Вісник Донецької академії автомобільного транспорту

№ 4

грудень
2009

Науковий журнал

Засновник:
Донецька академія
автомобільного транспорту

Видавець:
ПП «Рекламно-виробнича фірма
«Молнія»
Адреса: вул. Октября, 22 а,
м. Донецьк, 83030
тел.: (062) 345-21-90

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 номеру друкуються мовою оригіналу

Видання виходить 4 рази на рік
Видається з січня 2004 року

Адреса редакції:
83086, м. Донецьк,
пр. Дзержинського, 7
Тел. (062) 345-29-49
E-mail: rektor@diat.edu.ua

Рекомендовано до друку вченою радою Донецької академії автомобільного транспорту.
Протокол № 3 від 09.12.2009 р.

Редакційна колегія:

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

Члени редколегії:
Бєлов Ю.В., *к.т.н., доцент*
Бєлоусов В.В., *д.т.н., професор*
Вербицький В.Г., *д.ф.-м.н., професор*
Вовк Л.П., *д.т.н., професор*
Головченко І.П., *к.т.н., доцент*
Горожанкін С.А., *д.т.н., професор*
Доля В.К., *д.т.н., професор*
Жирнов А.А., *к.т.н., доцент*
Заренбін В.Г., *д.т.н., професор*
Казанцев Є.І., *д.т.н., професор*
Лук'янченко Н.Д., *д.е.н., професор*
Макаров В.А., *к.т.н., доцент*
Макогон Б.П., *к.ф.-м.н., доцент*
Міщенко М.І., *д.т.н., професор*
Муромець Н.Є., *к.е.н., доцент*
Поліщук В.П., *д.т.н., професор*
Сахно В.П., *д.т.н., професор*
Сунцов М. В., *д.х.н., професор*
Тернов С.О., *к.т.н., с.н.с.*
Ткаченко В.П., *д.т.н., професор*

Відповідальний секретар
Кравчук І.М.

Коректор
Задунайська О.В.

Технічний редактор
Пахно О.Є.

ВІСНИК ДОНЕЦЬКОЇ АКАДЕМІЇ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ
(до 02.12.2009 р.— «Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту»)
Науковий журнал

Засновник:

Донецька академія автомобільного транспорту (до 13.07.2009 р.— Донецький інститут автомобільного транспорту)

Видавець:
ПП «Рекламно-виробнича фірма «Молнія»
Адреса:
вул. Октября, 22 а,
м. Донецьк, 83 030
Тел.: (062) 388-21-67

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

У журнал 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, 83 086
Тел: (062) 345-21-90
E-mail: rector@diat.edu.ua

Рекомендовано до друку вченою радою Донецької академії автомобільного транспорту.
Протокол № 3 від 09.12.2009 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» до 02.12.2009 р.— «Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту» (свідоцтво про державну реєстрацію: серія КВ № 7148 від 01.04.2003 р., видане Держкомітетом інформаційної політики, телебачення та радіомовлення України), включений до Переліку № 16 наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (Бюл. ВАК України, № 9, 2005)

Підписано до друку 09.12.2009 р. Формат 60 × 84/8. Папір офсетний.
Ум. друк. арк. 3,3. Наклад 100 прим.

Віддруковано у друкарні ПП «Рекламно-видавнича фірма «Молнія»
Адреса:
вул. Октября, 22 а,
м. Донецьк, 83 030
Тел.: (062) 388-21-67

© **Вісник Донецької академії автомобільного транспорту, 2009**

Зміст

Транспортні технології

Базова І.В., Мастепан А.Н., Герасименко В.Г. **Вплив агресивного середовища на безпеку руху в складних дорожніх умовах** 4

Концева В.В., Макарова Т.В. **До питання вибору магістралей для аналізу транспортних потоків** 8

Нефедова Я.И. **Эффективность логистического управления транспортом металлопотоков в портах промышленного узла** 12

Парунакян В.Э., Сизова Е.И. **Управление логистическими цепями в микропотоковых процессах при взаимодействии транспорта и производства** 18

Рейцен Е.А., Руденков Э.В., Толок А.В. **Исследование зависимости скорости сообщения на маршруте пассажирского транспорта от сложности маршрута** 26

Шпачук В.П., Линник І.Е. **Модель функціонування системи «Людина — Автомобіль — Дорога — Приземний простір» у замкнутому стані** 31

Транспорт і двигуни внутрішнього згоряння

Загороднов М.І., Петров О.В., Костенко А.В. **Аналіз курсової стійкості руху легкового автомобіля з урахуванням керуючого колісного модуля** 35

Кальченко В.И., Кальченко В.В., Ерошенко А.М. **Восстановление винтовых поверхностей деталей автомобилей и гаражного оборудования шлифованием со скрещивающимися осями инструмента и детали** 41

Макаров В.А., Волохов О.С., Куплінов А.В., Кріт А.В., Кулієв Р.А. **До питання експериментального дослідження характеристик курсової стійкості СРР легкового автомобіля під час його руху по колу** 48

Банніков В.О. **Лабораторне устаткування для визначення параметрів тороїдальної шини в стаціонарному режимі та результати вимірювання** 56

Автори номера 63

Правила подання та оформлення статей 64

УДК 625.075

БАЗОВА І.В., асистент, Донецька академія автомобільного транспорту; МАСТЕПАН А.Н., асистент; ГЕРАСИМЕНКО В.Г., к. т. н., доцент, Автомобільно-дорожній інститут ДВНЗ ДонНТУ

ВПЛИВ АГРЕСИВНОГО СЕРЕДОВИЩА НА БЕЗПЕКУ РУХУ В СКЛАДНИХ ДОРОЖНІХ УМОВАХ

У статті розглянуто питання впливу агресивних викидів на безпеку руху в умовах, коли крутість підйому або спуску складає більш 60%, а на проїжджій частині дороги спостерігається застій органічних складових від мінеральної частини асфальтобетону, плівки води, в якій розчинені окисли SO_2 *і* NO_2.

Постановка проблеми

У складних погодних умовах дуже актуальною стала проблема підвищення транспортно-експлуатаційних властивостей доріг. На перший план вийшли питання якості верхніх шарів дорожнього одягу, але якість дорожнього покриття залежить і від стану водія, погодних умов і матеріалів, які входять в склад асфальтобетону.

Основна частина

В даний час ще багато доріг, котрі не відповідають вимогам безпеки руху. Особливо характерні ті місця на підйомах, де тихохідний транспорт перешкоджає руху легкового транспорту, що йде позаду, у зв'язку з цим виникає питання, як запобігти аварії при обгоні на крутих підйомах через погану видимість зустрічного транспорту і поява «окатишів» на смузі обгону, що виходять у результаті руйнування покриття через вплив агресивних окислів SO_2 і NO_2.

Водій сприймає інформацію, що надійшла з дороги, навколишнього середовища й автомобіля за допомогою зорових органів (аналізаторів). Він повинен за 2–3 с зреагувати, дати аналіз і зробити дії, що дозволяють вийти з небезпечної ситуації. Тому значення особливостей перетворення отриманої інформації, а також фізіологічні властивості зорової системи необхідні для розробки засобів і способів поліпшення видимості на дорозі і підвищення рівня безпеки руху.

Видимість дороги й об'єктів на ній в умовах обмеженої видимості залежить від ряду факторів: крутості підйому або спуска; погодних умов; рівня освітленості; яскравості тла, стану водія, а також стану проїзної частини.

Якщо дорожній об'єкт розглядається на тлі неба, тобто крутість підйому складає $40 \div 80$ ‰, то під дією сонячного випромінювання атмосфера світиться розсіяним світлом, брудне скло сприяє вторинному мікровимірові сонячного світла, у результаті чого яскравість видимого об'єкта різко змінюється, видимість погіршується і стає рівною:

$$Gg = G_{\Phi} \cdot (1 - e^{-KSit}) tg\,\alpha\,, \qquad (1)$$

де G_{Φ} — яскравість небесного тла, кд/м;

K — коефіцієнт, що враховує ступінь розсіювання світла атмосферою, м$^{-1}$;

Si — відстань до зустрічного об'єкта, м;

Z — коефіцієнт, що враховує розсіювання світла забрудненим склом, кд/м^2.

При гальмуванні колеса виникають дві сили. Перша — викликана механічним зчепленням між гумовою шиною і поверхнею покриття, а друга — так називана «істинне тертя» — обумовлена взаємним тертям мікронерівностей шини і покриття.

Сила «істинного тертя» на сухому покритті сприяє опорові ковзання, а на мокрому — різко зменшується за рахунок наявності тонкої плівки води, разом з окислами SO_2 і NO_2 і дорожнім покриттям. У цьому випадку гумова шина сковзає по тонкій плівці «суміші», товщина якої дуже незначна. При русі колеса по мокрій поверхні дорожнього покриття плівки «суміші» частково розсіюються шиною, але плівка, що залишилася в зоні контакту, не стійка й істотно впливає на зниження величини коефіцієнта зчеплення. Тому гладкі покриття навіть при незначному зволоженні «сумішшю» стають слизькими, тоді як шорсткуваті вимагають більшої кількості «суміші».

Істотне зниження коефіцієнта зчеплення на вологих поверхневих обробках з великого щебеню можна пояснити обволіканням кожного його зерна тонкою стійкою плівкою «суміші» навіть при незначному зволоженні.

Велике значення в підвищенні опору ковзанню грає рисунок протектора і пористість матеріалу покриття. Рисунок протектора створює систему прорізів, що сприяють перерозподілові «суміші» із зони контакту шини з поверхнею покриття. Пористість матеріалу покриття забезпечує можливість поглинання частини «суміші», у результаті гідравлічного напору, що виникає в плівці між колесом і покриттям і з наступною віддачею вологи після проходу колеса.

У деяких випадках через недостатній подовжній і поперечний ухили проїзної частини на поверхні покриття спостерігається застій «суміші» у результаті якого при високих швидкостях руху може відбутися ефект аквапланування. Контакт шини з поверхнею покриття порушується, передні колеса автомобіля перестають обертатися й автомобіль утрачає керованість, а у випадку різкого гальмування відбувається дорожньо-транспортна пригода.

Істотний вплив на зниження опору ковзанню, особливо після зволоження роблять олії, часточки гуми і пилу, що накопичуються на поверхні покриття в процесі руху або у виді бруду заносяться з неукріплених узбіч.

Істотний вплив на величину коефіцієнта зчеплення робить ступінь зносу дорожнього покриття. У результаті впливу коліс відбувається шліфування матеріалу верхнього шару дорожнього покриття, що приведе до поступового, але неухильного збільшення слизькості.

У результаті перерахованих вище причин величина коефіцієнта зчеплення на вологих покриттях, підданих агресивному впливові, може зменшуватися в п’ять разів.

І чим крутіше підйом, тобто збільшується кут α , тим більше імовірність улучення прямих сонячних променів на оболонку очей. Дуже небезпечне явище — раптовість улучення сонячного променя, тобто зміни кута підйому або вихід через поворот назустріч сонцю. Удвічі небезпечне, вищеописане явище, під час обгону транспорту, що йде попереду. Дальність видимості зустрічного об’єкта служить основним показником загальних умов видимості, у зв’язку з тим, що найважливіша характеристика транспорту, що обганяється, є дистанція і швидкість автомобіля.

Як з’ясувалося, з експериментальних даних величезне значення відіграє стан дорожнього покриття. Рівне і шорсткувате покриття сприяє зменшенню аварійних ситуацій, тому що це дозволяє зменшити гальмовий шлях у 3–4 рази в момент непогожої погоди і викидів шкідливих речовин в атмосферу.

Для безпеки руху на таких ділянках рекомендуються наступні заходи.

Установити в місцях перелому кривої за 150–180 м від вершини мічений стовпчик, продублювавши його за 70–80 м, висотою не більше висоти вантажного автомобіля, що дозволить водієві стежити за появою зустрічного транспорту. Якщо біля стовпчика немає зустрічних машин, значить є можливість для обгону транспорту, що тихо йде, швидкість якого не перевищує 30 км/год. Швидкість легкового транспорту, що робить обгін, повинна бути 60–70 км/год. Якщо

ж стовпчик закритий машиною, значить обгін на даній відстані і понад нього із зазначеною швидкістю неможливий.

У другому випадку на вершині перемінної точки встановлюють однобічний світлофор. Імпульс блоку включення через аварійний блок передається на блок сигналізації, при цьому включається блимавка, що попереджає про появу зустрічного транспорту. У випадку виходу з ладу блоку включення спрацьовує дублююча сигналізація, що дозволяє уникнути аварійної ситуації.

Найбільш простий метод запобігання аварійних ситуацій — установка на найвищій точці перевалу 2-х сторонніх увігнутих катафотів під кутом 45° один від одного. Вони передають або сонячний промінь, або світло фар у нічний час, попереджаючи про можливу небезпеку.

Якщо ж рух транспорту інтенсивний і можливість зіткнення не виключена, бажано установити легкий бар'єр на вершині перевалу, що перепиняє у нічний час потік світла від зустрічного транспорту. Світло переломлене планками висвітлює забар'єрне місце, цим самим сприяє поліпшенню безпеки руху. Дані рекомендації цілком виключають аварійну обстановку в складних ситуаціях у місцях обмеженої видимості.

Покриття за 25–30 м від вершини перелому повинно бути змито чистою водою для видалення розчинів окислів азоту, сірки і вуглецю, а також прибрані окатиші, що з'являються через інтенсивне руйнування верхнього шару асфальтобетонного покриття, щоб уникнути пробуксовки ведучих коліс автомобіля.

Тому перед дорожніми організаціями стає актуальна задача — розробка раціональних конструкцій дорожніх покриттів на базі складених бітумів, що мінімально реагують на шкідливі викиди промпідприємств.

У випадку раптової появи зустрічного транспорту, зупинний шлях на обгоні повинен дорівнювати:

$$S_{оп} = \frac{K_{Э.Т.} \cdot V^2}{\phi} + \left[\frac{\sum (T_1 + T_2 + T) \sum V_2}{tg\,\alpha} \right] \cdot Z, \qquad (2)$$

де $S_{оп}$ — зупинний шлях транспорту, що обганяється, км;
$K_{Э.Т.}$ — коефіцієнт ефективності гальмування;
T_1 — час розпізнавання убудованого об'єкта, год;
T_2 — час реакції водія, год;
T_3 — час включення гальм, год;
$\sum V_2$ — сума швидкостей руху вбудованого й автомобілів, що обганяється, у двох напрямках;
α — кут підйому, рад;
ϕ — коефіцієнт зчеплення колеса з дорогою;
Z — стан дорожнього покриття (0,9…0,15).

Як видно з формули, зупинний шлях багато в чому залежить від сумарної швидкості транспорту, що обганяється, і зустрічного транспорту. Зі збільшенням її в 1,5 рази зупинний шлях збільшується в 2 рази, тому потрібне обмеження швидкості на даній ділянці дороги.

Стан зору і нервової системи впливає на час реакції водія, що вимагає постійного медичного нагляду над групою шоферів, що працюють у пересіченій місцевості. У той же час швидкість автомобіля, що обганяється, повинна бути мінімальною, тому що при обгоні потрібно в 1,5…2,0 рази збільшення швидкості і потужності двигуна, зі збільшенням кута підйому зупинний шлях зменшується усього лише на 3–5% через появу «мильного ефекту» на покритті при впливі окислів азоту і сірки на шар зносу, і це не єдиний фактор впливу шкідливих викидів на безпеку руху транспорту.

Таблиця 1

Залежність гальмового шляху від стану покриття.

Найменування елемента	Гальмовий шлях транспорту, м, при швидкості руху на спуску 40‰				
	30	40	50	60	70
Суха погода, покриття шорсткувате ϕ =0,75	2,5 2,2 2,4	2,7 2,5 2,7	3,1 3,3 3,2	4,1 4,5 4,2	5,2 6,0 5,7
Суха погода, покриття гладке ϕ =0,55	3,1 3,6 3,5	3,4 3,7 3,7	4,5 4,4 4,7	5,4 5,3 5,6	7,6 8,2 8,5
Покриття мокре і гладке ϕ =0,40	4,2 4,0 3,8	4,2 4,5 4,4	5,0 5,1 5,1	6,1 6,3 7,2	10,7 12,2 11,4
На покритті тонкий шар снігу ϕ =0,20	6,0 5,8 5,9	7,9 8,3 8,7	11,8 12,9 12,2	16,7 17,2 17,8	20,6 21,4 21,8
Ожеледь (з посипанням піском) ϕ =0,10	7,3 7,4 7,9	9,8 10,2 10,3	16,6 16,5 16,9	22,3 23,7 23,1	26,3 26,2 26,4
Покриття, уражене окислами («мильний ефект»)	6,7 6,4 6,9	8,1 8,6 8,3	12,6 12,1 12,4	13,2 14,7 14,9	20,1 19,6 19,7

Якщо порівняти дані табл. 1 при різних рухах, то гальмовий шлях у відповідних погодних умовах різний і величина його коливається від 2,2 м 9 (при V =30 км/год) до 7-8 м (при V =70 км/год) у суху погоду, а коефіцієнт зчеплення дорівнює 0,75.

В ожеледь при швидкості V =30 км/год гальмовий шлях дорівнює 8,7 м, а при швидкості 70 км/год доходить до 26,4 м, що дуже небезпечно на обмежених ділянках у пересіченій місцевості й у місцях, де підйом перевищує 40 % і він знаходиться поблизу промислових підприємств, які викидають в атмосферу величезну кількість агресивних речовин, що згубно впливають на фізико-механічні властивості асфальтобетонних покриттів в усі періоди року. Це означає, що водій може об'єктивно оцінювати дорожню обстановку і забезпечувати безпеку руху, якщо відстань видимості до зустрічного транспорту не менше зупинного шляху автомобіля.

Перелік літератури

1. Немчинов М.В. Сцепные качества дорожных покрытий и безопасность движения автомобилей.— М.: Транспорт, 1985.— 231 с.

2. Бируля А.К., Михович С.И. Работоспособность дорожных одежд.— М.: Транспорт, 1968.— 172 с.

Аннотация. *В статье рассмотрены вопросы влияния агрессивных выбросов на безопасность движения в условиях, когда крутизна подъема или спуска составляет больше 60%, а на проезжей части дороги наблюдается застой органических составляющих от минеральной части асфальтобетона, пленки воды, в которой растворены оксиды* SO_2 *и* NO_2.

