{j=1}^{JM} V_{м_j}(t)_j \tag{2}$$

де $A_j(t)$ — середнє число автомобілів марки *j* необхідне в період часу *t*;

q_j — вантажопідйомність автомобіля марки *j*;

W_j — продуктивність автомобіля марки *j*;

$V_{м_j}(t)_j$ — можливий об'єм транспортної роботи автомобіля марки *j* в період часу *t*.

Відношення $V_н(t)$ до $V_м(t)$ для початку моделювання на рік можна задати наступним відношенням:

$$V_н(t_0) = V_м(t_0)(1 + P_{ПР}) \tag{3}$$

де $P_{ПР}$ — оцінка відносно перебільшення чи недостачі провізної можливості вантажного автомобільного транспорту за рік t_0.

Напрямок зміни структури рухомого складу характеризується дефіцитом $\Delta Дм(t)$ транспортної роботи, який знаходиться різницею

$$\Delta Д_м(t) = V_н(t) - V_м(t). \tag{4}$$

Якщо $\Delta Д_м(t) < 0$, то необхідне розширення парку, якщо ж навпаки — парк необхідно скоротити. Слід зауважити, що при високому зносі потрібне оновлення парку, тобто зменшення і розширення парку.

Так як для формування структури рухомого складу існує обмеження фінансових ресурсів, то завдання формування автопарку зводиться до задачі лінійного програмування.

При правильній структурі дефіцит рухомого складу транспортної роботи $\Delta Д_м(t) \to 0$, тобто до того, щоб виконувалась рівність:

$$V_н(t) = V_м(t). \tag{5}$$

Для обчислення оптимальної структури парку кожного перевізника покажемо провізні можливості в натуральній величині. Тобто маємо:

$$V_н(t) = \sum_{J=1}^{JM} A_j(t) q_j W_j. \tag{6}$$

Тому, завдання буде мати наступний вигляд:

$$F_ц = \frac{\sum Ц_i \cdot A_i}{\sum q_i \cdot A_i} \to \min \tag{7}$$

при наступних умовах:

$$\sum q_i \cdot A_i \cdot Д_к \cdot K_p^{нор} \cdot W_i \le (Q_{необх} - Q_{запроп}), \tag{8}$$

$$\sum Ц_i \cdot A_i \le I, \tag{9}$$

де $Q_{необх}, Q_{запроп}$ — провізні можливості відповідно необхідні та запропоновані;

q_i — вантажопідйомність автомобіля i-ої марки;

A_i — середнє число автомобілів i-ої марки;

$Ц_i$ — ціна за одиницю i-тої марки;

$Д_к$ — число календарних днів (365);

I — інвестиції;

$K_p^{нор}$ — нормативний коефіцієнт реалізації провізних можливостей;

W_i — продуктивність РС.

Розрив між наявними і необхідними провізними можливостями може бути як від'ємним, так і додатнім.

При перевищенні наявних провізних можливостей над потрібними, необхідно зменшити кількість РС.

Зменшений тоннаж парку РС буде знаходитись за формулою:

$$\sum A_i \cdot q_i = \frac{Q_{наяв} - Q_{необх}}{Д_к K_p^{нор} W_i}. \quad (10)$$

Також, у зв'язку з високою кількістю РС, необхідно перевірити об'єм провізних можливостей та ступінь зносу парку. Знос кожної одиниці РС не повинен перевищувати нормативний термін експлуатації ($T_{норм}$), тобто повинні виконуватись умови:

$$T_{Aij} \le T_{норм}, \quad (11)$$

$$Q_{наяв} - Q_{необх} > 0. \quad (12)$$

При недотриманні умови (9) і, якщо є резерв провізних можливостей, що випливає при дотриманні умови (10), автомобілі з найбільшим строком служби підлягають списанню чи продажі.

У випадку, якщо реальні провізні можливості менші потрібного об'єму (умова (11)), ставиться питання про наявність фінансових ресурсів для оновлення РС.

$$Q_{наяв} - Q_{необх} < 0 \quad (13)$$

Ресурсами для оновлення парку РС є нерозділений прибуток минулих періодів, кредити і зовнішні інвестиції, амортизаційний фонд.

Знаходимо об'єм провізних можливостей при дотриманні умови $T_{Aij} \le T_{норм}$ і перевіряємо рівність:

$$Q_{наяв} - Q_{необх} = 0. \quad (14)$$

У випадку недотримання даної рівності продовжується зменшення чи розширення парку РС. В результаті отримуємо оптимізоване значення провізних можливостей.

Дана методика може використовуватися як для вантажного транспорту регіону, так і для окремого підприємства. В іншому випадку потрібний об'єм провізних можливостей буде відображати частку ринку даного підприємства.

Висновки

У країні повинна бути забезпечена інформаційна взаємодія різних видів транспорту, яка здійснюватиметься наступним чином. Центральний сервер України керуватиме автомобільним, авіаційним, річним, морським, залізничним транспортами і забезпечуватиме їх взаємодію між собою на різних рівнях. Така організація роботи призведе до оптимізації обслуговування ринку попиту і створення конкуренції між перевізниками.

Застосування такого інформаційного підходу допоможе державі регулювати міські, приміські, міжміські, міжнародні та транзитні перевезення як вантажів, так і пасажирів.

Побудований алгоритм вантажних перевезень автомобільним транспортом для їх автоматизації, з урахуванням багатьох факторів, відкриває можливість підвищити їх ефективність.

Запропонований метод розрахунку та алгоритм визначення оптимальної кількості рухомого складу як окремих перевізників, так і перевізників всього регіону дає можливість зменшити витрати на технічне обслуговування та ремонт при дотриманні нормальних умов експлуатації рухомого складу.

Застосування автоматизації вантажних перевезень автомобільним транспортом дозволяє отримати економічний ефект за рахунок підвищення вантажообігу, зниження витрат на паливно-мастильні матеріали та ін.

При використанні САТВП в Полтавському регіоні на кожен т·км вантажних перевезень автомобільним транспортом можна попередньо спрогнозувати річний економічний ефект у розмірі 35…45 грн/т·км.

Список літератури

1. Загальний курс транспорту: навч. посібник /Л.Ю. Яцківський, Д.В. Зеркалов — К.: Арістей, 2007.— 504 с.

2. Зеркалов Д.В. Транспорт України: Довідник (у двох книгах). Кн. 1.— К.: Основа, 2002.— 462 с.

3. Зеркалов Д.В. Транспорт України: Довідник (у двох книгах). Кн. 2.— К.: Основа, 2003.— 564 с.

4. Взаимодействие различных видов транспорта в узлах/Под ред. Н.В. Правдина.— М.: Высшая школа, 1983.— 247 с.

Аннотация. *Построена общая схема алгоритмов грузовых перевозок автомобильным транспортом для их следующей автоматизации с учетом расстояния перевозки, вида груза, грузоподъемности подвижного состава, времени доставки, цены на выполнение перевозок. Предложен метод расчета и алгоритм определения оптимального количества подвижного состава, как отдельных перевозчиков, так и регионов в целом.*

Abstract. *The general chart of algorithms of freight transportations by a motor transport for their next automation taking into account distance of transportation is built, type of load, carrying capacity of mobile composition, time of delivery, prices on implementation of transportations. The method of computation and algorithm of determination of optimum quantity of mobile composition, both separate ferrymen and regions is offered on the whole.*

Стаття надійшла до редакції 02.07.2010 р.

УДК 632.15: 658.567

ГОРБУНОВ Н.И., д. т. н., проф., МОГИЛА В.И., к. т. н., проф., ПОПОВ С.В., к. т. н., доц., КРАВЧЕНКО Е.А., асс., НОЖЕНКО Е.С., асс, КОВТАНЕЦ М.В., асп.,
Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля

ПЕРЕРАБОТКА ИЗНОШЕННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН И ОТРАБОТАННОГО МАСЛА В УГЛЕВОДОРОДНОЕ ТОПЛИВО МЕТОДОМ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ

В статье рассматриваются вопросы переработки вышедших из эксплуатации автомобильных шин и отработанного масла. Предлагается альтернативный метод получения топлива.

Постановка проблемы

Ограниченность запасов топлива нефтяного происхождения сделало актуальным поиск замены его альтернативными видами. Альтернативное топливо получают в основном из сырья

не нефтяного происхождения (спирты, эфиры), получаемого преимущественно из угля, торфа, сланцев, биомассы. Также перспективным считается использование шахтного метана и водорода как топлива, использование электроэнергии (полученной с использованием солнечных батарей, ветряных мельниц и др.) и получение топлива благодаря переработке отработанных материалов.

Анализ последних исследований и публикаций

Отработанные шины и смазочные масла являются ценным полимерным сырьем: в 1 т шин содержится около 700 кг резины, которая может быть повторно использованная для производства топлива [1].

Изношенные шины являются одним из самых многотоннажных полимерных отходов, общий вес изношенных, но непереработанных шин в 2000 году достиг: в Европе — 2,5 млн. тонн; в США — 2,8 млн. тонн; в Японии — 1,0 млн. тонн; в СНГ — 1,5 млн. тонн [2]. Шины, которые вывозятся на свалки, продолжительное время загрязняют окружающую среду вследствие высокой стойкости к действию внешних факторов (по зарубежным данным, долговечность покрышки в воде составляет 1500–2000 лет, в атмосфере — 50–60 лет). При сожжении изношенных шин в атмосферу выделяется сажа, и токсичные газы (бифенил, антрацен, флуорентан, пирен, бензапирен), которые оказывают вредное влияние на окружающую среду (грунты, воды, воздушный бассейн). Контакт шин с дождевыми осадками и грунтовыми водами сопровождается вымыванием ряда токсичных органических соединений: дифениламина, дибутилфталата, фенантрена и т. д. В настоящее время утилизация шин ведется разными методами (рис. 1).

УТИЛИЗАЦИЯ ИЗНОШЕННЫХ ШИН

Методы

– «Горячая» вулканизация; – «Холодная» вулканизация	– Захоронение; – Сжигание	– Криогенное измельчение; – Барадеструкционный метод; – Механический метод	– Крекинг; – Пиролиз; – Низкотемпературный пиролиз; – Растворение в органическом растворителе; – Термическая переработка

Продукция

Восстановленные шины	Отсутствует	Резиновая крошка	Низкокачественное углеводородное топливо

Рис. 1. Методы утилизации изношенных шин

Отработанные нефтяные масла являются одним из существенных источников загрязнения окружающей среды. Их слив в почву и водоемы превышает по объему аварийные сбросы и потери нефти при ее добыче, транспортировании и переработке. В связи с этим большое значение имеет полная или частичная переработка отработанных масел. Основными продуктами утилизации отработанного масла является: тепловая энергия, регенерированные масла, вторичные нефтепродукты, биомассы. К основным методам утилизации отработанного масла относится: захоронение, сжигание, коагуляция, сорбция, экстракция, фильтрация, сепарирова-

ние, термический крекинг, каталитическое гидрирование, вакуумная перегонка, выращивание микробной массы.

Наиболее перспективным методом утилизации отработанных резино-масляных отходов является использование их при получении альтернативного углеводородного топлива.

Цель статьи

При производстве топлива необходимо учитывать его стоимость, доступность, безопасность использования, влияние продуктов его сгорания на окружающую среду. В связи с этим, в статье рассмотрен метод получения топлива из отработанных резино-масляных материалов, который позволяет получить экономический эффект и очистить при этом окружающую среду.

Материалы и результаты исследований

Способ получения альтернативного углеводородного топлива, разработанный авторами, объединяет переработку изношенных шин и отработанного смазочного масла. В данном методе используется растворяющее влияние смазочного масла на резину и ряд других физико-химических эффектов [3, 4, 5, 6, 7], что приводит к повышению экономичности, производительности и скорости процесса получения топлива. Использование отработанного сырья экономически удобно — эти материалы имеют относительно низкую закупочную цену.

Разработанный способ объясняется рис. 2, где изображено устройство для получения углеводородного топлива, в котором используется следующая последовательность процессов.

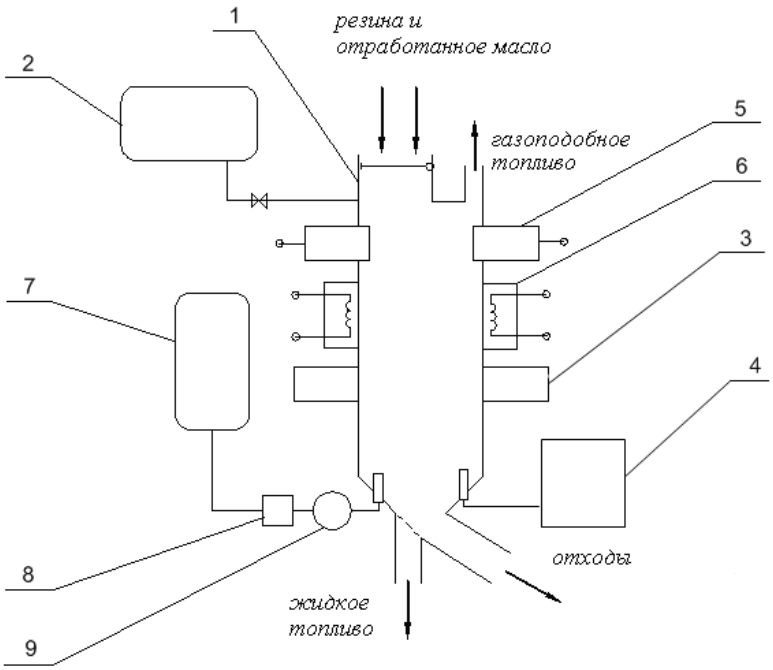


Рис. 2. Способ получения жидкого и газообразного углеводородного топлива из отходов резино-масляных материалов транспортных средств

1 — корпус пиролизного аппарата; 2 — резервуар с низкокачественным углеводородным топливом; 3 — источник ультразвуковых колебаний; 4 — озонатор; 5 — электрод тока высокой частоты; 6 — электромагнит; 7- резервуар с водой; 8 — насос; 9 — испаритель

Резиновые материалы загружают в пиролизный аппарат 1 через питатель, потом туда же для раствора резины добавляют из резервуара 1 низкопробный бензин (типа «Калоша») с пропорцией

1:1, смесь перемешивают, к полученному продукту добавляют отработанное смазочное масло в пропорции 1:1, после чего включается аппарат 3, который создает ультразвуковые колебания в камере со смесью (это ускоряет процесс измельчения резины). Одновременно с этим через смесь пропускают газообразный озон, который вырабатывается в озонаторе 4.

На втором этапе для размягчения резиновых отходов пиролизный аппарат подключают к току высокой частоты (электроды 5). Ток высокой частоты разогревает металлический корд, который ускоряет процесс раствора резины.

На последнем этапе включают поочередно электромагниты 6, которые создают электромагнитное поле. Металлический корд поочередно двигается от одного магнита к другому. Электромагниты активизируют движение смеси. Одновременно с этим вода из резервуара 7 насосом 8 подается в испаритель 9, где превращается в пар, который пропускают через смесь. Процесс борботажа дополнительно перемешивает смесь, что в свою очередь ускоряет процесс растворения резины и образования однородной смеси для получения углеводородного топлива (как жидкого, так и газообразного).

Под действием озона происходит быстрое окисление резиновых отходов в связи с разрушением межмолекулярних и внутримолекулярных связей [8]. Поэтому, при наличии на поверхности резины микротрещин (количество которых значительно для отработанных шин), прежде всего начинается атака озоном тех молекул, которые расположены в вершинах трещин. Это приводит к быстрому разрастанию трещин, распаду материала и отделению резины от металлического корда.

Реакция протекает при очень низких энергозатратах. Можно сказать, что озонное разрушение на частицы определенного размера требует энергозатрат в 5–10 раз меньше, чем криогенное разрушение.

Выводы

Применение такого способа ускоряет процесс растворения, переработки и смесеобразования, повышает качество получаемого горючего.

При переработке данным способом 6 тон сырья (в отношении 3 тонны резиновых материалов к 3 тоннам отработанного смазочного масла) производительность способа через сутки составляет:

– по жидкому топливу — 4,2 тонны;
– по газу — 0,3 тонны;
– по углеродосодержащему твердому остатку — 1,2 тонны;
– по металокорду — 0,3 тонны.

Выход жидкого топлива составляет 70% от массы загруженных резино-масляных отходов, газа — 5%; углеродосодержащего твердого остатка — 20%, металла — 5%.

Список литературы

1. Соловьев Е.М. Переработка и использование отходов шинной промышленности / Е.М. Соловьев, Н.Д. Захаров. — М.: ЦНИИТЭнерфтехим, 1983.— 64 с.

2. Технологии утилизации шин и их восстановление / http://www.biotecbel.ru/site/site6.htm.

3. Дек. пат. на полезную модель № 3380 Украины. МПК (2006) C10G 1/00. Спосіб одержання рідкого та газоподібного вуглеводного палива з відходів гумо-мастильних матеріалів транспортних засобів/Могила В.И., Горбунов Н.И., Аптекарь М.Д., Попова Н.В., Попов С.В., Малохатко А.А.; Заявитель и патентообладатель: Восточноук. нац. ун-т им. В. Даля — 2 004 020 820; заявл. 15.02.2004; опубл. 15.11.2004. Бюл. № 11–2 с.

4. Дек. пат. на полезную модель № 4303 Украины. МПК (2006) C10G 1/00. Спосіб одержання рідкого та газоподібного вуглеводного палива з відходів гумо-мастильних матеріалів транспортних засобів/Могила В.И., Горбунов Н.И., Аптекарь М.Д., Басов Г.Г., Попова Н.В., Попов С.В., Малохатко А.А.; Заявитель и патентообладатель Восточноук. нац. ун-т им. В. Даля — 20 040 402 882; заявл. 20.04.2004; опубл. 17.01.2005. Бюл. № 1–2 с.

5. Дек. пат. на полезную модель № 45 116А Украины. МПК (2006) C10G 1/00. Спосіб одержання рідкого та газоподібного вуглеводного палива з відходів гумо-мастильних матеріалів

транспортних засобів/Голубенко А.Л., Горбунов Н.И., Могила В.И., Аптекарь М.Д., Кравченко А.П., Малахова А.И., Кипрач А.Ю.; Заявитель и патентообладатель Восточноук. нац. ун-т им. В.Даля — 2001053 435; заявл. 22.05.2001; опубл. 15.03.2002. Бюл. № 3–1 с.

6. Заявка на полезную модель Украины № u 200909835, МПК (2009) C10G 1/00. Спосіб одержання рідкого вуглеводневого палива з відходів гумо-мастильних матеріалів транспортних засобів/Горбунов Н.И., Могила В.И., Арапов А.А., Кравченко Е.А., Кравченко А.П., Ноженко Е.С., Скліфус Я.К., Толок И.В., Горбунов Н.Н. (Украина); заявитель Восточноукр. нац. ун-т им. В.Даля; заявл. 28.09.09.— 3 с.

7. Заявка на полезную модель Украины № u 200909836, МПК (2009) C10G 1/00. Спосіб одержання рідкого та газоподібного вуглеводневого палива з відходів гумо-мастильних матеріалів транспортних засобів/Горбунов Н.И., Могила В.И., Арапов А.А., Кравченко Е.А., Кравченко А.П., Попов С.В., Ноженко Е.С., Скліфус Я.К., Толок И.В. (Украина); заявитель Восточноукр. нац. ун-т им. В.Даля; заявл. 28.09.09.— 3 с.

8. Разумовский С.Д. Атмосферный озон и земная резина / С.Д. Разумовский, Г.Е. Заиков//Химия и жизнь. — 1987. — № 5. — С. 36–40.

Анотація. *У статті розглядаються питання переробки автомобільних шин, що вийшли з експлуатації і відпрацьованого масла. Пропонується альтернативний метод одержання палива.*

Abstract. *Questions of the conversion вышедших are considered In article from usage of the car buses and perfected butters. The alternative method of the reception fuel is offered.*

Стаття надійшла до редакції 09.07.2010 р.

УДК 629.113.004.67:38

ДОЛЯ О.Є., асистент, Харківська національна академія міського господарства

ВПЛИВ СТАТИСТИЧНИХ ВІДХИЛЕНЬ ВИХІДНИХ ДАНИХ НА ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПРОЕКТУ

Запропоновано проводити проектний аналіз міських пасажирських маршрутів з урахуванням того, що не всі вихідні статичні, а деякі є стахостичними.

Вступ

Світовий досвід автомобілізації країн показує, що можливість у забезпеченні достатніх темпів автомобілізації досягається шляхом залучення кредитних позиків. До даного засобу придбання рухомого складу схиляються й автотранспортні підприємства.

Здебільшого використовується методика розрахунку інвестиційних проектів, якими розраховується економічна доцільність реалізації якогось бізнесу в розрахунку на незмінність вихідних даних у періоді часу [1]. Урахування наявності вихідних даних випадкових показників та їх прогнозування не завжди здійснюється, що призводить до неможливості ствердження актуальності розрахунків проекту з впливом часу.

Постановка проблеми

Загальна проблематика описуваного механізму проведення розрахунків основних показників проектів полягає у відсутності врахування наявних коливань основних показників.

Такими показниками в розрахунку інвестиційного проекту для оновлення рухомого складу пасажирського автопідприємства є: вартість пального, кількість перевезених пасажирів за проектний період, кількість перевезених «безквиткових» пасажирів за період, заробітна платня

працівників, податкові відрахування підприємства, вартість паливо — мастильних матеріалів, кількість рухомого складу на маршруті, постійні витрати на виконання продукції, відсоткова ставка кредиту.

Аналіз останніх досліджень

Так, наприклад, найбільш поширеними методами обстеження пасажиропотоків для збору вихідних даних є: звітно — статичний, табличний, розрахунково — табличний, анкетний, талонний, візуальний та автоматизований. Кожен з названих методів має похибку при визначенні пасажиропотоку. До даних похибок призводять вплив людського фактору при фіксуванні даних і недосконалість сучасного, застосованого для цього, технічного забезпечення.

Практика показує, що пасажиропотоки коливаються до 20% в залежності від впливу різноманітних факторів. Отже, термін окупності капіталовкладень коливається приблизно аналогічно.

Часто дослідниками не враховується й граничний термін експлуатації транспортних засобів. Бажано призводити розрахунки в різні періоди експлуатації транспортних засобів до виникнення підстав для їх списання. Тобто не враховується граничний моторесурс транспортних засобів. Це заважає визначати настання моменту повернення запозичених коштів і прогнозуванні отриманого прибутку за проектом.

Мета статті

Встановлення основних техніко — експлуатаційних показників роботи маршруту, які є безперервними випадковими величинами і впливають на показники інвестиційного проекту. Проведення аналізу ринку автомобільних пасажирських перевезень для встановлення граничних термінів експлуатації транспортних засобів.

Основний розділ

Для проведення розрахунків інвестиційного проекту використовуються наступні дані: тариф на перевезення пасажирів, кількість перевезених пасажирів за добу, потрібна кількість автобусів, добовий пробіг, кількість задіяних працівників, поточні витрати, витрати на організацію перевезень, інвестиційні кошти, заробітна плата працівників, відрахування з заробітної плати, податкові відрахування, амортизація, страхові платежі, дисконтна ставка позику, вартість транспортного засобу, витрати на ремонт, витрати на технічне обслуговування та інші витрати.

В подальшому розподіляємо вихідні данні на три групи, за результатами чого отримуємо наступне:

Незмінні — списочна кількість автобусів, кількість задіяних працівників, організаційні витрати, страхові платежі, дисконтна ставка позику, вартість транспортного засобу, умови кредиту тощо.

Змінні в періоді часу — тариф на перевезення пасажирів, заробітна плата працівників, відрахування з заробітної плати, податкові відрахування, витрати на ремонт, витрати на технічне обслуговування тощо.

Випадкові — кількість перевезених пасажирів за добу, експлуатаційна кількість автобусів на лінії, добовий пробіг тощо.

До першої групи було віднесено показники, які є незмінними в періоді часу й застосовуватимуться в розрахунку інвестиційного проекту в чисельному відображенні.

В другу групу віднесено показники, які впливають на розрахунки впродовж всього терміну експлуатації транспортних засобів та можуть змінюватись з впливом часу. Наприклад, некоректно

стверджувати про незмінність витрат на паливо — мастильні матеріали в залежності від добового пробігу.

В третю групу входять показники, які мають випадкові кількісні показники в межах, які потрібно дослідити [2].

Для корегування кількісного показника вихідних даних, віднесених до другої групи, пропонується застосувати встановлені індекси інфляції. Тоді вартість витрат на мастильні матеріали на один кілометр пробігу для другого року інвестиційного проекту ($S_{пмм2}$) відносно поточного ($S_{пмм1}$) можна представити у вигляді:

$$S_{пмм2} = S_{пмм}(k_2 + 1), \quad (1)$$

де k_2 — прогнозований індекс інфляції на другий рік інвестиційного проекту.

Для третього року інвестиційного проекту витрати на паливо — мастильні матеріали на один кілометр пробігу для інвестиційного проекту ($S_{пмм3}$) до наступного вигляду:

$$S_{пмм3} = S_{пмм2}(k_3 + 1), \quad (2)$$

де k_3 — прогнозований індекс інфляції на третій рік інвестиційного проекту.

Аналогічно пропонується розраховувати й інші витрати, пов'язані з експлуатацією та ремонтом транспортних засобів.

Розмір заробітної плати при розрахунку проекту пропонується враховувати щорічно відповідно до соціальних економічних змін. Проте, пропонується в проекті встановити розмір заробітної платні працівників у розрахунку як середня облікова для аналогічних у межах населеного пункту й галузі.

Встановлені зміни в вартості експлуатації транспортного засобу з впливом часу має своє відображення й у зміні собівартості перевезень. Розглянемо вплив зазначеного на порядок розрахунку собівартості.

Поточні витрати для наступного періоду за розрахунковим t ($И_{i+1}$) визначаються за формулою [1]:

$$И_{i+1} = (З_{пвт} + З_{mt} + З_{смт} + З_{mot} + З_{шт} + З_{nnt} + З_{oxt})_{i+1}(1 + k_{i+1}), \quad (3)$$

де: $З_{пвт}$ — витрати на заробітну плату водіїв, грн.;

$З_{mt}$ — витрати на паливо, грн.;

$З_{смт}$ — витрати на мастильні матеріали, грн.;

$З_{mot}$ — витрати на технічне обслуговування і ремонт автомобілів, грн.;

$З_{шт}$ — витрати на автомобільні шини, грн.;

$З_{nnt}$ — витрати на заробітну плату управлінського персоналу, грн.;

$З_{oxt}$ — загальногосподарські витрати, грн.;

k — прогнозований індекс інфляції на розрахунковий період;

i — поточний рік.

Таким чином, розрахувати втрати на наступний проектний рік $И_{i,i+1}$ можна за формулою:

$$И_{i,i+1} = И_{i,i-1}(k_{i,i+1} + 1), \quad (4)$$

Висновки

При проведенні проектного аналізу маршруту міського пасажирського транспорту бажано враховувати те, що є низка постійних, змінних (залежних у часі) і випадкових (стахостичних) параметрів. Це дозволить виявити похибки розрахункових показників проекту.

Список літератури

1. Воркут Т.А. Проектний аналіз: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, що навчаються за напрямом «Транспортні технології». — К.: Український центр духовної культури, 2000. — 440 с.

2. Галушко В.Г. Вероятносно — статистические методы на автотранспорте. — К.: «Вища школа», 1976. — С. 232.

Аннотация. *Предложено проводить проектный анализ городских пассажирских маршрутов с учетом того, что не все исходные статичны, а некоторые являются стахостическими.*

Abstract. *Suggested to carry out project analysis of urban passenger routes, taking into account that not all the initials are static, but some are stochastic.*

Стаття надійшла до редакції 25.08.2010 р.

УДК 656

ДОЛЯ В.К., д. т. н, професор, ЛОБАШОВ О.О., к. т. н., доцент, ПРАСОЛЕНКО О.В., к. т. н.,
Харківська національна академія міського господарства

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ РІВНЯ АВТОМОБІЛІЗАЦІЇ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ

Приведено результати дослідження впливу рівня автомобілізації на показники ефективності функціонування транспортної мережі міста Харкова.

Вступ

Сучасні транспортні проблеми міст обумовлені перевантаженням транспортних мереж надмірними обсягами руху. Вже багато років темпи зростання кількості автомобілів у містах перевищують темпи розвитку транспортних мереж. Ця невідповідність є головною причиною загострення транспортних проблем. Наслідком загострення транспортних проблем є зменшення показників ефективності та безпеки дорожнього руху. Надмірний рівень завантаження доріг рухом викликає зменшення швидкості транспортних потоків, збільшення часу сполучення, затримок руху, викидів шкідливих речовин відпрацьованих газів до атмосфери і т. д. [1,2]. Тому дослідження закономірностей зміни обсягів дорожнього руху в містах є актуальною проблемою.

Постановка проблеми

Транспортне планування міст, розробка планів реконструкції та розвитку транспортних мереж міст потребує знань закономірностей зміни стану дорожнього руху в перспективі. Стан дорожнього руху в значній мірі визначається обсягами руху.

Зростання обсягів руху обумовлено багатьма факторами. До основних факторів належать [1, 2]:

– рівень автомобілізації в місті;
– транспортна рухомість населення;
– ступінь розвитку масових видів міського пасажирського транспорту.

Найбільший інтерес викликає вивчення впливу рівня автомобілізації на характеристики дорожнього руху. Це пов'язано з тим, що збільшення автомобілів у місті викликає майже пропорційне збільшення обсягів руху [2]. Тому отримання кількісних характеристик впливу рівня автомобілізації на стан дорожнього руху являється актуальним науковим завданням. Вирішення цього завдання може дозволити виконання оцінок стану дорожнього руху в перспективі з урахуванням темпів зростання рівня автомобілізації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У ряді робіт надаються результати досліджень впливу рівня автомобілізації на стан дорожнього руху. Так, у роботі [1] приведено порівняльну характеристику різних міст світу за співвідношенням чисельності населення, кількості автомобілів, обсягів пасажирських перевезень, забудованої площі міста та лінійної щільності автомобільних доріг. У приведеній роботі надаються лише загальні дані про рівень автомобілізації в різних містах. Кількісні характеристики впливу рівня автомобілізації на стан дорожнього руху не надаються.

У роботах [2, 3] приведені результати досліджень впливу планувальних структур міст та площі їх забудованої території на рівень розвитку різних видів транспорту. Але при цьому невідомо, як рівень автомобілізації відбивається на функціонування транспортної мережі.

У роботі [4] приведені результати досліджень зміни рівня автомобілізації в м. Харкові, надаються параметри математичної моделі, яка може використовуватись для розрахунку перспективного рівня автомобілізації в місті. Як виявляється, вказана модель може бути використана при виконанні даного дослідження. У роботах [5, 6] обґрунтована доцільність використання моделювання транспортних потоків для дослідження закономірностей функціонування транспортних мереж. Крім того, надається методика моделювання функціонування транспортної мережі міста, методика дослідження впливу параметрів транспортної мережі на характеристики транспортних потоків. Результати цих досліджень також доцільно використовувати при вивчення впливу рівнів автомобілізації на стан дорожнього руху.

Ціль дослідження

Виходячи з постановки проблеми та аналізу останніх публікацій, ціль даного дослідження — одержання закономірностей впливу рівня автомобілізації на показники ефективності дорожнього руху. Для досягнення цієї цілі доцільно використовувати моделювання транспортних потоків.

Основний матеріал

Для визначення перспективних значень рівня автомобілізації в м. Харкові було використано модель [4]

$$A = 50{,}62 \cdot t^{0{,}31} + 42{,}07 \cdot \Delta^{0{,}16} - 0{,}34 \cdot e^{1{,}34 \cdot N}, \qquad (1)$$

де A — рівень автомобілізації, авт/1000 меш;
Δ — купівельна спроможність населення, авт/міс;
t — номер року спостережень;
N — кількість жителів у місті, млн. меш.

За моделлю (1) було розраховано рівень автомобілізації в м. Харкові на період до 2014 р.

Для оцінки ефективності функціонування дорожнього руху можуть використовуватись різні показники [1,2]: транспортно-експлуатаційні витрати, час руху, швидкість транспортних потоків, затримки руху. Для більшості водіїв головним критерієм ефективності організації дорожнього руху є час пересування. Тому в даній роботі ефективність дорожнього руху оцінювалась загальними часом руху всіх транспортних засобів у транспортній мережі та середньою швидкістю транспортних потоків. Конфігурація транспортної мережі при цьому не змінювалась.

Далі за допомогою розробленої моделі функціонування діючої транспортної мережі [5, 6] було визначено розподілення транспортних потоків по ділянках мережі при різних значеннях рівня автомобілізації. Для кожного розподілення транспортних потоків за моделлю було визначено час сполучення, швидкість руху для кожної ділянки та для мережі в цілому. Отримана таким чином інформація надає можливість побудувати графік залежності загального часу руху всіх транспортних засобів у транспортній мережі (рис. 1).

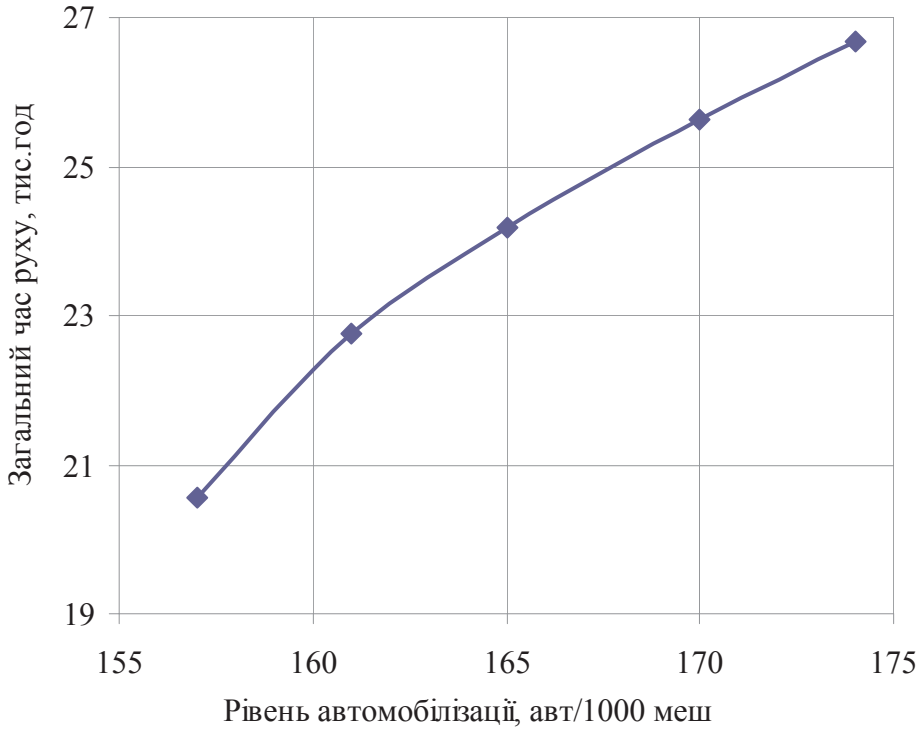


Рис. 1. Залежність загального часу руху від рівня автомобілізації

Аналогічно визначена залежність середньої швидкості транспортних потоків на ділянках мережі. Графік цієї залежності надається на рис. 2. Графіки (рис. 1, 2) побудовані для діючої транспортної мережі м. Харкова. Розрахункове значення рівня автомобілізації 174 авт/1000 мешканців відповідає 2014 року.

З рис. 1, 2 можна побачити, що між рівнем автомобілізації та показниками ефективності дорожнього руху існує майже лінійна залежність. Але в сучасних умовах зростання рівня автомобілізації більш суттєво впливає на загальний час руху транспортних засобів ніж на швидкість потоків.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Проведені дослідження дозволили отримати кількісні характеристики впливу рівня автомобілізації на показники ефективності дорожнього руху. Представлені залежності можуть

бути використані для оцінки стану дорожнього руху в м. Харкові в перспективі. Але дані залежності не враховують можливе змінення рівня розвитку транспортної мережі міста. Тому у подальших дослідженнях вважається доцільним вивчення показників ефективності та безпеки руху, як функції двох факторів: рівня розвитку транспортної мережі та рівня автомобілізації. Це може дозволити виконання оцінок стану дорожнього руху в перспективі при одночасному зміненні рівня автомобілізації та рівня розвитку транспортної мережі.

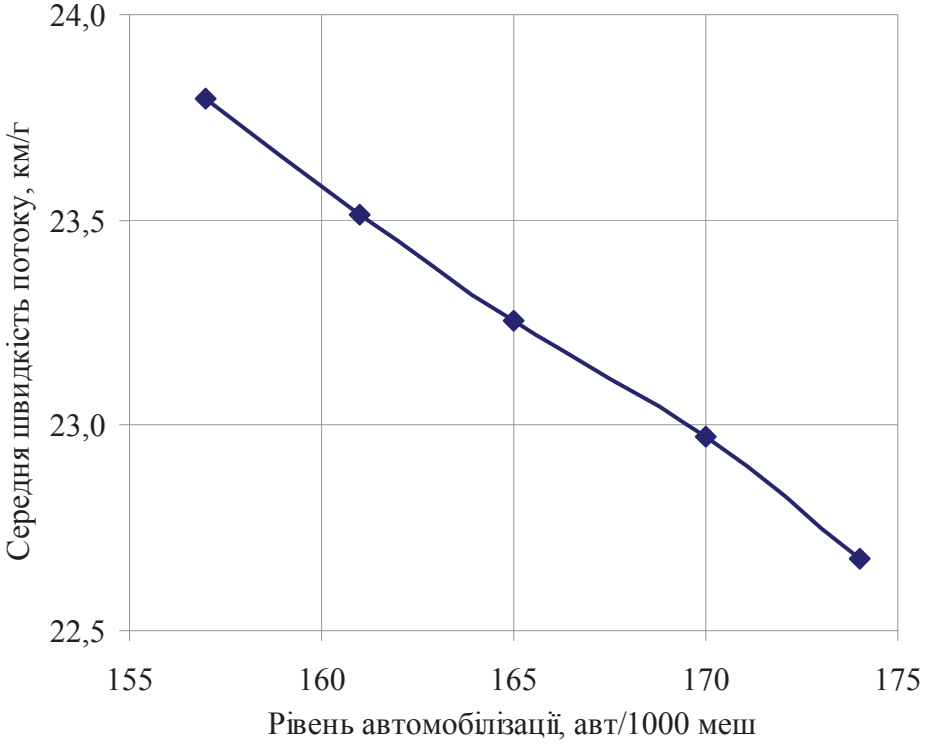


Рис. 2. Залежність середньої швидкості транспортних потоків від рівня автомобілізації

Список літератури

1. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения: Справочник. Пер. с англ./В.У. Рэнкин, П. Клафи, С. Халберт и др.— М.: Транспорт, 1981.— 592с.

2. Системологія на транспорті: підручник у 5 кн./Під заг. ред. Дмитриченка М.Ф.— кн. IV: Організація дорожнього руху/Е.В. Гаврилов, М.Ф. Дмитриченко, В.К. Доля та ін.— К.: Знання України, 2007 р. — 452 с.

3. Фишельсон М.С. Транспортная планировка городов: учеб. пособие для студ. авт.-дор спец. вузов/М.С. Фишельсон.— М.: Высш. шк., 1985.— 239 с.

4. Лобашов О.О. Закономірності зміни рівня автомобілізації в Харкові/В.К. Доля, О.О. Лобашов, Д.Л. Бурко // Вісник НТУ «ХПІ»: Збірник наукових праць.— Тематичний випуск «Автомобіле- та тракторобудування». — 2010. — № 1. — С. 160–163.

5. Лобашов А.О. Методика прогнозирования поведения транспортных потоков в городах/А.О. Лобашов, Ву Дык Минь // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета и Северо-Восточного научного центра транспортной академии Украины: Сб. научн. тр. — 2002. — Вып. 18. — С. 77–79.

6. Лобашов О.О. Методика дослідження впливу транспортної мережі на параметри транспортних потоків у містах/О.О. Лобашов // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. — 2010. — № 2 — С. 24–25.

Аннотация. *Приведены результаты исследования влияния уровня автомобилизации на показатели эффективности функционирования транспортной сети города Харькова.*

Abstract. *The effect of the level of car ownership on the performance efficiency of the transport network of the city of Kharkov.*

Стаття надійшла до редакції 09.09.2010 р.

УДК 656.13

ЖУК М. М., к. т. н., доцент, РОЙКО Ю. Я., ст. викладач,
Національний університет «Львівська політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВИСОТНОЇ ВІДМІТКИ ПРОЇЗНОЇ ЧАСТИНИ НА ЧАСТОТУ СЕРЦЕВИХ СКОРОЧЕНЬ ЯК ПОКАЗНИКА ЕМОЦІЙНОГО СТАНУ ВОДІЯ

У статті наведено аналіз досліджень частоти серцевих скорочень у водія під час керування автомобілем на проїзній частині в гірських умовах за різної тривалості управління транспортним засобом до та після моменту перетину найвищої точки (перевалу). Результатом досліджень є визначення моменту настання втоми у водія, спричиненого дією постійного підвищеного емоційного напруження.

Вступ

Проблема забезпечення безпеки руху стала особливо актуальною через ріст інтенсивності руху на дорогах і збільшення в транспортному потоці частки легкових автомобілів. Особливу увагу в роботі зосереджено на умови руху проїзними частинами зі складним рельєфом. На стійкість системи ВАДС тут впливає ряд факторів: дорожньо-планувальні особливості дороги (криві в плані та профілі, віражі, затяжні підйоми та спуски зі значними ухилами, недостатня відстань видимості тощо); психофізіологічні особливості та емоційний стан водія (увага, досвід керування тощо); стан атмосфери (часті тумани, коливання атмосферного тиску, ожеледі тощо).

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проблему дослідження психофізіологічного стану водія та впливу інформаційного забезпечення на нього розкрито у працях Е.М. Лобанова, Д. Клебельсберга, В.П. Поліщука. На основі їх аналізу та власних експериментальних даних, встановлених експериментально за допомогою холтерівської системи моніторингу Кардіосенс, написана дана праця.

Мета статті

Метою проведення досліджень є виявлення чинників, які впливають на надійність роботи водія, зокрема на його фізіологічні особливості, при русі проїзними частинами, що пролягають у гірських умовах.

Основний розділ

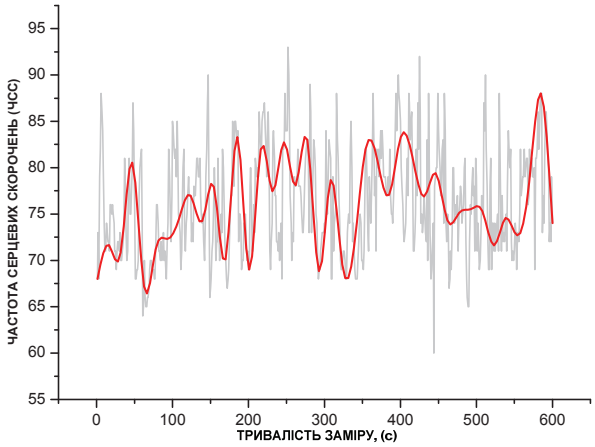
Контроль за рухом та оцінку дорожньо-транспортних ситуацій здійснює водій. Але вся сенсорна система, всі психічні функції формуються під дією швидкості надходження до нього інформації і необхідної швидкості зворотної реакції. Сенсорно-моторні здатності водія створюють визначений запас у швидкості прийому інформації і реагування на неї, що підвищує стійкість до впливу на нього дорожньо-планувальних та кліматичних чинників в екстремальних умовах [1,2].

До тієї пори, поки напруженість роботи водія, викликана щільністю і швидкістю руху транспортного потоку, не перевищує оптимальні межі, встановлені нормами проектування проїзних частин, і стан потоку вільний та стійкий (рівень зручності А та Б), для забезпечення безпеки дорожнього руху достатньо при виборі технічних рішень звертати увагу на загальні принципи психології сприйняття, своєчасне представлення інформації за рахунок забезпечення необхідної відстані видимості, що дозволяє зменшувати час реакції водія [3].

Коли ж відбувається збільшення ступеня насичення дорожнього руху і різкий ріст показників, котрі впливають на підвищення небезпеки руху, постає велике коло запитань, пов'язаних з організацією руху (визначення оптимальних місць розміщення дорожніх знаків; виявлення факторів, що впливають на точність оцінки водієм швидкості руху), втомою водіїв і розподілом уваги між об'єктами дорожньої обстановки, відповідь на які можна дати, застосовуючи портативну апаратуру [2,4,5].

Спершу головна увага була зосереджена на зв'язку «зміни в ЕКГ- складність дорожньої обстановки» і була орієнтована на нормування та організацію робочого дня водія, проте поява холтерівського комплексу «КардіоСенс» дозволила вивчати стан емоційної напруги в процесі руху, використовуючи ходові лабораторії.

Перед проведенням досліджень здійснено моніторинг частоти серцевих скорочень водія у спокійному стані (рис. 1). Середня ЧСС складає 76 ударів за хвилину.



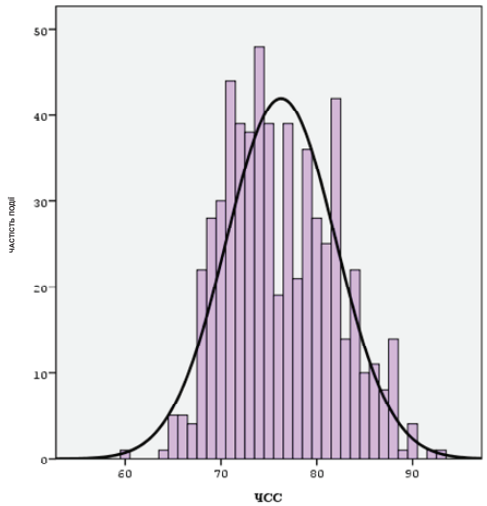
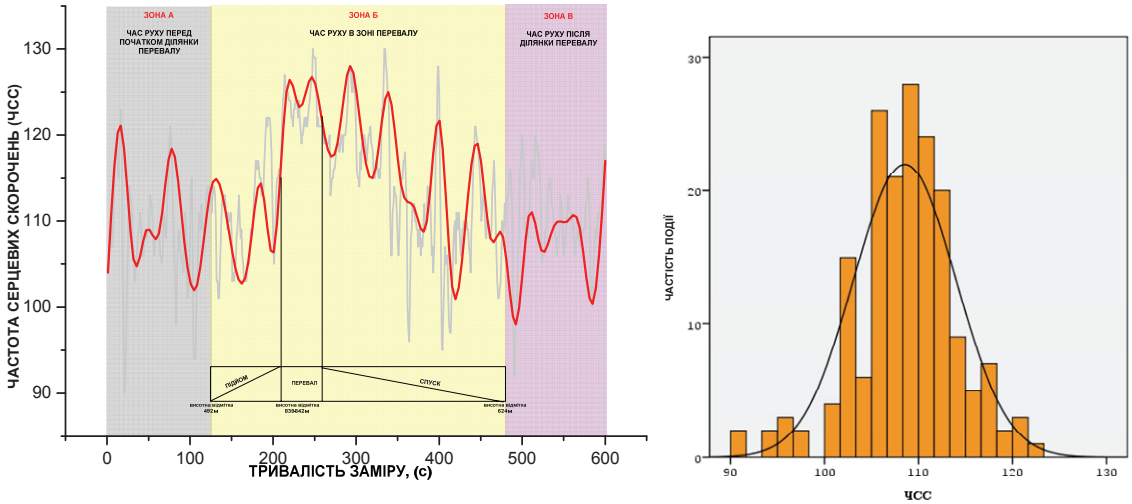
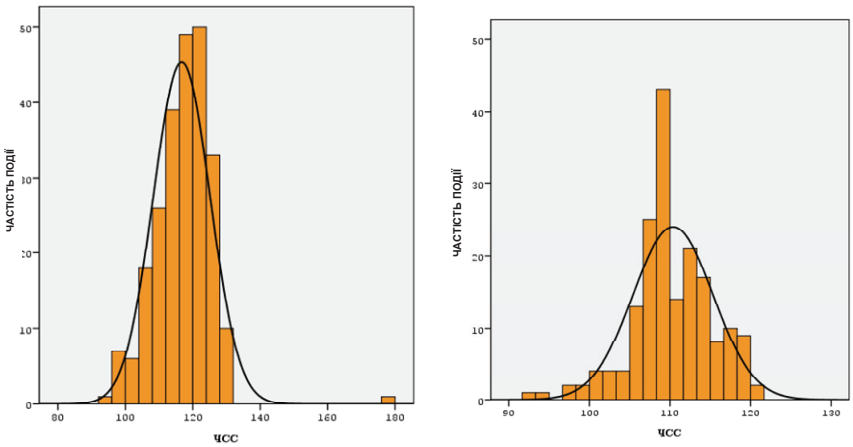


Рис. 1. Моніторинг ЧСС з гістограмою її інтервального розподілу у спокійному стані

У даній статті проаналізовано зміну ЧСС для ділянки автомобільної дороги М06 в районі перевалу на межі Львівської та Закарпатської областей. За критерій оцінки прийнято ту ж величину висотних відміток при різній тривалості часу керування транспортним засобом до в'їзду в зону перевалу. У 10 дослідженнях водій перебував за кермом 1 годину (аналіз моніторингу подано на рис. 2), а в інших 10-ти 6 годин (аналіз моніторингу на рис. 3).



а)

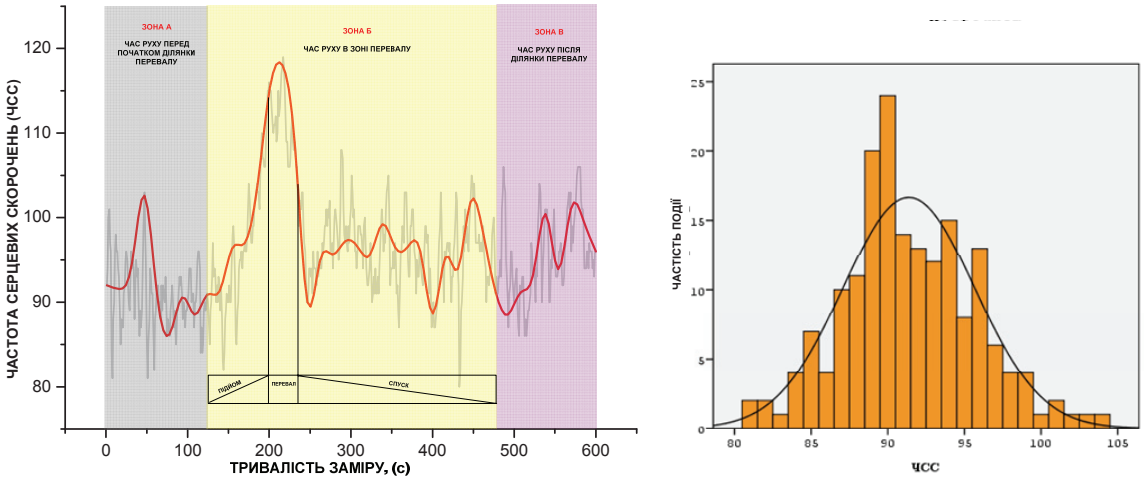


б) *в)*

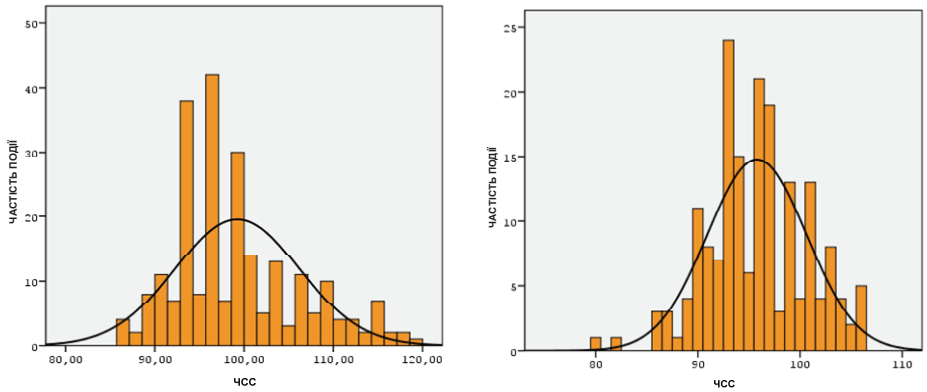
Рис. 2. Моніторинг ЧСС водія з попереднім перебуванням за кермом 1 годину та гістограми її інтервального розподілу:

а — рух перед зоною перевалу (середньозважена ЧСС 108 ударів за хвилину);
б — рух в зоні перевалу (середньозважена ЧСС 116 ударів за хвилину);
в — рух після зони перевалу (середньозважена ЧСС 110 ударів за хвилину)

При вході в зону перевалу зі сторони Закарпатської області висотні відмітки проїзної частини знаходяться в межах величини 492–495 метрів над рівнем моря. Висота найвищої точки перевалу — 841 м. Висотна відмітка завершення ділянки перевалу на території Львівської області має величину 624–625 м.



а)



б) *в)*

Рис. 3. Моніторинг ЧСС водія з попереднім перебуванням за кермом 6 годин та гістограми її інтервального розподілу:

а — рух перед зоною перевалу (середньозважена ЧСС 91 ударів за хвилину);
б — рух в зоні перевалу (середньозважена ЧСС 99 ударів за хвилину);
в — рух після зони перевалу (середньозважена ЧСС 95 ударів за хвилину)

Аналізуючи рисунки 1, 2 та 3, можна зробити висновок:

– різке збільшення висотних відміток (значний ухил на підйомі), відповідно, зміна атмосферного тиску, мають вплив, проте на 12–15% менший, ніж при меншому терміні часу керування транспортним засобом;

– стабілізація ЧСС із настанням втоми проходить істотно швидше, отже, будь-який потік інформації і реакція на неї від зміни умов руху та стану навколишнього середовища, не є довготривалою;

– на ділянках в зоні перевалів необхідно встановлювати потужні джерела зовнішньої інформативності (підвищувати яскравість облямівки дорожніх знаків, яскравість дорожньої розмітки, збільшувати розміри знаків тощо) для піднесення рівня емоційного стану водія.

Порівняння графіків ЧСС для стану спокою, роботи за кермом до 1 години і до 6 годин (рис. 4) дає інформацію про суттєву відмінність проходження фізіологічних процесів (суттєва відмінність величини ЧСС, зміна періоду її стабілізації тощо) в організмі водія, що містить значну небезпеку при русі, особливо при збільшенні інтенсивностей руху, щільності транспортного потоку, а, відповідно, і зменшення безпечних інтервалів.

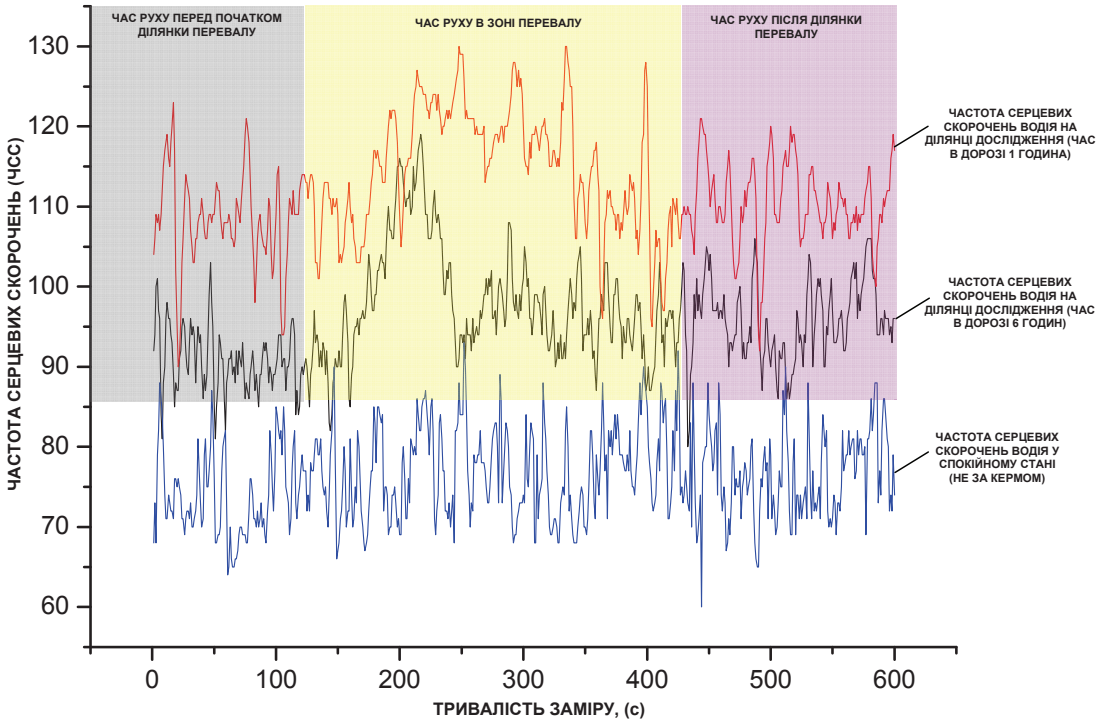


Рис. 4. Емоційний стан водія транспортного засобу за різних режимів роботи на проїзній частині в умовах висотної поясності та у стані спокою

Висновки

Продовження роботи у даному напрямку шляхом збільшення кількості досліджень, дасть можливість проаналізувати вплив групи факторів, які сприяють підвищенню сенсорно-моторної діяльності водія, а, відповідно, і стійкості системи ВАДС, серед яких:

– дорожньо-планувальні;
– первинні показники транспортного потоку;
– якість інформаційного забезпечення учасників дорожнього руху;
– регламентування і нормування часу управління транспортними засобами тощо.

Список літератури

1. Лобанов Е. М. Проектирование дорог и организация движения с учетом психофизиологии водителя/Лобанов Е.М.— М.: Транспорт, 1980.— 311 с.

2. Поліщук В. П. Інформаційне забезпечення учасників дорожнього руху: навчальний посібник/В.П. Поліщук, Н.Т. Кунда.— К.: ІЗМН, 1998.— 132 с.

3. Сильянов В.В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц: учебник для студ. высш. учебн. заведений/В.В. Сильянов, Э.Р. Домке.— М.: ИЦ «Академия», 2008.— 352 с.

4. Клебельсберг Д. Транспортная психология/Д. Клебельсберг.— М.: Транспорт, 1989.— 366 с.

5. Шульгин В.И. Система холтеровского мониторирования КардиоСенс/В.И. Шульгин.— Х.: ХАИ, 2006.— 124 с.

Аннотация. *В статье приведен анализ исследований частоты сердечных сокращений у водителя во время управления автомобилем на проезжей части в горных условиях при разной длительности управления транспортным средством до и после момента пересечения наивысшей точки (перевала). Результатом исследований является определение момента наступления усталости у водителя, вызванного действием постоянного повышенного эмоционального напряжения.*

Abstract. *In the article the analysis of researches of frequency of heart-throbs is resulted for a driver during a drive on travel part in mountain terms at different duration of management a transport vehicle to and after the moment of crossing of the highest point (to the mountain pass). The result of researches is determination of moment of offensive of fatigue for a driver, caused the action of permanent emotional overvoltage.*

Стаття надійшла до редакції 21.09.2010 р.

УДК 347.763

КАЛИНИН А.В., ст. преподаватель,
Донецкая академия автомобильного транспорта

ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ МЕЛКОШТУЧНЫХ ПАКЕТИРОВАННЫХ ГРУЗОВ

Проведен анализ критериев эффективности перевозки легковесных пакетированных грузов, а также существующих технических разработок специального дополнительного оборудования при перевозке мелко-штучных пакетированных грузов. Предложено новое техническое решение с целью повышения производительности транспортного средства.

Постановка проблемы

В настоящее время происходит развитие предприятий участвующих в процессе производства различного рода продукции, что приводит к увеличению объемов перевозимого товара от производителя к получателю, тем самым вовлекая многочисленное количество факторов в сферу перемещения. Естественно, с увеличением объемов производства целевой задачей производителя и перевозчика в одном лице, является повышение производительности транспортного комплекса с наименьшими переменными и постоянными затратами.

Данная проблема неразрывно связана с выявлением целей и задач по выбору критериев (параметров) эффективности транспортной системы как на макро, так и на микро уровне, а также факторов, влияющих на производительность транспортных средств.

Для разрешения проблемы повышения производительности транспортных средств и транспортного комплекса в целом, необходимо более глубоко рассматривать характер влияния качественных и количественных технико-эксплуатационных показателей технологического процесса в зависимости от типа, вида и класса груза, с применением различных мероприятий.

Для правильного решения этой задачи необходимо знать, какова степень влияния параметров перевозочного процесса на производительность транспортных средств и методы повышения производительности транспортного средства [1,2].

Анализ последних исследований и публикаций

Анализ литературных источников показывает, что данному вопросу отводится достаточно большое внимание. Определенный научный интерес представляют разработки и опыт таких дисциплин, как: организация грузовых перевозок, логистика, экономика перевозок, а также опыт на других видах транспорта (например, железнодорожном, воздушном).

Данному вопросу уделили большое внимание такие авторы, как: Геронимус Б.Л., Николин В.И., Воркут А.И., Афанасьев Л.Л., Ходош М.С.

Качеством транспортного процесса является работа автомобильного транспорта, которая непосредственно оценивается технико-эксплуатационными показателями [1]. Анализ литературных источников свидетельствует, что существующие закономерности работы автотранспорта в системах распределения товаров, отображают влияние технико-эксплуатационных показателей на производительность автомобиля и себестоимость перевозок [1,2]. С увеличением роста выпуска продукции как в сфере производства, так и в транспортной сфере такие экономические критерии эффективности как: затраты, прибыль, себестоимость нашли самое широкое распространение при изучении организации планирования грузовых перевозок. Зависимость производительности и себестоимости перевозок от технико-эксплуатационных показателей (расстояние перевозок, скорость техническая, время погрузки-разгрузки, номинальная грузоподъемность, коэффициент использования пробега, коэффициент использования грузоподъемности) [1,2] характеризуют влияние отдельного показателя работы автотранспорта при неизменных значениях других показателей. Случаем является зависимость себестоимости перевозок от грузоподъемности и степени ее использования (значение коэффициента использования грузоподъемности). С увеличением коэффициента использования грузоподъемности с 0,5 до 1,0, можно повысить производительность в 2 раза, а также применение прицепов или дополнительного оборудования, позволяющего осуществлять погрузку в два яруса, позволит повысить общую грузоподъемность транспортного средства в 3–3,5 раза, а значит является одним из важнейших показателей, определяющих производительность подвижного состава [1,2].

Повышения производительности перевозки грузов за счет повышения коэффициента использования грузоподъемности можно достичь с применением жесткой тары, что увеличит вес брутто и себестоимость груза, также в данном случае можно использовать стоечные поддоны, что повлечет необходимость возврата тары и дополнительные транспортные расходы. При перевозке мелкоштучных пакетированных грузов в полужесткой таре, когда размещение пакетов в несколько ярусов повлечет за собой нарушение целостности тары и повреждение груза, существует необходимость в повышении коэффициента использования грузоподъемности подвижного состава. Известно применение подвижного состава с боковой погрузкой пакетов на стационарные полки, однако такой подвижной состав является узкоспециализированным. Известно применение в данных целях специализированных кузовов-фургонов для перевозки пакетированных грузов, содержащих размещенное в два яруса направляющее устройство для горизонтального перемещения груза [3] и кузова-фургоны с устройствами для горизонтального перемещения груза по направляющим и использование силовых цилиндров для вертикального перемещения [4,5]. Недостатками данных устройств является их значительная сложность, трудоемкость изготовления, материалоемкость, дороговизна, а также неэффективность использования полезной вместимости подвижного состава, относительно большое время погрузки-разгрузки и отсутствие фиксирующих устройств для подвижных контейнеров при транспортировке. Известно применение контейнеров [6] с использованием опорной площадки в виде трех шарнирно-соединенных частей, которые, перемещаясь горизонтально, имеют возможность раскладываться. Недостатком данной конструкции является возможность применения на малотоннажных контейнерах для ограниченного списка грузов.

Цель статьи

Для разрешения проблемы повышения производительности транспортных средств и транспортного комплекса в целом, необходимо более глубоко рассматривать характер влияния качественных и количественных технико-эксплуатационных показателей технологического процесса в зависимости от типа, вида и класса груза, с применением различных мероприятий. Под мероприятиями подразумевается как разработка, внедрение, так и использование допол-

нительного оборудования, направленных на увеличение провозной способности (фактической загрузки кузова) транспортных средств с минимальными издержками в условиях привлечения дополнительных капиталовложений, при этом не меняя основных геометрических параметров кузова и целевого его предназначения.

Изложение основного материала

Сложность оценки эффективности использования подвижного состава заключается в том, что автомобильный транспорт перевозит самые различные грузы и подвижной состав работает в самых разнообразных условиях [7].

Анализируя труды авторов [7–14] при определении эффективности производственных процессов применяются стоимостные затраты, а для подвижного состава в заданных условиях эксплуатации сравнительная эффективность определяется величиной приведенных затрат на перевозку [8, 9, 10] и среднегодовая производительность автомобиля, в результате чего можно сделать вывод, что приведенные затраты на перевозку грузов существенно зависят от номинальной грузоподъемности подвижного состава и коэффициента использования грузоподъемности, непосредственно влияющую на производительность подвижного состава [7–14]:

$$P_{дн} = \frac{q_н \cdot \gamma \cdot \beta_ї \cdot V_т \cdot l_{в.ї}}{l_{в.ї} + \beta_ї \cdot V_т \cdot t_{н-р}} \quad (ткм), \qquad (1)$$

где $q_н$ — номинальная грузоподъемность автомобиля, т;

y — динамический коэффициент использования грузоподъемности автомобиля;

β — коэффициент использования пробега;

$V_т$ — техническая скорость подвижного состава, км/ч;

l — расстояние перевозок, км;

$t_{н-р}$ — время погрузки-разгрузки, ч.

Представленные аналитические модели широко использовались при планировании и анализе работы подвижного состава, а полученные результаты распространялись в целом и на системы другого вида без учета того факта, что проф. С.Р. Лейдерман в своих трудах указывал, что зависимости (1.1) и (1.2) разработаны на примере маятникового маршрута с обратным не гружёным пробегом и не учитывают особенностей эксплуатации на других типах маршрутов. К этому следует добавить, что методологической основой разработок явилось представление о том, что транспортный процесс является монотонно изменяющимся, что не соответствует реальной эксплуатации подвижного состава в микросистемах.

Созданный таким образом математический аппарат достаточно хорошо описывает транспортный процесс, но только в особо малых системах [7]. Применение его для других систем может приводить к значительным ошибкам. Это связано с тем, что данный аппарат не учитывает изменения продолжительности времени пребывания в наряде у каждого последовательно выходящего на линию автомобиль и фактической загрузки, влияющей на продолжительность времени погрузки-разгрузкия, а следовательно, и числа ездок, которое будет переменной величиной. Кроме того, время пребывания транспортного средства в наряде отождествляется с временем функционирования системы, что имеет принципиальное различие в других системах. Транспортный процесс согласно этим моделям является непрерывным, хотя на самом деле, как это будет видно при дальнейшем изложении, он является дискретным. Поэтому применение моделей в практике планирования и анализа изменения эффективности подвижного состава и систем другого типа — это одна из причин несоответствия расчетных планов фактической работе [7].

Номинальная грузоподъемность каждой транспортной единицы $q_н$ устанавливается заводом-изготовителем. Это один из важнейших показателей, определяющих производительность

подвижного состава [7]. Номинальная грузоподъемность — величина постоянная, но в зависимости от того, как используются транспортные средства, она может быть переменной [7–14]. Но это именно статистическая величина, получаемая на какой-то данный определенный момент времени [7]. Автору не удалось детально (в полном объеме) проанализировать все возможные свойства данного показателя, и отдельные выводы имеют недостаточно подтверждающего их материала исследований, а именно, что закономерность изменения $q_н$ установить невозможно.

Но однако ее величиной можно и нужно управлять, так как от этого зависят выполнение плана перевозок и удельный расход топлива.

Вот почему важно в первую очередь интенсивно использовать автомобили повышенной грузоподъемности или применять технические средства и оборудования, позволяющие увеличивать полезную загрузку транспортного средства, максимально используя площадь кузова при небольших коэффициентах использования грузоподъемности при перевозке мелко-штучных пакетированных грузов [8–14].

С точки зрения экономической эффективности повышение коэффициента использования грузоподъемности можно обеспечить применением специализированного подвижного состава со складывающимися полками для перевозки мелко-штучных пакетированных грузов. Применение специализированного подвижного состава и специального оборудования, приспособленного для перевозок различных видов грузов, позволяет более эффективно организовать транспортный процесс — уменьшить количественные и качественные потери груза в процессе перевозки.

Применение специализированного подвижного состава и специального оборудования, приспособленного для перевозок различных видов грузов, позволяет более эффективно организовать транспортный процесс — уменьшить количественные и качественные потери груза в процессе перевозки, снизить трудоемкость погрузки и разгрузки, исключить некоторые дополнительные операции, выполняемые при перевозке, уменьшить затраты на тару, улучшить санитарно-гигиенические условия и повысить безопасность движения.

Учитывая тот фактор, что пакетированные грузы в основном имеют низкий коэффициент использования грузоподъемности, в перевозочном процессе перевозчики стремятся использовать дополнительное оборудование и технические средства, позволяющие максимизировать загрузку транспортных средств с минимальными издержками с целью уменьшения себестоимости и увеличения производительности.