Abstract. *This article has dealt with questions about influence of aggressive emissions on the traffic security under such conditions when the rate of rise or down-hill gradient is more 60% and on the roadway there is a stagnation of organic components of mineral part of asphaltic concrete, film of water, in which oxides of SO_2 and NO_2 are dissolved.*

Стаття надійшла до редакції 02.09.2009 р.

УДК 629.113.004

КОНЦЕВА В.В., к. е. н., доцент; МАКАРОВА Т.В., аспірант, Національний транспортний університет

ДО ПИТАННЯ ВИБОРУ МАГІСТРАЛЕЙ ДЛЯ АНАЛІЗУ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ

Розглянута роль транспортних магістралей у загальній транспортній системі Донецького регіону. Наведені правові документи і наукові роботи, що досліджують актуальність Європейських напрямків транзитних автомобільних перевезень. Вибрані магістралі для аналізу транспортних потоків.

Постановка проблеми

У світовій економіці існує аксіома: чим більшою є щільність шляхів сполучення на території держави, тим вищим є рівень її економічного розвитку. Значна кількість міст України знаходиться на традиційних транспортно-комунікаційних маршрутах євразійського континенту. Вперше питання організованого розвитку міжнародних транспортних зв'язків виникло в середині 80-років минулого століття. Комітет з внутрішнього транспорту ЄЕК ООН ініціював проведення досліджень транспортних потоків між скандинавськими країнами та країнами Південної Європи, з метою використання на цих напрямках інтермодального підходу вирішення проблеми. Сфера об'єднаних дій європейських країн в сфері розвитку транспортної інфраструктури вперше була визначена Маастріхським Договором 1991 року.

Сучасний стан світового економічного розвитку характеризується кризою, що призводить до зростання потреб в раціональному переміщенні матеріальних і людських потоків між країнами і континентами.

Аналіз останніх досліджень

Постановою Кабінету Міністрів України від 4 серпня 1997 року №821 була затверджена Концепція створення та функціонування національної мережі міжнародних транспортних коридорів в Україні. Згідно концепції Україна займає вигідне для створення міжнародних транспортних коридорів геополітичне становище, має розвинуту промисловість, спроможну виготовляти та обслуговувати сучасні транспортні засоби, дорожньо-будівельну техніку, а також потужний потенціал наукових, проектних, навчальних закладів та кваліфікованих кадрів. Актуальність Концепції зумовлена необхідністю інтеграції транспортних мереж і транспорту України в міжнародну транспортну систему з метою залучення додаткових обсягів перевезень та валютних надходжень, скорочення транспортних витрат, наближення до міжнародних стандартів перевезень пасажирів та вантажів, енергетичних та екологічних показників роботи транспорту; розглядається також соціальний прогрес. У Концепції обгрунтовані географічні напрямки і конкретний перелік транспортних коридорів, їх інфраструктура, варіант розвитку,

що максимально відповідає вимогам міжнародної транспортної мережі, дана прогнозна оцінка обсягів перевезень по кожному коридору, визначено етапність і пріоритетність створення.

Щодо соціально-економічного та екологічного аспектів Концепції, створення мережі транспортних коридорів повинно значно зменшити негативний вплив автотранспорту на прилеглі території. Досягнуто це буде через суттєве поліпшення умов руху, зменшення перенавантаження автомобільних доріг, створення на нових магістралях відповідних природоохоронних умов. Забезпечення сприятливих умов руху на магістралях, рівномірна швидкість, виключення затримок і необгрунтованих змін режиму руху, зумовить суттєве зменшення шкідливих викидів у повітря.

Окрім того, у межах держави розглядаються питання зростання транзитного потенціалу республіки Біларусь. Вигідне географічне положення Біларусі обумовлює її важливу роль у якості транзитної держави і висуває транзит як важливу складову частину економічної політики. В майбутньому розглядається товаропотік між Європейским Союзом і Південно-Східною Азією [1].

В статті [2] обгрунтовується актуальність одного із зазначених в державній концепції міжнародного транспортного коридору Європа-Кавказ-Азія, який планується у світовій транспортній системі (прогама ТРАСЕКА); аналізується існуюча географія перевезень. Означена програма спрямована на розвиток економічних зв'язків і нарощування високорентабельних транзитних і експортно-імпортних перевезень у Євро-Азіатських Країнах. У 1996 році до цієї програми була приєднана Україна, пізніше підписана основна багатостороння угода про міжнародний транспорт щодо розвитку коридору Європа-Кавказ-Азія. Коридор ТРАСЕКА офіційно визнаний як один із природних транзитних мостів між Європою й Азією. Міжнародний автомобільний коридор може проходити через східну Україну.

В роботі [3] аналізуються перспективи розвитку мережі автотранспортних коридорів у Луганській області. Територіально ця область граничить з Донецьким регіоном і має схожі кліматичні і рельєфні умови. Крім того, розвиток промисловості у Луганській області є достатньо високим. Як Донецька, так і Луганська області мають кордон з Росією. Проведений аналіз виявив наявність двох Європейських транспортних коридорів, що проходять через Луганську область. Отже, дослідження транспортних коридорів у Донецькому регіоні є також актуальними.

Мета статті

Вибір магістралей Донецького регіону для аналізу транспортних потоків

Основний розділ

Транспортна мережа загального користування Донецької області (рис. 1) включає 8010,6 км автомобільних доріг з твердим покриттям. Щільність автомобільних доріг з твердим покриттям становить в середньому по області 302,3 км на 1000 км² території (по Україні — 274,3 км) [4].

Необхідність створення і розширення мережі міжнародних транспортних коридорів призвела до підвищення вимог до якості автодоріг, надійності, безпеки та їхнього зовнішнього вигляду. Оскільки основна частина доріг області була побудована в 1965–1985 рр., сьогодні вони не відповідають вимогам сучасних нормативних документів [4].

До системи транспортних коридорів Донецького регіону належать наступні магістралі:

– ЧЕС Рені — Ізмаїл — Одеса — Миколаїв — Херсон — Мелітополь — Бердянськ — Маріуполь —Новоазовськ;

– Європа — Азія Краківець — Львів — Рівне — Житомир — Київ — Полтава — Харків — Дебальцеве — Ізварине;

– Європа — Азія Косини — Івано-Франківськ — Тернопіль — Вінниця — Кіровоград — Дніпропетровськ — Донецьк — Ізварине.

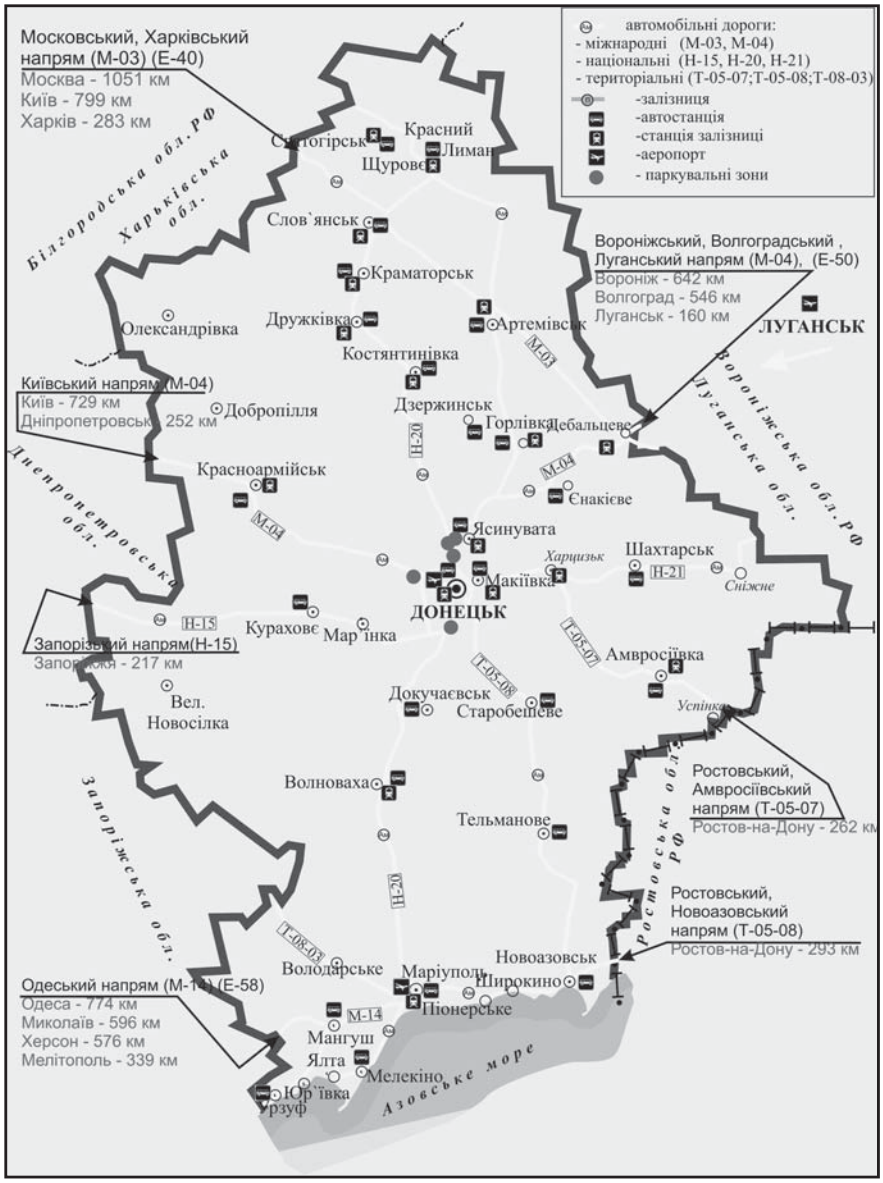


Рис. 1. Транспортна мережа Донецького регіону

Через Донецький регіон проходять три дороги Європейського значення, які є частиною єдиної Європейської транспортної системи і співпадають з державними автомагістралями (позначені літерою М) та мають префікс Е й відповідні номера:

– Е–40 — найдовший європейський автошлях, довжиною близько 8000 км, що з'єднує французьке місто Кале через Бельгію, Німеччину, Польщу, Україну, Росію, Казахстан, Узбекистан, Туркменістан і Киргизстан з казахським містом Ріддер біля кордону з Китаєм. Автошлях в Україні, в основному, має дві смуги; від Львова до Рівного деякі частини дороги мають бар'єр між проїжджими частинами; на рівненській окружній дорозі Е–40 має 2 смуги, а на всьому проміжку між Рівним і Житомиром Е40 має бар'єр; на житомирській окружній дорозі Е–40 знову має 2 смуги; із Житомира до Києва Е–40 має бар'єр, що розділяє проїжджі частини;

– Е–50 — проходить територіями Франції, Німеччини, Чехії, Словаччини, України та Росії;

– Е–58 — проходить територіями Австрії, Словакії, України, Румунії, Молдови, України і Росії.

Дороги Е–40 і Е–50 є основними дорогами, а Е–58 — проміжною.

Через Донецький регіон проходять наступні міжнародні дороги:

– М–03 — західний напрямок: Харківська, Полтавська, Київська, Житомирська, Рівенська та Львівська області; східний напрямок — Луганська область;

– М–04 — західний напрямок: Дніпропетровська, Кіровоградська, Черкаська, Вінницька, Хмельницька та Тернопільська області; східний напрямок –Луганська область;

– М–14 — західний напрямок: Запорізька, Херсонська, Миколаївська та Одеська області; східний напрямок — Ростовська область (Росія).

Зазначені вище міжнародні дороги проходять через наступні міста Донецького регіону: Слов´янськ, Краматорськ, Артемівськ та Дебальцеве (М–03); Красноармійськ, Донецьк, Ясинувата, Єнакієве та Дебальцеве (М–04); Маріуполь та Новоазовськ (М–14).

У Донецькому регіоні є три національні дороги, які позначаються літерою «Н» та проходять через наступні міста: Курахове, Мар'їнку та Донецьк (Н–15); Донецьк, Макіївку, Харцизьк, Шахтарськ та Сніжне (Н–20); Маріуполь, Волноваху, Докучаєвськ, Донецьк, Дзержинськ, Костянтинівку, Дружківку, Краматорськ та Слов'янськ (Н–21).

У Донецькому регіоні є також територіальні дороги, наприклад: Т–08–03 (Маріуполь, Володарське); Т–05–08 (Новоазовськ, Тельманове, Старобешеве, Донецьк); Т–05–23 (через Володарське); Т–05–07 (Амвросіївка, Макіївка, Донецьк).

На зазначених вище дорогах формуються транспортні потоки, що містять у собі сукупності автомобілів, які перевозять вантажі і пасажирів.

Вантажні перевезення на території області обумовлені наступними чинниками:

– виробничими зв'язками, які склалися між підприємствами;

– випадковими потребами окремих замовників;

– транзитними перевезеннями.

До підприємств, що виконують основні вантажні перевезення слід віднести наступні: АЛЬТКОМ, ТОВ «Донспецпром», АТУ ЗАТ «Норд», АТУ Донецького металургійного заводу, ВАТ «Концерн «Стірол», АТЗТ «Мушкетівська автобаза», ТОВ «Укрбудтранс» та інші. Підприємства здійснюють як міжнародні перевезення так і перевезення у межах країни та по області.

Відносно стабільні складові транспортних потоків створюють сукупності автотранспортних засобів, що виконують пасажирські перевезення. Щоденно вони перевозять в обласний центр біля 160 тис. робітників (сумісно з Донецькою залізницею) з Горлівки, Красноармійська, Волновахи та інших міст в околі м. Донецька. Параметри транспортних потоків мають значні коливання у залежності від сезону, особливо пасажирські.

Висновки

Таким чином, визначені наступні пріоритети доріг на території Донецького регіону, які необхідно надалі досліджувати: Н–20, Е–50 (М–04), Н–21, Н–15, Т–05–07, Т–05–23, Е–40 (М–03), Е–58 (М–14).

Перелік літератури

1. Полещук И.И. Формирование макрологической системы Беларуси как транзитного государства // Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту.— Донецьк: ДІАТ, 2009.— № 1.— С. 226–232.

2. Акуленко А.А., Кранц Й.М., Левчук Н.М. МТК Трасека (Европа-Кавказ-Азия) у світовій транспортній системі та існуюча географія перевезень // Вісник національного транспортного університету та транспортної академії України.-К., 2002.—№ 7.—С. 254–258.

3. Кравченко О.П., Дуда Д.В., Верітельник Є.А. Стан та перспективи територіального планування і створення транспортно-логістичної системи для формування мережі автотранспортних коридорів в межах луганської області // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля.— Луганськ, 2009.— № 11 (141).— С. 45–48.

4. Транспортний комплекс Донецької області. Статистичний збірник/Головне управління статистики у Донецькій області, 2008.—21с.

Анотация. *Рассмотрена роль транспортных магистралей в общей транспортной системе Донецкого региона. Приведены правовые документы и научные работы, которые исследуют актуальность Европейских направлений транзитных автомобильных перевозок. Выбраны магистрали для анализа транспортных потоков.*

Abstract. *The role of main traffic artery in a general transport system of the Donets region is considered. The lawful documents and the scientific works, which investigate the urgency of the European directions of transit motor transportation are given. Mains for the analysis of the traffic current are selected.*

Стаття надійшла до редакції 23.11.2009 р.

УДК 656.076.15

НЕФЕДОВА Я. И., асс., Приазовский государственный технический университет

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛОГИСТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТОМ МЕТАЛЛОПОТОКОВ В ПОРТАХ ПРОМЫШЛЕННОГО УЗЛА

Проанализирована работа логистического канала реализации экспортной металлопродукции, проходящей через морские порты промышленного узла. Сформулированы интегрированные показатели принятия решений по выбору оптимальной структуры организационно-технологических вариантов. Выбор оптимального состава элементов организационно-технологического варианта проведен с помощью метода нечетких логических выводов.

Постановка проблемы

Логистическое управление движением грузопотоков происходит в условиях неопределенности и случайности протекающих процессов. Решение проблемы осложняется отсутствием единой методики определения эффективного и качественного в условиях жесткой конкурентной борьбы достижения требований участников системы доставки грузов на всех звеньях логистической цепи, а также на адекватное требованиям рынка, развитие их в будущем. В связи с этим, возникает проблема принятия решений по управлению, обеспечивающему устойчивость к воздействию внешней среды логистическими каналами движения материальных потоков.

Анализ последних исследований

Анализ последних исследований и публикаций показал, что большая часть работ посвящена изучению отдельных элементов и звеньев логистических каналов и транспортных систем в условиях фиксированных и ограниченных по воздействию факторов [1,2]. В существующих в настоящее время моделях, предназначенных для решения задач управления производственно-транспортными системами финансовые, информационные и материальные потоки представлены либо как детерминированные процессы, либо как случайные процессы со статистическими характеристиками, обладающими заданными свойствами.

В тоже время управление логистическими каналами характеризуется появлением слабо формализованных задач управления, отличающихся нечеткими условиями, критериями и целями, невозможностью или нецелесообразностью получения для нее точного математического описания [3].

Цель статьи

Целью проводимых исследований является оптимизация пространственно-временного преобразования грузопотоков на примере металлогрузов, обрабатываемых в портах Мариупольского промышленного узла. Достижение цели возможно при использовании математического подхода, основанного на методах теории нечетких множеств, обусловлено неопределенностью и нечеткостью условий и ограничений задачи, критериев и целей управления, вносимых субъектом и процессами управления, невозможностью получения точной математической модели для управления транспортом металлопотоков промышленного района [4].

Основной раздел

Процессы работы портов при обработке металлопотоков протекают неравномерно, возникают задержки некоторых операций, появляются очереди в обслуживании, поэтому для учета логико-временных особенностей их функционирования разработана модель логистической цепочки продвижения металлогрузов от производителя к потребителю через морские порты Мариупольского промышленного узла, представленная сетью Петри.

Предположим, что анализируемые порты — Мариупольский морской торговый порт, порт Азовсталь и Судоремонтный завод — основные пункты перевалки металлогрузов Донецкого региона и Мариупольского промышленного узла. Здесь функционируют $i \ldots i+1$ поставщиков металлопродукции. Пусть i-й поставщик производит транспортировку груза через i-й порт промышленного узла, к которому имеются железнодорожный, автомобильный и морской транспортные подходы.

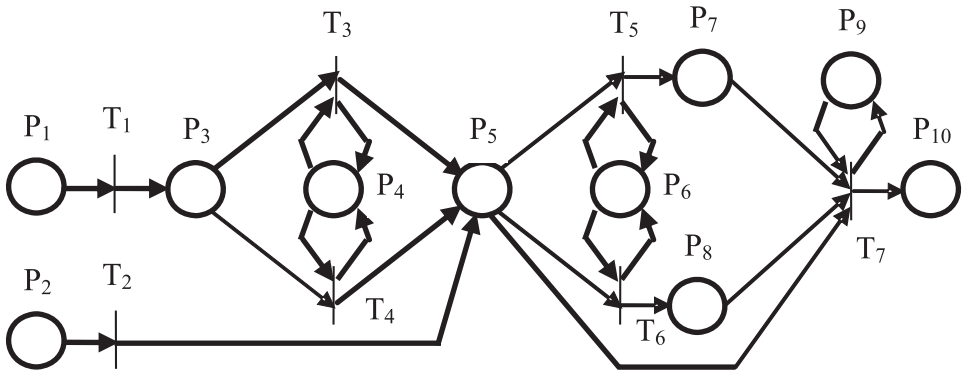


Рис. 1. Схема модели обработки металлогрузов портами Мариупольского промышленного узла

Представленная модель отражает процесс функционирования каждого звена логистической цепи обработки металлогрузов в портах Мариуполя.

Железнодорожный состав с металлом P_1 прибывает T_1 на железнодорожную станцию Мариуполь-Порт P_3. При этом позиция P_3 имеет ограниченную вместимость, равную числу свободных путей для приема поездов. Если все пути будут заняты, то переход T_1 будет заблокирован и прибытие составов на станцию не возможно (в переходе фиксируется задержка).

Также будут задержки в переходах T_3 и T_4, если в позиции P_4 не будет свободных фишек, т. е. людей, отвечающих за документальное оформление состава T_3, его обработку и сортировку T_4. После окончания работ по приемке состава вагоны находятся в позиции P_5 — груз подготовлен для погрузочно-разгрузочных работ.

В случае доставки металла в порт автотранспортом P_2, автоподвижной состав через переход T_2 — оформление документов, попадает в позицию P_5.. При переработке металла по складскому варианту при наличии свободных средств малой перегрузочной техники P_6 происходят процессы T_5 — перегрузка на склад P_7 и T_6 — перегрузка на причал P_8. При наличии свободных портальных кранов в позиции P_9 начинается процесс погрузки металла T_7 на судно P_{10}.

При прямом варианте перегрузки металл из позиции P_5 попадает в позицию P_{10} через переход T_7.

Повышение качества транспортного обслуживания металлопотоков в портах Мариупольского данного узла обусловлено проблемой выбора структуры оптимального организационно-технологического варианта (ОТВ), позволяющей ликвидировать дополнительные затраты за хранение металла, простой судов и подвижного состава.

Математическая модель задачи выбора структуры ОТВ грузопотока металла, следующего через морские портово-промышленные комплексы Мариупольского узла представлена следующим образом.

Существует множество вариантов выбора структуры ОТВ: $i=\overline{1,S}$. Каждый i-й вариант характеризуется составом звеньев логистической цепи: $\overline{X}_i=\left|x_1^{(i)},\ldots,x_n^{(i)}\right|$.

Каждый организационно-технологический вариант может быть охарактеризован вектором показателей качества $\overline{Q}=\left|q_1\left(\overline{X}_i\right),\ldots,q_j\left(\overline{X}_i\right),\ldots,q_m\left(\overline{X}_i\right)\right|$, где

$q_1\left(\overline{X}_i\right)$ — стоимость услуг порта при осуществлении перегрузочных работ;

$q_2\left(\overline{X}_i\right)$ — гибкость, определяющая готовность к изменению финансовых и технологических условий обслуживания металлопотоков;

$q_3\left(\overline{X}_i\right),\ldots,q_{j-1}\left(\overline{X}_i\right)$ — показатели, отражающие надежность портовых услуг;

$q_j\left(\overline{X}_i\right)$ — комплексное обслуживание;

$q_{j+1}\left(\overline{X}_i\right),\ldots,q_{m-1}\left(\overline{X}_i\right)$ — информативность, отражающая достоверность и оперативность предоставляемой информации.

$q_m\left(\overline{X}_i\right)$ — доступность, определяется удобством обслуживания при оформлении документов и приемке металлогрузов и готовностью отдельных звеньев и подразделений портов к выполнению работ по перевалке металлов.

Среди показателей, характеризующих работу i-го ОТВ выделяются l количественных показателей $j=\overline{1,l}$ и $(m-l)$ качественных показателей.

Для оценки качества обслуживания металлопотоков на всех звеньях i-го ОТВ качественные показатели представляются в виде функции принадлежности требуемому уровню качества $\mu_{l+1}\left(\overline{X}_i\right),\ldots,\mu_m\left(\overline{X}_i\right)$, определяемому лицом, принимающим решение (ЛПР). Количественные показатели представляются в виде функции принадлежности путем нормирования от нуля до единицы на основании условия:

$$\mu_l\left(\overline{X}_i\right)=\begin{cases}\overline{X}_i<\overline{X}_{i\max},\ \mu_l\left(\overline{X}_i\right)=\overline{X}_i/\overline{X}_{i\max}\\ \overline{X}_i>\overline{X}_{i\min},\ \mu_l\left(\overline{X}_i\right)=\overline{X}_{i\min}/\overline{X}_i\end{cases},$$

где $\overline{X}_{i\max},\overline{X}_{i\min}$ — соответственно максимальное и минимальное значение j-го количественного показателя, выбранное в качестве эталона ЛПР, на основании степени влияния показателя на общую оценку качества обслуживания.

Требуется определить такой вариант I_o состава ОТВ $I_o \in S$, который обеспечит оптимальное значение вектора показателей качества работы i-го ОТВ — $\overline{Q}$, определяемого требованиями грузоотправителей к уровню качества обслуживания металлопотоков в морских портах промышленного узла $I_o = \arg opt \overline{Q_i}\left(\overline{X_i}\right)$.

Для практической реализации задачи выбора оптимального организационно-технологического варианта предлагается использование трех наиболее значимых для грузоотправителей результирующих показателей качества, отражающие технологические, экономические и информационные аспекты деятельности Мариупольских портов.

При известных количественных значениях сравниваемых показателей отдельных звеньев задача сравнения и выбора варианта проводится по обобщенному критерию.

Такой обобщенный критерий для сравниваемых $i = \overline{1,S}$ — ОТВ, каждый из которых имеет $j = 1,2,...,m$ показателей, по которым осуществляется выбор, представляется в виде:

$$A_j = \sum_{i=1}^{M} W_i a_{ij}, \quad \sum W_i = 1, \tag{1}$$

где W_i — коэффициент веса j-го показателя; Определяется путем нахождения собственного вектора матрицы попарных сравнений.

a_{ij} — определенное значение j-го показателя для i-го ОТВ;

При сравнении и выборе структуры ОТВ по критерию (1) предлагается анализировать следующие показатели.

Первый показатель x_{1i}, определяет технические и технологические возможности i-го ОТВ — его производительность и качество работ. Представим $x_{1i} = \eta_I x_{1i}^m$, где коэффициент $x_{1i}^m = m_i / t$ отражает производительность как количество m_i металлогруза, пропускаемого через порт за принятую единицу времени t (сутки, неделю, месяц и т. д.), а коэффициент η_i характеризует качество погрузочно-разгрузочных работ. η_i определяется как относительная величина транспортных риск-факторов. Чем выше используемая при погрузочно-разгрузочных работах технология, тем меньше вероятность возникновения риск-факторов и тем выше коэффициент η_i. Очевидно, что величина x_{1i} должна быть $x_{1i} \geq x_1^* = M / T$, где M — количество груза, тыс. т. и T — заданный срок выполнения перегрузочных операций.

Второй показатель x_{2i} представлен в виде $x_{2i} = \Phi_I \cdot S_i \cdot U_i$. Он характеризует стоимость работ и услуг, т. е. отражает финансовые затраты Φ на перевозку груза через i-й порт посредством относительной стоимости перевозки груза через него, существующие льготы S_i и стоимость услуг U_i.

Эти затраты определяются как отношение номинальной стоимости C_{wi} работ по обработке груза в порту к общей стоимости C его перевозки, т. е. $\Phi_I = C_{wi} / C$.

Имеющиеся различные льготы S_i влияют на уменьшение значения C_{wi} на величину ΔC_{wi} С другой стороны, значение C_{wi} увеличивается пропорционально возникновению транспортных риск-факторов, так как устранение их последствий требует привлечения дополнительных средств, определяемых в долях δ, от значения C_{wi}.

$S_i = 1 - \Delta C_{wi} / C_{wi}$, т. е. при отсутствии льгот показатель x_{2i} имеет наибольшее значение, при их наличии — снижается.

Аналогично определяется стоимость услуг порта (например, оформление документов) как $U_i = 1 - \delta C_{wi} / C_{wi}$, где δC_{wi} — финансовая доля услуг в стоимости работ.

Третий показатель x_{3i} — уровень информативности, состоящий из полноты, достоверности информации и оперативности ее предоставления.

Величины значений этих показателей характеризуются нечеткими значениями. Поэтому дальнейшая конкретизация задачи выбора оптимальной структуры ОТВ выполнена с помощью правил обработки нечеткой информации методом нечетких логических выводов [4, 5].

Алгоритм нечетких логических выводов включает следующие этапы:

1. Введение нечеткости. Задаются функции принадлежности входных нечетких переменных, с целью нахождения степени истинности предпосылки каждого правила при определенных четких значениях x*ji:

$$\begin{aligned}&\mu^{h}{}_{1i}(x^{*}{}_{1i}),\mu^{m}{}_{1i}(x^{*}{}_{1i}),\mu^{l}{}_{1i}(x^{*}{}_{1i});\\&\mu^{h}{}_{2i}(x^{*}{}_{2i}),\mu^{m}{}_{2i}(x^{*}{}_{21i}),\mu^{l}{}_{2i}(x^{*}{}_{2i});\\&\mu^{h}{}_{3i}(x^{*}{}_{3i}),\mu^{m}{}_{3i}(x^{*}{}_{3i}),\mu^{l}{}_{3i}(x^{*}{}_{3i}).\end{aligned} \qquad (2)$$

где $\mu^{h}{}_{1i}(x_{1i}),\ldots\mu^{h}{}_{2i}(x_{2i}),\ldots\mu^{m}{}_{2i}(x_{2i}),\ldots\ \mu^{l}{}_{3i}(x_{3i})$ — функции принадлежности, заданные количественными и качественными нечеткими переменными x_{ji}. Для каждой входной переменной существуют ситуации, поименованные лингвистическими термами, например, информативность — «высокая», «средняя», «низкая», каждая из которых определяется своей функцией принадлежности.

Первый нижний индекс $j=1, 2, 3$ указывает номер входной переменной, определяющей соответственно производительность, финансовые затраты, информативность.

Второй нижний индекс i указывает номер сравниваемого ОТВ, $i=\overline{1,S}$.

Для случая трех входных нечетких переменных с тремя лингвистическими термами функций принадлежности будет девять.

2. Логический вывод. Найденное значение степени истинности для предпосылок каждого правила используется для нахождения уровней «отсечения» r_{1i}, r_{2i}, r_{3i} и применяется к заключениям (выводам) каждого правила.

$$\begin{aligned}&\mu^{h}{}_{1i}(x^{*}{}_{1i})\Lambda\mu^{m}{}_{1i}(x^{*}{}_{1i})\Lambda\mu^{l}{}_{1i}(x^{*}{}_{1i})=r_{1i};\\&\mu^{h}{}_{2i}(x^{*}{}_{2i})\Lambda\mu^{m}{}_{2i}(x^{*}{}_{2i})\Lambda\mu^{l}{}_{2i}(x^{*}{}_{2i})=r_{2i};\\&\mu^{h}{}_{3i}(x^{*}{}_{31i})\Lambda\mu^{m}{}_{3i}(x^{*}{}_{3i})\Lambda\mu^{l}{}_{3i}(x^{*}{}_{3i})=r_{3i},\end{aligned} \qquad (3)$$

где Λ — операция min.

3. Композиция. Нечеткие множества, назначенные для каждой переменной вывода во всех правилах, объединяются вместе, чтобы сформировать единое нечеткое подмножество для каждой переменной вывода. Вычисляются индивидуальные выходы правил d*$_{ji}$ (для четких значений x*$_{ji}$):

$$\begin{aligned}&d^{*}{}_{1i}=a_{1i}x^{*}{}_{1i}+b_{1i}x^{*}{}_{2i}+c_{1i}x^{*}{}_{3i};\\&d^{*}{}_{2i}=a_{2i}x^{*}{}_{1i}+b_{2i}x^{*}{}_{2i}+c_{2i}x^{*}{}_{3i};\\&d^{*}{}_{3i}=a_{3i}x^{*}{}_{1i}+b_{3i}x^{*}{}_{2i}+c_{3i}x^{*}{}_{3i};\end{aligned} \qquad (4)$$

где a_{ji}, b_{ji}, c_{ji} — константы, определяемые экспертным методом.

4. Приведение к четкости вывода. Например, путем нахождения центра «тяжести» фигуры, описывающей суммарную функцию принадлежности переменной выхода.

$$Q_{1}=\frac{(r_{1i}d^{*}{}_{1i}+r_{2i}d^{*}{}_{2i}+r_{3i}d^{*}{}_{3i})}{(r_{1i}+r_{2i}+r_{3i})} \qquad (5)$$

Дальнейшее развитие исследований по повышению эффективности логистического управления транспортом металлопотоков в портах промышленного узла состоит в изучении вопросов комплексного использования методов теории нечетких множеств и искусственных нейронных сетей.

Выводы

1. Управление движением металлопотоков в транспортной системе Мариупольского промышленного узла характеризуется воздействием множества случайных и неопределенных факторов, которые оцениваются с помощью теории нечетких множеств.

2. Для выбора оптимальной структуры организационно-технологического варианта, обслуживающего металлопотоки в морских портах разработаны интегрированные показатели оценки качества работы.

3. В транспортной системе морских портов Мариупольского промышленного узла использование метода нечетких логических выводов теории нечетких множеств позволило получить эффективные решения по выбору оптимальной структуры организационно-технологических вариантов для реализации металлопотоков.

4. Представленную методику выбора оптимальной структуры организационно-технологического варианта можно использовать для оценки конкурентоспособности и выбора других транспортных систем или их отдельных элементов.

Перечень литературы

1. Николайчук В.Е. Теория и практика управления материальными потоками (логистическая концепция): монографія/В.Е. Николайчук, В.Г. Кузнецов. — Донецк: «КИТИС», 1999. — 413 с.

2. Интегрированная логистика накопительно-распределительных комплексов (склады, транспортные узлы, терминалы)/[Миротин Л.Б., Некрасов А.Г., Куликова Е.Ю. и др.]. — М.: Экзамен, 2003. — 448 с.

3. Губенко В.К. Принятие решений в условиях сложных интегрированных логистических систем/В.К. Губенко, И.В. Николаенко, Я.И. Майборода // Вестник Приазовского государственного технического университета. — 2003. — Вып. 13. — С. 259–263.

4. Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения: пер. с англ./под ред. Р.Р. Ягера. — М.: изд-во «Радио и связь», 1986. — 408 с.

5. Губенко В.К. Использование методов теории нечетких множеств в задачах логистических систем с автомобильным и железнодорожным транспортом/В.К. Губенко, Я.И. Нефёдова, А.А. Лямзин, А.В. Тарасенко // Вестник Донецкого института автомобильного транспорта. — 2006. — № 2–3. — С. 47–51.

Анотація. *Проаналізована робота логістичного каналу реалізації експортної металопродукції, яка проходить крізь морські порти промислового вузла. Сформульовані інтегровані показники прийняття рішень з вибору оптимальної структури організаційно-технологічних варіантів. Вибір оптимального складу елементів організаційно-технологічного варіанта проведений за допомогою методу нечітких логічних висновків.*

Abstract. *Work of logistic channel of realization of export metal, passing through marine ports of industrial knot, is analyzed. The integrated indexes of decision-making are formulated on the choice of optimum structure of organizational technological variants. The choice of optimum composition of elements of organizational technological variant is executed by the method of fuzzy logical conclusions.*

Стаття надійшла до редакції 30.09.2009 р.

УДК 656.073:004

ПАРУНАКЯН В.Э., д. т. н., профессор; СИЗОВА Е.И., аспирант,
Приазовский государственный технический университет

УПРАВЛЕНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКИМИ ЦЕПЯМИ В МИКРОПОТОКОВЫХ ПРОЦЕССАХ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ТРАНСПОРТА И ПРОИЗВОДСТВА

Интеграция участников материалодвижения в условиях металлургического предприятия создает новые эффективные возможности управления их логистическим процессом. Использование таких моделей позволяет за счет введения логистического норматива обеспечить качество управления материалопотоком.

Постановка проблемы

Процессы материалодвижения крупных промышленных предприятий (в частности, металлургических), представляющих собой технологически сложные производства, представляют в совокупности внутрипроизводственную логистику и относятся к категории микропотоковых процессов. При приеме сырья, передаче промежуточных продуктов по технологической цепи между основными производственными переделами, отгрузке готовой продукции органическим звеном цепи материалодвижения становится железнодорожный транспорт. Внешние и внутренние (технологические) перевозки предприятия, которые выполняются железнодорожным транспортом, значительны по объему, поскольку в 10—12 раз превышают объем отгрузки готовой продукции, и характеризуются относительной стабильностью.

Металлургические предприятия ежесуточно принимают до 700–800 вагонов внешнего парка (ВП) с различными видами сырья, после выгрузки которого около 40 % вагонов используется на сдвоенных операциях,— отгрузке готовой продукции потребителям. Средний простой вагонов ВП под сдвоенными операциями составляет 40—50 час. Однако, фактическая продолжительность нахождения вагонов ВП на предприятиях достигает 75—80 час и более. Данное положение приводит к значительным дополнительным транспортным издержкам и производственным потерям [1].