С целью обеспечения удобства загрузки, выгрузки и сохранности груза и повышения γ в 2 раза (но не более 1.0) предлагается использование специализированного подвижного состава с применением дополнительного оборудования, а именно — со складывающимися полками для перевозки мелко-штучных пакетированных грузов [15].

Рассматривая модель производительности транспортного средства с учетом применениям дополнительного оборудования на маятниковых маршрутах можно выделить такие основные параметры перевозочного процесса как: x_1- номинальная грузоподъемность автомобиля ($q_н$), т; x_2- коэффициент использования грузоподъемности автомобиля (y); x_3- время погрузки-разгрузки ($t_{н-р}$), час. Если мелко-штучный пакетированный груз относится к классу груза с низким коэффициентом использования грузоподъемности и общая масса груза и дополнительного оборудования не привышает номинальную грузоподъемность транспортного средства, то скорость техническую до и после применения дополнительного оборудования, принимаем постоянной, так как потеря мощности двигателя современных автомобилией в современных условиях не значительная. Такими факторами как: коэффициент использования пробега и груженный пробег, пренибригаем, так как рассматривается малая система (маятниковый маршрут).

Таким образом, производительность транспортного средства с применением дополнительного оборудования представим в виде:

$$W_i = f(x_1, x_2, x_3), \ (i = 1, 3) \qquad (2)$$

Рис. 1. Алгоритм эффективности использования оборудования при перевозке мелко-штучных пакетированных грузов

С целью дальнейшего изучения влияния технико-экономичесских показателей на эффективность использования оборудования при перевозке легковесных мелко-штучных пакетированных грузов предложим следующий алгоритм (рис.1).

С целью экономической оценки внедрения дополнительного оборудования, предпологающий дополнительные капиталовложения, предложим алгоритм экономического анализа инвестиционного проекта, с целью конечной оценки эффективности предложенных мероприятий по повышению производительности транспортного средства при перевозке мелко-штучных пакетированных грузов (рис.2).

Выводы

Рассмотрены и проанализированы методы оценки эффективности роботы автотранспортных средств. Проведен анализ степени влияния параметров перевозочного процесса и выделены основные факторы, влияющие на производительность транспортных средств при перевозке мелко-штучных пакетированных грузов. Проведен анализ существующих технических и технологических решений конструкций транспортных средств и дополнительного оборудования при перевозке мелко-штучных пакетированных грузов. Выявлены достоинства и недостатки существующих конструкций и предложена новая, с целью повышения производительности транспортного средства. Разработан алгоритм эффективности использования и алгоритм экономической оценки внедрения дополнительного оборудования при перевозке мелко-штучных пакетированных грузов.

Рис. 2. Алгоритм экономической оценки внедрения дополнительного оборудования при перевозке мелко-штучных пакетированных грузов

Список литературы

1. Воркут А.И. Грузовые автомобильные перевозки. — К.: Вища школа, 1986. — 447 с.

2. Грузовые автомобильные перевозки / Ходош М.С. — М.: Транспорт, 1980. — 270 с.

3. Авторское свидетельство СССР № 510 399, кл. В 60 Р 1/24.

4. Авторское свидетельство СССР № 660 865, кл. В 60 Р 1/46.

5. Авторское свидетельство СССР № 806 494, кл. В 60 Р 1/44, В 60 Р 3/00

6. Авторское свидетельство СССР № 574 361, кл. В 65 D 19/02 Авторское свидетельство СССР № 806 494. кл. В 60 Р 1/44.

7. Николин В.И. Автотранспортный процесс и оптимизация его элементов. –М.:Транспорт, 1990.— 191 с.

8. Дегтярев Г.Н. Контейнерные и пакетные перевозки грузов автомобильным транспортом/Г.Н. Дегтярев, М.Б. Островский. — М.: Автотрансиздат, 1961. — 320 с.

9. Решетников Б.В. и др. Передовые методы грузовых автомобильных перевозок. — К.: Техніка, 1978. — 168 с.

10. Воркут А.И. Грузовые автомобильные перевозки (Основы теории транспортного процесса). — К.: Вища школа. — 1979. — 392 с.

11. Воркут А.И. Грузовые автомобильные перевозки. — К.:Вища школа, 1986. — 447 с.

12. Афанасьев Л.Л. и др. Единая транспортная система и автомобильные перевозки. — М.:Транспорт, 1984. — 333с.

13. Автомобильные перевозки / Афанасьев Л.Л. и др. М.:Изд-во «Транспорт, 1973. — 320 с.

14. Грузовые автомобильные перевозки / Ходош М.С. — М.:Транспорт, 1980. — 270 с.

15. Патент на винахід № 81 681. Контейнер для транспортування і збереження вантажів. МПК (2006), кл. B65D 90/00, B65D 88/00.

Анотація. *Проведено аналіз критеріїв ефективності перевезень дрібно-штучних пакетованих вантажів, а також існуючих технічних розробок спеціального додаткового обладнення під час перевезення дрібно-штучних пакетованих вантажів. Запропоновано нове технічне рішення з метою підвищення продуктивності транспортного засобу.*

Abstract. *The analysis of criteria of efficiency of transportation of easily-vesnyh packaged cargoes, and also existing technical workings out of the special additional equipment is carried out at transportation of the piece packaged cargoes. It is offered new technical decisions for the purpose of increase of productivity of a vehicle.*

Стаття надійшла до редакції 29.09.2010 р.

УДК 004.934.1'1

ЛАРИН В.Ю., д. т. н., Национальный авиационный университет;
ФЕДОРОВ Е.Е., к. т. н., Донецкая академия автомобильного транспорта

МЕТОДИКА СИНТЕЗА ФОРМ СЛОВ

В данной статье излагается методика синтеза форм слов, включающая в себя формальное представление языковых конструкций, присвоение им количественных оценок, закрепление взаимосвязей между элементами синтеза форм слов, разработку структуры синтеза форм слов, формирование структуры нейросети, реализующей правила синтеза форм слов, разработку процедуры обучения.

Постановка проблемы

В настоящее время актуальной становится разработка систем поддержки принятия решений (СППР) для управления транспортом. При создании таких СППР возникает задача синтеза вербальных сообщений водителю. Для выработки этих сообщений необходимо осуществить моделирование процесса словоизменения, которое базируется на правилах формирования форм слов.

Анализ последних исследований и публикаций

Анализ последних достижений и публикаций [1–4], посвященных этой проблеме, позволяет сделать вывод, что эти модели синтеза и анализа форм слов не учитывают морфонологические преобразования и не используют количественные оценки языковых структур.

Нерешенным является вопрос, связанный с созданием методики синтеза форм слов, базирующейся на правилах словоизменения русского языка.

Цель статьи

Целью настоящей работы является формирование методологических положений синтеза форм слов.

Основной материал

В данной статье излагается методика синтеза форм слов, включающая в себя:
1) Формальное представление языковых конструкций
2) Присвоение им количественных оценок
3) Закрепление взаимосвязей между элементами синтеза форм слов
4) Разработку структуры синтеза форм слов
5) Формирование структуры нейросети, реализующей правила синтеза форм слов.
6) Разработку процедуры обучения.

1. Формальное представление языковых конструкций

При синтезе форм слов осуществляется формальное представление следующих языковых конструкций ($s=1$ — если буква, $s=2$ — если фонема):

– частей речи $H_i, i \in \overline{1,\eta(\mathbf{H})}$

– наборов морфологических признаков $\overline{Z1}_j, j \in \overline{1,\eta(\overline{\mathbf{Z1}})}$

– слов $\overline{C}_r^s, r \in \overline{1,\eta(\overline{\mathbf{C}}^s)}$;

– основ слов $\overline{\Lambda}_q^s, q \in \overline{1,\eta(\overline{\Lambda}^s)}$;

– форм основ слов $\overline{\hat{\Lambda}}_q^s, q \in \overline{1,\eta(\overline{\hat{\Lambda}}^s)}, \overline{\tilde{\Lambda}}_q^s, q \in \overline{1,\eta(\overline{\tilde{\Lambda}}^s)}$, полученных при линейных и нелинейных морфонологических преобразованиях;

– неосновных частей слов $\overline{V}_u^s, \overline{u \in 1,\eta(\overline{V}^s)}$;

– словоизменительных аффиксов (суффиксов $\overline{Б}_p^{s1}$, флексий $\overline{Б}_p^{s2}$, постфиксов $\overline{Б}_p^{s3}$, где $p \in \overline{1,\eta(\overline{\mathbf{Б}}^{sk})}, k \in \overline{1,5}$) и их наборов $\overline{Б1}_p^s, p \in \overline{1,\eta(\overline{\mathbf{Б1}}^s)}$;

– усекаемых / наращиваемых $\overline{\hat{\Delta}}_w^{s1} / \overline{\hat{\Delta}}_w^{s2}, w \in \overline{1,\eta(\overline{\hat{\Delta}}^{sk})}, k \in \overline{1,2}$ и чередующихся $\overline{\tilde{\Delta}}_v^{s1} / \overline{\tilde{\Delta}}_v^{s2}, v \in \overline{1,\eta(\overline{\tilde{\Delta}}^{sk})}, k \in \overline{1,2}$ буквенных и фонемных последовательностей и их наборов $\overline{\hat{\Delta}1}_w^s, w \in \overline{1,\eta(\overline{\hat{\Delta}\mathbf{1}}^s)}, \overline{\tilde{\Delta}1}_v^s, v \in \overline{1,\eta(\overline{\tilde{\Delta}1}^s)}$, участвующих в линейных и нелинейных морфонологических преобразованиях основ слов;

– форм слов $\overline{\Omega}_l^s, l \in \overline{1,\eta(\overline{\Omega}^s)}$.

2. Присвоение языковым конструкциям количественных оценок

Языковым конструкциям присваиваются количественные оценки в виде:
а) рангов — $r(H_i)$;

б) информационных мер, сформированных на основе рангов,— $M(\overline{C}_r^s), M(\overline{V}_u^s), M(\overline{\Lambda}_q^s), M(\overline{\tilde{\Lambda}}_q^s), M(\overline{\hat{\Lambda}}_q^s), M(\overline{\Omega}_l^s)$ в виде

$$M(\overline{\xi}^s) = \left\| \mu(\overline{\xi}^s) \right\| = \sum_{t=1}^{|\overline{\xi}^s|} \left(r(\xi_t^s) * 2^{(|\overline{\xi}^s|-t)n} \right);$$

в) информационных мер, сформированных из информац ионных мер — $M(\overline{Z1}_j), M(\overline{\tilde{\Delta}1}^s_v), M(\overline{\hat{\Delta}1}^s_w), M(\overline{Б1}^s_p)$ в виде

$$M(\overline{\xi 1}^s) = \left\| \mu(\overline{\xi 1}^s) \right\| = \sum_{t=1}^{|\overline{\xi 1}^s|} \left(M(\overline{\xi 1}^s_t) * 2^{(|\overline{\xi 1}^s|-t)n} \right),$$

где n — количество бит, приходящихся на один элемент анализа форм слов; $|\overline{\xi}^s|, |\overline{\xi 1}^s|$ — длина элемента анализа форм слов; t — номер компонента $\overline{\xi}^s, \overline{\xi 1}^s$.

3. Закрепление взаимосвязей между языковыми конструкциями

Для закрепления взаимосвязей между языковыми конструкциями вводятся:

а) матрица бинарных отношений $\Gamma(\overline{\mathbf{C}}^s, \overline{\Omega}^s)$

$$\Gamma(\overline{\mathbf{C}}^s, \overline{\Omega}^s) = \| \Gamma(\overline{C}^s_r, \overline{\Omega}^s_l) \|,$$

$$M(\overline{C}^s_{r-1}) \prec M(\overline{C}^s_r) \prec M(\overline{C}^s_{r+1}), M(\overline{\Omega}^s_{l-1}) \prec M(\overline{\Omega}^s_l) \prec M(\overline{\Omega}^s_{l+1}),$$

$$\forall \overline{C}^s_r \wedge \overline{\Omega}^s_l \;\; \exists \Gamma(\overline{C}^s_r, \overline{\Omega}^s_l) = \begin{cases} 1, & \text{для } \overline{C}^s_r \text{ существует } \overline{\Omega}^s_l \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}, s \in \overline{1,2}.$$

б) матрица бинарных отношений $\Gamma(\mathbf{H}, \overline{\Omega}^s)$

$$\Gamma(\mathbf{H}, \overline{\Omega}^s) = \| \Gamma(H_i, \overline{\Omega}^s_l) \|$$

$$r(H_{i-1}) \prec r(H_i) \prec r(H_{i+1}), M(\overline{\Omega}^s_{l-1}) \prec M(\overline{\Omega}^s_l) \prec M(\overline{\Omega}^s_{l+1}),$$

$$\forall H_i \wedge \overline{\Omega}^s_l \;\; \exists \Gamma(H_i, \overline{\Omega}^s_l) = \begin{cases} 1, & \text{для } H_i \text{ существует } \overline{\Omega}^s_l \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}, s \in \overline{1,2}.$$

в) матрица бинарных отношений $\Gamma(\mathbf{H}, \overline{\mathbf{V}}^s)$

$$\Gamma(\mathbf{H}, \overline{\mathbf{V}}^s) = \| \Gamma(H_i, \overline{V}^s_u) \|,$$

$$r(H_{i-1}) \prec r(H_i) \prec r(H_{i+1}), M(\overline{V}^s_{u-1}) \prec M(\overline{V}^s_u) \prec M(\overline{V}^s_{u+1}),$$

$$\forall H_i \wedge \overline{V}^s_u \;\; \exists \Gamma(\overline{H1}_n, \overline{V1}^s_u) = \begin{cases} 1, & \text{для } H_i \text{ существует } \overline{V}^s_u \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}, s \in \overline{1,2}.$$

г) матрица бинарных отношений $\Gamma(\mathbf{H},\overline{\mathbf{Б1}}^s)$

$$\Gamma(\mathbf{H},\overline{\mathbf{Б1}}^s)=\|\Gamma(H_i,\overline{Б1}_p^s)\|,$$

$$r(H_{i-1})\prec r(H_i)\prec r(H_{i+1}),M(\overline{Б1}_{p-1}^s)\prec M(\overline{Б1}_p^s)\prec M(\overline{Б1}_{p+1}^s),$$

$$\forall H_i\wedge\overline{Б1}_p^s\ \ \exists\Gamma(H_i,\overline{Б1}_p^s)=\begin{cases}1, & \textit{для } H_i \textit{ существует } \overline{Б1}_p^s\\ 0, & \textit{иначе}\end{cases},s\in\overline{1,2}.$$

д) матрица бинарных отношений $\Gamma(\mathbf{H},\overline{\mathbf{Z1}})$

$$\Gamma(\mathbf{H},\overline{\mathbf{Z1}})=\|\Gamma(H_i,\overline{Z1}_j)\|,$$

$$r(H_{i-1})\prec r(H_i)\prec r(H_{i+1}),M(\overline{Z1}_{j-1})\prec M(\overline{Z1}_j)\prec M(\overline{Z1}_{j+1}),$$

$$\forall H_i\wedge\overline{Z1}_j\ \ \exists\Gamma(H_i,\overline{Z1}_j)=\begin{cases}1, & \textit{для } H_i \textit{ существует } \overline{Z1}_j\\ 0, & \textit{иначе}\end{cases}.$$

д) матрица бинарных отношений $\Gamma(\overline{\mathbf{Z1}},\overline{\mathbf{Б1}}^s)$

$$\Gamma(\overline{\mathbf{Z1}},\overline{\mathbf{Б1}}^s)=\|\Gamma(\overline{Z1}_j,\overline{Б1}_p^s)\|,$$

$$M(\overline{Z1}_{j-1})\prec M(\overline{Z1}_j)\prec M(\overline{Z1}_{j+1}),M(\overline{Б1}_{p-1}^s)\prec M(\overline{Б1}_p^s)\prec M(\overline{Б1}_{p+1}^s),$$

$$\forall\overline{Z1}_j\wedge\overline{Б1}_p^s\ \ \exists\Gamma(\overline{Z1}_j,\overline{Б1}_p^s)=\begin{cases}1, & \textit{для } \overline{Z1}_j \textit{ существует } \overline{Б1}_p^s\\ 0, & \textit{иначе}\end{cases},s\in\overline{1,2}.$$

д) матрица бинарных отношений $\Gamma(\overline{\mathbf{Z1}},\bar{\Omega}^s)$

$$\Gamma(\overline{\mathbf{Z1}},\bar{\Omega}^s)=\|\Gamma(\overline{Z1}_j,\bar{\Omega}_l^s)\|,$$

$$M(\overline{Z1}_{j-1})\prec M(\overline{Z1}_j)\prec M(\overline{Z1}_{j+1}),M(\bar{\Omega}_{l-1}^s)\prec M(\bar{\Omega}_l^s)\prec M(\bar{\Omega}_{l+1}^s),$$

$$\forall\overline{Z1}_j\wedge\bar{\Omega}_l^s\ \ \exists\Gamma(\overline{Z1}_j,\bar{\Omega}_l^s)=\begin{cases}1, & \textit{для } \overline{Z1}_j \textit{ существует } \bar{\Omega}_l^s\\ 0, & \textit{иначе}\end{cases},s\in\overline{1,2}.$$

4. Разработка структуры синтеза форм слов

На основе формализации, количественного оценивания и закрепления взаимосвязи языковых конструкций разработана структура синтеза форм слов (рис. 1).

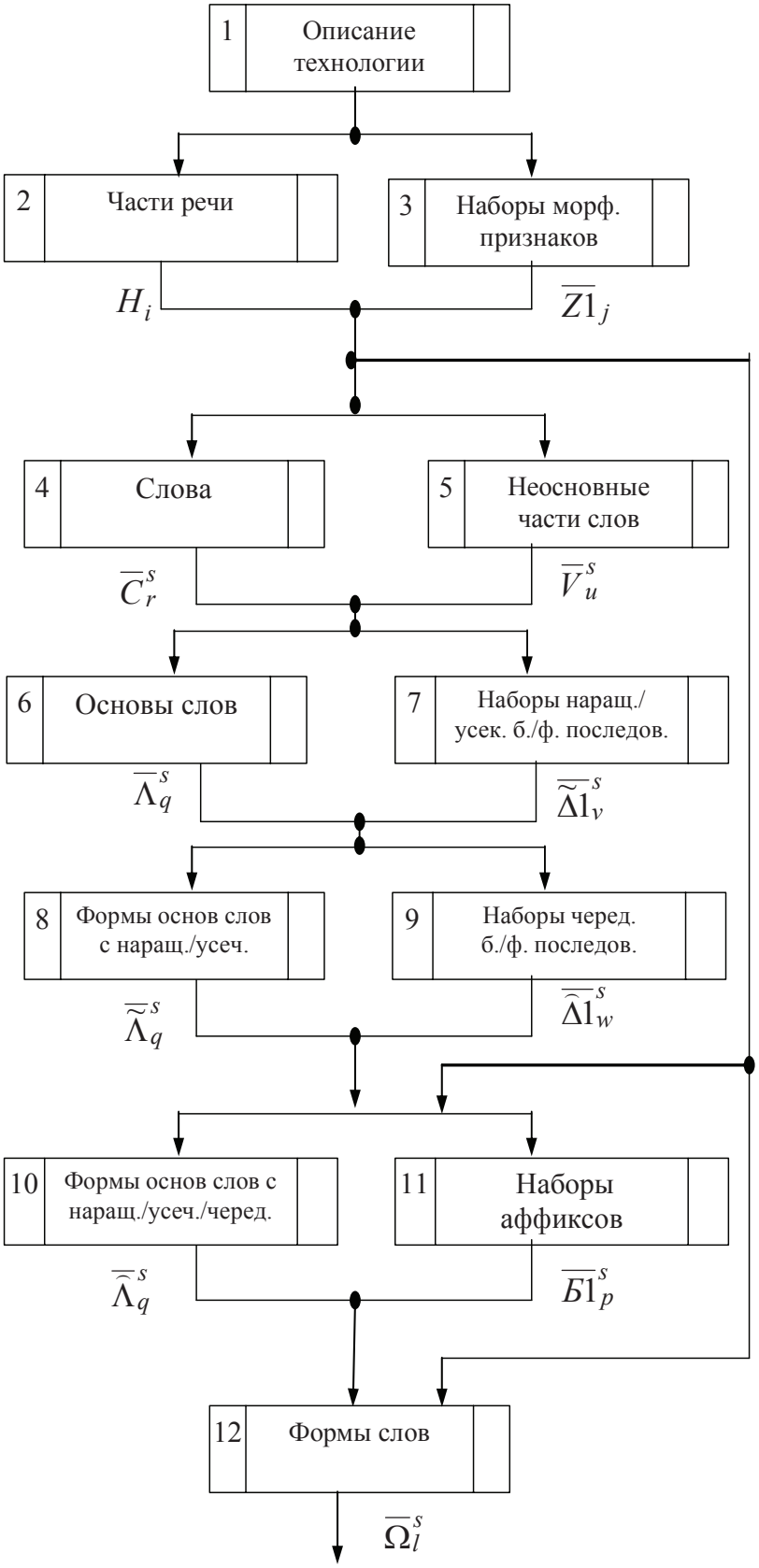


Рис. 1. Структурная детализация синтеза форм слов

Технологическая карта (блок 1) содержит в себе задания на все уровни управления производством и характеризуется определенным набором слов, который уже, чем общий словарь русского языка. Конструирование форм слов, описывающих технологические агрегаты и операции над ними, происходит следующим образом. Из слов (блок 4), согласно части речи слова (блок 2) и набора морфологических признаков (блок 3), выделяется основа (блок 6) путем усечения неосновной части (блок 5). Эта основа преобразуется к своим формам (блоки 8, 10) посредством наборов наращиваемых/усекаемых (блок 7) и чередующихся (блок 9) буквенно/фонемных последовательностей. К полученной форме основы добавляется набор словоизменительных аффиксов (блок 11) в соответствии с частью речи (блок 2) формы слова (блок 12).

5. Разработка структуры нейросети, реализующей правила синтеза форм слов

На основе разработанной структуры синтеза слов создана нейронная сеть синтеза форм слов (рис. 2) — пятислойная полносвязная с прямыми связями. В первом осуществляется выделение основ слов путем отсечения неосновной части. Во втором — преобразование основ с учетом линейных морфонологических преобразований. В третьем — преобразование основ с учетом нелинейных морфонологических преобразований. В четвертом — формирование формы слова путем добавления к основе набора словоизменительных аффиксов. В пятом — формирование множества форм слов, непосредственно порожденных от входного слова (словоизменительная парадигма).

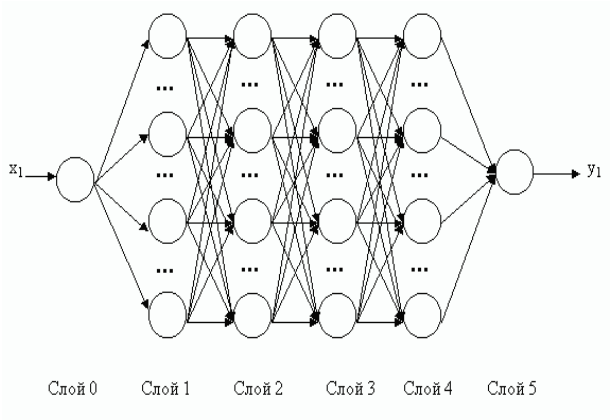


Рис. 2. Нейронная сеть синтеза форм слов

6. Процедура обучения нейросети

После формирования структуры сети произведено ее обучение, заключающееся в закреплении установившихся ассоциативных связей для данной технологической карты путем настройки весовых коэффициентов. Наиболее вероятная цепочка характеризуется самыми высокими весовыми коэффициентами. Процедура обучения сети состоит из инициализации, прямого и обратного хода. В процедуре обучения используются операции $\circ$ — усечение справа, $\Diamond$ — конкатенация, *mod* — деление по модулю.

1. Инициализация

Производится инициализация весов связей.

$$w_{ij}^{(t)} = 1, t \in \overline{1,6}.$$

2. Прямой ход

Первый слой состоит из $\eta(\overline{\mathbf{V}}^s)$ нейронов, соответствующих информационной мере неосновной части слова $M(\overline{V}_j^s)$. В этом слое вычисляется информационная мера основы слова, используя функцию активации

$$M(x_j^{(1)}) = f_1(M(x_1^{(0)}), M(\overline{V}_j^s)) = w_{1j}^{(1)} \cdot (M(x_1^{(0)}) \circ M(\overline{V}_j^s)),$$

где $j \in \overline{1, N^{(1)}}, N^{(1)} = \eta(\overline{\mathbf{V}}^s)$.

Второй слой состоит из $\eta(\overline{\mathbf{V}}^s)$ групп, каждая из которых содержит $\eta(\overline{\widehat{\Delta 1}}^s)$ нейронов, соответствующих векторам наращиваемых/усекаемых буквенных/фонемных последовательностей $\mu(\overline{\widehat{\Delta 1}}_m^s) = (M(\widehat{\delta}_{m1}^s), M(\widehat{\delta}_{m2}^s))$ с информационной мерой $M(\overline{\widehat{\Delta 1}}_m^s)$. В этом слое формируется информационная мера формы основы слова (с наращением/усечением букв/фонем), используя функцию активации.

$$M(x_j^{(2)}) = f_2(M(x_i^{(1)}), M(\widehat{\delta}_{m1}^s), M(\widehat{\delta}_{m2}^s)) =$$

$$= w_{ij}^{(2)} \cdot ((M(x_i^{(1)}) \circ M(\widehat{\delta}_{m2}^s)) \lozenge M(\widehat{\delta}_{m1}^s)),$$

где $i \in \overline{1, N^{(1)}}, j \in \overline{1, N^{(2)}}, N^{(2)} = \eta(\overline{\mathbf{V}}^s) \cdot \eta(\overline{\widehat{\Delta 1}}^s), m = j \bmod \eta(\overline{\widehat{\Delta 1}}^s)$.

Третий слой состоит из $\eta(\overline{\mathbf{V}}^s) \cdot \eta(\overline{\tilde{\Delta 1}}^s)$ групп, каждая из которых содержит $\eta(\overline{\tilde{\Delta 1}}^s)$ нейронов, соответствующих векторам чередующихся буквенных/фонемных последовательностей $\mu(\overline{\tilde{\Delta 1}}_v^s) = (M(\tilde{\delta}_{v1}^s), M(\tilde{\delta}_{v2}^s))$ с информационной мерой $M(\overline{\tilde{\Delta 1}}_v^s)$. В этом слое формируется информационная мера формы основы слова (с наращением/усечением/чередованием букв/фонем), используя функцию активации.

$$M(x_j^{(3)}) = f_3(M(x_i^{(2)}), M(\tilde{\delta}_{v1}^s), M(\tilde{\delta}_{v2}^s)) =$$

$$= w_{ij}^{(3)} g(M(x_i^{(2)}), M(\tilde{\delta}_{v1}^s), M(\tilde{\delta}_{v2}^s)),$$

где $i \in \overline{1, N^{(2)}}, j \in \overline{1, N^{(3)}}, N^{(3)} = \eta(\overline{\mathbf{V}}^s) \cdot \eta(\overline{\widehat{\Delta 1}}^s) \cdot \eta(\overline{\tilde{\Delta 1}}^s), v = j \bmod \eta(\overline{\tilde{\Delta 1}}^s)$.

Функция g преобразует форму основы с помощью правил нелинейных морфонологических преобразований и определена в виде

$$g(M(x_i^{(2)}), M(\tilde{\delta}_{v1}^s), M(\tilde{\delta}_{v2}^s)) = \begin{cases} M(\zeta_1^s), & (\zeta_1^s = \xi^s) \wedge P_1(x_i^{(2)}, \tilde{\delta}_{v1}^s, \tilde{\delta}_{v2}^s, \xi^s) \\ M(\zeta_2^s), & (\zeta_2^s = \xi^s) \wedge P_2(x_i^{(2)}, \tilde{\delta}_{v1}^s, \tilde{\delta}_{v2}^s, \xi^s) \\ M(\zeta_3^s), & (\zeta_3^s = \xi^s) \wedge P_3(x_i^{(2)}, \tilde{\delta}_{v1}^s, \tilde{\delta}_{v2}^s, \xi^s) \end{cases},$$

$$M(\zeta_k^s) = \left\| \mu(\zeta_k^s) \right\| = \sum_{t=1}^{N} \left(r(\zeta_{kt}^s) * 2^{(N-t)n} \right), k \in \overline{1,3}.$$

Процедура $P_1(x_i^{(2)},\tilde{\delta}_{v1}^s,\tilde{\delta}_{v2}^s,\xi^s)$ при выполнении условия $|\tilde{\delta}_{v1}^s|=0\wedge|\tilde{\delta}_{v2}^s|>0$, изменяет $x_i^{(2)}$, вставляя гласную $\tilde{\delta}_{v2}^s$ между согласными, идущими в конце основы, и результат возвращает в ξ^s.

Процедура $P_2(x_i^{(2)},\tilde{\delta}_{v1}^s,\tilde{\delta}_{v2}^s,\xi^s)$ при выполнении условия $|\tilde{\delta}_{v1}^s|>0\wedge|\tilde{\delta}_{v2}^s|=0$, изменяет $x_i^{(2)}$, удаляя гласную $\tilde{\delta}_{v2}^s$ между согласными, идущими в конце основы, и результат возвращает в ξ^s.

Процедура $P_3(x_i^{(2)},\tilde{\delta}_{v1}^s,\tilde{\delta}_{v2}^s,\xi^s)$ при выполнении условия $|\tilde{\delta}_{v1}^s|>0\wedge|\tilde{\delta}_{v2}^s|>0$, изменяет $x_i^{(2)}$, заменяя $\tilde{\delta}_{v1}^s$ на $\tilde{\delta}_{v2}^s$ в конце основы, и результат возвращает в ξ^s.

Эти процедуры детально описаны в монографии [5].

Четвертый слой состоит из $\eta(\overline{\mathbf{V}}^s)\cdot\eta(\overline{\hat{\Delta}1}^s)\cdot\eta(\overline{\tilde{\Delta}1}^s)$ групп, каждая из которых содержит $\eta(\overline{B1}^s)$ нейронов, соответствующих векторам аффиксов $\mu(\overline{B1}_u^s)=(M(b_{u1}^s),M(b_{u2}^s),M(b_{u3}^s))$ с информационной мерой $M(\overline{B1}_u^s)$. В этом слое формируется информационная мера формы слова, используя функцию активации.

$$M(x_j^{(4)})=f_4(M(x_1^{(3)}),M(b_{u1}^s),M(b_{u2}^s),M(b_{u3}^s))=$$

$$=w_{ij}^{(4)}\cdot(M(x_{i1}^{(3)})\Diamond M(b_{u1}^s)\Diamond M(b_{u2}^s)\Diamond M(b_{u3}^s)),$$

где $i\in\overline{1,N^{(3)}},j\in\overline{1,N^{(4)}},N^{(4)}=\eta(\overline{\mathbf{V}}^s)\cdot\eta(\overline{\hat{\Delta}1}^s)\cdot\eta(\overline{\tilde{\Delta}1}^s)\cdot\eta(\overline{B1}^s),u=j\bmod\eta(\overline{B1}^s)$.

Пятый слой состоит из $\eta(\overline{\mathbf{V}}^s)\cdot\eta(\overline{\hat{\Delta}1}^s)\cdot\eta(\overline{\tilde{\Delta}1}^s)\cdot\eta(\overline{B1}^s)$ групп, каждая из которых содержит $\eta(\overline{\Omega}^s)$ нейронов, каждый из которых соответствует информационной мере формы слова $M(\overline{\Omega}_l^s)$. В этом слое полученные слова сопоставляются с допустимыми, используя функцию активации.

$$M(x_j^{(5)})=f_5(M(x_1^{(4)}),\ldots,M(x_{N^{(4)}}^{(4)}),M(\overline{\Omega}_p^s))=\sum_{i=1}^{N^{(4)}}w_{ij}^{(5)}\cdot\phi(M(x_i^{(4)}),M(\overline{\Omega}_p^s)),$$

где $i\in\overline{1,N^{(4)}},j\in\overline{1,N^{(5)}},N^{(5)}=\eta(\overline{\mathbf{V}}^s)\cdot\eta(\overline{\hat{\Delta}1}^s)\cdot\eta(\overline{\tilde{\Delta}1}^s)\cdot\eta(\overline{B1}^s)\cdot\eta(\overline{\Omega}^s),p=j\bmod\eta(\overline{\Omega}^s)$,

$$\phi(M(x_i^{(4)}),M(\overline{\Omega}_p^s))=\begin{cases}M(\overline{\Omega}_p^s), & M(x_i^{(4)})=M(\overline{\Omega}_p^s)\\ 0, & M(x_i^{(4)})\neq M(\overline{\Omega}_p^s)\end{cases},$$

Шестой (выходной) слой содержит один нейрон. В этом слое формируется вектор допустимых словоформ y_1, используя функцию активации.

$$M(y_1)=M(x_1^{(6)})=f_6(M(x_1^{(5)}),\ldots,M(x_{N^{(5)}}^{(5)}))=\left(\bigcup_{i=1}^{N^{(5)}}w_{i1}^{(6)}\cdot M(x_i^{(5)})\right)\Big/\{0\}$$

3. Обратный ход

Весовые коэффициенты нейросети вычисляются следующим образом

$$w_{i1}^{(6)} = \begin{cases} 1, & M(y_1) = f_6(M(x_1^{(5)}),\ldots,M(x_{N^{(5)}}^{(5)})) \\ 0, & \textit{иначе} \end{cases},$$

$$w_{ij}^{(5)} = \begin{cases} 1, & M(x_j^{(5)}) = f_5(M(x_1^{(4)}),\ldots,M(x_{N^{(4)}}^{(4)}),M(\overline{\Omega}_p^s)) \wedge w_{j1}^{(6)} = 1 \\ 0, & \textit{иначе} \end{cases},$$

$$w_{1j}^{(4)} = \begin{cases} 1, & M(x_j^{(4)}) = f_1(M(x_1^{(3)}),M(b_{j1}^s),M(b_{j2}^s),M(b_{j3}^s)) \wedge \sum_k w_{jk}^{(5)} = 1 \\ 0, & \textit{иначе} \end{cases},$$

$$w_{ij}^{(3)} = \begin{cases} 1, & M(x_j^{(3)}) = f_2(M(x_i^{(2)}),M(\tilde{\delta}_{v1}^s),M(\tilde{\delta}_{v2}^s)) \wedge \sum_k w_{jk}^{(4)} = 1 \\ 0, & \textit{иначе} \end{cases},$$

$$w_{ij}^{(2)} = \begin{cases} 1, & M(x_j^{(2)}) = f_3(M(x_i^{(1)}),M(\hat{\delta}_{m1}^s),M(\hat{\delta}_{m2}^s)) \wedge \sum_k w_{jk}^{(3)} = 1 \\ 0, & \textit{иначе} \end{cases},$$

$$w_{1j}^{(1)} = \begin{cases} 1, & M(x_j^{(1)}) = f_4(M(x_i^{(2)}),M(\overline{V}_j^s)) \wedge \sum_k w_{jk}^{(2)} = 1 \\ 0, & \textit{иначе} \end{cases}.$$

В результате процедуры обучения формируются ассоциативные связи «слово — форма слова» вида

$$\overline{C}_r^s \to \overline{\Lambda}_q^s \to \overline{\hat{\Lambda}}_v^s \to \overline{\tilde{\Lambda}}_w^s \to \overline{\Omega}_l^s$$

После процедуры обучения сеть методологически готова для синтеза форм слов, характеризующих технологическую карту. Процедура прогноза проводится аналогично прямому ходу процедуры обучения.