Продвижение вагонопотока при сдвоенных операциях представляет собой процесс последовательно выполняемых групп технологических операций, продолжительность которых близка к оптимальным значениям. Сбои в продвижении вагонопотока и дополнительные межоперационные простои возникают в стыковых пунктах, при переходе от одной группы технологических операций к другой. Наибольшими межоперационными простоями характеризуются пункты взаимодействия железнодорожного транспорта и производственных цехов или транспортно-грузовые комплексы (ТГК) выгрузки сырья и погрузки готовой продукции, на которые приходится до 70 % продолжительности сдвоенных операций (рис. 1).

Такое положение обусловлено тем, что производство и транспорт работают в различном ритме, а уровень информационного обеспечения по элементам этого взаимодействия уже не позволяет своевременно реагировать на возникающие проблемы.

Поэтому на данном этапе весьма актуальной и важной становится проблема радикального повышения эффективности управления процессом переработки вагонопотока, основанного на новой технологической, организационной и информационной базе. Концепцией нового подхода является переход на принципы логистического управления взаимодействием производства и железнодорожного транспорта путем анализа и выявления диспропорций и потерь, которые приводят к росту транспортных издержек при обслуживании основного производства [2].



Рис. 1. Схема продвижения вагонопотоков при сдвоенных операциях

Логистический подход основывается на технологическом, организационном, информационном и финансовом единстве участников процесса, то есть на общности их производственных интересов. Он позволяет с новых позиций усовершенствовать технологические схемы и организацию переработки вагонопотоков для обеспечения своевременной доставки грузов производственным цехам и вывоза готовой продукции потребителям с минимальными транспортными издержками. Цель логистического управления сводится по сути к организации в ТГК (как системе) необходимых связей его звеньев (как подсистем) для придания комплексу свойств эмерджентости (целостности), поскольку эффект оптимизации системы не означает, что все составляющие подсистемы будут работать в оптимальном режиме.

Главный вывод, вытекающий из данного положения, состоит в том, что для достижения эффективного конечного результата важна взаимная согласованность подсистем в организации и управлении логистической системой.

Возрастающая значимость проблемы повышения эффективности управления материалодвижением требует ускорения перевода производства и транспорта на логистические принципы взаимодействия. Однако, ни производство, ни транспорт к этому методически не подготовлены. Проведенный анализ теоретических и научно-технических публикаций за ряд последних лет показал, что комплекс вопросов логистического управления микропотоковыми процессами изучен и освещен недостаточно [3].

Цель статьи

Целью данной работы является идентификация процесса материалодвижения в ТГК предприятий и разработка на этой основе метода формирования и моделирования логистических цепей.

Основной раздел

Проведенный анализ дает основание считать, что процесс материалодвижения в ТГК представляет микросистему (подсистему) большой производственно-транспортной системы предприятия и выполняет функцию объединения входящих в него звеньев в единую транспортно-грузовую технологию. В этой связи первоочередной задачей является идентификация микропотокового процесса ТГК, как основы для перехода на логистические принципы управления взаимодействием производства и транспорта. Декомпозиция процесса переработки груза в ТГК, как системы, позволила идентифицировать процессные характеристики и разработать следующие основные положения метода формирования цепей материалодвижения [3, 4].

1) Процесс материалодвижения в ТГК выполняет интегрирующую роль, объединяя его элементы в целостную непрерывно функционирующую систему. Особенностью последней является многофазность обслуживания, то есть трансформация материального потока под воздействием нескольких фаз обслуживания, каждая из которых реализует самостоятельную функцию. Принципиальные схемы процесса материалодвижения в ТГК различного функционального назначения представлены на рис. 2.

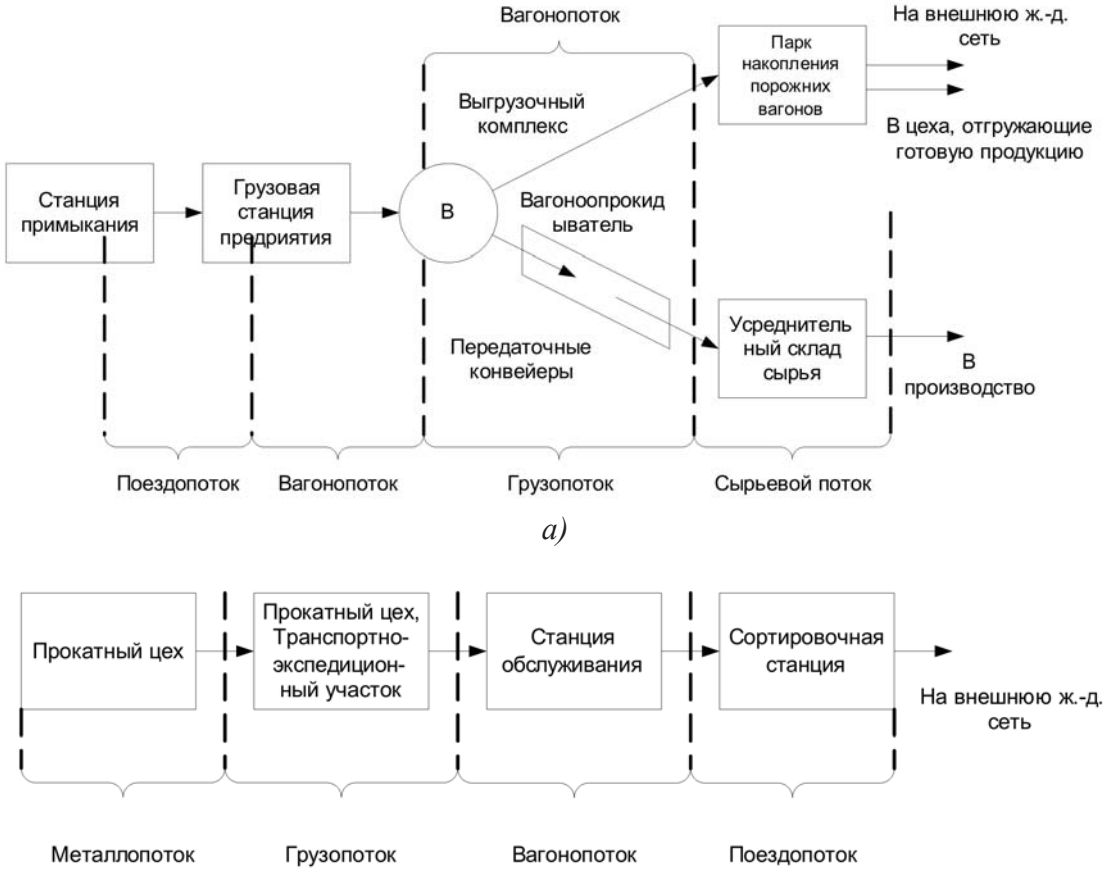


Рис. 2. Принципиальные схемы трансформации процесса материалодвижения в транспортно-грузовых комплексах:

а — приема сырья (аглофабрика); б — отгрузки готовой продукции (прокатный цех)

При поступлении сырья фазовая трансформация заключается в последовательном продвижении груза по фазам «$П_{(i)}$—$В_{(i)}$—$Г_{(i)}$—$СП_{(i)}$» (технический и коммерческий осмотр и прием вагонов; расформирование маршрутов; выгрузка вагонов; подача сырья на усреднительные склады).

При отгрузке готовой продукции груз последовательно продвигается по фазам «$М_{(i)}$—$Г_{(i)}$—$В_{(i)}$—$П_{(i)}$» (подготовка и проверка качества металла; транспортно-экспедиционные операции и погрузка металла в вагоны; формирование групп вагонов; сдача вагонов с металлом на внешнюю сеть).

Следовательно, в процессе функционирования ТГК каждая фаза материального потока реализует определенную функцию, а их интеграция должна обеспечивать полный цикл обслуживания в соответствии с темпом, который задает производственный объект.

2) Функции, реализуемые в рамках каждой фазы, определяют способ обслуживания материального потока, представляющий законченный цикл технологических операций, функционально и структурно объединенных в самостоятельный модуль. Для выполнения этого комплекса операций применяются различные технические устройства (пункты осмотра вагонов, приемоотправочные и разгрузочные пути, сортировочные устройства), специализированное оборудование (локомотивы, вагоноопрокидыватели, подъемно-транспортные средства), привлекается подготовленный персонал. Процесс материалодвижения требует документального и информационного сопровождения, то есть представляет собой синтез-поток.

Следовательно, в каждом модуле груз идентифицируется набором показателей, включающих: темп материалодвижения, параметрические характеристики груза (весовые, объемные, габаритные, физико-механические и др.), используемую тару и условия транспортирования. В процессе реализации функции обслуживания в каждом модуле происходит изменение этих показателей и груз, меняя свое пространственное положение, из транспортного состояния трансформируется в сырье, подготовленное для использования в производстве (подача сырья), а металлопродукция — в груз, отвечающий условиям транспортирования потребителю (отгрузка продукции). То есть процесс материалодвижения включает фазы, которые характеризуются совместным движением груза и подвижного состава, либо присущие только грузу или подвижному составу.

3) Любой транспортно-грузовой процесс включает ведущее (ограничивающее) звено (модуль), перерабатывающая способность которого устанавливается из условия обеспечения темпа материалодвижения, заданного производственным процессом. В процессе материалодвижения в ТГК функционирование производства и транспорта в едином ритме обеспечивается ведущим модулем, а погашение возможных отклонений и синхронизация количественных параметров достигается на основе применения логистических принципов.

Исследования дают основание считать, что в микропотоковых процессах взаимодействия производства и транспорта роль ведущего звена принадлежит фазе грузопотока ($Г_{(i)}$). В этом модуле выполняются определяющие для потока технологические операции по выгрузке или погрузке груза в темпе, заданном производством, а параметрические характеристики груза доводятся до уровня, отвечающего требованиям технологии производства или транспортирования. То есть, здесь происходит либо разъединение груза и подвижного состава (выгрузка), либо их соединение (погрузка).

Для микропотокового процесса ТГК, обслуживающего аглофабрику, ведущим звеном являются вагоноопрокидыватели с передаточными конвейерами (ВО), для ТГК, обеспечивающего погрузку продукции в прокатных цехах,— транспортно-экспедиционный участок (ТЭУ). При этом эффективность функционирования транспортно-грузового комплекса определяется технологической траекторией и организацией материалодвижения именно в этом модуле (рис. 3).

4) Для современных условий характерна рассогласованность ритма работы производства и транспорта металлургических комбинатов. Поэтому в решении проблемы повышения эффективности взаимодействия транспорта и производства определяющим фактором становится совершенствование управления.

Потоковые процессы характеризуется тремя видами управления: поездопотоками, вагонопотоками и грузопотоками. Для обеспечения собственно перевозок предприятия достаточно

первых двух. В рыночных условиях, при решении вопроса повышения эффективности взаимодействия производства и транспорта, на ведущее место выходит управление грузопотоками. Углубленный анализ показывает, что управление грузопотоками может создавать новый эффект, поскольку позволяет перераспределять часть функций ведущего модуля смежным фазам потокового процесса, трансформируя или замещая динамические резервы — статическими и наоборот, используя при этом организационные или технические резервы.

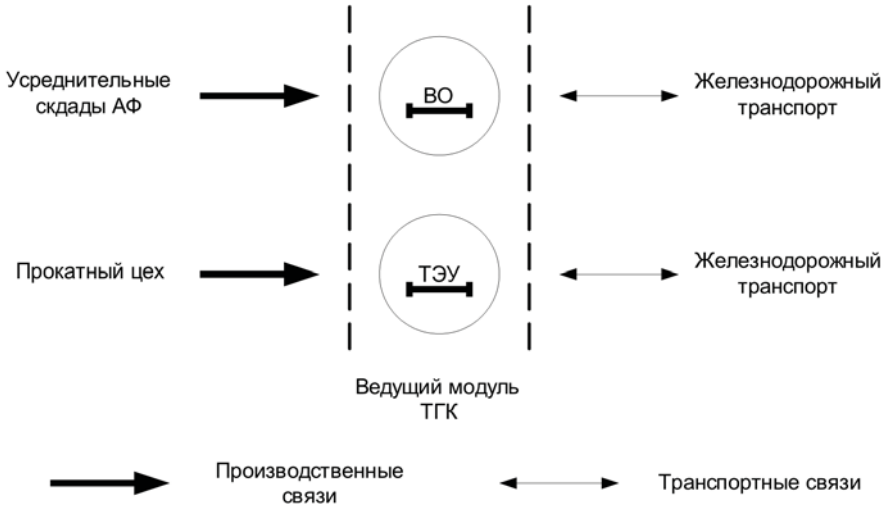


Рис. 3. Схема организационных взаимосвязей ведущего модуля ТГК с производственным объектом и железнодорожным транспортом

Специфической особенностью микропотоковых процессов является также их многослойность, поскольку в едином процессе управления материалодвижением, модули, составляющие систему, взаимосвязаны также сопутствующими ему потоками документов и информации. В настоящее время они разделены в пространстве и во времени и важным вопросом является их синхронизация.

5) Различный ритм работы производства и транспорта обусловливает простои на стыке между ними. Производственными причинами являются неготовность производства к приему сырья, отсутствие готовой продукции требуемого количества и качества, неготовность коммерческой документации. Транспортные факторы связаны с задержками в подаче порожних вагонов и локомотивов или отправлении груженых вагонов, несвоевременном получении и передаче информации и др.

Несогласованность ритма работы фокусируется в ведущем модуле цепи материалодвижения ($Г_{(i)}$). Поэтому за критерий управления микропотоковыми процессами в ТГК следует принимать продолжительность операций в технологической траектории переработки материального потока в ведущем модуле, определяемую как логистический норматив.

Предложенный метод позволяет формировать логистическую цепь материалодвижения для различных ТГК и перейти к рассмотрению вопроса ее моделирования.

Материальный поток, перерабатываемый в ТГК — это целостное образование синтезирующее потоки груза (а), информации (и) и документов (д). Продолжительность технологических операций переработки синтез потока в ведущем модуле должна учитывать его многослойность, взаимные связи с предыдущим и последующим модулями по горизонтали и вертикали и определяться на основе моделирования процесса материалодвижения [3, 5].

В процессе материалодвижения в ТГК три вида последовательностей операций можно представить в виде векторно-скалярных компонент, которые и образуют рассматриваемую логистическую цепь:

$$\left.\begin{array}{l} a_1 \to a_2 \to \ldots \to a_n \\ u_1 \to u_2 \to \ldots \to u_k \\ g_1 \to g_2 \to \ldots \to g_e \end{array}\right\}, \qquad (1)$$

где «a_1→» — элемент цепи материального потока (a_1 — величина потока; «→» — вектор перемещения потока, сопоставляемый с временем и расстоянием перемещения; i — 1, …, n); «u_1→» — элемент цепи информации о материальном потоке (u_1 — объем информации; «→» — адресат передачи информации; i = 1, …, k); «g_1→» — элемент цепи по составлению и передаче документов о материальном потоке и его перемещении (g_1 — число или объем документа; «→» — адресат передачи документа; i = 1, …, e);

Выражения (1) определяют функционально-логистическую структуру цепи материалодвижения и указывает на горизонтальные связи по перемещению материального потока и соответствующие связи по потоку информации и документальному потоку. Причем с изменением индекса величины a происходит изменение места материального потока и временной координаты, а величина потока (скалярное измерение) не изменяется. Аналогично по индексу величин u и g происходит изменение места зарождения, переработки, передачи и приема информации или документов, соответственно $\{a_i\}$, $\{u_i\}$, $\{g_i\}$ представляют собой некоторые упорядоченные множества.

Между рассматриваемыми процессами имеется функциональная взаимосвязь и взаимозависимость, которая отражается вертикальными связями, с учетом которых выражение (1) примет вид

$$\left.\begin{array}{l} a_1 \to a_2 \to \ldots \to a_n \\ \updownarrow \quad \updownarrow \qquad \updownarrow \\ u_1 \to u_2 \to \ldots \to u_k \\ \updownarrow \quad \updownarrow \qquad \updownarrow \\ g_1 \to g_2 \to \ldots \to g_e \end{array}\right\}, \qquad (2)$$

где ↕ — прямые и обратные связи между технологическими процессами с материальным, информационным и документальным потоками.

При прохождении грузов через модули ТГК с ними проводятся технологические операции, время на выполнение которых ($t_{техн}$) нормируется, а также происходит ожидание выполнения последующих технологических операций, время которого ($t_{ож}$) носит вероятностный характер. Эти две составляющие образуют общее время (t)

$$t = \sum t_{техн} + \sum t_{ож} \qquad (3)$$

Затраты времени, определяемые по формуле (3), устанавливаются по материальному потоку без учета времени, вызванных взаимным влиянием по информационному и документальному потокам.

В параметрах времени выполнения операций и времени перерывов, вызванных горизонтальными и вертикальными связями, векторно-скалярная модель может быть представлена в

формализованном виде для всей цепи материалодвижения. Однако, решение конкретной задачи формализации цепи материалодвижения в ТГК позволяет ограничиваться ведущим модулем. В этом случае модель ведущего модуля в параметрах времени $t_{техн}$ и $t_{ож}$ (Σ Т), обусловленных горизонтальными и вертикальными связями логистической цепи, приобретает вид:

$$\begin{array}{ccccc} a_{i=1} & \rightarrow & a_i & \xrightarrow{\sum t} & a_{i+1} \\ & & t_{ni} \downarrow & & \\ & & \uparrow t'_{ni} & & \\ u_{i=1} & \rightarrow & u_i & \xrightarrow{\sum t'_i} & u_{i+1} \\ & & t'_{ni} \downarrow & & \\ & & \uparrow t''_{ni} & & \\ q_{i=1} & \rightarrow & q_i & \xrightarrow{\sum t''_i} & q_{i+1} \end{array} \qquad (4)$$

В соответствии с (4) в ведущем модуле время ожидания выполнения операций по каждому логистическому потоку кроме ожиданий, вызванных занятостью обслуживающих устройств по горизонтали, учитывает перерывы (простои) из-за вертикальных связей между операциями. Каждый логистический поток включает ряд операций, которые в параметрах времени составляют следующие величины:

$$\begin{aligned} T_a &= \sum_{i=1}^{n} (t_{i\ техн} + t_{i\ ож}) \\ T_u &= \sum_{j=1}^{k} (t'_{j\ техн} + t'_{j\ ож}) \\ T_g &= \sum_{\xi=1}^{l} (t''_{\xi\ техн} + t''_{\xi\ ож}) \end{aligned} \qquad (5)$$

где T_a — общая продолжительность материалодвижения в рассматриваемом ведущем модуле; T_u — общая продолжительность (с учетом ожиданий и перерывов по вертикальным связям) переработки, передачи и приема информации в ведущем модуле; T_g — общая продолжительность (с учетом ожиданий и перерывов вертикальным связям) приема, составления и передачи технологических, коммерческих и других документов в ведущем модуле.

Соответственно (5) логистический норматив нахождения груза в ведущем модуле представляет собой величину времени (T_i):

$$T_i = \max \begin{Bmatrix} T_{ai} \\ T_{ui} \\ T_{g\xi} \end{Bmatrix} \qquad (6)$$

Определение временных показателей грузового (T_{ai}), информационного (T_{ui}) и документального ($T_{g\xi}$) потоков при различных вариантах функционирования модуля позволит установить оптимальную продолжительность продвижения груза, которая принимается в качестве технологического норматива для цепи материалодвижения в ТГК.

Предложенные метод и модель управления материалодвижением позволяют сформировать логистическую цепь и обеспечить эффективность взаимодействия производства и транспорта при приеме сырья и отправке готовой продукции.

Выводы

1. В условиях рассогласованности ритма работы производства и транспорта предприятий общность производственных интересов участников процесса материалодвижения создает возможность их принципиально новой интеграции в логистическую систему в рамках ТГК.

2. Особенностью материалопроводящего потока ТГК заключается в его фазовой трансформации (поездопоток ↔ вагонопоток ↔ грузопоток ↔ материалопоток), а ведущим звеном цепи является фаза грузопотока и модуль, реализующий его функцию.

3. Управление микропотоковым процессом ТГК осуществляется по ведущему звену (модулю), а в качестве критерия управления принимается логистический норматив, определяющий продолжительность его технологических операций в синтез-потоке. Задача управления микропотоковым процессом решается на основе предложенных метода и модели и заключается в формировании цепи материалодвижения, идентификации входных и выходных параметров потока в ведущем модуле и их оптимизации с использованием моделей массового обслуживания.

Список литературы

1. Парунакян В. Э. Концепция повышения эффективности управления вагонопотоками предприятий/ В.Э. Парунакян, В. А. Бойко, Ю. В. Гусев // Вісник Приазовського державного технічного університету.— 2003.— № 13.— С. 264 -268.

2. Парунакян В. Э. Логистическое управление транспортно-грузовыми комплексами металлургических предприятий/ В. Э. Парунакян, Ю. В. Гусев // Вісник Приазовського державного технічного університету.— 2005.— № 15.— С. 177 — 182.

3. Парунакян В. Э. К вопросу формирования логистических цепей в транспортно-грузовых системах металлургических предприятий/В. Э. Парунакян, Ю. В. Гусев, Е. И. Сизова // Вісник Приазовського державного технічного університету.— 2006.— № 16.— С. 220 — 226.

4. Смехов А. А. Введение в логистику/А. А. Смехов.— М.: Транспорт, 1993.— 112 с.

5. Логистические транспортно-грузовые системы/В. И. Апатцев, С. Б. Левин, В. М. Николашин и др./под ред. В. М. Николашина.— М.: Академия, 2003.— 304 с.

Анотація. *Інтеграція учасників матеріалоруху в умовах металургійного підприємства утворює нові ефективні можливості управління їх логістичним процесом. Використання таких моделей дозволяє за рахунок введення логістичного нормативу забезпечити якість управління матеріалорухом.*

Abstract. *Integration of participants of material traffic in the conditions of metallurgical enterprise creates new effective possibilities of their logistic process control. The usage of such models allows due to introduction of logistic to provide quality of management of material flow.*

Стаття надійшла до редакції 14.10.2009 р.

УДК 656.11

РЕЙЦЕН Е. А., к. т. н., профессор, Киевский национальный университет строительства и архитектуры;
РУДЕНКОВ Э. В., асс., Донецкая академия автомобильного транспорта; ТОЛОК А. В., ст. преподаватель,
Автомобильно-дорожный институт Донецкого национального технического университета

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СКОРОСТИ СООБЩЕНИЯ НА МАРШРУТЕ ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА ОТ СЛОЖНОСТИ МАРШРУТА

Представлены результаты экспериментального исследования скорости сообщения на автобусных маршрутах города Горловки. Получена зависимость скорости сообщения на автобусном маршруте от сложности маршрута.

Постановка проблемы

Основным (и единственным закрепленным в нормативных документах) критерием при разработке систем маршрутного пассажирского транспорта (МПТ) в городах являются затраты времени на передвижение. Так, в [1] установлено, что затраты времени на передвижения от мест проживания до мест приложения труда для 90% трудящихся (в один конец) не должны превышать: в городах с населением более 1 млн. чел.—45 мин., от 500 тыс. до 1 млн. чел.—40 мин., от 250 тыс. до 500 тыс. чел.—35 мин., до 250 тыс. чел.—30 мин. Отклонение фактических затрат времени от нормативов в сторону увеличения следует считать показателем несогласованности развития МПТ с территориальным размещением объектов города и его населения.

Анализ современных тенденций развития городов в Украине показал, что в большинстве городов прирост территории практически не наблюдается, территориальное размещение объектов города и его населения существенно не изменяется, внедрение в эксплуатацию новых видов маршрутного пассажирского транспорта, в том числе и внеуличного, не проводится и в ближайшее время не планируется. Отсюда следует, что в большинстве городов Украины единственным направлением уменьшения затрат времени на передвижения с использованием МПТ является совершенствование существующей системы МПТ.

Время, которое пассажиры затрачивают на передвижение с использованием МПТ, находится в прямой зависимости от скорости сообщения на маршрутах [2,3]. (Напомним, что скорость сообщения на маршруте представляет собой среднюю величину, определяемую отношением протяженности маршрута к суммарным затратам времени на его прохождение [3]). Поэтому в транспортно-градостроительных расчетах при совершенствовании системы МПТ скорость сообщения является важнейшим показателем, так как она определяет фактические затраты времени пассажиров на поездку.

Из выше изложенного следует, что для совершенствования системы МПТ в городе важно предоставить в распоряжение проектировщиков инструмент, позволяющий проводить априорную оценку скорости сообщения на маршрутах пассажирского транспорта. Такой инструмент может быть получен путем выявления закономерностей влияния различного рода факторов на скорость сообщения на маршрутах.

Анализ публикаций

Скорость сообщения на маршрутах пассажирского транспорта зависит от действия большого количества факторов, всю совокупность которых можно разделить на две группы: факторы постоянного и факторы переменного характера.

Факторы, оказывающие постоянное влияние на скорость сообщения, в основном определяются планировочными параметрами трассы маршрута (наличие подъемов, спусков и их протяженность, наличие кривых в плане), частотой остановочных пунктов, пересечений, наземных пешеходных переходов, уличных стоянок, пересечений с железной дорогой и трамвайными путями. Для городского электротранспорта также необходимо учитывать количество спецчастей в контактной сети и путях.

Влияние факторов переменного характера на режим движения МПТ можно учесть с помощью параметров: интенсивность уличного движения, размер пассажиропотока, определяемый пассажирооборотом остановочных пунктов и числом перевозимых пассажиров, условия погоды, видимости, тип подвижного состава и т. д.

В данной работе остановимся на исследовании влияния на скорость сообщения на маршруте пассажирского транспорта факторов постоянного характера.

Многими авторами была сделана попытка объединить постоянные факторы понятием «сложность маршрута». Так, в одной из первых попыток [4] применена бальная оценка сложности, где каждому постоянно действующему фактору (мосты, уклоны, стрелки, пересечения и т. д.) ставится в соответствие определенное количество баллов. Но чаще [5,6], понятие сложности маршрута ставится в зависимость от частоты препятствий на маршруте. Под частотой препятствий понимают отношение количества остановок, пересечений и т. д. к протяженности маршрута.

Исследования, проведенные к. т. н. Дубовой С.В. [7], показали, что подобный метод оценки сложности маршрутов пассажирского транспорта достаточно точно отражает и характеризует условия движения в центральной части города. При этом зависимость потерь времени на маршруте (Y, с /км) от его сложности (X) может быть аппроксимирована линейной функцией:

$$Y = 2.87X + 38.92, \tag{1}$$

$$X = \frac{\sum_{I=1}^{n} \$_V}{L}, \tag{2}$$

где Φ_i — количество препятствий на маршруте (постоянно действующих факторов) i-того типа; n — количество типов препятствий; L — протяженность маршрута, км.

Поскольку скорость сообщения на маршруте зависит от потерь времени, вызванных наличием на маршруте различного типа препятствий, то возникает задача поиска возможности оценки скорости сообщения на маршруте через его сложность.

Цель работы

Целью данной статьи является исследование зависимости скорости сообщения на маршруте пассажирского транспорта от сложности маршрута.

Основной раздел

Для достижения поставленной цели были проведены экспериментальные исследования в г. Горловке. Объектом исследования являлась система маршрутного автобусного транспорта. Всего исследованием был охвачен 41 автобусный маршрут.

В ходе эксперимента проводились замеры времени нахождения автобусов на маршрутах. По каждому из маршрутов учетчиками фиксировалось время убытия и прибытия автобусов на конечные пункты. Такая работа проводилась в будние дни недели с 7^{00} до 20^{00}. Рассчитанные по усредненным значениям времени нахождения автобусов на маршрутах скорости сообщения (V, км/час) представлены в табл. 1.

Таблица 1

Частота препятствий и скорость сообщения на автобусных маршрутах в г. Горловке

№ маршрута	Частота препятствий на маршруте, ед./км								Скорость сообщения, км/час
	остановки	перекрестки	наземные пешеходные переходы	подъемы	элементы принудит. снижения скорости	ж/д переезды	пересечения с трамвайными путями	уличные автостоянки	
1	1,08	1,36	0,97	0,11	0,06	0,06	0,17	1,28	20,71
2	1,39	1,81	1,08	0,14	0,07	0,07	0,21	1,49	20,09
3	1,09	2,52	1,48	0,13	0,13	0,09	0,22	1,13	19,71
4	1,05	1,26	0,77	0,09	0,05	0,23	0,00	0,16	22,43
5	1,05	2,38	0,92	0,14	0,00	0,00	0,32	0,86	20,18
6	1,69	3,05	1,47	0,15	0,00	0,07	0,44	1,62	16,32
7	1,07	1,70	1,13	0,10	0,07	0,07	0,07	0,17	20,00
11	1,78	4,24	2,12	0,34	0,00	0,00	0,68	0,59	10,89
13	1,35	2,54	1,45	0,13	0,08	0,10	0,36	0,62	20,14
14	1,20	2,36	1,06	0,14	0,05	0,14	0,14	0,46	21,97
16	1,32	1,88	1,60	0,16	0,00	0,08	0,08	0,16	18,75
17	1,47	1,68	1,37	0,13	0,08	0,11	0,11	1,18	17,54
18	1,18	1,68	0,73	0,17	0,06	0,06	0,00	0,64	20,40
19	1,36	3,18	1,55	0,14	0,00	0,09	0,18	0,45	18,86
20	1,42	1,79	1,67	0,17	0,00	0,08	0,13	0,63	18,00
21	1,55	3,64	1,91	0,45	0,18	0,18	0,36	1,91	15,00
22	1,32	3,32	1,73	0,18	0,00	0,18	0,27	0,27	18,86
24	1,36	1,04	0,96	0,12	0,12	0,08	0,40	1,40	18,75
25	1,00	1,81	1,38	0,13	0,06	0,00	0,19	1,00	20,43
26	1,45	2,69	1,11	0,21	0,00	0,09	0,26	1,07	18,72
27	1,28	2,40	1,68	0,24	0,12	0,00	0,36	0,48	18,75
28	1,09	1,32	1,14	0,09	0,05	0,05	0,16	0,57	24,00
28А	1,28	1,22	0,89	0,14	0,00	0,06	0,33	0,69	24,00
29А	1,03	1,87	0,91	0,18	0,00	0,15	0,12	0,60	19,86
29Б	1,00	1,46	0,86	0,11	0,07	0,18	0,14	0,75	24,00
30	1,31	2,19	1,31	0,15	0,00	0,08	0,38	0,46	17,33
31	1,23	2,34	1,19	0,20	0,12	0,25	0,12	0,29	17,22
32	1,02	1,61	0,58	0,15	0,07	0,07	0,26	0,73	20,55
33	1,59	2,80	1,32	0,16	0,00	0,11	0,27	1,32	16,55
34	1,00	1,72	1,19	0,13	0,09	0,06	0,16	0,59	21,33
35	1,22	2,15	1,41	0,24	0,10	0,05	0,24	1,32	18,36
36	1,24	1,88	1,48	0,24	0,00	0,16	0,28	0,48	17,65
38	1,13	1,95	1,33	0,16	0,00	0,16	0,16	0,20	20,21
81	1,13	1,89	0,81	0,23	0,09	0,00	0,00	0,09	22,20
100	1,20	2,08	1,30	0,16	0,00	0,05	0,18	1,33	23,04
101	1,26	1,57	1,57	0,07	0,07	0,00	0,31	0,45	22,91
102	1,24	2,36	1,48	0,12	0,06	0,12	0,36	0,27	22,00
103	0,93	1,48	0,81	0,19	0,00	0,07	0,22	0,07	24,92
104	1,25	1,70	0,93	0,07	0,06	0,07	0,13	0,86	18,88
105	1,13	0,88	0,81	0,09	0,06	0,19	0,00	0,09	21,33
107	1,05	2,67	0,76	0,12	0,03	0,12	0,15	0,32	22,93

Здесь же приведена и частота препятствий на маршруте. Как препятствия для движения МПТ учитывали: остановки, перекрестки магистральных улиц (без разделения на регулируемые и нерегулируемые), наземные пешеходные переходы, подъемы (учитывались участки улиц с продольным уклоном более 30%), элементы принудительного снижения скорости, железнодорожные переезды, пересечения с трамвайными путями, уличные автомобильные стоянки.

Дальнейшие исследования были направлены на установление тесноты связи между частотой препятствий разного вида и скоростью сообщения на автобусных маршрутах. Для этого использовали корреляционно-регрессионный анализ.

В результате был получен ряд зависимостей (табл. 2). Теснота связи между зависимыми и независимыми переменными оценивалась с использованием коэффициента корреляции.

Таблица 2

Исследование зависимости скорости сообщения от частоты препятствий на маршруте

Фактор	Вид модели	Коэффициенты		Критерий Фишера (расчетный)
		корреляции	детерминации	
Частота остановок	$V = 33,02 – 10,59X$	0,76	0,58	53,65
Частота перекрестков	$V = 25,1 – 2,5X$	0,65	0,42	28,65
Частота наземных пешеходных переходов	$V = 25,9 – 4,89X$	0,64	0,4	26,57
Частота подъемов	$V = 23,6 – 22,91X$	0,59	0,35	20,79
Частота элементов принудительного снижения скорости	$V = 19,97 – 1,53X$	0,026	0,0007	0,027
Частота железнодорожных переездов	$V = 19,97 – 0,75X$	0,017	0,0003	0,012
Частота пересечений с трамвайными путями	$V = 22,04 – 9,86X$	0,5	0,25	12,79
Частота уличных автомобильных стоянок	$V = 21,32 – 2,01X$	0,35	0,12	5,39

Значимость коэффициента корреляции устанавливалась с использованием критерия Фишера (критическое значение критерия при уровне значимости $p=0,05 — F\ (1,39) = 4,08$ [*8*]). Влияние не учтенных факторов было оценено коэффициентом детерминации.

Анализ полученных результатов показал, что наибольшую степень влияния на скорость сообщения имеют следующие факторы: частота остановок, частота перекрестков, частота наземных пешеходных переходов, частота подъемов.

Однако необходимо помнить, что корреляционные расчеты есть чисто математическим приёмом и совсем не раскрывают физическую картину взаимосвязи. Например, совершенно очевидным есть существенное влияние на скорость сообщения элементов принудительного снижения скорости. Но тот факт, что такие элементы пока еще не получили широкого распространения на магистральной улично-дорожной сети г. Горловки, не позволяет нам установить объективную тесноту связи между частотой таких элементов и скоростью сообщения с использованием корреляционного анализа. Поэтому на следующем этапе исследования оценку «сложности» маршрутов мы проводили путем суммирования всех перечисленных в таблице 2 факторов.

Зависимость скорости сообщения от «сложности» маршрута может быть аппроксимирована экспоненциальной функцией (рис. 1).

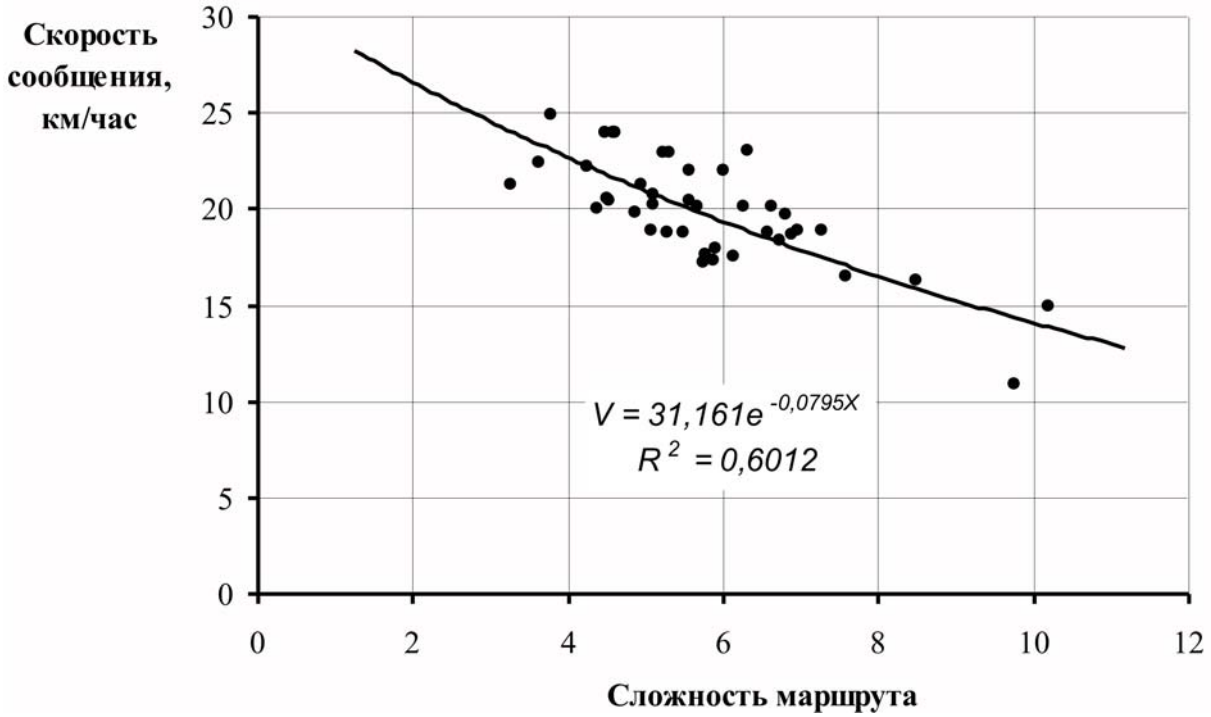


Рис. 1. Зависимость скорости сообщения от сложности маршрута

Необходимо отметить, что полученную в данном исследовании зависимость можно использовать только для предварительных расчетов скорости сообщения на маршрутах на предпроектных стадиях транспортно-градостроительного проектирования. Очевидно, что выделенные типы препятствий оказывают различное влияние на режим движения МПТ. Это необходимо учитывать при оценке сложности маршрутов путем введения соответствующих весовых коэффициентов значимости различных типов препятствий. Такие коэффициенты могут быть получены в результате обработки данных замеров времени движения и задержек в зонах различных типов препятствий, на что будут направлены наши дальнейшие исследования.