Выводы

Новизна. Основным результатом данной статьи является методика синтеза форм слов, входящих в описание объектов и действий команд производственной системы, которая включает в себя: формальное представление языковых конструкций; присвоение им количественных оценок; закрепление взаимосвязей между языковыми конструкциями; разработку структуры синтеза форм слов; формирование структуры нейросети, реализующей правила синтеза форм слов; разработку процедуры обучения. Впервые формализованы правила линейных и нелинейных морфонологических преобразований форм слов.

Практическое значение. Представляется перспективным дальнейшее изучение и разработка правил анализа и синтеза языковых структур. Основные положения работы могут быть реализованы в интеллектуальной системе в виде алгоритмов, обеспечивающих общение с пользователем на естественном языке.

Список литературы

1. Современный русский язык/В.А. Белошапкова, Е.А. Брызгунова, Е.А. Земская и др.; под ред. В.А. Белошапковой.— М.: Азбуковник, 1997.— 928 с.

2. Русская грамматика: В 2 т.—М.: Наука, 1980.—т. 1: Фонетика. Словообразование. Морфология.— 784 с.

3. Бондаренко М.Ф. Основи теорії синтезу над швидкодіючих структур мовних систем штучного інтелекту: моногр./М.Ф. Бондаренко, З.Д. Коноплянко, Г.Г. Четвериков.— К.: ІЗМН, 1997.— 264 с.

4. Шабанов-Кушнаренко Ю.П. О проблемах теории интеллекта/Ю.П. Шабанов-Кушнаренко // Проблемы бионики.— Вып. 44.— Харьков, 1990.— С. 3–10.

5. Федоров Е.Е. Методики анализа и синтеза языковых конструкций/Е.Е. Федоров.— Донецк: изд-во «Вебер», 2009.— 211 с.

Анотація. *У даній статті викладається методика синтезу форм слів, що включає в себе формальне подання мовних конструкцій, присвоєння їм кількісних оцінок, закріплення взаємозв'язків між елементами синтезу форм слів, розробку структури синтезу форм слів, формування структури нейромережі, що реалізує правила синтезу форм слів, розробку процедури навчання.*

Abstract. *In the given article the technique of synthesis of form words including formal representation of language designs, appropriation by it of quantitative assessments, fastening of correlations between elements of synthesis of form words, development of a structure of synthesis of form words, formation of a structure neuronet, realizing rules of synthesis of form words, development of a procedure of training is stated.*

Стаття надійшла до редакції 05.10.2010 р.

УДК 656.13 (711.73)

РЕЙЦЕН Є. О., к.т.н., проф., Київський національний університет будівництва і архітектури;
ТОЛОК О. В., к.т.н., Автомобільно-дорожній інститут ДВНЗ «ДонНТУ»;
РУДЕНКОВ Е. В., ас., Донецька академія автомобільного транспорту

МЕТОДИКА МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛУ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД ПО ВУЛИЧНО-ДОРОЖНІЙ МЕРЕЖІ МІСТА

З застосуванням методу конфліктних ситуацій розроблено методику моделювання розподілу дорожньо-транспортних пригод по вулично-дорожній мережі міста. В розробленій методиці під конфліктною ситуацією розуміють порушення учасниками міського руху правил дорожнього руху.

Постановка проблеми

Проблема безпеки міського руху на вулично-дорожній мережі (ВДМ) досягла стану, коли її актуальність навіть не обговорюється. Безсумнівною є складність і комплексність проблеми, так само, як і її нерозв'язаність як у теоретичному, так і практичному аспектах.

Особлива роль у вирішенні проблеми безпеки міського руху на ВДМ належить розробці і реалізації комплексних схем організації дорожнього руху (КСОДР). У КСОДР повинне бути запропоноване сітьове вирішення проблеми безпеки міського руху на ВДМ із застосуванням містобудівних методів організації дорожнього руху (ММ ОДР) [1].

Для вирішення проблеми безпеки міського руху на ВДМ відомі й використовуються різні ММ ОДР. Однак кожний із цих методів найчастіше виявляється ефективним лише за певних умов. Тому для прийняття рішення про доцільність застосування того або іншого методу проектувальник повинен оцінити наслідки цього застосування. При цьому він повинен відповісти на два питання: як може змінитися ситуація при застосуванні методу; який ефект може дати реалізація методу. Для відповіді на перше питання проектувальникові необхідно надати інструмент у вигляді методики моделювання розподілу дорожньо-транспортних пригод (ДТП) по ВДМ.

Аналіз останніх досліджень

При моделюванні розподілу ДТП по ВДМ міста міська територія може розбиватися на окремі підрайони. При незмінній транспортно-містобудівній ситуації кількість ДТП у підрайоні стабільна величина. Залежність між кількістю ДТП у підрайоні й величиною інтенсивності руху вхідного в підрайон транспорту може бути апроксимована лінійною залежністю типу:

$$Y = ax + b, \tag{1}$$

де Y — кількість ДТП у районі; a і b — емпіричні коефіцієнти регресійних залежностей; x — величина інтенсивності руху транспорту, що входить у підрайон.

Такі залежності були отримані для Дарницького району м. Києва [2]:

$$Y = 0,4x + 10,23;$$

для Шевченківського району м. Києва [3]:

$$Y = 0,31x + 7,6;$$

для Сихівського району м. Львова [4]:

$$Y = 0,25x + 6,1.$$

Як бачимо, значення емпіричних коефіцієнтів близькі між собою, що говорить про те, що подібні залежності можуть із успіхом використовуватися для моделювання й прогнозування кількості ДТП в окремих планувальних районах міст. Це дозволить обґрунтовано приймати принципові містобудівні рішення по підвищенню безпеки руху при проектуванні міст на стадіях генерального плану міста, комплексної схеми транспорту й КСОДР. Наприклад, такі як: зменшення величини інтенсивності руху транспорту, що входить у район, шляхом виносу з району окремих пунктів «тяжіння» транспорту; виключення транзитного руху через район шляхом його спрямування через інші райони міста або будівництвом об'їзної магістралі; зміна транспортно-містобудівної ситуації усередині району шляхом реконструкції окремих вулиць і вузлів, створенням пішохідних зон і зон заспокоєння руху й т.д.

Для обґрунтування застосування містобудівних методів ОДР необхідно вміти моделювати не тільки кількість ДТП у районі міста, але й на окремих вулицях або ділянках вулиць.

Аналіз наукових публікацій дозволив виділити три основних підходи до моделювання ДТП на вулицях або окремих їхніх ділянках: інформаційний підхід; факторний підхід; підхід, в основі якого лежить метод конфліктних ситуацій.

Однією з перших робіт з дослідження методів теорії інформації для оцінки дорожньої обстановки в СРСР є робота І.В. Бегми [5]. Для автомобільних доріг була розроблена методика по визначенню інформаційної ємкості дорожньої обстановки. А от використовувати її для міських магістралей для оцінки кількості інформації, що міститься на них, апріорно важко, тому що необхідно враховувати ентропії вищих порядків.

Але все-таки спроби застосувати інформаційний підхід до дослідження дорожньої обстановки в містах проводилися.

Починаючи з 70-х років минулого століття на кафедрі міського будівництва КНУБА проводилися роботи із застосування методів теорії інформації для з'ясування залежності між питомою кількістю ДТП і інформаційною ємкістю дорожньої обстановки. Для цього була обрана траса в Києві, що складається з ланцюга двох загальноміських магістралей — вул. Басейної і бульвару Л. Українки, що зв'язують між собою найбільш складні транспортні вузли міста через Бессарабку й Печерський міст. Крім того, вибір цих магістралей був продиктований наявністю бульвару посередині проїзної частини, що полегшує підрахунок інформаційної ємкості дорожньої обстановки, тому що зустрічний рух транспорту в цьому випадку ізольовано зеленою смугою й не впливає на дії водіїв. На обраних магістралях за допомогою фотозйомки була здійснена фіксація дорожньої обстановки уздовж траси.

Для визначення залежності кількості ДТП від інформаційної ємкості дорожньої обстановки вивчалися ДТП на обраних магістралях м. Києва за три роки й бралася їхня середньорічна кількість. Апроксимація експериментальних даних була виконана поліномом третього ступеня. Аналогічна для цих же магістралей робота була повторена через 15 років, а апроксимація залежності між інформаційною ємкістю дорожньої обстановки (біт/м) і питомою кількістю ДТП, що віднесена до погонного метра дороги, здійснена за експоненційною кривою [5].

Представлені результати отримані для декількох факторів, що характеризують дорожню обстановку. Однак, у загальному випадку, у формулу залежності ДТП від інформаційної ємкості дорожньої обстановки повинні входити коефіцієнти, що характеризують інтенсивність руху транспорту і пішоходів на окремих ділянках магістралі, швидкісний режим, ширину проїзної частини, організацію дорожнього руху й ін. Крім того необхідно ураховувати час доби, коли відбулося ДТП, погодні умови.

Останнім часом розроблена велика кількість факторних моделей для прогнозування кількості ДТП на вулицях міст (наприклад [7,8,9]). Основним недоліком факторного підходу при моделюванні ДТП на окремих ділянках ВДМ є те, що для одержання статистично значимих результатів необхідний великий обсяг вихідних даних за досить тривалий період спостереження. Так, в роботі [9] показано, що для дослідження наїздів на пішоходів за участю транспортних засобів, що повертають, на регульованих перехрестях необхідні вихідні дані як мінімум за 10 років. За такий період умови руху на досліджуваних ділянках ВДМ можуть істотно змінитися, і спільне використання даних, отриманих на початку й кінці періоду, утруднюється.

Інша проблема — відсутність вихідних даних для побудови факторних моделей. Наприклад, серед міст Донецької області відомості про величину інтенсивності руху транспорту за тривалий період часу є лише по містах Донецьк і Горлівка, де силами інститутів ДААТ і АДІ ДВНЗ «ДонНТУ» проводяться періодичні обстеження транспортних потоків.

Метод конфліктних ситуацій — один з найсучасніших методів дослідження й прогнозування аварійності на конфліктних об'єктах. Він заснований на існуванні залежності між кількістю конфліктних ситуацій (КС) і ДТП. Тому, підрахувавши за відносно невеликий час кількість конфліктних ситуацій на досліджуваному об'єкті, можна визначити не тільки кількість можливих аварій, але й основні їхні причини.

Під конфліктною розуміється така дорожньо-транспортна ситуація, при якій у наступний момент часу (менш 1 с) відбудеться ДТП, якщо хоча б один з учасників не почне екстрені дії. По ступеню небезпеки конфліктні ситуації розділяються на легкі, середні й важкі.

Використання методу КС на практиці сполучено з рядом труднощів методологічного й технічного характеру. Основні з них: необхідність великої кількості навчених спостерігачів, суб'єктивність оцінки при натурних спостереженнях виникнення конфліктної ситуації й ступеня її небезпеки, неможливість визначення розмірів необхідної вибірки дослідних даних.

З урахуванням того, що практично всі ДТП є наслідком порушення правил дорожнього руху (ПДР) учасниками міського руху, проф. Рейцен Є.О. запропонував розуміти під конфліктною ситуацією порушення ПДР. До основних КС, що пов'язані з водієм можна віднести: порушення правил проїзду перехресть; перевищення швидкості руху; перетинання осьової лінії; недотримання дистанції; порушення правил користування зовнішніми світловими приладами. Конфліктні ситуації, пов'язані з пішоходами, можуть бути наступні: перехід проїзної частини в невстановленому місці або перехід на заборонний сигнал світлофора; несподіваний вихід на проїзну частину із-за транспортного засобу, що стоїть.

Таким чином, найбільш перспективним методом моделювання розподілу ДТП по ВДМ при проектуванні КСОДР є використання методу конфліктних ситуацій. Під конфліктною ситуацією слід розуміти порушення учасниками міського руху ПДР.

Мета статті

З застосуванням методу конфліктних ситуацій розробити методику моделювання розподілу дорожньо-транспортних пригод по вулично-дорожній мережі міста. Під конфліктною ситуацією розуміти порушення учасниками міського руху ПДР.

Основний розділ

В основі моделювання розподілу ДТП по ВДМ лежить моделювання кількості ДТП на кожній з ділянок, що складають цю ВДМ. Причому ділянкою ВДМ може виступати як безпосередньо окрема ділянка ВДМ (перехрестя, перегін, частина перегону), так і ВДМ окремого підрайону, на які може розбиватися територія міста. У методиці, що нижче викладається, ми будемо використовувати поняття «ділянка ВДМ», розуміючи під ним як перший, так і другий варіанти.

Допустимо, що кожному ДТП (або більшої їхньої частини) передує одна із зазначених вище КС (порушення ПДР), що за певних умов може перерости в ДТП. Тоді рівняння ризику руху по ділянці ВДМ буде наступним:

$$P = \frac{Д}{N} = \frac{Д}{K} \cdot \frac{K}{N} = \frac{\frac{Д}{K} \cdot K}{N}, \qquad (2)$$

де K — кількість КС певного типу; N — величина інтенсивності руху транспортних засобів; $Д$ — кількість ДТП, до яких приводять КС даного типу.

Можна припустити, що відношення $\frac{Д}{K}$ для даної ділянки ВДМ із певним ступенем наближення є величина постійна, що відповідає ймовірності переростання КС даного типу в ДТП, і залежить від розпланування ділянки ВДМ. У цьому випадку ризик виникнення ДТП визначається частотою виникнення КС, рівної $\frac{K}{N}$, котру можна вважати мірою небезпеки руху по ділянці ВДМ. Останнє поняття дозволяє підійти до питання прогнозування кількості ДТП на ділянці ВДМ міста.

Надамо пояснення. Нехай P_1 — ризик руху по ділянці ВДМ при існуючому стані, P_2 — ризик руху по ділянці ВДМ при стані, що моделюється. Тоді за умов, що розпланування ділянки ВДМ не змінюється, $\frac{Д}{K}$ для даної ділянки ВДМ є величина постійна, рівна С, кількість ДТП при існуючому стані ($Д_1$) і при стані, що моделюється ($Д_2$), визначається як:

$$Д_1 = P_1 \cdot N_1 = \frac{C \cdot K_1}{N_1} \cdot N_1 = C \cdot K_1, \quad (3)$$

$$Д_2 = P_2 \cdot N_2 = \frac{C \cdot K_2}{N_2} \cdot N_2 = C \cdot K_2, \quad (4)$$

де K_1, K_2 — кількість КС на ділянці ВДМ відповідно при існуючому стані і при стані, що моделюється;

N_1, N_2 — величина інтенсивності руху транспорту відповідно при існуючому стані й при стані, що моделюється.

Нами пропонується наступний взаємозв'язок між $Д_1$ і $Д_2$:

$$Д_2 = a \cdot Д_1. \quad (5)$$

З (5) з урахуванням (3) і (4):

$$a = \frac{Д_2}{Д_1} = \frac{C \cdot K_2}{C \cdot K_1} = \frac{K_2}{K_1}. \quad (6)$$

Припустимо встановлена залежність між кількістю КС даного типу, що виникають при русі по ділянці ВДМ, й величиною інтенсивності руху транспорту — $K = f(N)$. Тоді при величині інтенсивності руху транспорту N_1 — $K_1 = f(N_1)$, а при N_2 — $K_2 = f(N_2)$. З урахуванням цього кількість ДТП, що моделюється, визначається так:

$$Д_2 = \frac{K_2}{K_1} \cdot Д_1 = \frac{f(N_2)}{f(N_1)} Д_1. \quad (7)$$

Загальна кількість ДТП на ділянці ВДМ визначається як сума ДТП, розрахованих для кожного типу КС.

Однакові КС (порушення ПДР) в різних планувальних умовах можуть привести до різних наслідків. Тому для виявлення зв'язку між видами порушень ПДР і різними видами ДТП для кожної пари можливих сполучень ознак необхідно використовувати статистичні критерії, наприклад — коефіцієнт згоди Юла Q [10].

Коефіцієнт Юла Q можна визначити в такий спосіб. Нехай досліджується зв'язок між видом порушень *A* й видом ДТП *B*. Позначимо n_{AB} кількість порушень виду А, при яких відбулися ДТП виду В; $n_{A\bar{B}}$ — кількість порушень виду А, при яких відбулися ДТП видів, відмінних від В; $n_{\bar{A}B}$ — кількість порушень, відмінних від А, при яких відбулися ДТП виду В; $n_{\bar{A}\bar{B}}$ — кількість порушень, відмінних від А, при яких відбулися ДТП видів, відмінних від В. Тоді коефіцієнт Юла визначається як:

$$Q = \frac{n_{AB} n_{\bar{A}\bar{B}} - n_{A\bar{B}} n_{\bar{A}B}}{n_{AB} n_{\bar{A}\bar{B}} + n_{A\bar{B}} n_{\bar{A}B}}. \quad (8)$$

Розраховані значення Q дозволяють ранжирувати порушення ПДР по ступеню їхнього впливу на виникнення того або іншого виду ДТП і, в остаточному підсумку, визначити частку ДТП різних видів від загальної кількості ДТП, які можуть бути викликані даним порушенням ПДР. Це має велике значення при прогнозуванні збитку від ДТП і економічному обґрунтуванні заходів щодо підвищення безпеки міського руху.

Помітимо, що при моделюванні розподілу ДТП по ВДМ необхідно мати відомості про інтенсивність руху транспорту на ділянках ВДМ, величину якої також необхідно вміти моделювати залежно від містобудівної ситуації. З цією метою на кафедрі міського будівництва КНУБА розроблена методика розбивки території міста на окремі підрайони з мінімумом зовнішніх зв'язків, по яких задаються величини вхідних потоків транспорту в підрайон, де вони розподіляються [2,3].

Як типові границі підрайонів можуть бути: смуга відводу залізниці, канал, ріка, наземна лінія метро, позавулична лінія трамвая, зелені насадження, границі адміністративних районів, місцеві проїзди, границі транспортної розв'язки, площі й т.д.

Етапи методики моделювання розподілу транспортних потоків наступні:

– ВДМ виділеного підрайону задається у вигляді графа із двосторонніми зв'язками на ребрах;

– вихідний граф розчленовується на 3 або більше простих графів з однобічними зв'язками на ребрах таким чином, щоб сума потоків автомобільного транспорту, змодельованого в цих графах, давала вихідний граф;

– задаючи величину інтенсивності руху вхідних у район транспортних потоків і індикатори розподілу в процентному співвідношенні по напрямках у кожному вузлі району моделюємо розподіл транспортного потоку по ВДМ району.

Запропонована нами методика моделювання розподілу ДТП по ВДМ міста, що заснована на використанні методу конфліктних ситуацій, для одержання статистично значимих результатів вимагає порівняно невеликого обсягу й тривалості досліджень, оскільки порушень ПДР відбувається значно більше, ніж ДТП. Строки виконання досліджень особливо важливі при розробці для міста комплексної схеми організації дорожнього руху.

У майбутньому, збір інформації про КС (порушення ПДР) повинен бути автоматизований. Уже зараз цю функцію виконують АСУДР у багатьох містах Європи, у тому числі в Москві й Києві. На підставі аналізу цієї інформації можна приймати такі оперативні рішення: гнучка зміна режимів світлофорного регулювання; зміна схеми організації дорожнього руху за допомогою, наприклад, керованих дорожніх знаків; видача приписань ДАІ й іншим службам по довгостроковій зміні схеми організації дорожнього руху.

Висновки

Аналіз наукових публікацій дозволив виділити три основних підходи до моделювання ДТП на ділянках ВДМ: інформаційний, факторний і в основі якого лежить метод конфліктних ситуацій. Найбільш перспективним для моделювання розподілу ДТП по ВДМ є метод конфліктних ситуацій, використання якого дозволяє одержати статистично значимі результати при порівняно невеликому обсязі й тривалості експериментальних досліджень.

З застосуванням методу конфліктних ситуацій розроблено методику моделювання розподілу дорожньо-транспортних пригод по вулично-дорожній мережі міста. В розробленій методиці під конфліктною ситуацією розуміють порушення учасниками міського руху правил дорожнього руху.

Список літератури

1. Толок О.В. Вирішення проблеми безпеки міського руху на вулично-дорожній мережі при містобудівному проектуванні/О.В. Толок // Містобудування та територіальне планування. — К.: КНУБА, 2009. — Вип. 34. — С. 495–505.

2. Рейцен Е.А. Моделирование транспортных потоков в городах/Е.А. Рейцен, Х. Каддах // Безпека дорожнього руху України. — 2000. — № 1 (6). — С. 41–46.

3. Степанчук О.В. Методи створення і ведення транспортно-екологічного моніторингу в крупних і найкрупніших містах: дис. канд. техн. наук: 05.23.20/Степанчук Олександр Васильович. — К., 2005. — 237 с.

4. Сало О.М. Формування і розвиток теоретичних засад безпеки дорожнього руху/О.М. Сало, Л.І. Сопільник // Безпека дорожнього руху України. — 2002. — № 1 (12). — С. 90–102.

5. Бегма И.В. Применение методов теории информации для оценки дорожной обстановки/И.В. Бегма // Автомобильные дороги и дорожное строительство. — 1967. — Вып. 3. — С. 158–161.

6. Рейцен Е.А. Информационный подход к оценке безопасности дорожного движения в городах/Е.А. Рейцен, А.А. Гром // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния: материалы X междун. научн. - практ. конф. — Екатеринбург: АМБ, 2004. — С. 123–127.

7. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения/В.Ф. Бабков. — М.: Транспорт, 1982.–288 с.

8. Купин П.П. Влияние состава транспортного потока на безопасность движения/П.П. Купин, С.С. Близниченко // Пути повышения безопасности дорожного движения: материалы III Всесоюзной науч.-техн. конф. — К.,1978. — С. 170–171.

9. Кот Е.Н. Исследование взаимодействия конфликтующих пешеходных и поворотных транспортных потоков методом конфликтных ситуаций/Е.Н. Кот // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния: материалы XII междун. научн.-практ. конф. — Екатеринбург: АМБ, 2006. — С. 93–98.

10. Лукошявичене О.В. Моделирование дорожно-транспортных происшествий/О.В. Лукошявичене. — М.: Транспорт, 1988. — 94 с.

Аннотация. *С применением метода конфликтных ситуаций разработана методика моделирования распределения дорожно-транспортных происшествий по улично-дорожной сети города. В разработанной методике под конфликтной ситуацией следует понимать нарушение участниками городского движения правил дорожного движения.*

Abstract. *With the use of method of conflict situations, developed the technique of modeling of distributing of road and transport incidents on the highway-road network of the city. In developed method, under the conflict situation is understood, violation by the participants of urban traffic, the rules of traffic.*

Стаття надійшла до редакції 14.10.2010 р.

УДК 656.13

ДОЛЯ В.К., д. т. н, проф., Харьковская национальная академия городского хозяйства;
ЭНГЛЕЗИ И.П., к. т. н., ПАХНО А.Е., ст. преподаватель, Донецкая академия автомобильного транспорта

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВЕРОЯТНОСТИ ДТП УЧАСТНИКА ДВИЖЕНИЯ НА УЧАСТКАХ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ

Рассматриваются закономерности между вероятностью ДТП на участке транспортной сети и параметрами, определяющими организацию движения с учетом коэффициента аварийности.

Постановка задачи

Во всем мире получила широкое распространение практика использования для повышения качества жизни химических продуктов. Чаще всего химические продукты это смесь химических веществ. Количество таких продуктов постоянно возрастает. Однако наряду с положительным влиянием химическая продукция также может отрицательно влиять на общество и естественную окружающую среду. Большинство этих продуктов являются опасными грузами при их перевозке автомобильным транспортом.

Производящие химическую продукцию предприятия зачастую находятся на значительном удалении от конечных потребителей. По этой причине каждый день по дорогам общего поль-

зования перевозятся десятки тысяч тонн химических продуктов. Большое количество аварий, произошедших при дорожной перевозке опасных грузов, указывает на несовершенство системы обеспечения безопасности таких перевозок и факт неизбежного роста числа аварий при увеличении объемов производства и применения химических продуктов. Увеличение объемов производства химических продуктов обуславливает увеличение объемов их перевозки и требует большего внимания к обеспечению безопасности таких перевозок.

Опасность от опасного груза при перевозке проявляется только в случае проникновения груза наружу. Дорожно-транспортные происшествия (в дальнейшем — ДТП) при участии транспортных средств с опасными грузами чаще всего не характеризуются дополнительной опасностью. Однако происходят также аварии, которые являются причиной гибели многих людей, и наносят значительный ущерб окружающей природной среде. В связи с чем, возможность определения потенциальной опасности возникновения ДТП, с участием транспортного средства загруженного опасным грузом, является чрезвычайно важной для общества.

Анализ публикаций

На сегодня для оценки безопасности движения на участках автомобильных дорог и уровня опасности перевозок по определенному участку дороги применяются различные методы.

Бабковым В.Ф. [1] был предложен метод «итогового коэффициента аварийности», позволяющий оценить суммарное воздействие различных факторов дорожных условий на показатели аварийности. Итоговый коэффициент аварийности ($K_{ит}$), рассчитывается как произведение частных коэффициентов аварийности (K_i):

$$K_{ит} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \ldots\ldots \cdot K_n, \qquad (1)$$

где K_1, K_2, K_3, ..., K_n — частные коэффициенты аварийности, учитывающие влияние факторов дорожных условий на относительное число ДТП по отношению к числу ДТП для условий, принятых за эталонные, в долях ед.

Подходы, подобные методу «итогового коэффициента аварийности» в свое время были предложены и в других странах (США, Бельгия, Швеция), отличие в основном заключается в том, что вместо частных коэффициентов аварийности, использовались балы, учитывающие влияние различных факторов дорожных условий [1, 2].

Также для оценки безопасности движения на участках автомобильных дорог используется метод «коэффициентов безопасности», при использовании которого определяется отношение максимальной скорости движения на участке к максимальной скорости въезда автомобилей на этот участок (начальная скорость движения) [1].

Для оценки потенциальной опасности пересечений используется метод «конфликтных точек», предложенный впервые Г. Раппопортом (ФРГ). Метод оценки безопасности движения на пересечениях, основывается на использовании данных статистики ДТП, который учитывает способ организации движения на пересечениях, угол пересечения и интенсивность движения на второстепенной дороге [3]. Опасность пересечения по данному методу определяется суммарной опасностью всех конфликтных точек на пересечении. Опасность конфликтной точки (q_i) зависит от суммарной интенсивности пересекающихся в этой точке потоков (M_i, N_i), авт./сут., с учетом коэффициента годовой неравномерности движения (K_r); относительной аварийности (опасности) конфликтной точки (K_i) ДТП на 10 млн. автомобилей:

$$q_i = \frac{K_i M_i N_i \cdot 25 \cdot 10^{-7}}{K_r}. \qquad (2)$$

Показатель безопасности движения на пересечении (K_a), характеризует возможное число ДТП на 10 млн. автомобилей, прошедших через пересечение и рассчитывается по формуле:

$$K_a = \frac{G \cdot 10^7}{\left(M_\Sigma + N_\Sigma\right) \cdot 365}, \tag{3}$$

где $G = \sum_{i=1}^{n} q_i$ — теоретически возможное количество ДТП на пересечении за год;

M_Σ, N_Σ — интенсивности движения соответственно на главной и второстепенной дороге, авт./сут.

Согласно действующему законодательству [4] условия безопасности дорожного движения оцениваются уровнем опасности дороги (отдельного участка, маршрута, сети дорог) (P) и коэффициентом опасности перевозок (K_p).

Уровень опасности дороги, отдельного участка, маршрута, сети дорог определяется количеством ДТП (Z_n), которое произошло за определенное количество лет (n) на участке дороги, маршрута, сети дорог, протяженностью L:

$$P = \frac{Z_n \cdot 100}{L \cdot n}. \tag{4}$$

Комплексный показатель аварийности на определенном участке дороги, определяется суммарными убытками от ДТП за определенный период времени на один млн. автомобиле-километров, грн./млн. авт-км:

$$K_p = \frac{C_p \cdot 10^6}{365 \cdot N_p \cdot L_i}, \tag{5}$$

где C_p — суммарные убытки от ДТП за год, грн.;

N — среднегодовая интенсивность движения на участке дороги, авт./сут.;

L_i — протяженность участка дороги, на котором интенсивность изменяется в границах $\pm 20\%$, км.

Однако, существующие методы не позволяют определить вероятность попадания в ДТП отдельно взятого участника дорожного движения при проезде участка автомобильной дороги.

Целью статьи является определение закономерностей между вероятностью (частотой) ДТП на участке транспортной сети и параметрами, определяющими организацию движения с учетом коэффициента аварийности.

Основная часть

В общем случае вероятность возникновения ДТП на участке дороги можно выразить следующей формулой:

$$P = \frac{N_{дтп}}{N}, \tag{6}$$

где $N_{дтп}$ — количество транспортных средств, попавших в ДТП на рассматриваемом участке дороги, авт.

N — общее количество транспортных средств, проехавших по рассматриваемому участку дороги, авт.

Из (6) следует, что вероятность попадания транспортного средства в ДТП при проезде участка дороги можно определить как отношение количества транспортных средств, попавших в ДТП на рассматриваемом участке при заданных дорожных условиях, к общему количеству автомобилей побывавших на участке при этих условиях ($\vec{F}, \overleftarrow{F}$).

Следовательно, вероятность попадания транспортного средства в ДТП при проезде участка дороги можно определить следующим образом:

$$\vec{P}^{\partial}_{ДТП} = \frac{\vec{N}_{ДТП}}{\vec{F}_{\tau}}, \qquad (7)$$

где $\vec{N}_{ДТП}$ — количество транспортных средств, попавших в ДТП по направлению движения на рассматриваемом участке за период времени (τ) между ДТП, которые произошли при зафиксированных значениях интенсивности движения, ед. $\vec{N}_{ДТП} = 1$.

$\vec{F}$ — зафиксированная интенсивность движения в направлении движения транспортного средства с опасным грузом на рассматриваемом участке, авт/час.

τ — время, на протяжении которого, имел место зафиксированный диапазон интенсивности движения за период между ДТП, час.

С другой стороны в [1–3, 5], а также в других источниках, указывается на значительное влияние неблагоприятных дорожных условий на возникновение ДТП. При этом, были сделаны предположения о том, что влияние неблагоприятных дорожных условий явилось прямой или косвенной причиной 70% ДТП. Следует заметить, что вероятность возникновения ДТП также будет пропорциональна времени нахождения транспортного средства на рассматриваемом участке дороги (длине этого участка).

Для выявления доли влияния неблагоприятных дорожных условий на возникновение ДТП воспользуемся методом коэффициентов аварийности, предложным Бабковом В.Ф. [1]. Улично-дорожную сеть мы представим в виде орграфа, в котором в качестве дуг будем рассматривать участки сети, а в качестве узлов — перекрестки.

При этом дуга представляется в виде сумы дуг, характеризующихся одинаковым значением итогового коэффициента аварийности (k_a), определенного с учетом транспортного потока в прямом и обратном направлении ($\vec{F}, \overleftarrow{F}$) по методике определенной в [1].

Как уже указывалось ранее, P будет не пропорциональна k_a, а пропорциональна тому времени, которое она существует τ_l и следовательно — длине участка l.

Таким образом, вероятность ДТП на дуге в направлении движения транспортного средства будет определяться:

$$P_{ДТП} = f(k_a, l, \vec{F}, \overleftarrow{F}, H). \qquad (8)$$

Для определения числа транспортных средств, побывавших на участке при заданных дорожных условиях, зафиксируем на рассматриваемом участке интенсивности транспортных потоков в прямом и обратном направлении, определим время между ДТП, произошедших на рассматриваемом участке дороги при заданных значениях интенсивности, и определим общее время, на протяжении которого, имела место указанная интенсивность за период между ДТП.

Построим первый опыт следующим образом:

1. Выберем участок дороги и определим предполагаемое направление движения транспортного средства с опасным грузом (далее — прямое направление).

2. Выберем первое ДТП, которое произошло на рассматриваемом участке, и определим интенсивности движения транспортных потоков в прямом ($\vec{F}$) и обратном ($\overleftarrow{F}$) направлении.

Выберем следующее ДТП, которое произошло на рассматриваемом участке дороги при заданных значениях транспортных потоков, и определим время между этими ДТП.

Определим общую продолжительность времени, за период между выбранными ДТП, на протяжении которого на рассматриваемом участке дороги имели место зафиксированные интенсивности транспортных потоков τ .

Вычислим вероятность возникновения ДТП $\vec{P}^{\partial}_{ДТП}$ по формуле (7).

6. Определим значение итогового коэффициента k_a аварийности для рассматриваемого участка дороги по методике, предложенной Бабковым В.Ф. [1].

Определим длину участка l таким образом, чтобы $k_a = const$; $H = const$.

Заносим полученные данные в табл. 1.

Таблица 1

Значения экспериментальных предикторных переменных

№ п/п	Интенсивность встречного потока $\overleftarrow{F}$, авт./час	Интенсивность попутного потока $\vec{F}$, авт./час	Коэффициент аварийности k_a	Длина участка l , км	Ширина проезжей части H , м	Вероятность ДТП $P_{ДТП}$
1	190	390	5,4	0,11	10	$1{,}02\cdot10^{-7}$
2	520	490	7,5	0,17	6,4	$0{,}80\cdot10^{-5}$
…	…	…	…	…	…	…
28	780	940	2,5	0,96	9	$3{,}77\cdot10^{-5}$

При этом в качестве переменной отклика выберем $\vec{P}^{\partial}_{ДТП}$ (Y), а в качестве предикторных переменных $k_a, l, \vec{F}, \overleftarrow{F}, H$ (соответственно $X_1, X_2, X_3, X_4\ X_5$).

В качестве рабочей гипотезы примем предположение, что функциональная зависимость определяется линейной моделью первого порядка, следующего вида:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \varepsilon. \qquad (9)$$

где $\beta_0, \ldots, \beta_5$ — параметры модели;

ε — ошибка, на которую конкретное значение Y может отклоняться от кривой регрессии.