Выводы

1. Доказана возможность оценки скорости сообщения на маршруте через его сложность. Получена зависимость скорости сообщения на автобусном маршруте от сложности маршрута.

2. Дальнейшие исследования будут направлены на получение более точной оценки сложности маршрута путем учета времени прохождения маршрутным пассажирским транспортом различных типов препятствий.

Список литературы

1. Містобудування. Планування та забудова міських і сільських поселень: ДБН 360–92 — К.: Держбуд України, 2002.— 50 с.— (Державні будівельні норми).**

2. Овечников Е.В. Городской транспорт/Е.В. Овечников, М.С. Фишельсон.— М.: Высшая школа, 1976.— 352 с.

3. Самойлов Д.С. Городской транспорт/Д.С. Самойлов.— М.: Стройиздат, 1983.— 384 с.

4. Драпкин В.Е. Мероприятия по безопасности движения. Опыт Ленинграда/В.Е. Драпкин // Сборник докладов на московской научно-технической конференции по вопросам организации движения городского электротранспорта. 5–8 января 1954 года.— М.: Транспорт, 1955.— С. 100–112.

5. Донченко В. В. Повышение эффективности управления безопасностью автобусных перевозок/В. В. Донченко // Специальные проблемы на автомобильном транспорте.— М., Транспорт, 1986.— С. 90–97.

6. Helen Gault. Bus rout regularity/Helen Gault // IIE Journal.— 1978, № 6.— P. 341–357.

7. Дубова С. В. Метод расчета маршрутной сети городского пассажирского транспорта с учетом автоматизированного управления движением: автореф. дис. на соискание научной степени канд. техн. наук: 18.00.04/Дубова Светлана Вольтовна.— К., 1989.

8. Шторм Р. Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль качества/Р. Шторм.— М.: Мир, 1970.— 368 с.

Анотація. *Наведено результати експериментального дослідження швидкості сполучення на автобусних маршрутах міста Горлівки. Отримано залежність швидкості сполучення на автобусному маршруті від складності маршруту.*

Abstract. *The results of experimental research of speed of report on the bus routes of city of Gorlovka are presented. Dependence of speed of report is got on a bus route from complication of route.*

Стаття надійшла до редакції 03.11.2009 р.

УДК 656.13

ШПАЧУК В. П., д. т. н., професор; ЛИННИК І. Е., к. т. н., доцент,
Харківська національна академія міського господарства

МОДЕЛЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ «ЛЮДИНА — АВТОМОБІЛЬ — ДОРОГА — ПРИЗЕМНИЙ ПРОСТІР» У ЗАМКНУТОМУ СТАНІ

У статті представлено методику побудови моделі функціонування системи «людина — автомобіль — дорога — приземний простір» у замкнутому стані. Результатом проведених досліджень є побудова рівнянь динамічної рівноваги компонентів системи «людина — автомобіль — дорога — приземний простір».

Вступ

Сучасний стан розвитку України характеризується постійно зростаючим темпом росту рівня автомобілізації, з одночасною зміною складу транспортного потоку та його технічних характеристик [1]. Така ситуація загострює потребу в адекватному прогнозуванні розрахункових характеристик автомобільних доріг у довгостроковій перспективі. У процесі еволюції відбувається періодичне розмикання й замикання системи «людина — автомобіль — дорога — приземний простір», перехід з нестійкого в стійкий стан і назад. Отже, для подальшого дослідження цієї системи необхідно розробити модель її функціонування у замкнутому і розімкнутому стані.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питанням функціонування системи «людина — автомобіль — дорога — приземний простір» значну увагу приділено в роботах Е.В. Гаврилова. Аналіз існуючих досліджень у цьому напрямку детально представлено в роботі [1].

Постановка проблеми

Метою проведених досліджень є побудова моделі функціонування системи «людина — автомобіль — дорога — приземний простір» (ЛАДП) у замкнутому стані еволюції цієї системи.

Основний розділ

Відповідно до принципу «необхідної організації» Антомонова Ю. Г. адекватність між компонентами системи діяльності й навколишнім середовищем у замкнутому стані встановлюється при виконанні умови [2]:

$$Q_i = Q_{ср.i} \tag{1}$$

де Q_i — абсолютна організація i-го компонента системи ЧАДП; $Q_{ср.i}$ абсолютна організація зовнішнього для i-го компонента середовища.

З урахуванням даної умови рівняння статичної рівноваги i-го компонента

$$Q_{ср.i} - Q_i = 0 \tag{2}$$

При порушенні статичної рівноваги абсолютна організація i-го компонента системи змінюється на величину dQ_i за елементарний інтервал часу dt. Тому умова динамічної рівноваги i-го компонента може бути представлена у вигляді:

$$\frac{dQ_i}{dt} = \Delta Q_{ср.i} - \Delta Q_i \tag{3}$$

Якщо припустити, що кожний компонент системи може перебувати лише у двох станах (фактичному й заданому), то

$$Q = 1 + P_i \times \log P_i + (1 - P_i) \times \log (1 - P_i)$$

Тоді

$$dQ_i = C_i \times dP_i$$

де C_i — організаційна ємність i-го компонента.

Якщо припустити, що

$$Q = 1 - 2P_i \quad при\ P_i \le 0{,}5$$

$$Q = 2P_i - 1 \quad при\ P_i > 0{,}5$$

тоді $C_i = const$.

Отже, рівняння динамічної рівноваги здобуває вид:

$$C_i \frac{dP_i}{dt} = \Delta Q_{ср.i} - \Delta Q_i \tag{4}$$

Середовищем для людини є старі, нові засоби діяльності й всі зовнішні фактори, що впливають на її стан. До зовнішнього можна віднести економічні, організаційні, погодно-кліматичні та ін. фактори. Для старих засобів діяльності середовищем є людина, нові засоби

діяльності й всі зовнішні фактори. Для нових засобів діяльності — відповідно людина, старі засоби діяльності й всі зовнішні фактори.

Оскільки кожний компонент системи прагне зрівноважитися із середовищем, то абсолютна організація цього середовища виступає в ролі своєрідної норми, до якої прагне компонент. Норма абсолютної організації компонента системи ЧАДП згідно Голіцину Г.А. може бути визначена як середньозважена з індивідуальних норм компонентів, що формують зовнішнє середовище [3]

$$Q_{\text{=}i} = \frac{\sum_{j=1}^{m} \gamma_j^{(i)} Q_{\text{=}j}^{(i)}}{\sum_{j=1}^{m} \gamma_j^{(i)}} \tag{5}$$

де $Q_{\text{=}i}$ — норма абсолютної організації *i*-го компонента системи; $Q_{нj}^{(i)}$ — норма абсолютної організації *j*-го компонента середовища для *i*-го компонента системи; $y_j^{(i)}$ — жорсткість норми $Q_{нj}^{(i)}$.

Під нормою розуміється оптимальна абсолютна організація, що найбільшою мірою відповідає цілям і завданням функціонування системи.

Динаміка норми абсолютної організації описується рівнянням Голіцина Г.А.:

$$Q_{нi}(t) = \frac{1}{T_П} \int_{i-T_П}^{i} Q_i(\tau) d\tau \tag{6}$$

де Q_i — поточне значення абсолютної організації *i*-го компонента системи; T_n — глибина пам'яті.

Тому норма *i*-го компонента поводиться подібно інерційній спостерігаючій системі, що «відслідковує» дійсне значення змінної. Якщо перехід зі стану Q_i (0) в стан $Q_{\text{=}i}$ триває досить довго, то можна прийняти

$$Q_{\text{=}i} = \frac{\sum_{j=1}^{m} \gamma_j^{(i)} Q_{\text{=}j}^{(i)}}{\sum_{j=1}^{m} \gamma_j^{(i)}} \tag{7}$$

З урахуванням вищевикладеного, після розкладання в ряди Маклорена збільшень абсолютної організації й наступної лінеаризації, рівняння динамічної рівноваги компонентів системи ЧАДП представляються у вигляді [4–6]

$$C_G \frac{d\Delta P_G}{dt} - \left(\left(\frac{\partial Q_{сер.G}}{\partial P_a} \Delta P_a + \frac{\partial Q_{сер.G}}{\partial P_4} \right) - \frac{\partial Q_G}{\partial P_G} \Delta P_G \right) = \frac{\partial Q_{сер.G}}{\partial P_A} \Delta P_A$$

$$C_A \frac{d\Delta P_0}{dt} - \left(\left(\frac{\partial Q_{сер.0}}{\partial P_G} \Delta P_G + \frac{\partial Q_{сер.0}}{\partial P_4} \Delta P_4 \right) - \frac{\partial Q_4}{\partial P_0} \Delta P_0 \right) = \frac{\partial Q_{сер.0}}{\partial P_A} \Delta P_A \tag{8}$$

$$C_4 \frac{d\Delta P_4}{dt} - \left(\left(\frac{\partial Q_{сер.4}}{\partial P_G} \Delta P_G + \frac{\partial Q_{сер.4}}{\partial P_0} \right) - \frac{\partial Q_4}{\partial P_4} \Delta P_4 \right) = \frac{\partial Q_{сер.4}}{\partial P_A} \Delta P_A$$

де $\Delta P_ч, \Delta P_а, \Delta P_д$ — збільшення ймовірностей переходу людини, автомобіля й дороги з фактичного в заданий стан; $\Delta P_с$ — збільшення ймовірності переходу зовнішнього середовища з фактичного в заданий стан; $Q_ч$, $Q_а$, $Q_д$ — абсолютні організації людини, автомобіля й дороги; $Q_{сер.ч}, Q_{сер.а}, Q_{сер.д}$ — норми абсолютної організації для людини, автомобіля й дороги відповідно; $C_ч$, $C_а$, $C_д$ — організаційна ємність людини, автомобіля й дороги відповідно.

Приватне рішення цієї системи рівнянь представляється у вигляді:

$$P_G(\tau) = \frac{!_0}{\lambda_1}\left(e^{\lambda_1\tau} - e^{\lambda_1\tau_1}\right) + \frac{C_1}{\alpha^2+\beta^2}\left[e^{a\tau}\left(\beta\sin\beta\tau + \alpha\cos\beta\tau\right) - e^{a\tau}\left(\beta\sin\beta\tau_3 + \alpha\cos\beta\tau_3\right)\right] +$$
$$+ \frac{C_2}{\alpha^2+\beta^2}\left[e^{a\tau}\left(\alpha\sin\beta\tau - \beta\cos\beta\tau\right) - e^{a\tau}\left(\alpha\sin\beta\tau_3 - \beta\cos\beta\tau_3\right)\right] + C_3$$
$$P_0(\tau) = \frac{!_0 M_0}{\lambda_1}\left(e^{\lambda_1\tau} - e^{\lambda_1\tau_1}\right) + \frac{C_1M_1 - C_2M_2}{\alpha^2+\beta^2}\left[e^{a\tau}\left(\beta\sin\beta\tau + \alpha\cos\beta\tau\right) - e^{a\tau}\left(\beta\sin\beta\tau_3 + \alpha\cos\beta\tau_3\right)\right] + \quad (9)$$
$$+ \frac{C_1M_2 - C_2M_1}{\alpha^2+\beta^2}\left[e^{a\tau}\left(\alpha\sin\beta\tau - \beta\cos\beta\tau\right) - e^{a\tau}\left(\alpha\sin\beta\tau_3 - \beta\cos\beta\tau_3\right)\right] + C_4$$
$$P_4(\tau) = \frac{!_0 N_0}{\lambda_1}\left(e^{\lambda_1\tau} - e^{\lambda_1\tau_1}\right) + \frac{C_1N_1 + C_2N_2}{\alpha^2+\beta^2}\left[e^{a\tau}\left(\beta\sin\beta\tau + \alpha\cos\beta\tau\right) - e^{a\tau}\left(\beta\sin\beta\tau_3 + \alpha\cos\beta\tau_3\right)\right] +$$
$$+ \frac{C_2N_1 - C_1M_2}{\alpha^2+\beta^2}\left[e^{a\tau}\left(\alpha\sin\beta\tau - \beta\cos\beta\tau\right) - e^{a\tau}\left(\alpha\sin\beta\tau_3 - \beta\cos\beta\tau_3\right)\right] + C_5$$

де C_0, C_1, C_2 — довільні постійні залежні від початкових умов; C_3, C_4, C_5 — постійні інтегрування; λ_1 — корінь характеристичного рівняння; a — дійсна частина комплексно-сполучених коренів; β — кругова частота коливань; τ — безрозмірний час; τ_3 — безрозмірний лаг стану; $P_ч$, $P_а$, $P_д$ — імовірності переходу людини, автомобіля й дороги з фактичного в заданий стан відповідно.

У цьому випадку рівняння (8) перетворяться до виду:

$$P_G(\tau) = \frac{C_0}{\lambda_1}\left(e^{\lambda_1\tau} - e^{\lambda_1\tau_1}\right) + 1$$
$$P_0(\tau) = \frac{C_0M_0}{\lambda_1}\left(e^{\lambda_1\tau} - e^{\lambda_1\tau_1}\right) + 1 \quad (10)$$
$$P_4(\tau) = \frac{C_0N_0}{\lambda_1}\left(e^{\lambda_1\tau} - e^{\lambda_1\tau_1}\right) + 1$$

Висновки

У статті розглянуто методику побудови моделі функціонування системи «людина — автомобіль — дорога — приземний простір». Отримана модель описує еволюцію досліджуваної системи у замкнутому стані.

Список літератури

1. Григоров М.А. Прогнозирование расчетных характеристик для проектирования и эксплуатации автомобильных дорог/М.А. Григоров, Э.В. Гаврилов, В.К. Доля.— Одесса, 2006.— 190 с.

2. Антомонов Ю.Г. Моделирование биологических систем. Справочник/Ю.Г. Антомонов.— К.: Наук. думка, 1977.— 260 с.

3. Голицын Г.А. Динамическая теория поведения/В кн.: Механизмы и принципы целенаправленного поведения.— М.: Наука, 1972.— С. 5–33.

4. Гаврилов Э.В. Долгосрочное прогнозирование расчетных характеристик на автомобильном транспорте/Э.В. Гаврилов, Н.В. Ярещенко, И.В. Мусиенко // Вестник ХГАДТУ.— 2000.— № 12–13.— С. 23–30.

5. Гаврилов Э.В. Долгосрочный прогноз скоростей движения/Э.В. Гаврилов, Н.В. Дацко // Вестник ХГАДТУ.— 1999.— № 9.— С. 30–33.

6. Гаврилов Э.В. Модель эволюции системи «человек-автомобиль-среда»/Э.В. Гаврилов, Н.В. Дацко // Вестник ХГАДТУ.— 1995.— № 1.— С. 27–30.

Аннотация. *В статье представлена методика построения модели функционирования системы «человек — автомобиль — дорога — приземное пространство» в замкнутом состоянии. Результатом проведенных исследований является построение уравнений динамического равновесия компонентов системы «человек — автомобиль — дорога — приземн ое пространство».*

Abstract. *In article is presented methods of the building to models of the operating the system «person — a car — a road — around terrestrial space» in closed condition. Result of the called on studies is a building of the equations of the dynamic balance component systems «person — a car — a road -around terrestrial space»*

Стаття надійшла до редакції 10.09.2009 р.

УДК 629.113

ЗАГОРОДНОВ М.І., к. т. н., доцент; ПЕТРОВ О.В., к. т. н.;
КОСТЕНКО А.В., к. т. н., Донецька академія автомобільного транспорту

АНАЛІЗ КУРСОВОЇ СТІЙКОСТІ РУХУ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ З УРАХУВАННЯМ КЕРУЮЧОГО КОЛІСНОГО МОДУЛЯ

Наведено методики оцінки курсової стійкості руху легкового автомобіля за допомогою матриці Якобі та критерію Рауса-Гурвіца, а також шляхом чисельного розв'язку системи диференціальних рівнянь руху легкового автомобіля.

Вступ

Курсова стійкість руху (КСР) характеризує можливість безпечного руху легкового автомобіля на великих швидкостях. Тому необхідність аналізу КСР за допомогою математичного моделювання не підлягає сумніву. Постає лише питання про математичні інструменти, які можна використовувати для аналізу КСР.

Мета статті

Метою статті є пояснення методики оцінки КСР легкового автомобіля за допомогою матриці Якобі та критерію Рауса-Гурвіца, а також шляхом чисельного розв'язку системи диференціальних рівнянь руху легкового автомобіля, в математичній моделі руху якого враховано керуючий колісний модуль (ККМ).

Основна частина

Розрахункова схема легкового автомобіля із ККМ представлена на рис. 1. Математична модель руху такої схеми не дозволяє визначати показники стійкості руху автомобіля за допомогою

графіків біфуркаційних множин, як це було зроблено в роботі [1]. У зв'язку з цим в даній роботі пояснено методи аналізу стійкості за допомогою матриці Якобі, критерію Рауса-Гурвіца та чисельного рішення диференціальних рівнянь з побудовою траєкторії руху автомобіля в площині дороги і фазових портретів системи.