Для определения оценок параметров модели соответственно $b_0, \ldots, b_5$ воспользуемся методом наименьших квадратов (МНК) [4].

Полученные данные (см. табл. 1) обрабатываются пакетом «Statistica 6» с помощью которого определяются оценки параметров модели.

Выводы

Вероятность возникновения ДТП на участке транспортной сети определяется регрессией:

$$P_{ДТП} = -0,0000041819 + 0,0000000172\overleftarrow{F} + 0,0000000146\vec{F} + 0,0000013766k_a +$$
$$+0,0000075304l - 0,0000013691H.$$

Список литературы

1. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения: Учебное пособие для вузов. — 3-е изд. перераб. и доп. — М.: Транспорт, 1982.— 288 с.

2. Рунэ Эльвик, Аннэ Боргер Мюсен, Трулс Ваа. Справочник по безопасности дорожного движения/Пер. с норв./ под редакцией проф. В.В. Сильянова. М.: МАДИ (ГТУ), 2001. — 754 с.

3. Лобанов Е.М. Транспортная планировка городов: Учебник для студентов вузов. — М.: Транспорт, 1990.–240 с.

4. ГСТУ 218-03 449 261-099-2002 Порядок проведення лінійного аналізу аварійності та оцінки умов безпеки руху на автомобільних дорогах.

5. Всемирный доклад о предупреждении дорожно-транспортного травматизма/Пер. с англ. — М.: Издательство «Весь Мир», 2004. — 280 с.

6. Дрейпер Норман, Смит Гарри. Прикладной регрессионный анализ. — 3-е изд.: Пер. с англ. — М.: Издательский дом «Вильяме», 2007. — 912 с: ил.

Анотація. *Розглядаються закономірності між імовірністю ДТП на ділянці транспортної мережі та параметрами, що визначають організацію руху з урахуванням коефіцієнта аварійності.*

Abstract. *This article investigates the regular dependence between probability of road accidents at the certain area of road network, and between parameters which determine traffic organization, subject to accident rate index.*

Стаття надійшла до редакції 15.10.2010 р.

УДК 656.212.5

ВІХОВСЬКА Л.Й., ДОЦЕНКО Ю.В.,
Донецький державний інститут залізничного транспорту

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ ТА ЯКОСТІ ТРАНСПОРТНОГО ВИРОБНИЦТВА У МУЛЬТИМОДАЛЬНОМУ КОРИДОРІ

Запропонована методика визначення якості транспортної діяльності в залежності від надійності транспортної техніки і шляхів сполучення, безпеки транспорту і екологічності транспортного середовища та можливості вибрати оптимальний варіант транспортних засобів при мультимодальних перевезеннях.

Постанова проблеми

В оцінці прибутковості транспортного виробництва у мультимодальних перевезеннях першочергове місце займає оцінка якості транспортної діяльності. Та, у свою чергу, складається з характеристик окремих видів транспортних засобів.

Згідно з поняттями, які склалися про якість транспортної діяльності, параметр якості і-го транспортного засобу дорівнює:

$$K_i = \frac{\mathrm{Qi(t)}}{\sum_{i=1}^{n} \mathrm{Зi(t)}},$$

де $Q_i(t)$ — об'єм транспортного виробництва за визначений період часу;

n — кількість складових експлуатаційних витрат;

$З_i(t)$ — складова експлуатаційних витрат.

При формуванні структури експлуатаційних витрат необхідно враховувати особливості, які характерні для транспортної діяльності в умовах ринкової економіки [1]. Такими особливостями для мультимодального коридору є наявність в експлуатаційних витратах слідуючих факторів:

– надійність транспортної техніки і шляхів сполучення;
– безпека транспорту;
– екологічність транспортного середовища.

Аналіз останніх досліджень

Надійність у найбільш простому розумінні — це властивості системи виконувати своє функціональне призначення протягом всього терміну служби без зупинок через порушення працеспроможності тих чи інших своїх елементів. Надійність транспортної техніки залежить від багатьох факторів: технічних, людських, метеорологічних. З позиції витрат, які зумовлені з надійністю техніки, усі вказані фактори наприкінці проявляються у витраті фінансових ресурсів на проведення протягом терміну служби технічного обслуговування, планових ремонтів і позапланових профілактичних (поновлених) робіт. Відношення експлуатаційних витрат, обумовлених фактором надійності, до вартості технічного об'єкту, згідно із заключенням спеціалістів [2], виступає економічним показником надійності:

$$Н_о = \frac{З_н}{Ц_о},$$

де $З_н$ — сумарні витрати фінансових ресурсів за термін служби, обумовлені факторами надійності,

$Ц_о$ — вартість i-го технічного об'єкта.

Фізичний смисл економічного показника надійності дуже простий: він показує в скільки разів витрати в експлуатації i-го технічного об'єкту більше його вартості. Оцінки показують, що величина економічного показника надійності значно більше, ніж при її оцінці по коефіцієнту амортизації (табл. 1).

В деяких випадках наслідком відмови транспортних систем є таке руйнування транспортних засобів, коли є людські жертви, катастрофи. Тому важливішим завданням транспортної діяльності є виключення або, в крайньому випадку, зведення до мінімуму катастрофічних ситуацій. Інакше кажучи, забезпечення безпеки руху. Катастрофічний наслідок — величина випадкова. Імовірність катастрофічних ситуацій визначається границею наступного виду:

$$B_k(t) = \lim_{n(t)\to\infty} \frac{b_k(t)}{n(t)},$$

де $b_k(t)$ — кількість катастроф за деякий час (0–t);

$n(t)$ — кількість рейсів, які виконані в той же час.

Таблиця 1

Економічна оцінка надійності деяких технічних об'єктів

Найменування	Значення економічного показника надійності, грн/грн
Нормативне значення, що прийняте в теперішній час	0,25–0,75
Автомобілі	5–10
Газотурбінні установки електростанцій	24
Літаки першого покоління с ГТД	15–25
Ходовий візок залізничного вагону	20–30

Власник транспортної системи повинен виконувати свою транспортну діяльність так, щоб імовірність катастрофічних ситуацій була близька до нуля. Однак, у зв'язку з випадковим характером транспортних процесів така імовірність не може виключатися, і треба передбачати варіанти компенсації наслідків катастроф. Для цієї мети в межах мультимодального коридору і бюджету держави повинні формуватися страхові фонди безпеки. Наслідки катастроф, при їх коректній оцінці, дуже великі і жодна транспортна компанія не в змозі компенсувати в повному обсязі фінансові збитки. Необхідні:

– компенсації родинам загиблих у катастрофі;
– виплати допомоги у зв'язку з інвалідністю тим пасажирам, яких було скалічено;
– компенсація збитків від того, що зруйновані при катастрофі транспортні засоби не виробили встановленого терміну служби;
– компенсація збитків, викликаних руйнуванням будівель, лісових масивів і т. д., які були у зоні катастрофи.

Витрати на компенсацію екологічних наслідків транспортної діяльності мають особливе значення у зв'язку зі зростаючим екологічним забрудненням і входженням України в світовий транспортний простір. Транспорт держави щорічно залишає на землі, у воді та атмосфері мільйони тонн екологічно шкідливих викидів. Недостатність уваги до екологічної чистоти призвело до того, що українські транспортні засоби викидають шкідливих речовин в 4–5 разів більше, ніж транспорт Європейських країн, та у 10 разів більше, ніж транспорт Японії. Боротьба за чистоту неминуча – неминучі і витрати. У тому випадку, коли власник транспортної мережі шкодить навколишньому середовищу більш, ніж встановлено нормами, він повинен платити штраф.

Мета статті

Визначити параметр якості *i*-го транспортного засобу та можливість вибрати оптимальний варіант транспортних засобів при мультимодальних перевезеннях.

Результати досліджень

Серед залізниць України найбільша кількість транспортних подій зареєстрована на Одеській (206/8) та Південно-Західній (175/9) залізницях. Третє та четверте місця займають Придніпровська (165/8) та Донецька (115/3) залізниці, п'яте — Львівська залізниця (105/2) і найменша кількість транспортних подій зареєстрована на Південній залізниці (83/2). Якщо аналізувати відносну кількість транспортних подій, то найбільша їх кількість зафіксована на Львівській залізниці, де відбувалося 0,0037 транспортних подій на кожний млн. т-км приведеної роботи, потім Одеська — 0,0031 випадків, далі Придніпровська та Південна залізниці — по 0,0026 випадків і найменша кількість — по 0,0025 випадків на Південно-Західній та Донецькій залізницях.

За 12 місяців 2008 року на Донецькій залізниці допущено 115 транспортних подій (у тому числі 71 інцидент, з яких 3 серйозних і 44 порушення) проти 117 транспортних подій (у тому числі 92 інциденти, з яких 5 серйозних і 25 порушень) допущених протягом 2007 року.

Таблиця 2

Стан безпеки руху по відділах перевезень

Дирекції, райони	Серйозні інциденти		Інциденти		Порушення		Всього		+/–
	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	
ДЗН-1			2	2		1	2	3	–1
ДЗН-2			1	2		2	2		
ДНУ-3	1						1		+ 1
ДНН-4									
ДНН-5			1	1			1	1	
Всього	**1**		**4**	**5**	**1**	**1**	**6**	**6**	

Збільшення кількості транспортних подій проти 2007 року на 1 випадок допущено у відділі перевезень Краснолиманського району служби перевезень та на Попаснянській виробничій дільниці. У відділі перевезень Ясинуватського району служби перевезень кількість транспортних подій зменшилась на 1 випадок.

Таблиця 3

Стан безпеки руху на станціях

Відділ	+/–	Станції	Кількість транспортних подій	
			2008	2007
ДЗН-1		Ясинувата	1 інцидент	1 інцидент
	–1	Янісоль		1 інцидент
	+1	Рутченкове	1 інцидент	
	–1	Диспетчерський апарат		1 порушення
ДЗН-2	+1	Красний Лиман	1 інцидент	
	–1	Сіль		1 інцидент
	–1	Горлівка		1 інцидент
	+1	Диспетчерський апарат	1 порушення	
ДНУ-3	+1	Вовчоярська	1 серйозний інцидент	
ДНН-5		Дебальцеве-сорт.	1 інцидент	1 інцидент

На станціях Ясинувата і Дебальцеве-сортувальне у 2007 та 2008 роках допущено по 1 транспортній події. На станціях Янісоль, Соль, Горлівка та у диспетчерському апараті Ясинуватського району відзначається зменшення транспортних подій на 1 випадок.

По господарству автотранспорту за 12 місяців 2008 року на автошляхах загального користування допущено 13 випадків дорожньо-транспортних пригод (ДТП), в яких травмовано 3 особи. З 13-ти випадків ДТП у 5-х випадках винність віднесена за водіями структурних підрозділів залізниці (Артемівська автобаза, РЗП-6, ШЧ-11, БМЕУ-6, БМЕУ-9).

Щоб підвищити профілактичну роботу з забезпечення безпеки руху поїздів і автотранспорту, зміцнити виконавчу дисципліну в структурних підрозділах залізниці протягом 2008 року апарат головного ревізора з безпеки руху поїздів і автотранспорту прийняв заборонні заходи (табл. 5).

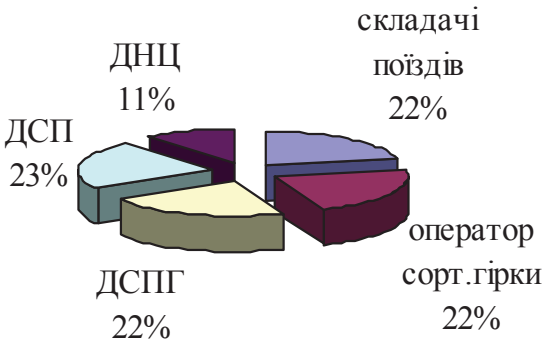


Рис. 1. Розподіл транспортних подій за професіями працівників

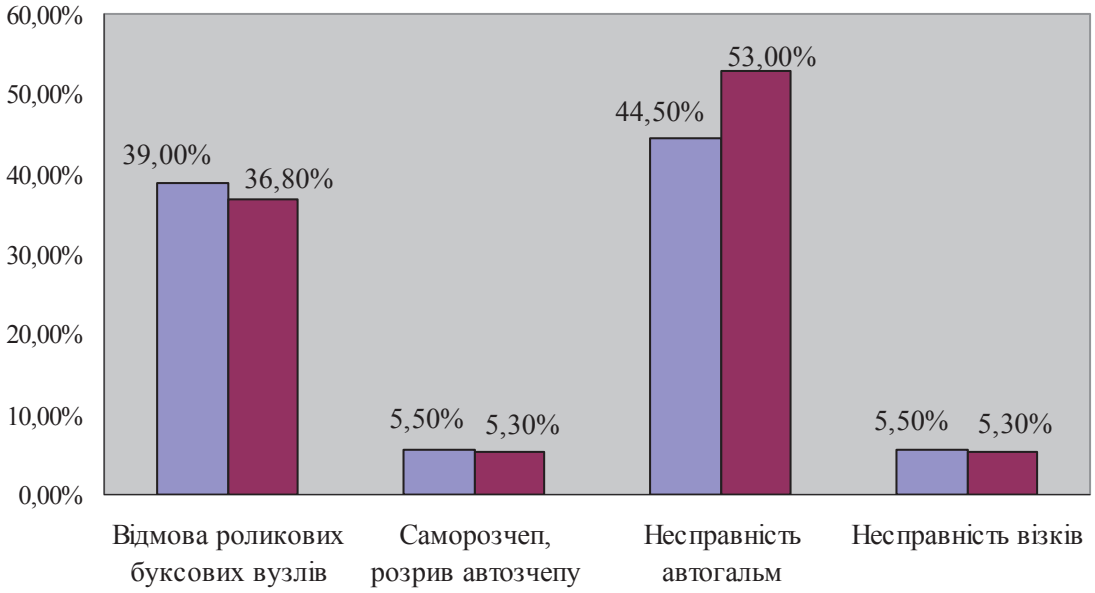


Рис. 2. Розподіл транспортних подій територіально прийнятих до обліку залежно від технічних причин

Таблиця 4

Розподіл порушень ДТП по дирекціям Донецької залізниці

№ п/п	Дирекції	2008	2007	+/–
1	ДН-1	6	20	–14
2	ДН-2	3	3	
3	ДН-4	1	1	
4	ДН-5			
Разом		**10**	**24**	**–14**

Таблиця 5

Заборонні заходи, що прийняв апарат головного ревізора з безпеки руху поїздів і автотранспорту

№	Заборонні заходи	2008	2007	+/–
1	Проведено перевірок	4 693	4779	–86
2	Виявлено порушень	39 293	37 905	+1 388
3	Видано: – ревізорських вказівок – приписів	 9054 937	 9 330 767	 –276 +170
4	Закрито для руху: – ділянок колії – стрілочних переводів	 244 481	 239 558	 +5 –77
5	Обмежено швидкість руху на: – ділянках колії – стрілочних переводах	 239 113	 184 114	 +55 –1
6	Заборонено експлуатацію: – апаратури – стендів – зокрема ТРС – рухомий склад – транспортні засоби – призначене повторне техн. обслуговування поїздів і рухомого складу	 40 9 99 66 46 83	 49 24 94 87 75 87	 –9 –15 +5 –21 –29 –4
7	Відмінено комісійних оглядів: – рухомого складу – колії та споруд	 10 10	 16 24	 –6 –14
8	Повернено на повторний ремонт одиниць рухомого складу	36	68	–32

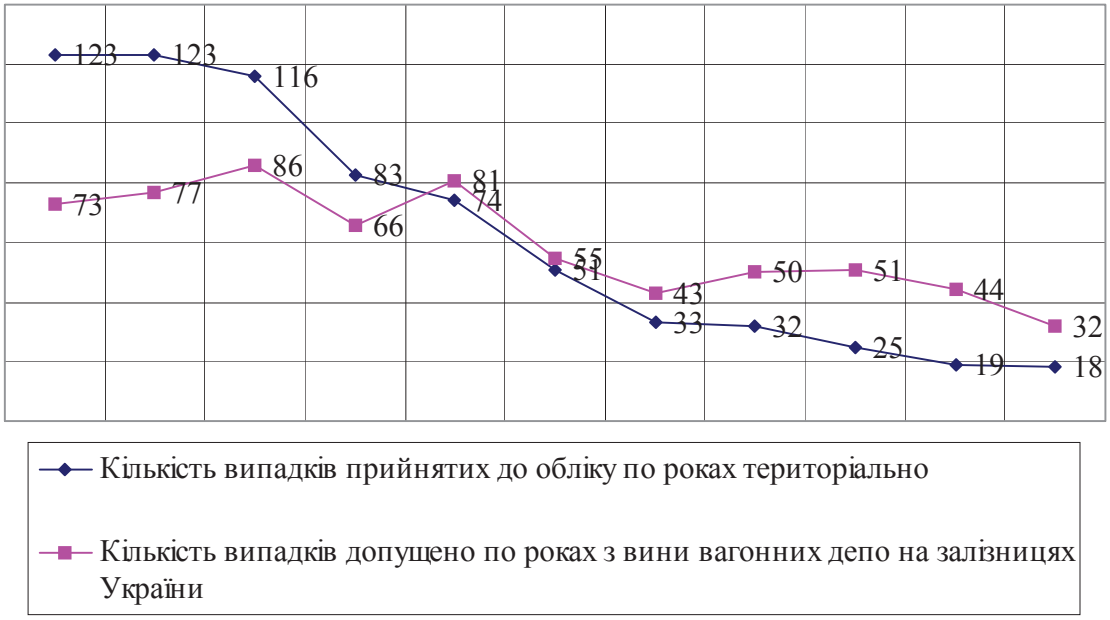


Рис. 3. Кількість транспортних подій допущених по вагонному господарству залізниці з розподілом по роках

Висновки

На основі розглянутого можна визначити параметр якості *i*-го транспортного засобу. Розв'язуючи рівняння для альтернативних варіантів однотипних транспортних засобів по найбільшому значенню параметра ефективності, можна вибрати оптимальний варіант транспортних засобів при мультимодальних перевезеннях.

Але рішення завдання по обґрунтуванню технічної надійності й якості транспортного виробництва буде лише частковим, якщо не повернутися до визначаючого фактору: при мультимодальних перевезеннях використовуються засоби різних видів транспорту. Інтегрована якість транспортної системи, діяльність якої виконується з використанням багатьох транспортних засобів різних видів, може бути визначена по формулі:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{a}\left(\sum_{t=1}^{n} k_з k_v m_n V_n t_n\right)}{\sum_{i=1}^{a}\left(\sum_{t=1}^{n} З_i\right)},$$

де $к_з$ — коефіцієнт завантаження транспортного засобу;
$к_v$ — коефіцієнт використання технічної швидкості;
m_n — вантажопідйомність, т;
t_n — тривалість рейсу, год/рейс;
V_n — технічна швидкість;
$З_i$ — витрати на один рейс.

Список літератури

1. Крыжановский Г. А. Управление транспортными системами / Г.А. Крыжановский, В.В. Шашкин. — СПб., 1998. — ч. 1. — С. 73.

2. Надежность в машиностроении: Справочник / Под ред. В.В. Шашкина. — СПб., 1992. — С. 146.

3. Довідник основних показників роботи залізниць України (1997–2007 роки) / під кер. Котіль Н.В.; Виконавці Смокал О.В., Гринь Н.В., Солод Л.І., Савицька О.В., Людмирська С.М.

Аннотация. *Предложена методика определения качества транспортной деятельности в зависимости от надежности транспортной техники и путей сообщения, безопасности транспорта и экологичности транспортной среды и возможности выбрать оптимальный вариант транспортных средств при мультимодальных перевозках.*

Annotation. *The technique of definition of quality of transport activity depending on reliability of transport technics and means of communication is offered, to safety of transport and ecological compatibility of the transport environment and possibility to choose an optimum variant of vehicles at multimodal transportations.*

Стаття надійшла до редакції 15.10.2010 р.

УДК 629.113

МАКАРОВ В. А., доц., КУПЛІНОВ А. В., ст. викладач,
ВОЛОХОВ О. С., ст. викладач, СТРІЛЬНИК Ю. М., ст. викладач, КУЛІЄВ Р. А., ас.,
Донецька академія автомобільного транспорту

ДО ВИБОРУ ПРИСТОСУВАНЬ ДЛЯ ВІДМІЧАННЯ ТРАЕКТОРІЇ РУХУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Описані методи відмічання траєкторії руху транспортних засобів під час проведення дорожніх випробувань автомобілів. Показане використання обладнання та пристосувань для визначення траєкторії.

Вступ

Для отримання достовірної оцінки показників курсової стійкості руху (КСР) під час проведення дорожніх випробувань колісних транспортних засобів (КТЗ) необхідно виконати визначення траєкторії руху.

Мета статті

Метою роботи є обґрунтування методики, обладнання, приладів та пристроїв для відмічання траєкторії руху під час експериментального дослідження КСР легкового автомобіля.

Основний розділ

При проведенні експериментального дослідження курсової стійкості руху легкового автомобіля необхідно контролювати траєкторії переміщення заданих точок колісного транспортного засобу. Для відмічання зазначеної траєкторії руху використовується низка приладів, аналіз яких наведений нижче. Існують гідравлічні відмітчики, відмітчики з використанням сипучого матеріалу, GPS навігатори тощо.

За основу конструкції пристосування для визначення траєкторії руху КТЗ був обраний гідровідмітчик, устрій та принцип дії якого наведений у роботі [1], як найбільш простий та надійний. Даний гідровідмітчик встановлено на макеті автопоїзда, а не на діючому автомобілі, тому використана спрощена система кріплення резервуара з підфарбованою рідиною, виконано стаціонарне кріплення форсунок в характерних точках автопоїзда, яке не потребує кропіткого налагодження.

Під час проведення іншими дослідниками дорожніх випробувань, результати яких наведено в статті [2], було вирішено замість форсунок використати контактне колесо малого діаметру, яке постійно зволожувалось підфарбованою рідиною. До недоліків системи слід віднести: складність кріплення пристосування з колесом в характерних точках автомобіля; проявлення ефекту проковзування контактного колеса при виконанні маневру «рух за колом», (особливо малого радіусу); відсутність необхідного тиску в магістралі живлення (підфарбована рідина витікала з резервуару під дією лише сили тяжіння); значна ширина смуги на асфальтобетонному покритті тощо.

Недоліки системи з використанням контактного колеса змусили авторів випробувати інші варіанти конструкції, зокрема з розміточним крейдяним порошком, що застосовується при будівельних роботах. Порошок може бути різного кольору, що дає змогу застосовувати пристосування одночасно для декількох точок автомобіля, для яких треба визначити траєкторії руху. Цей пристрій найбільш простий із тих, що були розроблені, але виникали проблеми з його

кріпленням на автомобілі — використовувався магніт. Ще більшою проблемою була мала ємність резервуару з порошком та складність його поповнення.

Спроби використовувати окремі елементи системи супутникового позиціонування (GPS навігатори), також не принесли бажаного результату, так як мали значну похибку вимірів, особливо при незначних переміщеннях КТЗ.

Під час перевірки маневреності та керованості автопоїзда (автомобіль та два причепи), для визначення траєкторії руху було вирішено використати гідровідмітчики, устрій яких детально описано в роботі [3]. Вони давали гарні результати при прямолінійному русі та русі по колу значного радіусу. Проблеми виникали під час руху по колу малого радіусу, особливо зі значною швидкістю: під дією відцентрової сили гнучкий утримувач форсунки зміщувався, тим самим вносив похибку в отриманий результат.

Було вирішено вдосконалити гідровідмітчики, використані у складі автопоїзда [3]. Насамперед збільшено ємність резервуару та замінено помпу на більш продуктивну. Значною проблемою було кріплення форсунок в характерних точках автомобіля, зважаючи на те, що використовувався діючий автомобіль, а не макет і його пересування до місця проведення експерименту відбувалося по дорогам загального користування власним ходом.

Саме доопрацьовані гідровідмітчики використовувалися під час визначення КСР легкового автомобіля при використанні коліс з різним рисунком протектора. Кожен гідровідмітчик (рис. 1) складається з форсунки 2, з'єднувальних гнучких трубопроводів 4, бачка, що заправлений водою та електронасосу. Форсунки розташовані в характерних точках елементів автомобіля: середніх точках задньої 3 та передньої осей. Фіксування траєкторії руху здійснюється на опорній поверхні струменем води, що має діаметр близько 1 мм. Для запобігання зміщенню форсунки 2 під дією відцентрової сили, трубопровід живлення форсунки встановлено в металево-пластикову трубку 1, зовнішній діаметр якої дорівнює 16 мм. Для зручності, у кожен бачок гідровідмітчика була добавлена своя фарбувальня рідина, яка навіть після випаровування води, залишала характерний слід на асфальтовому покритті. Усі електродвигуни насосів з'єднані через тумблер до мережі електропостачання автомобіля.

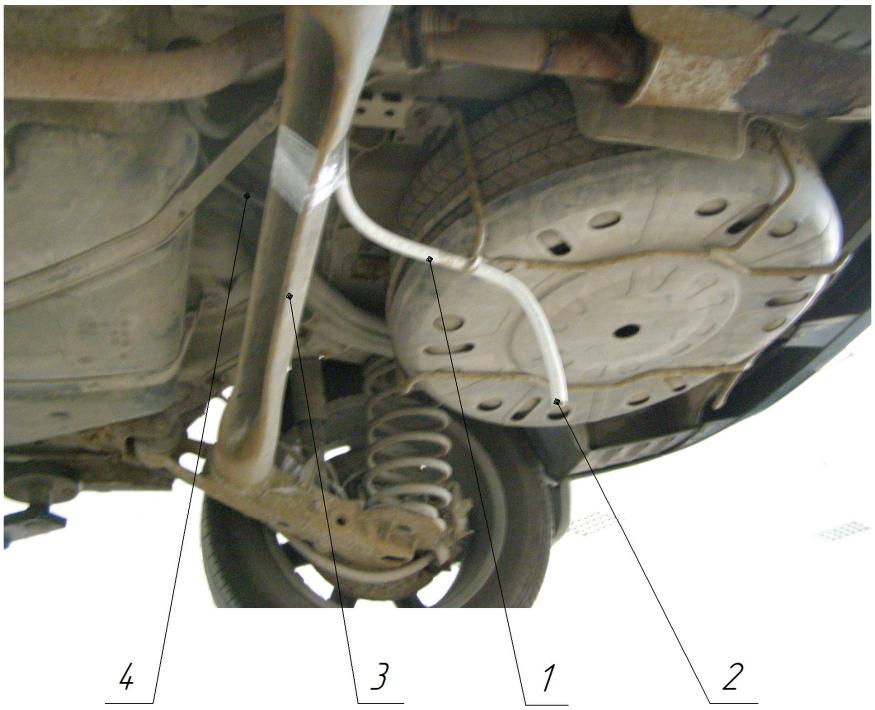


Рис. 1. Пристосування для визначення траєкторії руху легкового автомобіля

Правильність установки форсунок гідровідмітчиків на вісях автомобіля перевірялась по збігу траєкторій в одну лінію при прямолінійному русі.

Характерні сліди, залишені рідиною, що витікала з форсунок гідровідмітчика на асфальтовому покритті показано на рис. 2.

Автомобіль Opel «Zafira» рухався за колом.

Висновок

Наведений в статті аналіз дозволяє зробити вибір пристосувань для визначення траєкторії руху, що необхідно при дослідженні показників КСР АТЗ, на користь останньої конструкції гідравлічних відмітчиків, як найбільш простої та надійної, що дозволило отримати точні результати.

Рис. 2. Смуги, залишені рідиною, що витікала з форсунок гідровідмітчиків

Список літератури

1. Тімков О.М. Поліпшення показників маневреності та стійкості автопоїздів з наближеними осями причепа: дис. на здобуття наукового ступеня кандидата техн. наук: 05.22.02/Національний транспортний університет/О.М. Тімков.— К., 2005.— 156 с.

2. Макаров В.А. Оборудование для экспериментального исследования курсовой устойчивости движения легкового автомобиля / В.А. Макаров, А.А. Омельченко, А.В. Костенко, А.В. Куплинов, А.В. Петров, О.П. Сакно // Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту.— 2007.— №. 3.— С. 48–57.

3. Бондаренко А.Є. Експериментальний автопоїзд для дослідження курсової стійкості руху/А.Є. Бондаренко, Ю.М. Стрільник, А.В. Куплінов, Д.Л. Мойся, М.М. Макійов//Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. — 2010. — № 1.— С. 48–58.

Аннотация. *Описаны методы отмечания траектории движения транспортных средств во время проведения дорожных испытаний автомобилей. Показан перечень оборудования и приспособлений для определения траектории*

Abstract. *The article describes the register methods of movement trajectory of vehicle while performing road tests of cars. It also shows the diagrams of equipment and devices for trajectory determination*

Стаття надійшла до редакції 20.10.2010 р.

УДК 625.06/08 (031)

БАННІКОВ В. О., ст. викладач,
Донецька академія автомобільного транспорту

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ГРАВІТАЦІЙНОГО МОМЕНТУ НА КЕРОВАНОМУ МОДУЛІ ТРИКОЛІСНОГО ЕКІПАЖУ

Розглянуто питання про вплив конструктивних параметрів керованої стійки триколісного екіпажу на гравітаційний стабілізуючий момент. Приведно схему та дані про спроектований та відтворений експериментальний стенд для визначення гравітаційного моменту, а також методика проведення експерименту. Наведені результати випробувань у вигляді таблиць та діаграм.

Вступ

Гравітаційний момент, діючий на колесо керованого модуля, незалежно від її схеми, викликає, з одного боку, момент опору його повороту, а з іншого — момент, який стабілізує рух у прямолінійному напрямі. Таким чином, він відіграє важливу роль у комфортності керування, а також у забезпеченні стійкості руху колеса зокрема і транспортного засобу взагалі. Отже, визначення залежності гравітаційного моменту від конструктивних параметрів керованої стійки, особливо, коли мова заходить про мало досліджену схему, потребує експериментальної перевірки результатів теоретичних положень.

Постановка проблеми

Задача якнайточнішого експериментального визначення гравітаційного моменту керованого модуля триколісного екіпажу потребує коректності у виборі засобу його реалізації. З одного боку, експериментальний керований модуль повинен мати максимально наближені до реального аналога конструктивні, масові та геометричні параметри, а з іншого — стенд повинен забезпечувати максимальну точність і зводити нанівець похибку при вимірюванні.

Аналіз останніх публікацій

Гострота проблеми стійкості руху ніколи не зменшувалась, тим більше, що пошук нових схем та рішень при створенні транспортних засобів останнім часом набув нового поштовху, тому питання, пов’язані з опором повороту та стабілізацією руху керованого модуля, залишаються актуальними і надалі. Отже, залишаються актуальними і наукові роботи, присвячені дослідженням гравітаційного (вагового) моменту, діючого на кероване колесо [1,2,3,5,6].

Робота Солтуса А.П., яка присвячена експериментальним дослідженням вагового моменту [1] на автомобілі КрАЗ 255Б, свідчить про збіг розрахункових та експериментальних залежностей від поперечного нахилу шворнів з відповідними результатами Литвинова А.С. та Іларіонова В.О.

У роботі [4] приводиться аналіз методик дослідження вагових моментів (Литвинова А.С., Іларіонова В.О., Солтуса А.П., Когана Ю.О., Михайловського Є.В.), в залежності від нахилу шворня, з виявленням особливостей, які впливають на точність їх визначення. З порівняння також видно, що у роботах різних авторів різниця між експериментальними та теоретичними результатами може бути меншою чи більшою.

Проведений аналіз свідчить, що найбільший збіг експериментальних та теоретичних залежностей щодо гравітаційного моменту, діючого на колесо, відмічається у роботах Солтуса А.П.

Мета статті

Розширення відомостей про залежність гравітаційного моменту від конструктивних параметрів щодо керованого модуля триколісного екіпажу.

Основна частина

Аналіз досліджень у питанні аналітичного розрахунку гравітаційного моменту, діючого на кероване колесо, їх значна розбіжність у роботах різних авторів дає підстави вважати, що при складанні математичної моделі, тобто виведенні рівняння залежності гравітаційного моменту від конструктивних параметрів, потрібно не тільки виконувати експериментальну перевірку розрахункових залежностей, а й порівнювати їх з результатами отриманими раніше.

З аналізу попередніх досліджень також випливає висновок, що адекватність результатів (розрахункових та експериментальних) у цьому питанні, значною мірою залежить від точності, яку можна отримати на стенді при експериментальній перевірці аналітичних залежностей, тобто від адекватності моделі, яка досліджується, а також конструкції самого стенду.

Згідно з залежностями щодо значень гравітаційного моменту, наведеними в роботах [4,5] і представленими як стабілізуючі моменти:

$$M_{ст} = G_k l \sqrt{\sin 2\gamma + \sin 2\beta}\sqrt{\cos 2\gamma - \sin 2\beta}\sin\theta\,, \qquad (1)$$

де β — кут поперечного нахилу шворня;

γ — кут поздовжнього нахилу шворня;

l — відстань від центру контакту відбитка до точки перетинання вісі шворня з опорною поверхнею;

θ — кут повороту керованого колеса.

$$M_{ст} = G_k (l_ц - r\alpha)(\beta_ш \sin\theta + \gamma_ш \sin\theta)\,, \qquad (2)$$

де r — динамічний радіус колеса;

$\beta_ш$ — кут поперечного нахилу шворня;

$\gamma_ш$ — кут поздовжнього нахилу шворня;

θ — кут повороту керованого колеса;

α — поточний кут розвалу колеса.

$$M_{ст} = G_k \cos(\alpha_ш + \gamma_ш)\sin\alpha_ш \left[l_ц - (r_к - r_ш) tg\gamma_ш \right] \sin\alpha \ , \qquad (3)$$

$\alpha_ш$ — кут поздовжнього нахилу шворня;

$\gamma_ш$ — кут розвалу керованого колеса;

$l_ц$ — довжина цапфи;

$r_к$ — радіус колеса;

$r_ш$ — радіус кривизни профілю колеса;

α — кут повороту колеса.

$$M_{ст} = G_k \left[l_ц - (r_к - r_ш) tg\gamma'_ш \right] \left[\cos(\alpha_ш + \gamma_ш)\sin\alpha_ш \sin\theta \pm \cos(\beta_ш + \gamma_ш)\sin\beta_ш \cos\theta \right], \qquad (4)$$

або більш пізніша, ніж залежність (4) також відтворена Солтусом А.П.:

$$M_{ст} = R_z (l_ц - r_к tg\gamma'_ш)\cos(\alpha_ш + \gamma_ш)\sin\alpha_ш \sin\theta \ , \qquad (5)$$

де $\gamma_ш$ — кут розвалу керованого колеса при прямолінійному русі;

$\gamma'_ш$ — рекомендований кут розвалу.

Порівняння наведених вище $M_{ст}$ (1-5) з $M_{грав}$, отриманим на підставі схеми дії сил на елементи керованого модуля (рис.3), вказує на відповідність отриманого автором цієї роботи виразу (6) залежностям, наведеним Солтусом А.П. Зрозуміло, потрібно лише врахувати відсутність кутів розвалу і поперечного нахилу шворня.

$$M_{грав} = Zc_f \sin\lambda \cos\lambda \sin\psi \ , \qquad (6)$$

де Z — аналогія R_z і G_k;

c_f — плече прикладення, аналог $l_ц$;

λ — кут поздовжнього нахилу шворня;

ψ — кут повороту керованого колеса.

На рис. 1 положення осі обертання керованого модуля у прямолінійному русі, вздовж осі X, позначено $0\text{-}0$, а положення цієї ж осі при повороті модуля на кут ψ позначено $0'\text{-}0'$. Таким чином, точка K на осі, коли остання була у положенні $0\text{-}0$, займає нове положення K', коли вісь модуля переходить в положення $0'\text{-}0'$, і реальна вісь керованого модуля стає вище свого положення, яке було при прямолінійному русі колеса. Відрізок c'_f — це свого роду «винос», тільки проведений перпендикулярно із центру колеса до осі модуля. x — кут розвалу колеса, на який воно нахиляється, при повертанні на курсовий кут ψ.

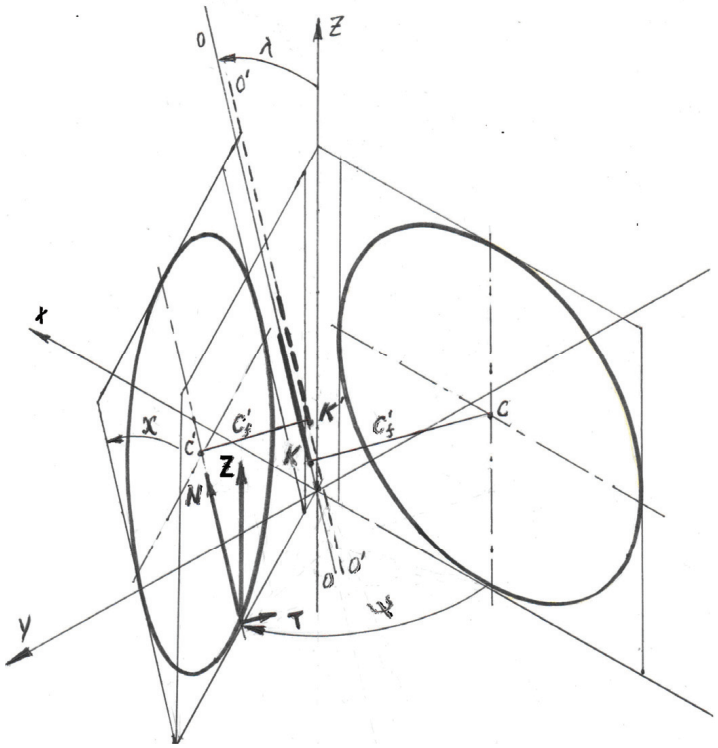


Рис. 1. Схема дії сил на елементи керованого модуля

Отже, в Донецькій академії автомобільного транспорту на кафедрі «Автомобілі і двигуни» було розроблено та виготовлено стенд (рис. 2, рис. 3), який вміщує модель керованого модуля триколісного екіпажу, поздовжню балку 6 з одним ступенем руху у вертикальній площині — аналог рами екіпажу, закріплений на одноступеневому шарнірі з боку протилежному кріпленню на модулі. Підшипник 8, який має три ступені свободи, розташовано між колесом 1 керованого модуля, пристроєм для вимірювання сили тяжіння 7, діючої на колесо та опорною поверхнею. Враховуючи відносно невеликі навантаження, діючи на кероване колесо 1, підшипник 8 вдалося виконати з двох листів (0,4 × 0,4 м) дзеркального скла, завтовшки по 7 мм, між якими розташовано пінополіуретановий лист (сепаратор) завтовшки 8 мм з 40 отворами для сталевих кульок (щодо сталевих підшипників кочення) діаметром 9,55 мм. Таким чином, верхній скляний лист має можливість рухатись з дуже малим опором відносно нижнього у двох напрямах — повздовж осі *X*, та осі *Y*, і також обертатися навколо осі *Z*. Стенд має можливість змінювання кута поздовжнього нахилу λ (від +30° до –30°) осі 3 за рахунок шарніру 5, а також — значення «виносу» колеса c_f (від +0,15 м до – 0,15 м), за рахунок пазу 4, у якому може переміщуватись і фіксуватись вісь 3.

Модель керованого модуля максимально адекватна справжньому модулю триколісного екіпажу по геометричним, масовим і експлуатаційним параметрам — куту повороту колеса та вертикальному навантаженню. Стенд також дозволяє вимірювати значення нормальної реакції з боку опорної поверхні з точністю 0,02%, завдяки тензометричному пристрою 7, аналогічний якому (тензометричний пристрій 9), використовується для вимірювання тангенціальної складової при визначенні $M_{грав}$. Тангенціальне зусилля від керованого модуля на тензометричний пристрій 9 передається через двоплечий важіль 10 та гнучкий елемент (трос).

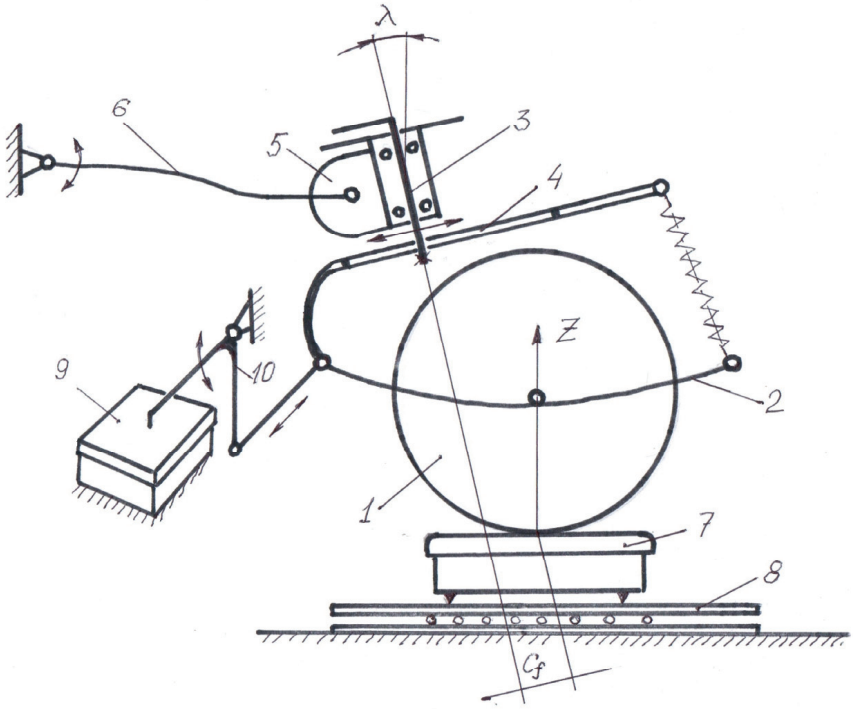


Рис. 2. Принципова схема стенду з керованим модулем для визначення гравітаційного моменту

Рис. 3. Стенд з керованим модулем для визначення гравітаційного моменту

Методика проведення експерименту враховує наступні пункти:

– тарування обладнання виміру сил та моментів (u_1=1:4,5 — передатне число пристрою виміру вертикальної сили; u_2=1 — передатне число пристрою виміру тангенціальної сили);

– визначення моменту опору повороту керованого модуля навколо своєї осі при різних рівнях навантаження вертикальною силою, але при відсутності гравітаційного моменту $M_{грав}$, тобто — коли λ і c_f дорівнюють нулю; визначення залежності гравітаційного моменту від кута повороту колеса навколо осі керованого модуля, а саме — $\sin\psi$, при різних значеннях кута нахилу стійки;

– визначення залежності «виносу» колеса c_f від вертикальної реакції на колесо Z з боку опорної поверхні.

Визначення моменту опору повороту керованого модуля навколо своєї вісі при навантаженні вертикальною силою близько 750 Н, але при відсутності гравітаційного моменту $M_{грав}$, тобто, коли λ і c_f дорівнюють нулю, склав 1,96 Н × 0,205 м = 0,4022 Н м.

Визначення залежності гравітаційного моменту від кута повороту колеса навколо осі керованого модуля, а саме — від $\sin\psi$, при різних значеннях кута нахилу стійки, дало наступні результати (див. табл. 1, та рис. 4).

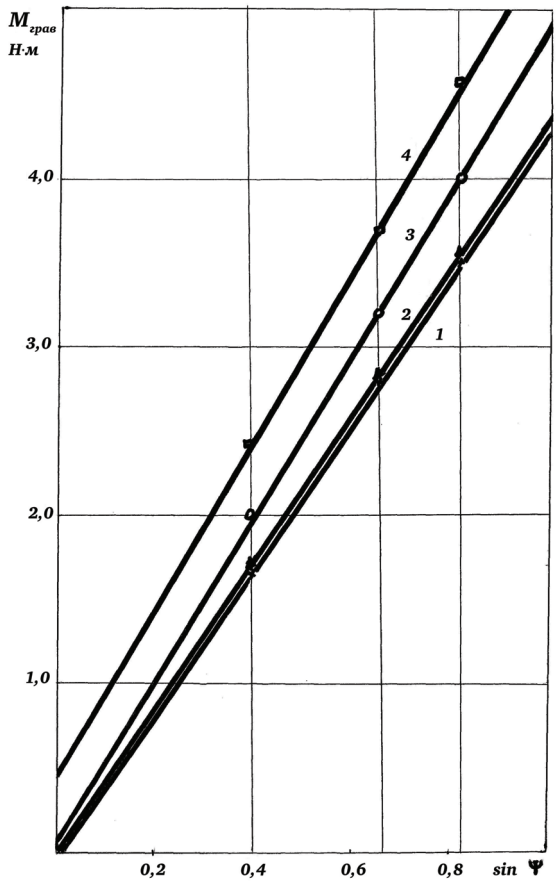


Рис. 4. Залежність гравітаційного моменту $M_{грав}$ від $\sin\psi$

Визначення залежності «виносу» колеса c_f від вертикальної реакції на колесо Z з боку опорної поверхні дало наступні результати (див. табл. 2, та рис. 5).

Таблиця 1

Залежність гравітаційного моменту від кута повороту колеса навколо осі керованого модуля ($\sin\psi$)

Z, Н	Sinα			
	0	0,4	0,67	0,82
1–431	0	1,71	2,80	3,46
2–519	0	1,76	2,84	3,52
3–599	0	1,98	3,22	4,08
4–750	0	2,41	3,69	4,58

Лінії 1–4 на діаграмі (рис. 4) відповідають різним значенням сили *Z*, діючої на колесо керованого модуля (табл. 1).

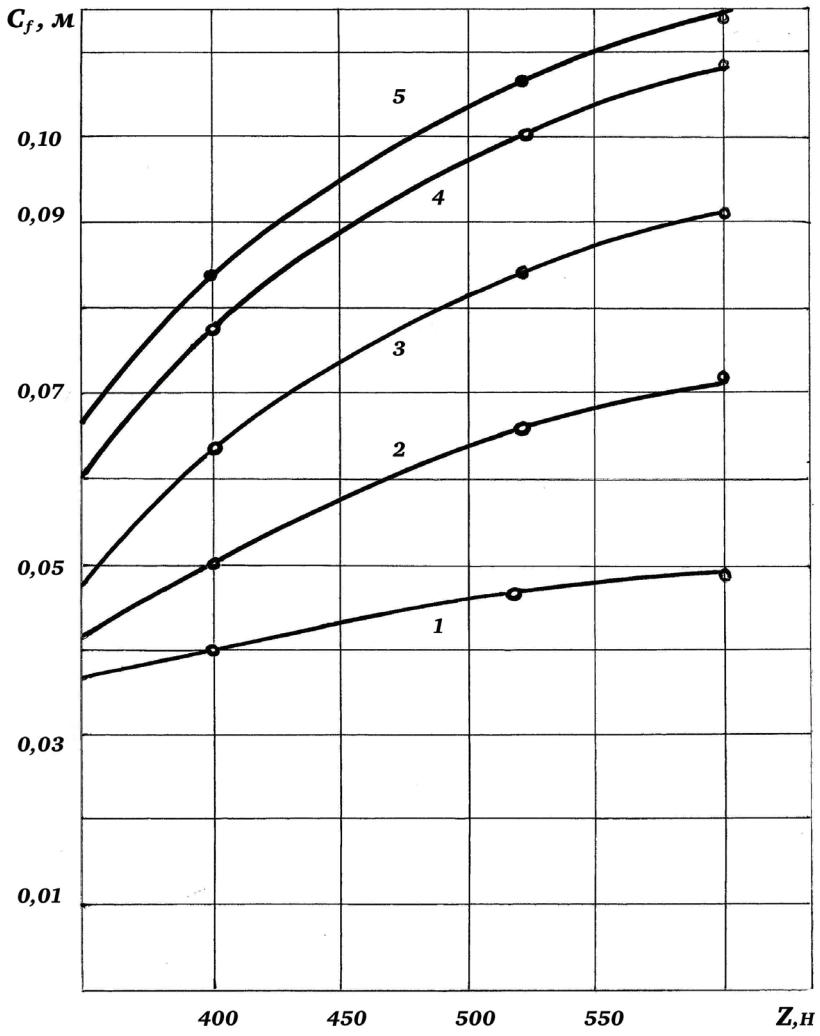


Рис. 5. Залежність виносу c_f як функція вертикального навантаження *Z* на колесо

Лінії 1–5 на діаграмі (рис. 5) відповідають різним значенням кутів нахилу осі керованого модуля (табл.2).

Таблиця 2

Залежність «виносу» колеса c_f від вертикальної реакції на колесо *Z*

λ, рад	Z, Н					
	350	400	450	520	600	750
1–0,0650	0,0370	0,0398	0,0430	0,0470	0,0685	—
2–0,0850	0,0420	0,0504	0,0590	0,0660	0,0720	—
3–0,1100	0,0480	0,0640	0,0721	0,0830	0,0910	—
4–0,1515	0,0610	0,0770	0,0777	0,1010	0,1080	—
5–0,1930	0,0670	0,0840	0,0948	0,1069	0,1150	0,1270

Висновки

1. Гравітаційний момент, який діє на колесо керованого модуля, пропорційний синусу кута його повороту ($\sin\psi$) навколо осі обертання.

2. Пропорційність вертикального навантаження порушується за рахунок змінювання значення «виносу» c_f.

3. Порівняння наведених вище $M_{ст}$ (1-5) з $M_{грав}$, отриманих на підставі схеми дії сил на елементи керованого модуля (рис.3), вказує на відповідність отриманого автором цієї роботи виразу (6) залежностям, наведеним Солтусом А. П.

Список літератури

1. Солтус А.П. Экспериментальное определение весовых стабилизирующих моментов/А.П. Солтус, В.В. Редчиц// Конструкция автомобилей. — 1976. — № 4. — С. 5–8.

2. Солтус А.П. К вопросу о весовых стабилизирующих моментах / А.П. Солтус, Н.Ф. Кошарний// Автобильная промышленность. — 1976. — № 8. – С. 30–32.

3. Солтус А. П. Исследование весового стабилизирующего момента от поперечного наклона шкворня/А.П. Солтус, С.М. Черненко // Вісник КДПУ. — 2002. — Вип.2. — С. 68–73.

4. Клімов Е.С. Щодо питання визначеності вагового стабілізуючого моменту / Е.С. Клімов // Вісник КДПУ. — Вип. 1.(54). Частина 1. — С.61–65.

5. Солтус А. П. Визначення впливу поздовжнього нахилу шворня на ваговий стабілізуючий момент/А.П. Солтус, С.М. Черненко//Машинознавство. — 2003. — № 6 (72). — С.47–50.

6. Литвинов А.С. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств/А.С. Литвинов, Я.Е. Фаробин/ [Учебник для вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство»]. — М.: Машиностроение, 1989. — 240 с.

Аннотация. *Рассмотрен вопрос о влиянии конструктивных параметров управляемой стойки трёхколесного экипажа на гравитационный стабилизирующий момент. Приведена схема и данные о спроектированном и изготовленном экспериментальном стенде для определения гравитационного момента, а также методика проведения эксперимента. Приведены результаты испытаний в виде таблиц и диаграмм.*

Abstract. *The constructive parameters effect of the 3 wheeled vehicle control block on the gravitation stabilizing torque is considered. The scheme and dates about designed and mantled experimental stand for determination of gravitation torque and experimental methodology are given. The test result as the tables and diagrams are demonstrated.*

Стаття надійшла до редакції 03.11.2010 р.

УДК 629.113

КОСТЕНКО А. В., к. т. н.,
Донецька академія автомобільного транспорту

ДО ПИТАННЯ ПРО ДОСЛІДЖЕННЯ КУРСОВОЇ СТІЙКОСТІ РУХУ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ

Наведено основні розрахункові схеми легкових автомобілів та моделі взаємодії шини та опорної поверхні, які застосовуються при дослідженнях курсової стійкості легкових автомобілів. Визначено перспективні напрямки дослідження курсової стійкості із використанням моделі легкового автомобіля з урахуванням крену та застосуванням нелінійної моделі кочення колеса із бічним відведенням.

Вступ

Курсова стійкість руху (КСР) — надзвичайно важлива експлуатаційна властивість легкового автомобіля, що суттєво впливає на активну безпеку, тому дослідження КСР є важливою та актуальною задачею сьогодення: треба прогнозувати показники КСР та виявляти шляхи їх поліпшення.

Мета статті

Визначити основні перспективні напрямки дослідження курсової стійкості руху легкових автомобілів.

Основна частина

При дослідженнях КСР особливу увагу приділяють описанню взаємодії шини й опорної поверхні та розробці математичної моделі легкового автомобіля. Таким чином, перед початком дослідження, в принципі, постає дві задачі — вибір або розробка математичної моделі руху автомобіля та спосіб описання взаємодії колеса та дороги.

Що стосується математичних моделей, то в науковій літературі пропонується ціла низка моделей, що відрізняються складністю — від одномасових плоских моделей до багатомасових просторових. На цьому етапі дослідник повинен вирішити дилему: з одного боку модель повинна якнайточніше описувати параметри руху автомобіля, з іншого — бути непростою з огляду її математичної обробки.

Слід зауважити, при дослідженнях впливу саме шин на КСР добре зарекомендували себе одномасові плоскі велосипедні схеми [1] легкових автомобілів (рис. 1) або двохмасові плоскі схеми [2] з керуючим колісним модулем (рис. 2). Тобто можна сказати, що це є базові моделі і досліднику залишається обрати необхідну схему (з урахуванням особливостей дослідження, що ним виконується) та внести в неї необхідні власні доповнення та вирішувати поставлені задачі, що пов`язані із дослідженням КСР. Наприклад, в роботі [3] було запропоновано уточнену велосипедну одномасову модель легкового автомобіля (рис. 3), яка дозволяє враховувати вплив на КСР кожної шини.

Крім велосипедних схем слід відмітити просторову одномасову модель, що має можливість враховувати крен автомобіля. Подібні моделі доволі рідко використовуються при дослідженнях, що, очевидно, пов`язано як із ускладненням математичної обробки, так і з необхідністю додаткового визначення параметрів автомобіля (наприклад, параметрів підвіски тощо).

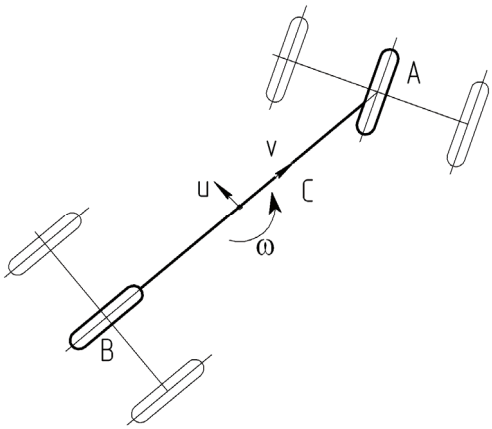


Рис. 1. Розрахункова схема велосипедної моделі автомобіля

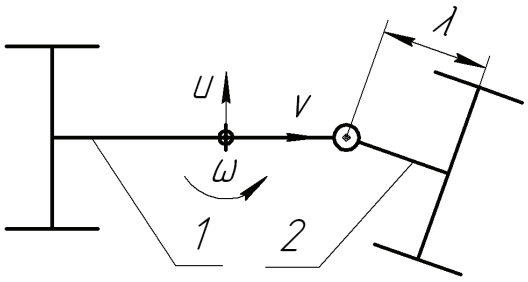


Рис. 2. Розрахункова схема автомобіля із додатковим ступенем свободи:

1 — колісний керований модуль; 2 — корпус автомобіля

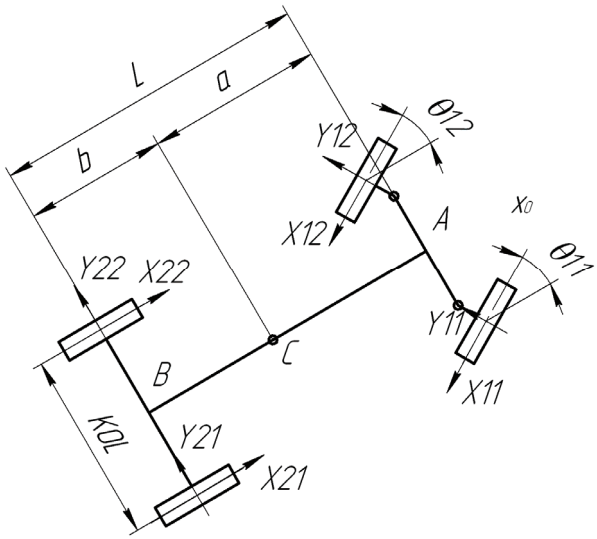


Рис. 3. Розрахункова схема уточненої велосипедної моделі автомобіля

Перспективним, в першу чергу, при дослідженнях впливу шин на КСР використання просторової схеми (рис. 4), що враховує вплив крену (три ступені волі). Це пов`язано із тим, що є можливість врахування перерозподілу вертикального навантаження по вісях та бортах автомобіля, що суттєво впливає на характеристики шини, а саме на коефіцієнт опору бічному відведенню. Зміна цих характеристик шин може призвести до зміни поворотності, що може привести до зниження КСР, а, отже, до зниження безпеки руху.

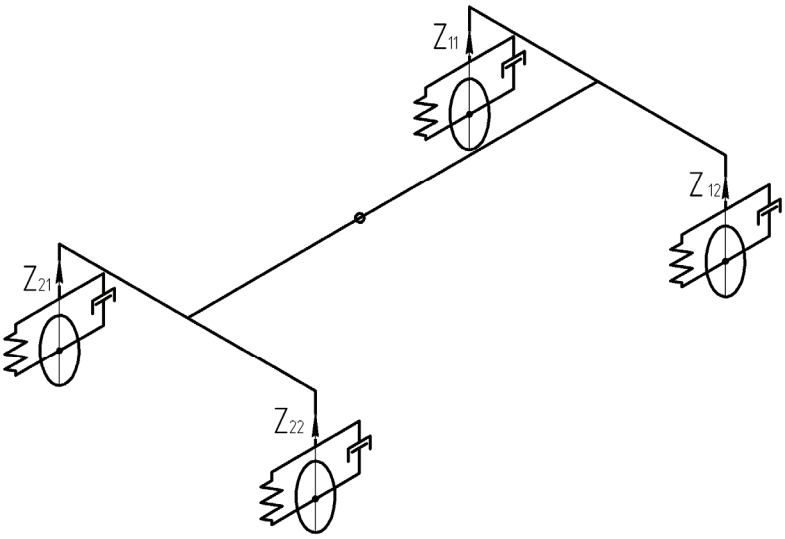


Рис. 4. Розрахункова схема просторової одномасової моделі автомобіля

У будь-яку з перелічених вище моделей (та й інших також) обов'язково входять характеристики взаємодії шини та дороги. Найважливішою з них (з точки зору КСР) є бічне відведення шини. Власне кажучи, вимоги до моделей, що описують взаємодію колеса і дороги ідентичні вимогам до математичних моделей (точність відображення та нескладність обробки).

Найбільш розповсюдженою та застосовуваною є модель кочення колеса І. Рокара — $Y=k\delta$ (Y — бічна сила, k — коефіцієнт опору відведенню, δ — кут відведення).Така модель дозволила визначити цілу низку задач, наприклад, дослідження поворотності автомобіля та визначення критичної швидкості.

На жаль, лінійна залежність бічного відведення не зовсім точно відображає взаємодію колеса і опорної поверхні, наприклад, не враховує проковзування, яке так чи інакше буде присутнім в контакті колеса і дороги, а, отже, не дає змоги дослідити ряд важливих питань, що стоять перед дослідниками курсової стійкості руху. До таких питань слід віднести: дослідження впливу коефіцієнта зчеплення на бічне відведення колеса та на КСР; дослідження впливу на КСР бічного відведення з урахуванням поздовжніх сил (тягової або гальмівної); дослідження КСР при перерозподілі вертикального навантаження по вісях автомобіля, що має місце при гальмуванні та розгоні автомобіля; дослідження КСР при перерозподілі вертикального навантаження по бортах автомобіля, що має місце при русі автомобіля по колу (на поворотах); дослідження КСР при русі автомобіля по деформованих опорних поверхнях; дослідження КСР при несталому відведенні. Безумовно, це лише частка тих задач, які необхідно вирішити науковцям, щоб покращити уявлення про КСР та шляхи її удосконалення.

Вирішення подібних задач потребує використання інших моделей кочення колеса, до яких слід віднести модель Фіали, «магічну» формулу Пацейки та нелінійну апроксимацію,

запропоновану Вербицьким В.Г. та Лобасом Л.Г. Всі моделі виходять з того, що бічна реакція дороги є функцією кута відведення — $Y=k\delta$.

В роботі Л.Г. Лобаса та В.Г. Вербицького [4] наводяться наступні апроксимації залежності бічного відведення:

$$Y = k \cdot arctg(\delta)\,;\; Y = \frac{k\delta}{\sqrt{1+\left(\frac{k\delta}{\varphi G}\right)^2}}, \qquad (1)$$

де φ — коефіцієнт зчеплення;

G — вертикальне навантаження.

На рис. 5 зображено графік бічного відведення відповідно до залежностей (1).

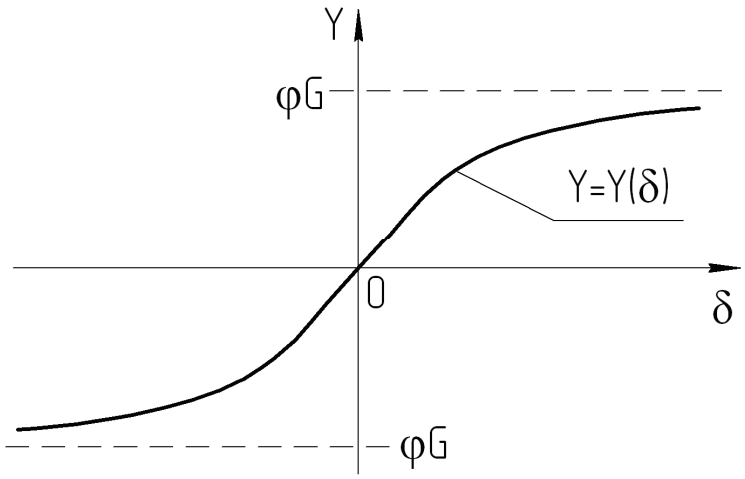


Рис. 5. Нелінійна залежність бічного відведення

В роботі [5] представлена «магічна» формула Пацейки, що має вигляд:

$$y(x) = D \cdot \sin\left[C \cdot arctg\left\{Bx - E\left(Bx - arctg\left(Bx\right)\right)\right\}\right], \qquad (2)$$

де D, C, Bx, E — коефіцієнти формули, що визначають зовнішній вигляд графіка залежності бічної сили від кута відведення з урахуванням різних факторів, що можуть впливати на бічне відведення (рис. 2).

Формула Пацейки може бути використана для описання поздовжньої або поперечної сили, а також стабілізуючого момента (звідси, очевидно, й назва — «магічна»).

Обираючи відповідні коефіцієнти можна забезпечити відмінну апроксимацію кривих, отриманих в результаті тестування шин. З одного боку, ця техніка моделювання дуже точна. З іншого боку, треба витратити багато часу для знаходження вірного значення коефіцієнтів для точного моделювання.

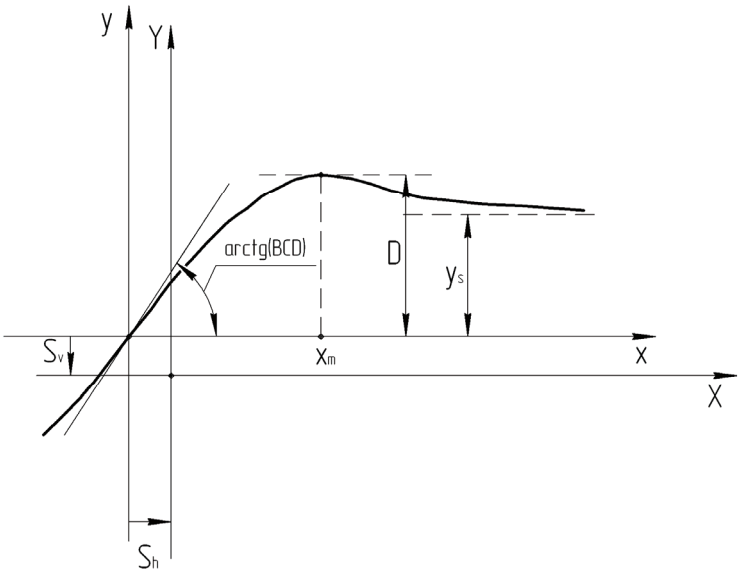


Рис. 6. Залежність бічного відведення Пацейки

Модель кочення, запропонована Е. Фіалою [6], також є нелінійною та дозволяє досліджувати бічне відведення із врахуванням поздовжніх сил. Відповідно до цієї моделі визначення взаємовпливу поздовжніх і поперечних сил у плямі контакту реалізується через деякий ефективний коефіцієнт зчеплення μ, що є функцією повного відносного проковзування в плямі контакту шини та дороги s:

$$\mu = \mu_0 - s\left(\mu_1 - \mu_0\right); \; s = \sqrt{s_x^2 + s_y^2}\,. \tag{3}$$

На рис. 7 зображено графічне відображення залежності коефіцієнта зчеплення від проковзування.

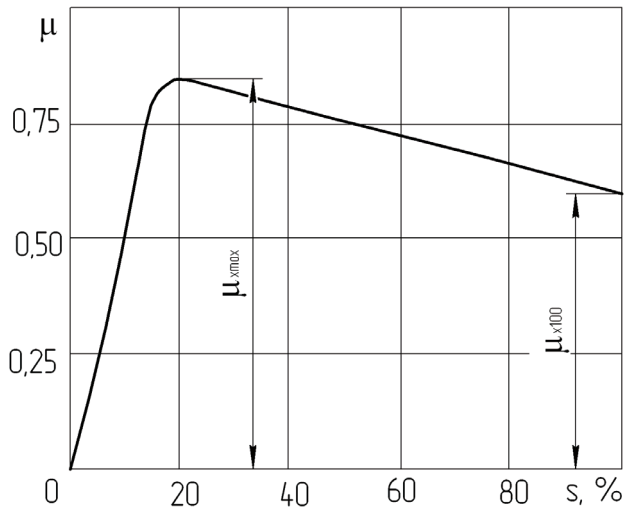


Рис. 7. Залежність коефіцієнта зчеплення μ від проковзування s

Відповідно, поздовжня F_x та поперечна F_y сили визначаються наступним чином:

$$F_x = \begin{cases} c_x s_x, & s < s^* \\ -\mathrm{sign}(s)\left(\mu N - \dfrac{(\mu N)^2}{4 s_x c_x}\right), & s \geq s^* \end{cases}; \quad (4)$$

$$F_y = \begin{cases} -\mu N\left(1 - H^3 sign\delta\right), & \delta \leq \delta^* \\ -\mu N sign\delta, & \delta > \delta^* \end{cases}; \quad (5)$$

$$s^* = \frac{\mu N}{2c_x};\ H = 1 - \frac{c_y \delta \left|tg\delta\right|}{3\mu N};\ \delta^* = arctg\frac{3\mu N}{c_y}, \quad (6)$$

де N — вертикальне навантаження;

c_x, c_y — коефіцієнти жорсткості шини відповідно в подовжньому та поперечному напрямку;

μ — коефіцієнт зчеплення.

Висновки

Підсумовуючи вищенаписане можна зазначити перспективність використання для дослідження курсової стійкості руху просторової моделі легкового автомобіля та застосування при цьому нелінійної залежності бічного відведення.

Список літератури

1. Макаров В.А. Про один підхід до оцінки впливу жорсткісної неоднорідності еластичної пневматичної шини на стійкість руху дорожнього транспортного засобу/В.А. Макаров, В.Г. Хребет, В.М. Дугельный // Вісник Центрального наукового центру Транспортної академії України.— 2000.— Вип. 3.— С. 95–96.

2. Петров О.В. Поліпшення показників курсової стійкості руху транспортних засобів з урахуванням технічного стану їх шин: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.02 «Автомобілі та трактори»/О.В. Петров.— К., 2008.— 20 с.

3. Костенко А.В. Прогнозування показників курсової стійкості легкового автомобіля з урахуванням розкиду жорсткісних характеристик шин: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.02 «Автомобілі та трактори»/А.В. Костенко.— К., 2007.— 20 с.

4. Лобас Л.Г. Качественные и аналитические методы в динамике колесных машин/Л.Г. Лобас, В.Г. Вербицкий.— К.: Наукова думка, 1990.— 232 с.

5. Pacejka H.B. The magic formula tyre modell/H.B. Pacejka, E. Bakker // Prog. lstCollog. Models for Vehicle Dynamics Analysis. Delft, 1991.— Amsterdam: Swits and Zeitlinger.— 1993.— P. 1–18.

6. Fiala E. Seitenkrafte am rollenden Luftreifen/E. Fiala // VDI — Zeitschrift.— 1954.— № 96.— S. 973–979.

Аннотация. *Приведены основные расчетные схемы легковых автомобилей и модели взаимодействия шины и опорной поверхности, которые применяются при исследованиях курсовой устойчивости легковых автомобилей. Определены перспективные направления исследования курсовой устойчивости с использованием модели легкового автомобиля с учетом крена и применением нелинейной модели качения колеса с боковым уводом.*

Abstract. *It is considered the basic design models of passenger cars and models of tyre and bearing area interaction which are used to roadholding research of passenger cars. Perspective directions of a roadholding research using of car model taking into account a roll and application of nonlinear model of wheel rolling with lateral withdrawal are defined.*

Стаття надійшла до редакції 04.11.2010 р.