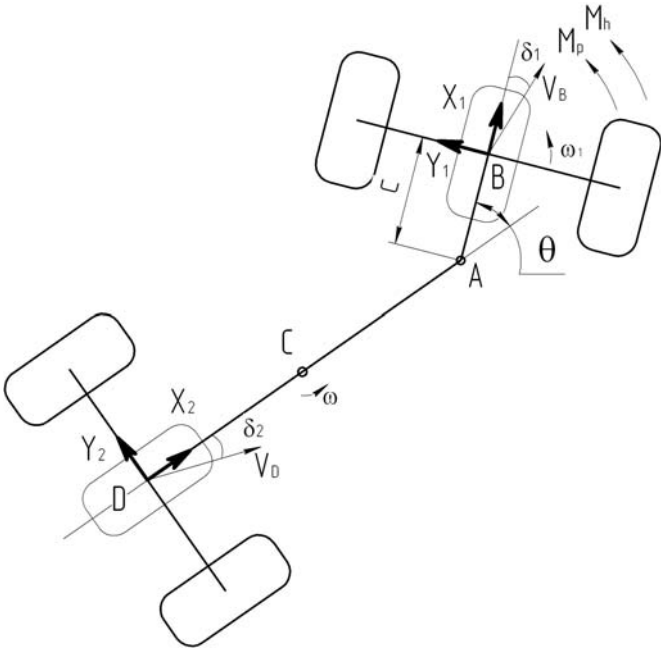


Рис. 1. Розрахункова схема легкового автомобіля з ККМ

Нижче представлені диференціальні рівняння руху:

$$\left(m+m_1\right)\dot{u}+m_1\dot{\omega}\left(a-c\cos\theta\right)-m_1c\ddot{\theta}\cos\theta+\left(m+m_1\right)\omega\mathrm{v}+m_1c\left(\omega+\dot{\theta}\right)^2\sin\theta= \\ =Y_1\cos\theta+Y_2; \tag{1}$$

$$\left[I+m_1a\dot{\omega}\left(a-c\cos\theta\right)\right]+m_1a\dot{u}-m_1ac\ddot{\theta}\cos\theta+m_1a\mathrm{v}\omega+m_1ac\left(\omega+\dot{\theta}\right)^2\sin\theta= \\ =M_h+M_p+Y_1a\cos\theta-вY_2; \tag{2}$$

$$I_1\ddot{\theta}+m_1c^2\ddot{\theta}+\left[I_1+m_1c\left(c-a\cos\theta\right)\right]\dot{\omega}-m_1c\dot{u}\cos\theta+m_1c\mathrm{v}\omega\cos\theta-m_1c\omega u\sin\theta- \\ -m_1ac\omega^2\sin\theta=M_h+M_p+cY_1, \tag{3}$$

де m, m_1 — маси кістяка автомобіля та ККМ;
a, $в$ — відстані, відповідно, від передньої і задньої вісей до центра мас автомобіля;
Y_1, Y_2 — сумарні бічні сили, що діють на передню та задню вісі;
v, u — подовжня і поперечна проекції вектора швидкості центра мас автомобіля;
w — кутова швидкість автомобіля відносно його центральної вертикальної вісі;
C — центр мас автомобіля;
θ — кут повороту ККМ;
c — винос керованого колеса;
I, I_1 — моменти інерції кістяка і ККМ відносно вертикальних вісей;
M_p, M_h — моменти пружності і в'язкого тертя рульового керування.

Взаємодія коліс з опорною площиною в боковому напрямку описується через реакцію полотна дороги як функція кута відведення нелінійною гіпотезою. Необхідність урахування нелінійності пояснюється тим, що якщо залежність між силами, які діють на одне колесо, і кутами його бічного відведення ще можна в деякому діапазоні вважати лінійною, то залежність між силами, які діють на вісь, і кутами відведення осі в більшості випадків нелінійна навіть при малих значеннях діючих сил. Це пояснюється впливом на кути відведення осей кінематики підвіски, характеристик рульового керування, перерозподілу нормальних реакцій [2]. Врахування нелінійного відведення аналізується для наступного випадку апроксимації сил відведення

$$\bar{Y}_i = \frac{\bar{k}_i \delta_i}{\sqrt{1 + \left(\frac{\bar{k}_i \delta_i}{\varphi_i} \right)^2}}, \qquad (4)$$

де φ_i — коефіцієнти зчеплення коліс передньої й задньої вісей;

$\bar{k}_i = k_i / G_i$ — безрозмірні коефіцієнти опору бічному відведенню передньої й задньої вісей (G_i — навантаження на відповідні вісі).

Експериментальні дослідження були проведені на шинах 175/70R13, які встановлюються на автомобілях малого класу, зокрема, на автомобілях з класичною компонувальною схемою ВАЗ–2101–2107. В результаті експерименту [3] було отримане рівняння регресії, що описує залежність бічної сили в контакті шини з опорною поверхнею від чотирьох факторів (зносу протектора, вертикального навантаження на колесо, кута відведення і тиску повітря в шині). За характеристикою автомобілів ВАЗ, прийняті (або визначені за допомогою розрахунків) наступні величини: маса кістяка автомобіля m = 1355 кг; маса ККМ m_1 = 40 кг; момент інерції кістяка I = 0,35mab, кг/м²; момент інерції ККМ I_1 = 1,5 кг/м²; коефіцієнт жорсткості рульового приводу χ = 140,28 Н·м/рад; коефіцієнт в'язкого тертя в деталях рульового керування h = 50 Н·м·с /рад; кут поздовжнього нахилу шворня γ = 4°, тобто c = 0,01 849 м. Масові характеристики автомобіля розраховані для випадку повного навантаження. Коефіцієнти зчеплення для шин переднього і заднього моста прийняті рівними φ = 0,75.

Теорія стійкості руху і методи дослідження стійкості систем розроблені О.М. Ляпуновим [5]. Він сформулював умови стійкості. Якщо динамічна система описується лінійними (або лінеаризованими) звичайними диференціальними рівняннями, то, згідно теореми Ляпунова, для стійкості системи необхідно і достатньо, щоб всі корені характеристичного рівняння мали від'ємні дійсні частини. Лінеаризація — один з методів наближеного представлення нелінійних систем, при якому дослідження нелінійної системи заміняється аналізом лінійної системи, яка у деякому сенсі еквівалентна вихідній. Методи лінеаризації мають обмежений характер, тобто еквівалентність вихідної нелінійної системи і її лінійного наближення зберігається лише в певному околі даного режиму роботи системи, а якщо система переходить із одного режиму роботи на інший, то необхідно провести лінеаризацію в околі нового режиму. Застосовуючи лінеаризацію можна з'ясувати багато якісних й особливо кількісних властивостей нелінійної системи.

Характеристичне рівняння системи (1–3) має вигляд

$$A_0\lambda^4 + A_1\lambda^3 + A_2\lambda^2 + A_3\lambda + A_4 = 0. \qquad (5)$$

Оцінка КСР легкового автомобіля за допомогою матриці Якобі. Корні характеристичного рівняння (5) відповідають власним значенням матриці Якобі. В загальному випадку власні значення матриці Якобі λ_i являють собою комплексні числа:

$$\lambda_i = \mathrm{Re}(\lambda_i) + j\,\mathrm{Im}(\lambda_i) = \alpha_i + j\omega_i, \qquad (6)$$

де $Re(\lambda_i)=\alpha_i$ — дійсна частина власного значення матриці Якобі;

$Im(\lambda_i)=\omega_i$ — мнима частина власного значення матриці Якобі;

$j=\sqrt{-1}$ — мнима одиниця.

Якщо власні значення є дійсними, то перехідні процеси (збурення зростають або зменшуються) носять аперіодичний характер, а якщо вони комплексні, то перехідні процеси будуть коливальними.

На рис. 2–5 представлені можливі варіанти графіків зміни в часі характеристик відхилень фазових координат Δv_y і $\Delta\omega_z$, обумовлених початковими збуреннями. Якщо корені характеристичного рівняння від'ємні дійсні або комплексні з від'ємною дійсною частиною, то збурювання буде із часом зменшуватися й прагнути до нуля.

При від'ємних дійсних коренях процес зміни величин Δv_y і $\Delta\omega_z$ як функцій часу відповідає характеру кривої на рис. 2. При комплексних коренях із від'ємною дійсною частиною процес переходу системи до сталого (стаціонарного) стану відповідає характеру кривої на рис. 3.

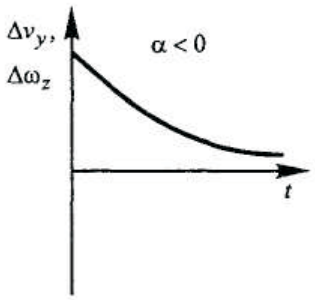


Рис. 2. Графік перехідного процесу при від'ємних дійсних коренях

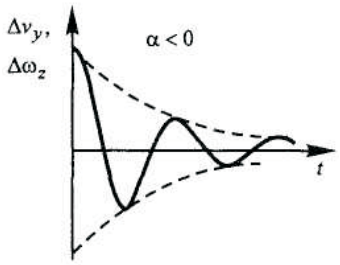


Рис. 3. Графік перехідного процесу при комплексних коренях з від'ємною дійсною частиною

В обох випадках відхилення параметрів руху від стаціонарних значень із часом, хоча й різним чином, зменшується до нуля. Інакше кажучи, кутова швидкість та бічна складова лінійної швидкості, що змінилися в результаті якогось збурення, після припинення дії цього збурення будуть прагнути до своїх незбурених значень. Це означає, що автомобіль здатен сам по собі, в силу властивих йому характеристик, відображених у рівняннях руху, протидіяти зовнішнім збуренням. Тобто рух автомобіля в цьому випадку є стійким.

Перехідний процес при наявності хоча б одного додатного кореня показаний на рис. 4, а для комплексно спряжених коренів із додатною дійсною частиною — на рис. 5. В даному випадку відхилення координат Δv_y і $\Delta\omega_z$ з часом необмежено зростають і автомобіль втрачає стійкість.

Таким чином для того, щоб зробити висновок про стійкість руху автомобіля, необхідна програма, яка розраховує власні значення матриці Якобі. Така програма може бути реалізована, наприклад, в системі аналітичних обчислень Maple.

Існують різні критерії (умови), які дозволяють робити висновки про знаки коренів характеристичного рівняння, не розв'язуючи це рівняння — безпосередньо, за його коефіцієнтами. При дослідженні стійкості систем, що описуються диференціальними рівняннями невисокого порядку (до 4-го), можна користуватися критерієм Рауса-Гурвіца.

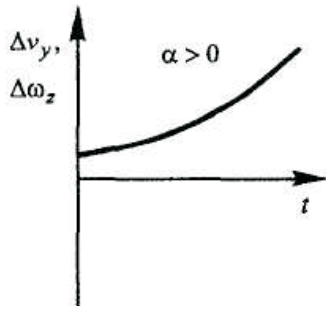


Рис. 4. Графік перехідного процесу при додатних дійсних коренях

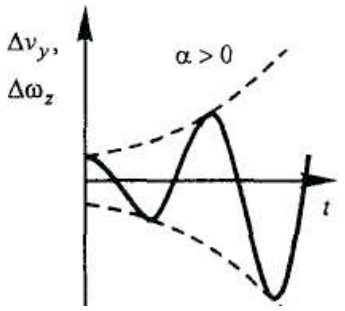


Рис. 5. Графік перехідного процесу при комплексних коренях з додатною дійсною частиною

Критерій Рауса-Гурвіца — це критерій, який дозволяє з'ясувати, коли всі корені полінома $p(z)=a_0z^n+a_1z^{n-1}+\ldots+a_{n-1}z+a_n$ мають від'ємні дійсні частини. Наприклад, для поліномів з дійсними коефіцієнтами $a_0>0$, $a_1,\ldots, a_n$ критерій Рауса-Гурвіца полягає в наступному: щоб всі корені полінома $p(z)$ мали від'ємні дійсні частини, необхідно й достатньо, щоб при всіх $k=1, 2,\ldots, n$ виконувались нерівності:

$$D_k = \begin{vmatrix} a_1 a_3 a_5 \ldots a_{2k-1} \\ a_0 a_2 a_4 \ldots a_{2k-2} \\ 0 a_0 a_4 \ldots a_{2k-3} \\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots \\ 0\ 0\ 0\ \ldots\ a_k \end{vmatrix} > 0 . \qquad (7)$$

Тобто, дійсні частини коренів полінома від'ємні тоді і тільки тоді, коли додатні всі головні діагональні мінори матриці Гурвіца (визначники Гурвіца). Критерій Рауса-Гурвіца використовується тільки для визначення стійкості системи лінійних диференціальних рівнянь з постійними коефіцієнтами.

Для системи рівнянь, які використовуються в математичній моделі автомобіля, необхідно розрахувати чотири визначника Гурвіца, кожен з яких, для випадку стійкого руху, повинен бути більше нуля. Якщо хоча б один з визначників буде від'ємним, це говорить про нестійкість системи.

В середовищі Maple реалізована програма для розрахунку визначників Гурвіца. В цій програмі також є можливість графічного відображення границі між областями стійкого та нестійкого руху в залежності від параметрів моделі.

Дослідження нелінійних динамічних систем, зокрема, моделі руху одиночного автомобіля, є складною математичною задачею. Більшість нелінійних диференціальних рівнянь не мають аналітичного розв'язку. Для чисельного рішення системи (1–3) її перетворюють до виду Коші (розв'язуємо відносно старших похідних, припускаючи, що $v = const$):

$$\begin{cases} \dot{u} = f_u\left(\mathrm{v}, u, \omega, \theta, const\right); \\ \dot{\omega} = f_\omega\left(\mathrm{v}, u, \omega, \theta, const\right); \\ \ddot{\theta} = f_\theta\left(\mathrm{v}, u, \omega, \theta, const\right). \end{cases} \qquad (8)$$

Результатом чисельного інтегрування даної системи є функціональні залежності $u=f_1(t)$, $\omega=f_2(t)$ і $\theta=f_3(t)$, які характеризують динаміку руху одиночного автомобіля. Одним із можливих чисельних методів інтегрування може бути метод Рунге-Кутта, із застосуванням формул Дормана й Принса [5] (є найкращим методом, якщо припустима точність становить від 10^{-4} до 10^{-7}).

Для одержання наочного й найбільш повного уявлення про динамічне поводження системи, що сприймає дію збурюючих впливів, необхідно виконати побудову картини фазових траєкторій. При аналізі реальних збурюючих впливів фазовий портрет дозволяє визначити область припустимих збурень, а по характеру фазової кривої (її кривизні, довжині) можна судити про швидкості згасання збурень. Так, більші відхилення фазових змінних від деякого стійкого стаціонарного стану можуть привести до виникнення аварійних ситуацій (наприклад, порушення коридору руху).

Інтегральну (узагальнену) характеристику стійкості в «великому» доповнює побудова траєкторії автомобіля в площині дороги, але ця задача має самостійний інтерес при аналізі керованості моделі.

Висновки

Для якісного аналізу конкретної розрахункової схеми необхідно використовувати специфічний математичний апарат. Використання відразу кількох методів збільшує точність оцінки, особливо, коли кожен з методів дозволяє характеризувати КСР автомобіля з різних точок зору. Визначення основних параметрів руху моделі автомобіля з врахуванням ККМ може бути виконане за допомогою матриці Якобі, критерію Рауса-Гурвіца і шляхом чисельного розв'язку системи диференціальних рівнянь руху.

Перші два методи дозволяють визначити критичну швидкість руху при заданих параметрах автомобіля і шин. Третій метод дозволяє проаналізувати поведінку автомобіля та ККМ і отримати чисельні характеристики руху.

Перелік посилань

1. Костенко А.В. Прогнозування показників курсової стійкості легкового автомобіля з урахуванням розкиду жорсткісних характеристик шин: Автореф. дис…. канд. техн. наук: 05.22.02/Національний. трансп. ун-т.— Київ, 2007.— 20 с.

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

3. Петров А.В. Поліпшення показників курсової стійкості руху транспортних засобів з урахуванням технічного стану їх шин: Автореф. дис…. канд. техн. наук: 05.22.02/Національний. трансп. ун-т.— Київ, 2008.— 20 с.

4. Ляпунов А.М. Собрание сочинений. Т. 2.— М.-Л.: АН СССР, 1956.— 475 с.

5. Хайрер Э. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Нежесткие задачи/Э. Хайрер, С. Нёрсетт, Г. Ваннер; пер. с англ.— М.: Мир, 1990.— 512 с.

Аннотация. *Приведены методики оценки курсовой устойчивости движения легкового автомобиля при помощи матрицы Якоби и критерия Рауса-Гурвица, а также путем численного решения системы дифференциальных уравнений движения легкового автомобиля.*

Abstract. *We present technique of estimation of road holding of the passenger car with the help of the Jacobi's matrix and Routh-Hurwitz criteria, as well as by numerical solution of differential equations of the passenger car motion.*

Стаття надійшла до редакції 22.10.2009 р.

УДК 621.923

КАЛЬЧЕНКО В. И., д. т. н.; КАЛЬЧЕНКО В. В., д. т. н.; ЕРОШЕНКО А. М., инженер,
Черниговский государственный технологический университет

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ВИНТОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ И ГАРАЖНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ШЛИФОВАНИЕМ СО СКРЕЩИВАЮЩИМИСЯ ОСЯМИ ИНСТРУМЕНТА И ДЕТАЛИ

Предлагаются модульные 3D модели профилирования абразивного круга и формообразования винтовых поверхностей круглого профиля для ремонта и изготовления шариковых винтовых передач автомобилей и гаражного оборудования.

Постановка проблемы

Шарико-винтовая передача (ШВП) представляет собой механизм для преобразования вращательного движения в поступательное и наоборот. В настоящее время шариковые винтовые передачи широко применяются не только в станкостроении, но и в автомобилестроении, авиастроении, железнодорожном транспорте, производстве дорожных машин, атомной энергетике и т. п. [1]. В процессе длительной эксплуатации ШВП изнашиваются, теряют точность и требуют восстановления. Восстановления винта и гайки производится различными способами, но последним этапом, практически всегда, является шлифование. В связи с высокой точностью изготовления подобных передач, окончательная абразивная обработка является сложной задачей.