УДК 629.017

ПОДРИГАЛО М.А., д. т. н., БАЙЦУР М.В., к. т. н.,
КЛЕЦ Д.М., к. т. н., ФАЙСТ В.Л., аспирант,
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ВЫБОРА МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ

Определена необходимая мощность двигателя автомобиля при движении по городским дорогам и междугородным трассам. Рассмотрены режимы движения автомобиля на заданной скорости и при разгоне.

Введение

В последние годы мы наблюдаем появление значительного количества моделей легковых автомобилей, имеющих очень высокие значения удельной мощности. Это объясняется необходимостью обеспечения высокой динамичности (приемистости) автомобилей в стесненных условиях городского транспортного потока. В связи с этим возникает проблема разработки методики выбора мощности двигателя на стадии проектирования автомобиля с учетом обеспечения требуемой максимальной скорости движения при загородном цикле и высокой динамичности в городском ездовом цикле.

Анализ последних достижений и публикаций

Существующая методика определения проектной мощности двигателей [1, 3] автомобилей базируется на определении максимальной мощности сил сопротивления движению. При отсутствии ограничителей частоты вращения коленчатого вала двигателя расчетная точка силовой характеристики автомобиля соответствует точке силового баланса на высшей передаче при $V_a = V_{\max}$ ($V_{\max}$ — максимальная скорость автомобиля, являющаяся исходной при проектировании). Реализация максимальной скорости движения автомобиля наиболее вероятна на междугородних магистралях и, поэтому, режимы движения с максимальными скоростями называют загородными. Представляет интерес определение перспектив роста максимальных конструктивных скоростей движения и ускорений автомобиля (особенно на низших передачах).

Цель и постановка задач исследования

Целью исследования является определение необходимой мощности двигателя автомобиля при движении по городским дорогам и междугородным трассам. Для достижения указанной мощности необходимо определить потребную удельную мощность двигателя при движении автомобиля на заданной скорости (при динамическом силовом балансе) и при разгоне в условиях движения на городских дорогах (при малых линейных скоростях и высоких линейных ускорениях движения автомобиля).

Определение удельной мощности двигателя при движении с постоянной скоростью

Мощность, затрачиваемая на преодоление сил сопротивления движению автомобиля

$$N_c = V_a \cdot \left(P_\psi + P_w \right), \tag{1}$$

где V_a — линейная скорость автомобиля;

P_ψ — сила суммарного дорожного сопротивления

$$P_{\psi} = \psi \cdot m_a \cdot g\,, \tag{2}$$

ψ — коэффициент суммарного дорожного сопротивления;

m_a — общая масса автомобиля;

g — ускорение свободного падения, $g = 9.81 \, м/с^2$;

P_w — сила аэродинамического сопротивления

$$P_w = k \cdot F \cdot V_a^2\,, \tag{3}$$

$k \cdot F$ — фактор сопротивления воздуха (k — коэффициент сопротивления воздуха, F — мидель).

Подставляя (2) и (3) в (1) и учитывая, что

$$N_c = N_k = \eta_{тр}^{стат} \cdot N_e\,, \tag{4}$$

где N_k — мощность двигателя, приведенная к ведущим колесам автомобиля;

$\eta_{тр}^{стат}$ — статический КПД трансмиссии, учитывающий потери на трение и взбалтывание масла в картерах агрегатов трансмиссии;

N_e — эффективная мощность, развиваемая двигателем,

получим

$$\eta_{тр}^{стат} \cdot N_{уд} = \frac{\eta_{тр}^{стат} \cdot N_e}{m_a} = \psi \cdot g \cdot V_a + \frac{k \cdot F}{m_a} \cdot V_a^3\,. \tag{5}$$

Требуемая (максимальная) удельная мощность двигателя реализуется при $V_a = V_{\max}$

$$\eta_{тр}^{стат} \cdot N_{уд}^{\max} = \psi \cdot g \cdot V_{\max} + \frac{k \cdot F}{m_a} \cdot V_{\max}^3\,. \tag{6}$$

С ростом $V_{\max}$ величина $N_{уд}^{\max}$ возрастает пропорционально $V_{\max}^3$, т.е. по кубической параболе. Для того, чтобы прогнозировать рост удельных мощностей двигателей легковых автомобилей по условию движения в загородном цикле, нужно знать тенденции роста $V_{\max}$.

Прогноз роста конструктивных скоростей легковых автомобилей проведен в работе [1]. Нами в работе [2] проведена математическая обработка результатов [1] и получено аналитическое выражение

$$V_{\max} = 582 \cdot \{1.043 - \exp[-(0.382 \pm 0.14) \cdot \lambda]\}, \, км/час\,. \tag{7}$$

При измерении скорости движения $V_{\max}$ в $м/с$ и проведении упрощений, выражение (7) можно представить в виде

$$V_{\max} = 161 \cdot [1 - \exp(-0.382\lambda)], \tag{8}$$

где λ — относительное время, определяемое как [2]

$$\lambda = \frac{\Gamma_1 - \Gamma_2}{\Gamma_3 - \Gamma_2}, \tag{9}$$

Γ_1 — год, для которого определяется параметр $V_{\max}$;

Γ_2 — год, от которого условно ведется отсчет времени, принимаем $\Gamma_2 = 1900$;

Γ_3 — год, от которого проводился анализ, $\Gamma_3 = 2000$.

Подставляя (8) в (6), получим:

$$N_{уд}^{\max} = 161 \cdot \psi \cdot g \cdot [1 - \exp(-0.382\lambda)] + 4.2 \cdot 10^6 \frac{k \cdot F}{m_a} [1 - \exp(-0.382\lambda)]^3. \tag{10}$$

Принимая для асфальтированного шоссе $\psi = 0.017$ [2] и $\frac{k \cdot F}{m_a} = 3 \cdot 10^{-4}\, м^{-1}$ (допустимый уровень для легковых и грузовых автомобилей [3]), определим зависимость $N_{уд}^{\max}(\lambda)$ (рис. 1). На рис. 2 представлена диаграмма роста удельных мощностей двигателей, необходимых для движения легковых автомобилей с максимальной скоростью.

Для городского транспорта движение легкового автомобиля со скоростью $V_a = 8$ м/с (28,8 км/ч) необходимая удельная мощность двигателя из уравнения (5) при тех же исходных данных ($\psi = 0.017$; $\frac{k \cdot F}{m_a} = 3 \cdot 10^{-4}\, м^{-1}$) будет составлять примерно 1,5 $\frac{Вт}{кг}$, т.е. незначительную величину. Очевидно, что для городского цикла необходимо иметь запас мощности двигателя для реализации требуемого уровня ускорений.

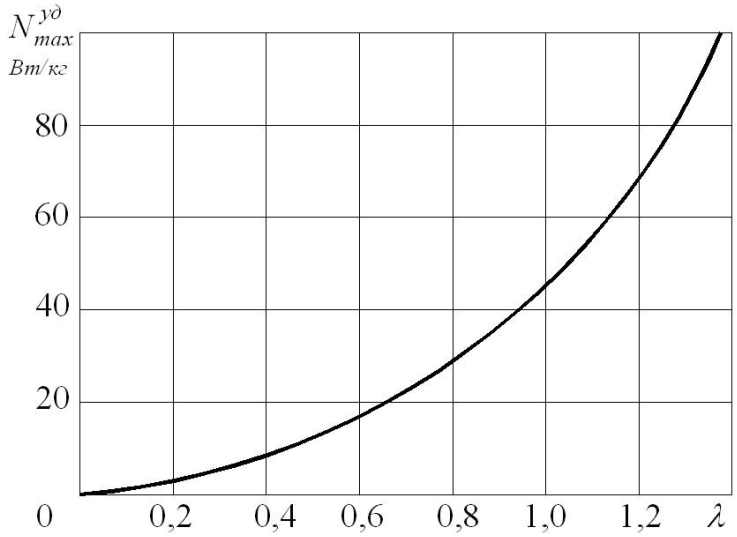


Рис. 1. Зависимость $N_{уд}^{\max}(\lambda)$ для легковых автомобилей

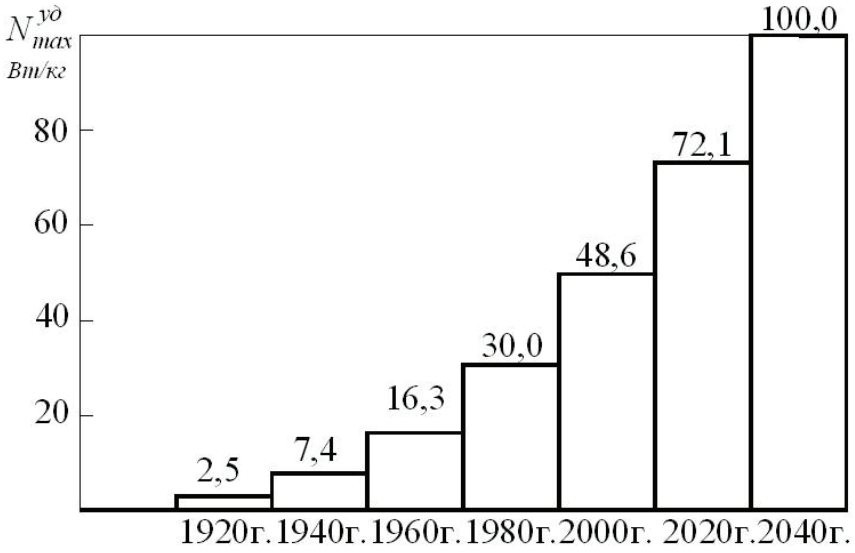


Рис. 2. Диаграмма роста удельной мощности двигателя, необходимой для движения легковых автомобилей с максимальной скоростью

Определение удельной мощности двигателя для реализации требуемых ускорений автомобиля

В работе [4] нами получено уравнение динамики автомобиля

$$\delta_{тр} \cdot m_a \cdot \frac{dV_a}{dt} = \sum P_c \cdot (K_Д - 1), \tag{11}$$

где $\sum P_c$ — суммарная сила сопротивления движению,

$$\sum P_c = P_\psi + P_w, \tag{12}$$

$K_Д$ — коэффициент динамичности автомобиля [4], равный отношению суммарной тяговой силы автомобиля P_k к суммарной силе сопротивления движению $\sum P_c$.

Величина $K_Д$ — 1 характеризует запас мощности двигателя на разгон автомобиля с ускорением $\frac{dV_a}{dt}$ (в дальнейшем будем обозначать эту величину $\dot{V}_a$). Умножив левую и правую части (11) на $\dot{V}_a$, получим с учетом (4)

$$\delta_{тр} \cdot m_a \cdot \dot{V}_a \cdot V_a = N_{ер} \cdot \eta_{тр}^{стат}, \tag{13}$$

Величина, обратная $\delta_{тр}$, по сути, является коэффициентом, учитывающим потери энергии двигателя на разгон вращающихся масс трансмиссии и двигателя, т.е. [5]

$$\frac{1}{\delta_{тр}} = \eta_{тр}^{дин}, \tag{14}$$

где $\eta_{тр}^{дин}$ — динамический КПД трансмиссии.

Из выражения (13) определим запас удельной мощности двигателя, необходимый для разгона автомобиля от скорости V_a с ускорением $\dot{V}_a$ (в начальный момент разгона)

$$\eta_{тр}^{общ} \cdot N_{уд}^{р} = \frac{N_{ер}}{m_a} \cdot \eta_{тр}^{общ} = V_a \cdot \dot{V}_a, , \tag{15}$$

где $\eta_{тр}^{общ}$ — общий КПД трансмиссии,

$$\eta_{тр}^{общ} = \eta_{тр}^{стат} \cdot \eta_{тр}^{дин} . \tag{16}$$

Начальное увеличение мощности двигателя $\Delta N_e = N_{ер}$ приводит к появлению линейного ускорения $\dot{V}_a$, приводящего к разгону автомобиля от скорости V_a до скорости V_{a1}, при которой возросшее аэродинамическое сопротивление реализует динамический силовой баланс. Определим это увеличение скорости $\Delta V_a = V_{a1} - V_a$, и исследуем выявление влияния различных факторов на указанную величину.

Уравнение мощностного баланса автомобиля при движении со скоростью V_a имеет вид (5).

При уменьшении мощности двигателя на величину ΔN_e

$$\eta_{тр}^{стат} \cdot \frac{\Delta N_e}{m_a} = \psi \cdot g \cdot \left(V_{a1} - V_a\right) + \frac{k \cdot F}{m_a} \cdot \left(V_{a1}^3 - V_a^3\right), \tag{17}$$

или

$$\eta_{тр}^{стат} \cdot \Delta N_{уд} = \psi \cdot g \cdot \Delta V_a + \frac{k \cdot F}{m_a} \cdot \left(3 \cdot V_a^2 \cdot \Delta V_a + 3 \cdot V_a \cdot \left(\Delta V_a\right)^2 + \left(\Delta V_a\right)^3\right). \tag{18}$$

Из уравнения (18) приращение удельной мощности двигателя

$$\Delta N_{уд} = \frac{g\psi \Delta V_a + \frac{kF}{m_a}\left[3V_a^2 \cdot \Delta V_a + 3V_a(\Delta V_a)^2 + (\Delta V_a)^3\right]}{\eta_{тр}^{стат}} . \tag{19}$$

Из уравнения (15) определим

$$\frac{N_{ер}}{m_a} = \frac{V_a \cdot \dot{V}_a}{\eta_{тр}^{общ}} . \tag{20}$$

Приравнивая правые части (19) и (20), получим после преобразований

$$(V_a)^3 + 3V_a(\Delta V_a)^2 + \left(3V_a^2 + \frac{m_a g\psi}{kF}\right) \cdot \Delta V_a - \frac{m_a}{kF \cdot \eta_{тр}^{дин}} \cdot V_a \cdot \dot{V}_a = 0 . \tag{21}$$

Если пренебречь величинами $(\Delta V_a)^3$ и $(\Delta V_a)^2$, то выражение (21) упростится и примет вид:

$$\left(3V_a^{\,2}+\frac{m_a g\psi}{kF}\right)\cdot\Delta V_a-\frac{m_a}{kF\cdot\eta_{тр}^{дин}}\cdot V_a\cdot\dot{V}_a=0\,. \qquad (22)$$

Из выражения (22) определим ΔV_a

$$\Delta V_a=\frac{V_a\cdot\dot{V}_a}{\left(3\dfrac{kF}{m_a}\cdot V_a^{\,2}+g\psi\right)\cdot\eta_{тр}^{дин}}\,. \qquad (23)$$

Условие максимума функции (23)

$$\frac{d\left(\Delta V_a\right)}{dV_a}=0\,; \qquad (24)$$

$\dfrac{d^2\left(\Delta V_a\right)}{dV_a^2}<0$ — при оптимальном значении V_a.

Максимум функции (23) реализуется при

$$\left(V_a\right)_{опт}=\sqrt{\frac{\psi\cdot g\cdot m_a}{3kF}} \qquad (25)$$

При ψ = 0,017; $\dfrac{kF}{m_a}=0{,}0003\ \ м^{-1}$, $\eta_{тр}^{дин}=0{,}85$ получим V_a=13,61 м/с (49 км/ч). На рис. 3 (кривая 1) приведен график зависимости $\Delta V_a\left(V_a\right)$, описываемой выражением (23) при указанных исходных данных.

Если пренебречь только влиянием $\left(\Delta V_a\right)^3$, то выражение (21) примет вид:

$$3V_a\left(\Delta V_a\right)^2+\left(3V_a^{\,2}+\frac{m_a g\psi}{kF}\right)\cdot\Delta V_a-\frac{m_a}{kF\cdot\eta_{тр}^{дин}}\cdot V_a\dot{V}_a=0\,. \qquad (26)$$

Решение квадратного уравнения (26) относительно ΔV_a имеет вид (с учетом корня, имеющего физический смысл):

$$\Delta V_a=0{,}5\left(V_a+\frac{m_a g\psi}{3V_a\cdot kF}\right)\cdot\left[\sqrt{1+\frac{m_a\dot{V}_a}{3kF\cdot\eta_{тр}^{дин}\cdot\left(V_a+\dfrac{m_a g\psi}{3kF\cdot V_a}\right)^2}}-1\right] \qquad (27)$$

Максимум функции (27) также определяется из условия (24) и также реализуется при $\left(V_a\right)_{опт}$ определяемой из уравнения (25). На рис. 3 (кривая 2) приведен график зависимости $\Delta V_a\left(V_a\right)$, описываемой выражением (27) при указанных выше исходных данных.

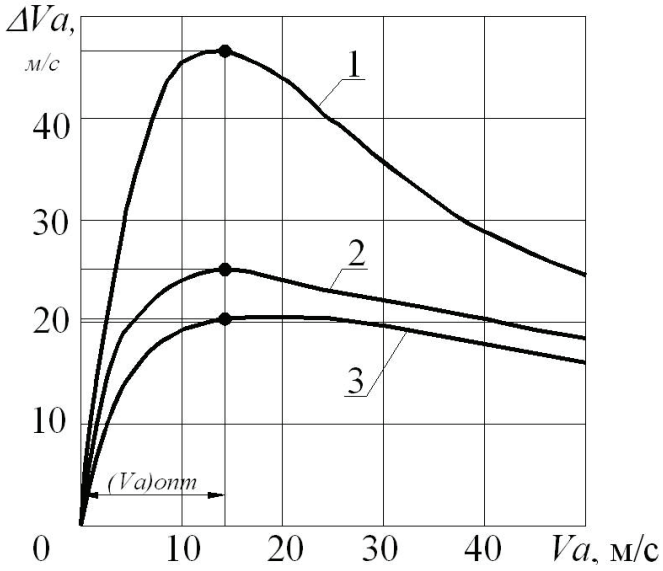


Рис. 3. Графики зависимостей $\Delta V_a(V_a)$ при: $\psi = 0{,}017$; $\frac{kF}{m_a} = 0{,}0003\ м^{-1}$, $\eta_{тр}^{дин} = 0{,}85$:

1 — зависимость (23); 2 — зависимость (27); 3 — численное решение кубического уравнения (26)

На рис. 3 (кривая 3) приведен график зависимости $\Delta V_a(V_a)$, полученный на основе численного решения уравнения (21) при $\psi = 0{,}017$; $\frac{kF}{m_a} = 0{,}0003\ м^{-1}$, $\eta_{тр}^{дин} = 0{,}85$.

Сравнение характера протекания кривых 1, 2, 3, приведенных на рис. 3, показывает, что при точном численном решении уравнения (26), представляющего собой уравнение третьей степени относительно ΔV_a, кривая 3 также имеет максимум, точка которого совпадает с точками максимума кривых 1 и 2. Это означает, что зависимость (25) может использоваться для определения $(V_a)_{опт}$, т.е. линейной скорости автомобиля, при которой обеспечивается получение максимального значения $(V_a)_{\max}$ при заданном значении $\dot{V}_a$. Изменение скорости автомобиля ΔV_a, обусловленное созданием начального ускорения $\dot{V}_a$ характеризует маневренность автомобиля, т.е. способность изменения скорости движения [4].

Кривая 3 на рис. 3 проходит на незначительном расстоянии от кривой 2 и подобна ей по форме. Это позволяет использовать зависимость (27) с поправочным коэффициентом для описания взаимосвязи ΔV_a со скоростью движения V_a и параметрами $\dot{V}_a$, $\frac{kF}{m_a}$, ψ, $\eta_{тр}^{дин}$. В этом случае зависимость (27) примет вид:

$$\Delta V_a = 0{,}5K_{попр} \cdot \left(V_a + \frac{m_a g\psi}{3V_a kF}\right) \cdot \left[\sqrt{1 + \frac{m_a \dot{V}_a}{3kF \cdot \eta_{тр}^{дин}\left(V_a + \frac{m_a g\psi}{3kFV_a}\right)^2}} - 1\right] \qquad (28)$$

В нашем случае среднее значение поправочного коэффициента составляет $K_{попр}$=0,85.

При движении в городском цикле мощность двигателя расходуется на преодоление сил сопротивления в режиме силового баланса и на создание требуемых начальных ускорений автомобиля, реализующих его маневренность при разгоне. Учитывая зависимости (5) и (15), определяем необходимую мощность двигателя в динамическом режиме движения

$$N_e = N_{ec} + N_{ep} = m_a V_a \cdot \left(\frac{\psi \cdot g + \frac{kF}{m_a} \cdot V_a^2}{\eta_{тр}^{стат}} + \frac{\dot{V}_a}{\eta_{тр}^{дин}} \right), \tag{29}$$

где N_{ec} — мощность двигателя, расходуемая на преодоление сил сопротивлению движения

$$N_{ec} = \frac{N_c}{\eta_{тр}^{стат}}. \tag{30}$$

Если допустить, что скорость движения автомобиля равна $(V_a)_{опт}$, т.е. скорости, соответствующей получению максимальной маневренности автомобиля при разгоне, то выражение (29) с учетом (25) примет следующий вид

$$N_e = m_a \cdot \sqrt{\frac{\psi g \cdot m_a}{3kF}} \cdot \left(\frac{4\psi g}{3\eta_{тр}^{стат}} + \frac{\dot{V}_a}{\eta_{тр}^{дин}} \right). \tag{31}$$

Максимальное значение начального ускорения $\dot{V}_a$ автомобиля ограничено и определяется зависимостью [4]

$$\dot{V}_{a_{\max}} = K_{сц} \psi g - \frac{kF}{m_a} \cdot V_a^2, \tag{32}$$

где $K_{сц}$ — коэффициент использования сцепного веса автомобиля в тяговом режиме.

При $V_a = (V_a)_{опт}$ зависимость (32) с учетом (25) примет вид

$$\dot{V}_{a_{\max}} = g \cdot \left(\phi \cdot K_{сц} - \frac{\psi}{3} \right). \tag{33}$$

После подстановки (33) в (31), получим расчетную мощность двигателя

$$(N_e)_{расч} = m_a g \sqrt{\frac{\psi g \cdot m_a}{3kF}} \cdot \left[\frac{K_{сц}\phi}{\eta_{тр}^{дин}} + \frac{\psi \left(4\eta_{тр}^{дин} - \eta_{тр}^{стат} \right)}{3\eta_{тр}^{общ}} \right]. \tag{34}$$

Расчетная удельная мощность двигателя

$$(N_{уд})_{расч} = g \sqrt{\frac{\psi g \cdot m_a}{3kF}} \cdot \left[\frac{K_{сц}\phi}{\eta_{тр}^{дин}} + \frac{\psi \left(4\eta_{тр}^{дин} - \eta_{тр}^{стат} \right)}{3\eta_{тр}^{общ}} \right]. \tag{35}$$

Принимая ψ =0,017; $\frac{kF}{m_a}$=0,0003 м-1; $K_{сц}$=0,5; $\eta_{тр}^{дин}$=0,94; $\eta_{тр}^{стат}$=0,9, получим $\left(N_{уд}\right)_{расч}$ =59,16 Вт/кг. Сравнивая полученный результат с данными, приведенными на рис. 1, делаем вывод о том, что указанная удельная мощность соответствует прогнозу на 2010 год роста удельных мощностей двигателей, обеспечивающих движение автомобилей с максимальной конструктивной скоростью.

Определим скорость автомобиля $\left(V_a\right)_N$, при которой потребная мощность двигателя имеет экстремальное значение. Выражение (29) с учетом (32) при $\dot{V}_a = V_{a_{\max}}$ примет вид

$$N_e = \frac{m_a \psi g V_a + kFV_a^3}{\eta_{тр}^{стат}} + \frac{K_{сц}\phi g m_a - kFV_a^3}{\eta_{тр}^{дин}}. \tag{36}$$

Из условия $\frac{dN_e}{dV_a} = 0$ получим

$$\left(V_a\right)_N = \sqrt{\frac{m_a g \psi}{3kF}} \cdot \sqrt{\frac{\eta_{тр}^{дин} + \frac{K_{сц}\phi}{\psi}\eta_{тр}^{стат}}{\eta_{тр}^{стат} - \eta_{тр}^{дин}}}. \tag{37}$$

Из условия (36) определим

$$\frac{d^2 N_e}{dV_a^2} = 6V_a \cdot kF\left(\frac{1}{\eta_{тр}^{стат}} - \frac{1}{\eta_{тр}^{дин}}\right). \tag{38}$$

Условием существования скорости $\left(V_a\right)_N$ является

$$\eta_{тр}^{стат} > \eta_{тр}^{дин}. \tag{39}$$

При выполнении условия (39) правая часть уравнения (38) отрицательная. Это означает, что скорость $\left(V_a\right)_N$ соответствует максимальному расходу мощности двигателя в режиме реализации предельных сил сцепления в контакте ведущих колес с дорогой. При выбранных нами параметрах $\eta_{тр}^{стат}$=0,9 и $\eta_{тр}^{дин}$=0,94 скорость $\left(V_a\right)_N$ отсутствует.

Выводы

Полученные аналитические выражения позволяют осуществлять выбор мощности двигателей легковых автомобилей на стадии проектирования с учетом движения с максимальной скоростью на междугородных трассах (скоростной режим) и в городских условиях с максимальными ускорениями (динамический режим).

В городском (динамическом) режиме движения определена рациональная скорость движения $\left(V_a\right)_{опт}$, обеспечивающая получение максимального приращивания ΔV_a скорости автомобиля при заданном значении начального ускорения $\dot{V}_a$.

Список литературы

1. Ярещенко Н.В. Довгострокове прогнозування швидкостей руху на автомобільних дорогах: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.11/Харк. держ. автом. дорожн. техн. ун-т. — Х., 1999. — 16 с.

2. Маневренность и тормозные свойства колесных машин/Подригало М.А., Волков В.П., Кирчатый В.И., Бобошко А.А./Под. ред. Подригало М.А. — Х.: Изд-во ХНАДУ, 2003. — 403 с.

3. Бортницкий П.И. Тягово-скоростные качества автомобилей/ П.И. Бортницкий, В.И. Задорожный. — К.: Вища школа, 1978. — 176 с.

4. Динамика автомобиля/[Подригало М.А., Волков В.П., Бобошко А.А. и др.]; под ред. М.А. Подригало. — Х.; изд-во ХНАДУ, 2008. — 424 с.

5. Квалиметрия, стандартизация и унификация тормозного управления колесных машин [Подригало М.А., Волков В.П., Абрамов Д.В. и др.]; под ред. М.А. Подригало — Х.; изд-во ХНАДУ, 2007. — 446 с.

Анотація. *Визначено необхідну потужність двигуна автомобіля при русі по міських дорогах і міжміських трасах. Розглянуто режими руху автомобіля на заданій швидкості й при розгоні.*

Abstract. *It is defined needed automobile engine power at movement on city roads and long-distance lines. Modes of automobile movement on the set speed and at acceleration are considered.*

Стаття надійшла до редакції 12.11.2010 р.

УДК 621.43

ПОПОВ Д.В., к. т. н.,
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

ДО ВИКОРИСТАННЯ БІОЕТАНОЛУ В ЯКОСТІ МОТОРНОГО ПАЛИВА

У статті наведені результати випробувань двигуна C30NE автомобіля «Opel» за роботи на сумішевих паливах із підігрівом повітря на впуску і визначена ефективність трикомпонентного каталітичного нейтралізатора.

Постановка проблеми

Моторні палива при згорянні вносять істотний вклад у порушення балансу вуглекислого газу в атмосфері. Крім того, окисли азоту й сірки, що утворюються при згорянні моторного палива, сприяють закисленню водоймищ, що є джерелом води, необхідної для життєдіяльності тваринного й рослинного світу. В 1997 р. представники 105 держав підписали в м. Кіото протокол, спрямований на зменшення викидів в атмосферу надлишкового вуглекислого газу, що утворюється при інтенсивному спалюванні нафти, вугілля й вихлопного газу, а також продуктів їх переробки.

Використання біопалив, зроблених з поновлюваної сировини, дозволяє зменшити шкідливий вплив моторного палива на навколишнє середовище.

Аналіз останніх досліджень

Під біопаливами взагалі розуміють рідкі фракції рослинного походження, призначені для добавки в нафтові палива або для безпосереднього використання у двигуні [1]. До біопалив відносять етанол, одержуваний шумуванням рослинної сировини (біоетанол), прості ефіри, для

виробництва яких був використаний біоетанол і метилові ефіри жирних кислот, одержувані з рослинних олій.

Активне виробництво цих продуктів налагоджене в Японії, Швеції, Китаї, Індії й інших країнах, а лідирують у цій галузі США й Бразилія. Європейські країни мають намір довести випуск біопалива до 5,75% до 2011року в порівнянні з 1,4% в 2005 році. Германія до 2015 року планує повністю відмовитися від нафтовуглеводнів. Згідно з оцінками експертів, до 2030 року випуск біопалива у світі складе 150 млн. т, при щорічному прирості виробництва 7–9%. При цьому перевагу буде мати біоетанол, тому що швидко знижується собівартість його виробництва [2].

Виконання сучасних норм на викиди в атмосферу з відпрацьованими газами (ВГ) шкідливих речовин (ШР) можливе на двигунах з системами впорскування палива, в яких забезпечується автоматична підтримка постійного складу горючої суміші за допомогою кисневого датчика та мікропроцесору і при наявності в системі випуску ВГ трикомпонентних регульованих каталітичних нейтралізаторів. Використання біоетанолу дозволить виконати вимогу сучасних екологічних норм щодо викидів шкідливих речовин Євро 3, 4 та 5.

До основних недоліків етилового спирту як моторного палива відносяться:

– низька теплота згоряння спирту, $h_н$=25,14 $\frac{МДж}{кг}$, що призводить до підвищених його витрат, майже в 1,7 рази по відношенню до витрат бензину;

– більша прихована теплота пароутворення по відношенню до теплоти пароутворення бензину (майже в 3 рази) погіршує пускові якості двигуна на етиловому спирті чи сумішах етилового спирту і бензину і потребує використання спеціальних підігрівачів паливноповітряної суміші.

Автомобілі, що в теперішній час експлуатуються в Україні з системами впорскування палива, як правило, не обладнані каталітичними нейтралізаторами. Оцінка технічної можливості використання на таких автомобілях сумішевих палив, що складаються з бензину і паливного етанолу, наведена в роботі [3, 4], з якої видно, що навіть, 50-ти % добавка зневодненого етилового спирту до бензину в двигуні з системою впорскування палива не погіршує його роботу. Однак, через високу приховану теплоту пароутворення біоетанолу, для зменшення витрати палива із збільшенням додавання біоетанолу більше 20% необхідно проводити підігрів паливноповітряної суміші. Особливо зниження температури відпрацьованих газів впливає на ефективність роботи каталітичного нейтралізатора, який встановлюється в системі випуску сучасних автомобілів.

Мета дослідження

Метою дослідження є визначення ефективності роботи каталітичного нейтралізатора при роботі двигуна на бензині із додавання різної кількості біоетанолу.

Основний розділ

Горюча суміш, яка поступає в циліндри двигуна, підігрівається від повітря нагрітих деталей двигуна і залишкових газів у циліндрах двигуна. В той же час при випаровуванні палива проходить зниження температури горючої суміші на величину $\Delta T_{сум}$.

Величину зниження температури горючої суміші $\Delta T_{сум}$, що складається з бензину, спирту і повітря, можна визначити з рівняння теплового балансу при випаровуванні палива, якщо прийняти зміну температури горючої суміші, рівною зміні температури палива і повітря, що надходить до циліндрів двигуна [5]:

$$\Delta T_{сум} = \frac{r_c \cdot G_c + r_б \cdot G_б}{C_c \cdot G_c + C_{пов} \cdot \alpha \cdot l_{ос} G_c + C_б \cdot G_б + C_в \cdot \alpha \cdot l_{опов} \cdot G_б}, \quad (1)$$

де r_c, $r_б$ — прихована теплота пароутворення спирту і бензину,

$r_c = 922\ \frac{кДж}{кг}$, $r_б = 315\ \frac{кДж}{кг}$;

G_c, $G_б$ — годинні витрати спирту і бензину, $\frac{кг}{год}$;

C_c, $C_б$, $C_{пов}$ — теплоємність спирту, бензину, і повітря, $\frac{кДж}{кг \cdot K}$;

$l_{ос}$, $l_{об}$ — теоретично необхідна кількість повітря в кілограмах для згоряння 1 кг спирту і бензину відповідно;

α — коефіцієнт надлишку повітря.

Мінімальне значення температури підігріву ΔT залежить від часової витрати палива G_c і $G_б$, температури навколишнього середовища T_o, коефіцієнту залишкових газів γ_r і їх температури T_r.

$$\Delta T = (T_н + \frac{r_c \cdot G_c + r_б \cdot G_б}{C_c \cdot G_c + C_{пов} \cdot \alpha \cdot l_o G_c + C_б \cdot G_б + C_в \cdot \alpha \cdot l_{опов} \cdot G_б})(1 + \gamma_r) - T_O - \gamma_r \cdot T_r, \quad (2)$$

де $T_н$ — температури насичених парів палива.

Дослідження, що проведені на кафедрі «Двигунів та теплотехніки» Національного транспортного університету (м. Київ) [5] показали, що при відсутності підігріву температура горючої суміші у впускному трубопроводі знижується до –2 ºС, тобто відносно початкової температури на 15 ºС. Коли температура горючої суміші дорівнює 4 ºС і більше, наступає початок стабілізації процесу згоряння. Повна стабілізація процесу згоряння наступає при температурі горючої суміші 6,5–7,5 ºС. В цьому випадку концентрації CO_2 в ВГ досягають максимальної величини, а концентрації CO мінімальної.

Зниження температури горючої суміші призводить до зменшення температури відпрацьованих газів. В сучасних автомобілях для забезпечення діючих екологічних норм у системі випуску відпрацьованих газів застосовують трикомпонентний каталітичний нейтралізатор. Ефективність роботи нейтралізатора за окремими шкідливими речовинами (окислу вуглецю, вуглеводнів та оксидів азоту) зменшується із зниженням температури відпрацьованих газів. Оскільки біоетанол має високу приховану температуру пароутворення, це призводить до зменшення температури відпрацьованих газів та впливає на ефективність нейтралізації шкідливих речовин.

З метою визначення технічних можливостей (ефективності нейтралізації ШР у ВГ) використання сумішевих палив у двигунах автомобілів, обладнаних системою впорскування палива і трикомпонентним регульованим каталітичним нейтралізатором ШР у системі випуску ВГ, на зазначеній вище кафедрі Національного транспортного університету проведені стендові випробування двигуна C30NE (робочим об'ємом 3,0 л) автомобіля «Opel» з системою групового впорскування палива Bosch Motronik ML 4.1 і каталітичним регульованим нейтралізатором у системі випуску ВГ.

Оцінка ефективності роботи нейтралізатора визначалась за коефіцієнтами ефективності, % [6]:

$$E_i = \frac{C_{i_д} - C_{i_П}}{C_{i_д}} \cdot 100, \qquad (3)$$

де $C_{i_д}$, $C_{i_П}$ — об'ємна концентрація *i*-ої ШР до і після нейтралізатора.

Дослідження проводили при роботі двигуна на сумішевому паливі із різним вмістом біоетанолу до 30%. При проведенні випробувань експериментальним і розрахунковим методами визначались енергетичні, економічні й екологічні показники двигуна: ефективна потужність, N_e, кВт; температура ВГ, t,°С; розрідження у впускному трубопроводі $\Delta p_к$, кПа; кут випередження запалювання, θ, град п.к.в.; годинна витрата повітря, $G_{пов}$, кг/год; годинна витрата палива $G_п$, кг/год; питома витрата палива, g_e, г/кВт·год, (Q_e, МДж/кВт·год); коефіцієнт надлишку повітря α; концентрації оксиду вуглецю CO, %; діоксиду вуглецю CO_2, %; вуглеводнів C_mH_n, млн$^{-1}$ і оксидів азоту NO_x, млн$^{-1}$; масові викиди ШР у ВГ — G_{CO}, $G_{C_mH_n}$, G_{NO_2}, кг/год, а також визначалась ефективність нейтралізації (ефективність роботи нейтралізатора) основних ШР у ВГ двигуна E_{CO}, $E_{C_mH_n}$, E_{NO_2}, %.

Проведені дослідження показали, що концентрації C_mH_n і NO_x у ВГ до нейтралізатора із збільшенням частки паливного етанолу в сумішевому паливі знижуються при, практично, незмінних значеннях концентрацій CO у ВГ. Концентрації CO після нейтралізатора на всіх режимах роботи двигуна на різних паливах залишаються, практично, незмінними.

Концентрації C_mH_n після нейтралізатора мають загальну тенденцію до зниження з підвищенням частки паливного етанолу, а концентрації NO_x — до збільшення.

При роботі двигуна з 30% добавкою паливного етанолу спостерігалось зниження ефективності нейтралізації оксидів азоту NO_x (рис. 1) при збереженні ефективності нейтралізації CO і C_mH_n.

Проведеними дослідженнями було встановлено, що причиною зниження ефективності роботи каталітичного нейтралізатора, є зниження температури ВГ, викликане зниженням температури свіжого заряду через більш високу приховану теплоту пароутворення паливного етанолу.

Додатковий підігрів повітря, що надходить до двигуна, на 7–10 °С по відношенню до температури оточуючого середовища (21–22 °С при випробуваннях) відновив ефективність нейтралізації NO_x до попередніх значень.

Висновки

Добавка до 20% етилового спирту до бензину може забезпечити технічну можливість ефективної очистки ВГ в умовах експлуатації автомобіля, обладнаного трьохкомпонентним регульованим каталітичним нейтралізатором, із збереженням його основних екологічних показників за викидами в навколишнє середовище оксидів азоту NO_x, оксиду вуглецю CO і вуглеводнів C_mH_n. При 30% добавці паливного етанолу до бензину та більше необхідний підігрів повітря, що надходить до двигуна, навіть, в умовах позитивних температур повітря оточуючого середовища.

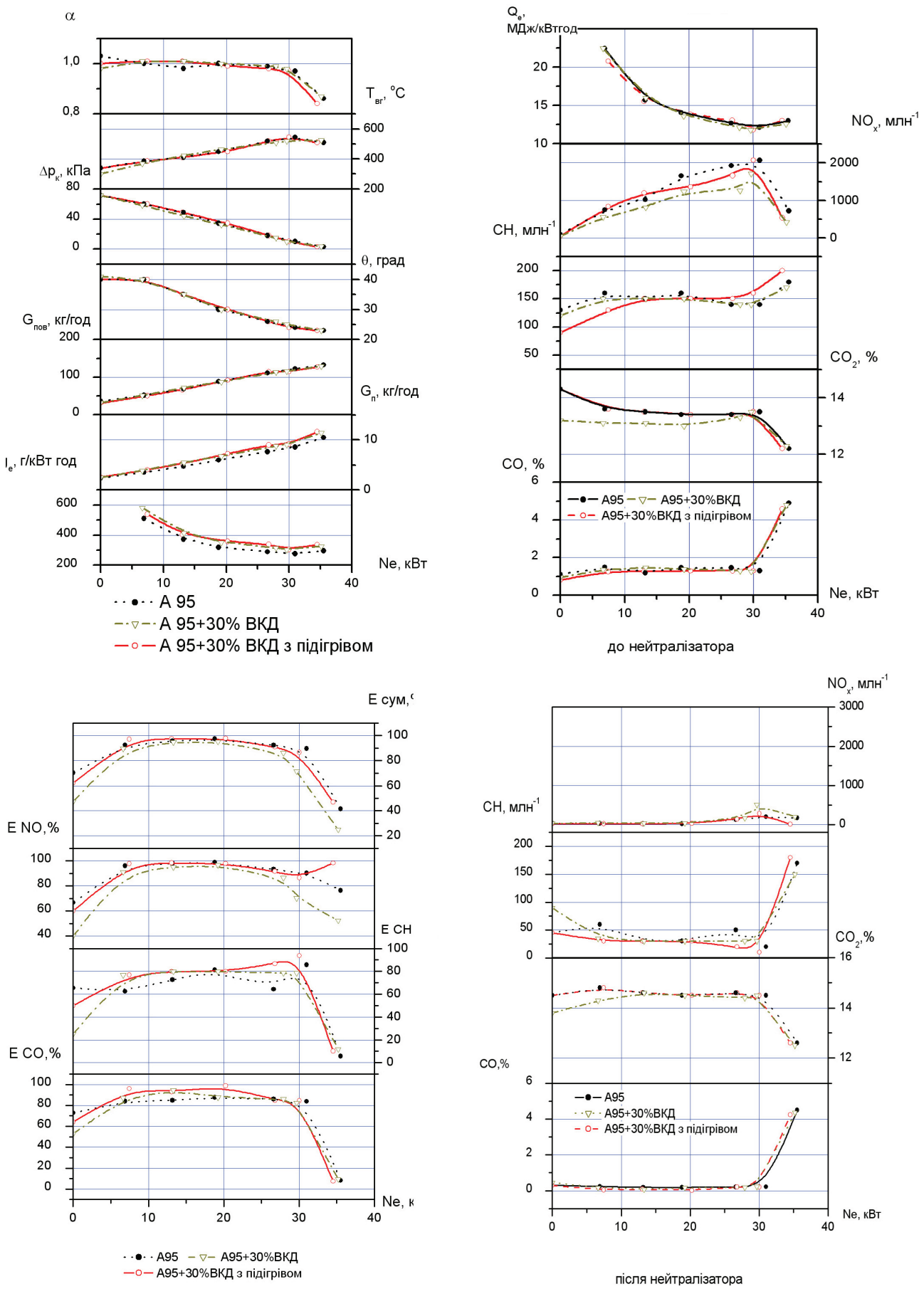


Рис. 1. Навантажувальна характеристика двигуна C30NE, n = 1800 хв$^{-1}$

Список літератури

1. Биодизель: проблемы и перспективы. Інтернет ресурс. Точка доступу http://newchemistry.ru/printletter.php?n_id=46.

2. Топливный биоэтанол: пути развития [Електронний ресурс] / Л.В. Драчева — Режим доступу: http://newchemistry.ru/printletter.php?n_id=726.

3. Корпач А.О. Ефективність використання високооктанової кисневмісної добавки до моторних палив // А.О. Корпач, А.Г. Говорун, В.Л. Дядченко // Автошляховик України. Окремий вип. «Управління безпекою на автомобільному транспорті». — К., 2004.— С.141–144.

4. Корпач А.О. Оцінка ефективності роботи каталітичного нейтралізатора в двигуні з впорскуванням палива / А.О. Корпач, А.Г. Говорун, Д.В. Попов // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ, 2006. — Випуск 11. — С.29–32.

5. Гутаревич Ю.Ф. До вибору системи підігріву горючої суміші двопаливної системи живлення / Ю.Ф. Гутаревич, А.Г. Говорун, А.О. Корпач, О.Г. Мороз // Вісник НТУ. – 2002. – № 7. — С. 305–308.

6. Гутаревич Ю.Ф. Екологія та автомобільний транспорт / Ю.Ф. Гутаревич, Д.В. Зеркалов, А.Г. Говорун, А.О. Корпач, Л.П. Мержиєвська: Навчальний посібник. — К.:Арістей, 2006. — 292 с.

Аннотация. *В статье рассмотрена возможность использования биоэтанола в качестве моторного топлива. С использованием методики для расчета величины подогрева воздуха, поступающего в цилиндры, при работы двигателя на смесевом топливе был определен необходимый подогрев при добавлении больше 30 % биоэтанола к штатному бензину. Приведены результаты испытаний двигателя C30NE автомобиля «Opel» при работе на смесевых топливах с подогревом воздуха на впуске и определена эффективность трехкомпонентного каталитического нейтрализатора.*

Abstract. *The possibility of use of bioethanol as motor fuel is considered in the article. The necessary heating of air arriving in cylinders, at engine work on mixture fuel at addition of more than 30 % of bioethanol to gasoline has been defined. Results of tests of engine C30NE car "Opel" are resulted at work on mixture fuel with air heating up on an admission. Efficiency of the three-componental catalyst converter is defined.*

Стаття надійшла до редакції 05.11.2010 р.

УДК 629.3.027: 629.3.064

ЗІНЬКО Р.В., к. т. н., Національний університет «Львівська політехніка»,
БОЙКО О.Д., ад'юнкт, ГРУБЕЛЬ М.Г., к. т. н., ЦІХОЦЬКИЙ О.В., курсант, ВАСЬКІВ С.М., курсант,
Академія Сухопутних військ імені гетьмана П. Сагайдачного

СТЕНД ДЛЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ШИН ВІЙСЬКОВИХ АВТОМОБІЛІВ

Запроектовано і створено стенд для експериментального дослідження шин військових автомобілів. Стенд дозволяє дослідити низку експлуатаційних власивостей як звичайних шин автомобілів, так і спеціальних шин військових колісних машин.

Вступ

Військова автомобільна техніка застосовується як в звичайних, так і у важких специфічних умовах (бездоріжжя, гірські, лісові, пустельні дороги тощо), також застосування автомобілів для забезпечення бойових дій призводить до пошкодження колісних рушіїв. Різнотипність умов в яких застосовуються шини військових автомобілів зумовлює необхідність більш широкого вивчення та дослідження експлуатаційних властивостей шин, оскільки шина безпосередньо забезпечує

рухомість та живучість транспортного засобу в цілому. Знання експлуатаційних характеристик шин дає можливість покращити конструкцію шини та експлуатаційні властивості автомобіля в цілому. Для більш повного дослідження низки експлуатаційних властивостей шин доцільно застосовувати універсальні стенди. З огляду літератури відомо, що вони вузькоспеціалізовані для дослідження певних експлуатаційних характеристик.

Постановка задачі

Для вирішення цієї задачі пропонується використовувати універсальний стенд, що розроблений авторами, який може дослідити широкий спектр експлуатаційних властивостей шин військових автомобілів на відміну від існуючих стендів вузького призначення та застосування.

Результати

Суттєвим питанням підвищення ефективності використання військових колісних транспортних засобів є збільшення їх живучості. Одним із способів вирішення цієї проблеми є використання багатосекційних шин [1, 2], які навіть з кількома пошкодженими секціями колеса забезпечують рух військового автомобіля. Визначення експлуатаційних характеристик таких шин дозволить з високою достовірністю змоделювати робочі процеси руху військових транспортних засобів і використовувати для відлагодження математичних моделей роботи і руху автомобіля. Створений стенд (рис. 1, 2) для дослідження експлуатаційних власивостей звичайних шин автомобілів дозволяє також досліджувати спеціальні шини військового призначення, в тому числі запропоновані багатосекційні. Універсальність створеного стенду дозволяє, крім передбачених досліджень, використовувати його в навчальному процесі при проведенні лабораторних робіт з курсу «Автомобілі».

Стенд містить раму із стояком 1, до якої одним кінцем з можливістю повертатись прикріплений важіль 2 з площадкою 3 для змінного вантажу. За допомогою важеля 2 створюється вертикальне навантаження на колесо, що досліджується 14. Вертикальні переміщення осі 12 колеса 14 визначаються за допомогою вимірювальної лінійки 8. Додатково для визначення вертикальних переміщень осі колеса 14 застосовано датчик 13. За його допомогою також вимірюються затухаючі коливання в шині колеса, що досліджується.

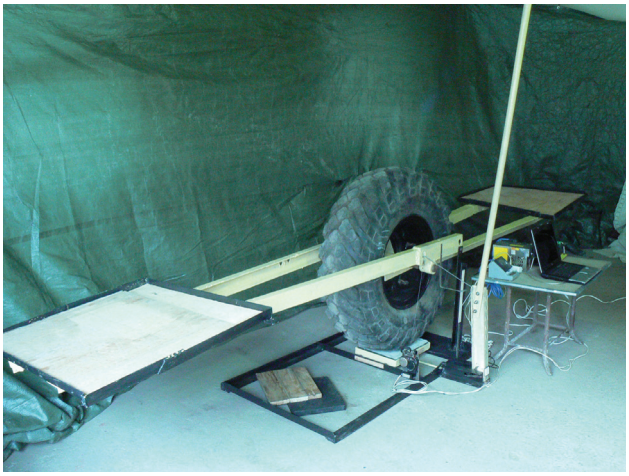


Рис. 1. Загальний вигляд стенду для дослідження експлуатаційних властивостей колісного рушія

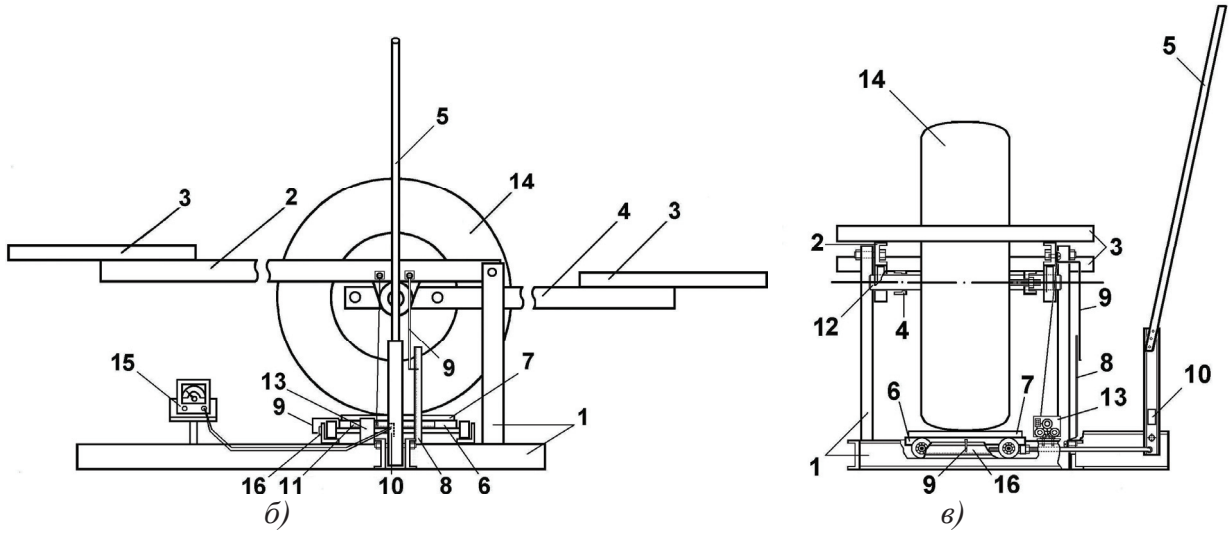


Рис. 2. Загальний вигляд стенду для дослідження колеса з експериментальною шиною:
1 — рама; 2,4,5 — важелі; 3 — площадка; 6 — візок; 7 — опорна поверхня; 8,11,16 — вимірювальні лінійки; 9 — покажчик; 10 — тензодатчик; 12 — вісь; 13 — датчик; 14 — колесо, що досліджується; 15 — амперметр

Для створення крутного моменту на колесі 14 до його маточини одним кінцем прикріплено важіль 4 з площадкою 3 для змінного вантажу. Величина тангенціального закручування визначається за допомогою нівеліра (нитки з вантажем, які на рисунку не показані), а також вимірювальної лінійки 10.

Поперечна жорсткості колеса 14, визначається за допомогою важеля 5, який впливає на візок 6 із змінною опорною поверхнею 7. Зусилля, необхідне для бокового переміщення візка 6 замірюється за допомогою датчика 10, величину зусилля можна побачити на амперметрі 15 відтарованому для вимірювання зусиль. Величина переміщення візка визначаються за допомогою вимірювальної лінійки 16.

На створеному стенді можна проводити дослідження, що в повній мірі описують експлуатаційні характеристики шини і характеризують робочі процеси, які в ній відбуваються.

Такі дослідженя, як заміри радіусів колісного рушія, визначення радіальної жорсткості колісного рушія, тангенціальної жорсткості колісного рушія, поперечної жорсткості колісного рушія, коефіцієнта зчеплення колісного рушія з дорогою, декремента затухання колісного рушія дозволяють підготувати вхідну інформацію для створення математичних моделей, які описують робочі процеси шини та автомобіля в цілому.

Для прикладу наведемо методику дослідження радіальної жорсткості колеса, яка виконується в такій послідовності [3–5]:

1. Встановлюється тиск повітря в колесі $p_{ПК}$ =0,05 МПа.
2. Накладається 4000 Н вантажу на навантажувальну площадку 3 важеля 2.
3. Визначається за допомогою вимірювальної лінійки 8 величина прогину (деформації) шини.
4. Повторюється пп. 2–4, при цьому вантаж Р на навантажувальній площадці 3 важеля 2 складатиме 7000 Н.
5. Повторюється пп. 2–4, при цьому вантаж на навантажувальній площадці важеля 2 складатиме 10 000 Н.
6. Знімається вантаж з площадки 3 важеля 2 до 7000 Н, повторюється п. 3.
7. Знімається вантаж з площадки 3 важеля 2до 4000 Н, повторюється п. 3.
8. Знімається вантаж з площадки 3 важеля 2до 0 Н, повторюється п. 3.

9. Встановлюється тиск повітря в колесі $p_{ПК}$ =0,15 МПа.
10. Повторюється пп. 2–8.
11. Встановлюється тиск повітря в колесі $p_{ПК}$ =0,25 МПа.
12. Повторюється пп. 2–8.
13. Повторюється пп. 1–12 для точки заміру 2 між перегородками.
14. Повторюється пп. 1–12 для точки заміру 3 між перегородками.
15. Повторюється пп. 1–12 для точки заміру 1 на перегородці.
16. Повторюється пп. 1–12 для точки заміру 2 на перегородці.
17. Повторюється пп. 1–13 для точки заміру 3 на перегородці.

На основі проведених замірів будуємо графіки залежності радіальних переміщень осі колеса в залежності від вертикальної осьової сили притискання *P* для різних значень тиску повітря в його секційній камері (рис. 3)

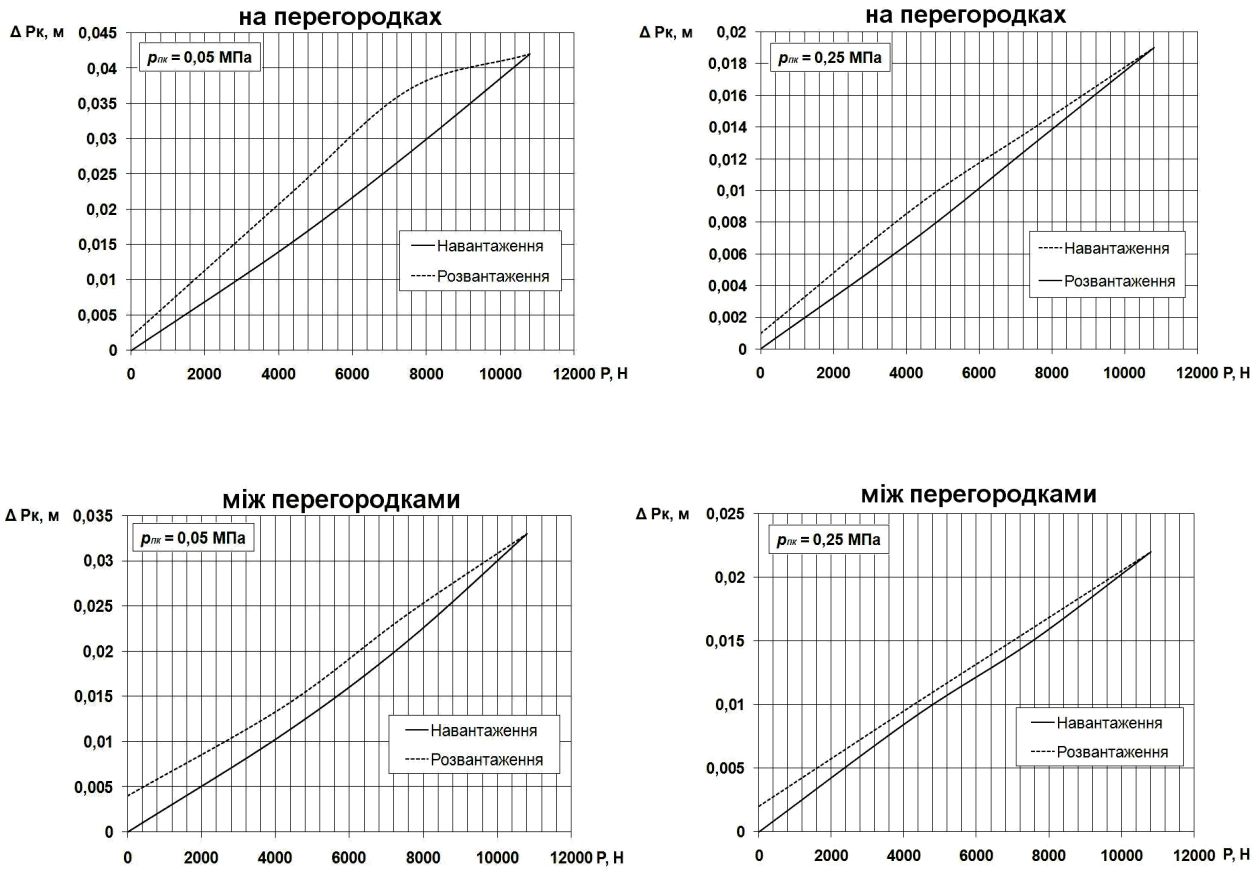


Рис. 3. Графіки залежності радіальних переміщень осі колеса в залежності від вертикальної осьової сили притискання *P* для різних значень тиску повітря в його секційній камері

На графіках рисунку 3 позначено:

$p_{ПК}$ — тиск повітря в секційній камері шини колеса;

ΔR_K — радіальне переміщення осі колеса;

P — навантаження на вісь колеса.

Радіальна жорсткість шини колеса визначається по залежності:

$$C_{кг} = \frac{P}{\Delta R_к}\left(\frac{H}{M}\right).$$

Як і в колеса з камерою без секцій його радіальна жорсткість зростає зі збільшенням тиску $p_{ПК}$ повітря в секціях камери. На відміну від колеса з камерою без секцій його радіальна жорсткість змінюється від секції до секції по періодичному закону. Найбільша жорсткість посередині між перегородками камери, найменша на перегородках. Це обумовлено тим, що на перегородках стискається об'єм повітря відразу двох секцій. При одному і тому ж самому тиску повітря в камерах радіальна жорсткість колеса без секцій у камері менша ніж у колеса з камерою, що має секції. Ця різниця зростає зі збільшенням числа секцій в камері. Це обумовлено величиною об'єму повітря, який одночасно сприймає навантаження на вісь колеса. Незалежно від конструкції камери спостерігається гістерезис радіальних переміщень осі колеса, який, на нашу думку, обумовлений головним чином конструкцією шини.

Висновки

Як показали проведені дослідження, створений універсалий стенд дозволяє дослідити широкий спектр експлуатаційних властивостей автомобільних шин, в тому числі і спеціальних та дати оцінку ефективності їх застосування на військових автомобілях при експлуатації у важких специфічних умовах.

Список літератури

1. Пат. 41910 Україна. Камера для автомобільної шини / Бойко О.Д., Зінько Р.В., Лозовий І.С. / заявл. 10.06.2009.

2. Кузьо І.В. Аналіз досліджень систем регулювання тиску в колесах транспортних засобів // І.В. Кузьо, О.Д. Бойко, Р.В. Зінько, І.С. Лозовий // Системи обробки інформації.— 2008. — № 6. — С.14–19.

3. Зінько Р.В. Апробація математичної моделі роботи і руху автонавантажувача // Вісник Технологічного університету Поділля.— 2000.— Випуск 3. — С. 129–134.

4. Черевко Ю.М. Узагальнений алгоритм проведення досліджень при фізичному моделюванні// Ю.М. Черевко, І.А. Вікович, Р.В. Зінько // Вісник ЖДТУ. — 2008. — Випуск III (46), т. II. — С. 37–44.

5. Бойко О.Д. Методика експериментального дослідження автомобіля з спеціальними шинами/О.Д. Бойко, Р.В. Зінько, І.С. Лозовий //Науковий вісник НЛТУУ. — 2010. — Випуск 20. — С. 74–80.

Аннотация. *Спроектирован и создан стенд для экспериментального исследования шин военных автомобилей. Стенд позволяет исследовать ряд эксплуатационных свойств как обычных шин автомобилей, так и специальных шин военных колесных машин.*

Abstract. *A stand is projected and created for experimental research of the military vehicles tire. A stand allows to probe the row of operating properties both ordinary tires cars and special tires of the military wheeled machines.*

Стаття надійшла до редакції 10.11.2010 р.

АВТОРИ НОМЕРА

1. Байцур М.В., Харківський національний автомобільно-дорожній університет
2. Банніков В.О., Донецька академія автомобільного транспорту
3. Барановський Д.М., Кременчуцький державний університет імені Михайла Остроградського
4. Бойко О.Д., Академія Сухопутних військ імені гетьмана П. Сагайдачного
5. Васьків С.М., Академія Сухопутних військ імені гетьмана П. Сагайдачного
6. Віховська Л.Й., Донецький державний інститут залізничного транспорту
7. Волохов О.С., Донецька академія автомобільного транспорту
8. Горбунов М.І., Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля
9. Грубель М.Г., Академія Сухопутних військ імені гетьмана П. Сагайдачного
10. Доля В.К., Харківська національна академія міського господарства
11. Доля О.Є., Харківська національна академія міського господарства
12. Доценко Ю.В., Донецький державний інститут залізничного транспорту
13. Енглезі І.П., Донецька академія автомобільного транспорту
14. Жук М.М., Національний університет «Львівська політехніка»
15. Зінько Р.В., Національний університет «Львівська політехніка»
16. Калінін О.В., Донецька академія автомобільного транспорту
17. Клец Д.М.,Харківський національний автомобільно-дорожній університет
18. Ковтанець М.В., Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля
19. Костенко А.В., Донецька академія автомобільного транспорту
20. Кравченко К.О., Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля
21. Кулієв Р.А., Донецька академія автомобільного транспорту
22. Куплінов А.В., Донецька академія автомобільного транспорту
23. Ларін В.Ю., Національний авіаційний університет
24. Лобашов О.О., Харківська національна академія міського господарства
25. Макаров В.А., Донецька академія автомобільного транспорту
26. Могила В.І., Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля
27. Ноженко О.С., Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля
28. Пахно О.Є., Донецька академія автомобільного транспорту
29. Подригало М.А.,Харківський національний автомобільно-дорожній університет
30. Попов Д.В., Донбаська національна академія будівництва і архітектури
31. Попов С.В., Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля
32. Прасоленко О.В., Харківська національна академія міського господарства
33. Рейцен Є.О., Київський національний університет будівництва і архітектури
34. Ройко Ю.Я., Національний університет «Львівська політехніка»
35. Руденков Е.В., Донецька академія автомобільного транспорту
36. Стрільник Ю.М., Донецька академія автомобільного транспорту
37. Толок О.В., Автомобільно-дорожній інститут ДВНЗ «ДонНТУ»
38. Файст В.Л., Харківський національний автомобільно-дорожній університет
39. Федоров Є.Є., Донецька академія автомобільного транспорту
40. Ціхоцький О.В., Академія Сухопутних військ імені гетьмана П. Сагайдачного

НАШІ ПРИВІТАННЯ

Шановний ВОЛОДИМИРЕ ПРОХОРОВИЧУ!

Прийміть наші сердечні привітання з 70-річчям з Дня народження!

Зичимо Вам невпинного руху вперед, успішного здійснення всіх планів та задумів. Бажаємо, щоб підґрунтям щасливого життя та плідної професійної діяльності були міцне здоров'я, серце, сповнене любові та добра, натхненна думка й щирі почуття.

У цей святковий день прийміть щирі побажання доброго здоров'я, професійних здобутків, життєдайної сили, бадьорості і щастя на довгі роки.

Нехай справа, якій Ви віддаєте свої сили, знання, енергію дає Вам радість і задоволення, а дружні привітання додають життєвої наснаги у скарбничку Вашої душі!

САХНО Володимир Прохорович — завідувач кафедри автомобілів Національного транспортного університету, доктор технічних наук, професор, академік Транспортної академії України, академік Російської академії транспорту, Відмінник освіти України, Заслужений працівник освіти України, Почесний автотранспортник України.

Народився 25 вересня 1940 року в м. Києві. В 1957 році закінчив середню школу № 5. У 1962 році отримав диплом випускника Київського автомобільно-дорожнього інституту.

У 1973 р. захистив кандидатську дисертацію. З 1976 р. доцент кафедри «Автомобілі». 1991 р. став роком захисту докторської дисертації за спеціальністю «Автомобілі і трактори». У 1992 р. став професором кафедри «Автомобілі».

Сфери наукових інтересів — керованість та стійкість автомобільних поїздів, тягово-швидкісні властивості та паливна економічність автомобілів.

Автор понад 200 наукових і навчально-методичних праць, 3 навчальних посібників, 25 авторських свідоцтв і патентів. Підготував 23 кандидати технічних наук.

Основні результати наукової роботи:

1. Досліджено взаємозв'язок між основними компонувальними параметрами та показниками техніко-експлуатаційних властивостей вантажних автомобілів (1964–1973 рр.).

2. Досліджено та розроблено приводи управління довгобазових автопоїздів для перевезень будівельних конструкцій, що забезпечують високі показники маневреності, керованості та стійкості таких автопоїздів (1974–1992 рр.).

3. Розроблено математичну модель системи «двигун-трансмісія», за допомогою якої проведено оптимізацію передаточних чисел трансмісії легкових та вантажних автомобілів за умови забезпечення необхідних показників тягово-швидкісних властивостей та паливної економічності (1993–1999 рр.).

4. Розроблено основні положення теорії руху автомобілів і автомобільних поїздів із традиційними і нетрадиційними системами управління, які забезпечують високі показники маневреності, керованості та стійкості руху таких транспортних засобів (2000–2010 рр.).

ПРАВИЛА ПОДАННЯ ТА ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

Для публікування в журналі «Вісник Донецької академії автомобільного транспорту» приймаються неопубліковані раніше наукові статті в галузі транспорту і двигунів внутрішнього згоряння; проектування, будівництва та експлуатації автомобільних доріг; надійності й довговічності механізмів і машин; транспортних технологій.

У журналі друкуються статті українською, російською (змішаними) мовами.

Для публікації наукової статті в редакцію необхідно представити наступні документи:

– текст статті у двох примірниках;
– анотацію українською, російською та англійською мовами;
– експертний висновок про можливість відкритого публікування;
– завірену рецензію доктора наук або члена редакційної колегії;
– відомості про автора (-ів) (прізвище, ім'я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання, посада, місце роботи, адреса, e-mail, службовий або домашній телефони).

Вимоги до рукописів

Стаття подається у 2-х варіантах — у друкованому вигляді на папері формату А4 (2 прим, з нумерацією сторінок) та електронному (на дискеті 3,5 дюйми).

Структура статті:

1. Код УДК (універсальний десятинний класифікатор) (вирівнювання по лівому краю).
2. Ініціали та прізвище (прізвища) автора (авторів), науковий ступінь, вчене звання, повна назва організації (вирівнювання по центру сторінки).
3. Назва статті (вирівнювання по центру сторінки).
4. Анотація мовою оригіналу статті (не більш 80 слів, ширина рядка 130 мм).
5. Основний текст статті.
6. Перелік літератури, який виконується згідно ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 «Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання» та в порядку посилання.

Текст рукопису повинен містити такі розділи, як:

– постановка проблеми, де відображається історія предмету дослідження, актуальність та сучасний стан проблеми;
– аналіз останніх досліджень, на які спирається автор, виділення невирішених раніше аспектів загальної проблеми, яким присвячується означена стаття;
– мета статті (постановка задачі);
– основний розділ (можливі підрозділи);
– висновки, де стисло та чітко підсумовуються основні результати, що були одержані автором (-ами).

Обсяг наукової статті 5–10 сторінок тексту, які включають таблиці, ілюстрації (4 рисунки дорівнюються 1 сторінці), перелік літератури. Обзорні статті — до 12 сторінок.

Текст повинен бути набраний у форматі Word for Windows версії 6.0–8.0.

– параметри сторінки — А4 (210 х 297 мм);
– орієнтація — книжкова;
– поля: верхнє — 15 мм, нижнє — 25 мм, ліве — 20 мм, праве — 20 мм;
– шрифт — Times New Roman, розмір — 12 пунктів;
– весь текст повинен бути набраний стилем «Звичайний » (Normal);
– перша строка — відступ 7,5 мм;
– міжрядковий інтервал — 1,5;
– вирівнювання — по ширині сторінки.

Таблиця повинна мати тематичну назву та порядковий номер (без знаку №), на який дається посилання у тексті.

Рисунки та графіки повинні бути пронумеровані в порядку посилання у тексті. Кожний рисунок розміщується в окремому файлі (формати bmp, tif; інші — тільки з дозволу редакції). Підписи під рисунками з номером рисунка пишуться на окремій сторінці. Кольорові та фонові рисунки не допускаються.

Усі формули повинні бути набрані у редакторі формул Microsoft Equation 2.0, 3.0 (MathType). У редакторі формул повинні бути наступні параметри:

– відстань до знаку — 60%;

– розмір — звичайний — 12 пт.; великий індекс — 8 пт.; маленький індекс — 6 пт.; великий символ — 12 пт.; маленький символ — 10 пт.

Нумерація формул дається арабськими цифрами в круглих дужках праворуч.

При виборі одиниць виміру слід дотримуватись системи СІ. Ціла частина числа від десятичної відділяється комою. Посилання на джерела беруться у квадратні дужки.

Наприкінці статті розташовуються анотації двома іншими мовами.

Статті, що не відповідають вимогам, повертаються авторам для доопрацювання.