Анализ последних исследований

Шарико-винтовая передача состоит из прецизионного накатного или шлифованного винта, гайки с механизмом циркуляции элементов качения и шариков. Таким образом, в отличие от обычной передачи винт-гайка, ШВП использует принцип трения качения, а не трения скольжения. Шарико-винтовые передачи характеризуются такими параметрами как диаметр винта, шаг резьбы, класс точности ШВП и предварительный натяг. Точность определяет максимально допустимое отклонение хода ШВП на единицу шага. Определяется, как правило, количеством микрон на 300 мм хода. В зависимости от классов точности ШВП можно условно разделить на шарико-винтовые передачи для транспортных применений и прецизионные шарико-винтовые передачи.

Главные преимущества передач винт-гайка качения:

– малый коэффициент трения и, как следствие, возможность использования менее мощного привода и меньшего количества смазки;

– низкие потери на трение; к. п. д. этих передач достигает значения 0,9–0,95 по сравнению с 0,2–0,4 передач винт-гайка скольжения;

– почти полная независимость силы трения от скорости и весьма малое трение покоя, что благоприятно в отношении обеспечения устойчивости (равномерности) движения;

– возможность полного устранения зазоров и создания натяга, обеспечивающего высокую осевую жесткость;

– высокая точность позиционирования;

– небольшой нагрев в процессе работы;

– значительно больший эксплуатационный ресурс.

Шариковые винтовые передачи отличаются высоким качеством изготовления поверхностей качения, повышенной плавностью работы, высокой осевой жесткостью и высокой точностью. Регулировка величины предварительного осевого натяга осуществляется относительным угловым смещением двух гаек. Существует несколько способов создания предварительного натяга в гайке с целью повышения жесткости системы и устранения зазора. Смазывание шарико-винтовых передач может осуществляться как жидкой смазкой, так и пластичной смазкой [1].

Технологии винтовых домкратов совершенствовались на протяжении 25 лет. Сегодня производители предлагают своим клиентам максимально полный набор решений в области дооснащения электромеханического привода систем линейных перемещений. На рынке присутствуют системы и компоненты для перемещений грузов массой от 0,5 до 100 т.

Существующие методы обработки винтовых поверхностей методом копирования предусматривают шлифование кругом, радиус профиля которого равен радиусу профиля винтовой поверхности. Круг ориентируется в соответствии с углом наклона винтовой поверхности [2]. Для этого метода характерны высокая эффективность и простота формообразующих движений. Но этот способ имеет ряд недостатков:

– неравномерная удельная нагрузка и толщина срезаемого слоя вдоль профиля абразивного инструмента, в результате чего происходит неравномерный износ [3];

– переменная производительность обработки в процессе врезания, максимальное значение подачи на оборот при этом определяется в момент формообразования центральной точки профиля [4];

– температура в зоне обработки крайних участков профиля детали является ограничивающим фактором, поскольку отношение толщины срезаемого слоя θ_z к радиусу режущей кромки ρ не превышает 0,1, что приводит к увеличению сил трения [5];

– длина врезания $l = \delta / \cos\theta_{\max}$ больше припуска δ на обработку и зависит от максимального угла подъема профиля образующей θ_{max} [5].

В работе [7] представлен способ шлифования винтовых поверхностей деталей гаражного оборудования. Использование предложенных в статье подходов для восстановления деталей ШВП и представление их в модульном виде, позволят обрабатывать винтовые поверхности винта и гайки ШВП по эквидистантным кривым и упростят математические модели.

Цель статьи

Целью является разработка модульных 3D моделей профилирования круга, съема припуска и формообразования поверхностей винта и гайки ШВП со скрещивающимися осями инструмента и детали и, на основе их анализа, разработка нового способа обработки винтовых поверхностей, как в процессе восстановления деталей ШВП, так и в процессе их изготовления, и разработка установки для абразивной обработки для промышленного внедрения.

Основной раздел

Решение прямой задачи теории формообразования требует математического описания профиля детали. Эта поверхность может быть описана сферическим модулем

$$\overline{r}_\partial = S^\partial_{z\cdot\theta\cdot y_\partial\cdot\phi_\partial\cdot y_n}\cdot\overline{e}^4, \qquad (1)$$

где: $\overline{r}_\partial$ — радиус-вектор точек винтовой поверхности; $S^\partial_{z\cdot\theta\cdot y_\partial\cdot\phi_\partial\cdot y_n}$ – сферический модуль, представляющий собой матрицу перехода от начальной точки в систему координат детали; $e_4=(0,0,0,1)^{\mathrm{T}}$ — радиус-вектор начальной точки [6].

Сферический модуль, описывающий деталь, состоит из однокоординатных матриц [6]:

$$S^{\partial}_{z\cdot\theta\cdot y_{\partial}\cdot\phi_{\partial}\cdot y_n} = M_3(z)M_6(\theta_{\partial})\cdot M_2(y_{\partial})\cdot M_4(\phi_{\partial})\cdot M_2(y_n), \quad (2)$$

где: z — осевая координата винта, θ_{∂} — угол поворота вокруг оси $\theta_{\partial}Z_{\partial}$ вращения детали; $y_{ä} = R_{ä}$ — расстояние от центра профиля до оси вращения детали; $\varphi_{ä}$ – угловая координата профиля винтовой поверхности; $y_{\ddot{i}} = \rho$ — радиус профиля детали. Значение y_n может принимать положительное и отрицательное значения; положительное значение указывает на винтовую поверхность гайки, а отрицательное — винта.

Модуль (2) имеет два независимых угловых параметра $\theta_{ä}$ и $\varphi_{ä}$. Осевая координата винтовой поверхности z является функцией от угла поворота детали:

$$z = \theta_{\partial}\cdot p, \quad (3)$$

где: $p = \dfrac{S}{2\pi}$ — параметр винтового движения, S — шаг винтовой поверхности.

Исходя из формы детали, радиус-вектор инструмента в модульном виде описывается матрицей перехода

$$\overline{r}_{\cdot e} = M_{\cdot eä}\times\overline{r}_{ä}, \quad (4)$$

где: $M_{\cdot eä}$ — матрица перехода из системы координат детали в систему координат инструмента.

Матрица перехода (4) представляет собой произведение двух сферических модулей

$$M_{\cdot eä} = S^{\dot{0}_e}_{\theta_e\times y_c}\times S^{i'}_{\psi}, \quad (5)$$

где: $S^{\dot{0}_e}_{\theta_e\times y_c}$ – модуль формообразования инструмента; S^{i}_{ψ} – модуль угловой ориентации инструмента относительно детали.

Модуль формообразования (5) состоит из произведения двух матриц

$$S^{\acute{o}_e}_{\theta_e\cdot y_c} = M_6(\theta_{\cdot e})\cdot M_2(y_c), \quad (6)$$

где: $\theta_{\cdot e}$ — угол поворота системы координат детали относительно оси вращения инструмента; y_c — расстояние между осями вращения инструмента и детали.

Модуль ориентации (5) представлен матрицей относительных поворотов

$$S^{i}_{\psi} = M_5(\psi), \quad (7)$$

где: ψ — угол наклона круга.

Нами предлагается осуществлять поворот круга в направлении, противоположном углу наклона винтовой поверхности, таким образом, увеличивается ход инструмента, так как оправка, на которой закреплен круг, не касается торца детали (рис. 2).

Для профилирования инструмента необходимо составить уравнение, которое определяет линию контакта

$$\overline{V}_{uд}\cdot\overline{n}_{\partial} = 0, \quad (8)$$

где: $\overline{n}_{\partial}$ — единичный вектор нормали к поверхности детали; $\overline{V}_{uд}$ — вектор скорости относительного движения этой поверхности в системе координат инструмента.

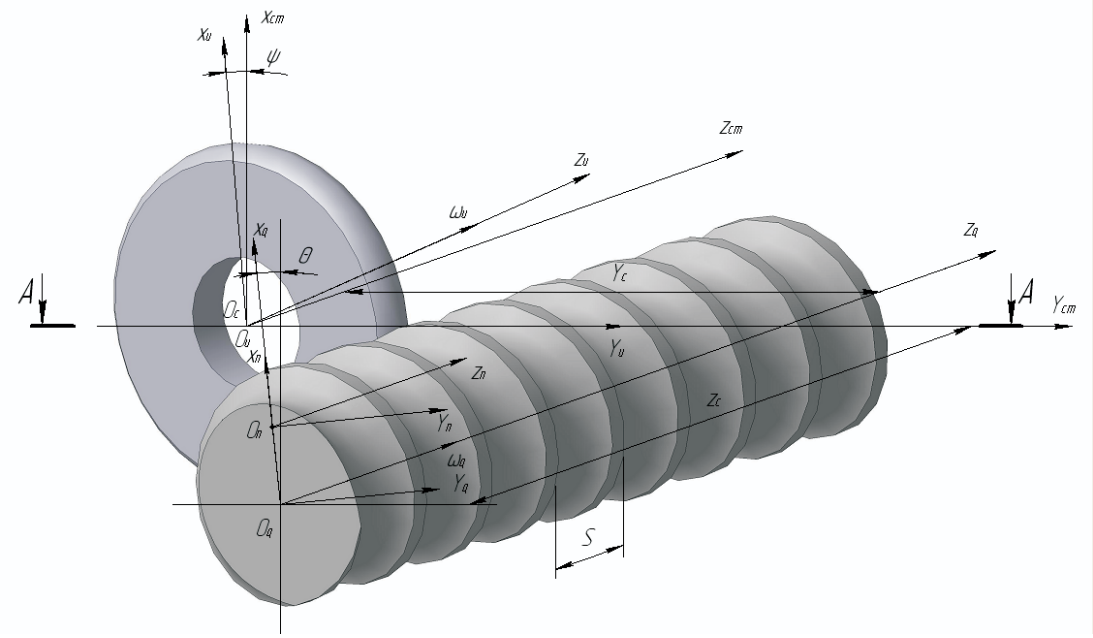


Рис. 1. Схема обработки поверхности винта ШВП

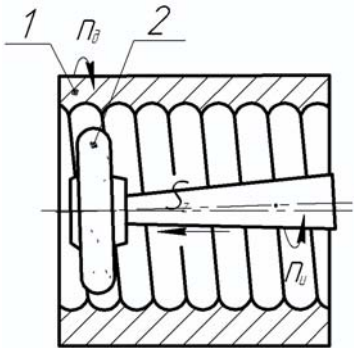


Рис. 2. Схема обработки поверхности гайки ШВП

Нормаль, как известно, может быть найдена как векторное произведение векторов касательных к поверхности. Для нахождения нормали необходимо дифференцировать радиус-вектор поверхности детали по обоим параметрам.

При однопараметрическом огибании [5] связь между параметрами $\varphi_{ä}$ и $\theta_{д}$ имеет вид равенства нулю смешанного произведения трёх векторов частных производных вектора $\overline{r}_e$.

$$\left(\frac{\partial \overline{r}_u}{\partial \phi_д} \times \frac{\partial \overline{r}_u}{\partial \theta_д}\right) \cdot \frac{\partial \overline{r}_u}{\partial \tau_д} = 0, \qquad (9)$$

где: $\frac{\partial \overline{r}_u}{\partial \phi_д} \times \frac{\partial \overline{r}_u}{\partial \theta_д} = \overline{N}_д$ — вектор нормали к поверхности детали в точке с криволинейными координатами $\varphi_{ä}$, $\theta_д$; $\frac{\partial \overline{r}_e}{\partial \tau_{ä}} = \overline{V}_{ä}$ — вектор скорости относительного движения детали относительно круга; $t_д$ — время перемещения детали, при повороте её на угол θ_u в инверсионном движении относительно оси $O_u Z_u$ круга.

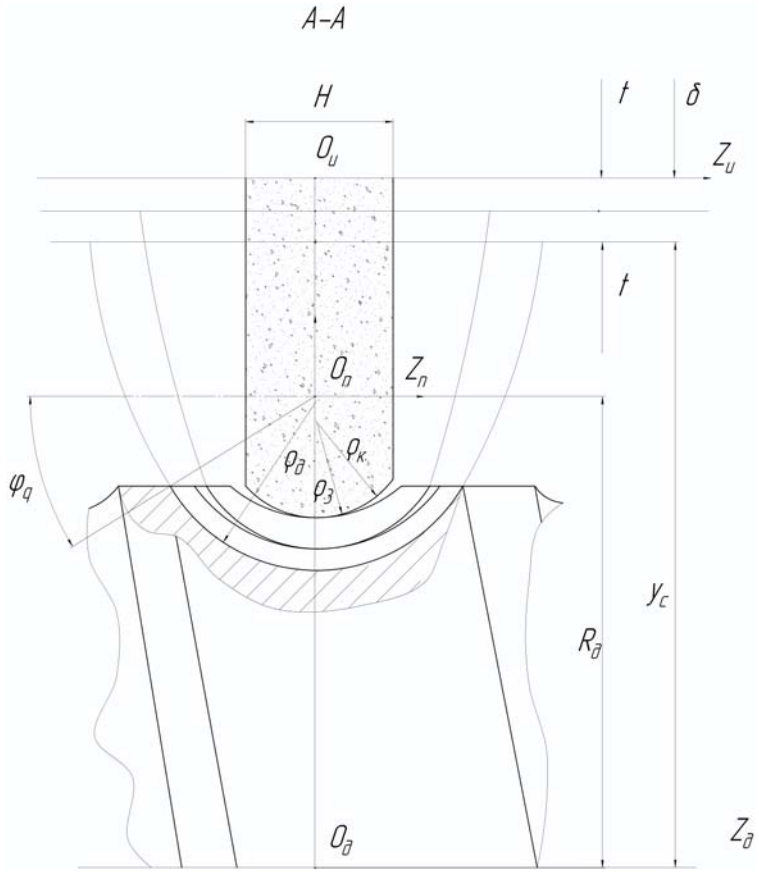


Рис. 3. Формообразование поверхности винта

Скорость движения детали (9) относительно круга определяется через матрицу перехода из системы координат детали в систему координат инструмента

$$\frac{\partial \bar{r}_u}{\partial \tau_д} = \frac{\partial M_6(\theta_u)}{\partial \theta_u} \cdot \frac{\partial \theta_u}{\partial \tau_д} \cdot \boldsymbol{M}_{uд}, \tag{10}$$

где: $\frac{\partial \theta_u}{\partial \tau_д} = \varpi_{uд}$ — угловая скорость поворота детали относительно оси круга.

Скалярное произведение векторов $\bar{N}_ä$ и $\bar{V}_ä$ находим, вычислив определитель

$$\bar{N}_д \cdot \bar{V}_д = \begin{vmatrix} X_{V_д} Y_{V_д} Z_{V_д} \\ X_{\psi_д} Y_{\psi_д} Z_{\psi_д} \\ X_\theta Y_\theta Z_\theta \end{vmatrix} = 0, \tag{11}$$

где: $X_{V_д} Y_{V_д} Z_{V_д}$ — координаты вектора $\bar{V}_д$; $X_{\psi_д} Y_{\psi_д} Z_{\psi_д}$ — координаты вектора касательной $\bar{A}_д = \frac{\partial \bar{r}_u}{\partial \phi_д}$; $X_\theta Y_\theta Z_\theta$ — координаты вектора касательной $B_д = \frac{\partial \bar{r}_u}{\partial \theta_д}$.

Радиус-вектор $\bar{r}_e$ описывает множество инструментальных поверхностей. Выбор рациональной осуществляют на основании анализа геометрических параметров наружной поверхности детали, заготовки и снимаемого припуска δ.

Определив радиус-вектор, находим, что он описывается сферическим модулем, который подобен аналогичному модулю детали (1), но со своими параметрами

$$\bar{r}_u = S^u_{z\cdot\theta_u\cdot y_u\cdot\phi_u\cdot y_n}\cdot\bar{e}^4, \tag{12}$$

$$S^u_{z\cdot\theta_u\cdot y_u\cdot\phi_u\cdot y_n} = M_3(z)M_6(\theta_u)\cdot M_2(y_u)\cdot M_4(\phi_u)\cdot M_2(y_n), \tag{13}$$

где: $\bar{r}_e$ — радиус-вектор точек поверхности инструмента; $S^{\partial}_{z\cdot\theta_u\cdot y_u\cdot\phi_u\cdot y_n}$ — сферический модуль, представляющий собой матрицу перехода от начальной точки в систему координат инструмента; θ_e — угол поворота вокруг оси O_uZ_u вращения инструмента; $y_e = R_e$ — расстояние от центра профиля инструмента до его оси вращения; ϕ_e — угол поворота вокруг оси ОиYи; $y_i = \rho_e^?$ — радиус профиля круга.

Таким образом, радиус-вектор винтовой поверхности детали описывается тремя сферическими модулями:

$$\bar{r}_{\partial u} = S^{\phi}_{\theta_\partial\cdot y}\cdot S^o_{\psi\cdot x}\cdot\bar{r}_u, \tag{14}$$

где: $S^{\phi}_{\theta_\partial\cdot y} = M_6(\theta_\partial)\cdot M_2(-y_c - t\cdot k)$ — модуль формообразования детали; $\theta_{\ddot{a}}$ — угол поворота системы координат инструмента относительно оси вращения детали; $y = -y_c - t\cdot k$ — текущая координата межосевого расстояния инструмента и детали; y_c — расстояние между осями круга и детали в положении окончательного формирования поверхности детали, $a = \dfrac{t}{2\pi}$ — постоянная спирали Архимеда, которой в относительном движении перемещается круг при съеме припуска δ, t — величина поперечной подачи круга в направлении, перпендикулярном оси $O_\partial Z_\partial$ вращения детали, на один ее оборот; k — количество рабочих ходов, необходимых для съема припуска δ; $S^o_{\psi\cdot x} = M_5(\pm\psi)\cdot M_1(x)$ — модуль угловой ориентации инструмента относительно детали.

Когда припуск снят, $\delta = 0$ и $y = y_c$, линия контакта, которая вращается вокруг оси детали без поперечного перемещения, описывает форму обработанной поверхности с радиусом ρ_∂. На рис. 4 представлен процесс снятия припуска. При врезании круга в деталь 2 и одновременном его наклоне будут появляться погрешности Δ_{kj}, величина которых будет уменьшаться в процессе снятия припуска. Окончательный же профиль винтовой канавки будет формироваться без погрешности, поскольку, круг правится при максимальном угле наклона, радиус проекции линии контакта круга и детали будет равен радиусу профиля канавки P_∂. Величина погрешностей Δ_{kj} определяется по методу наименьших квадратов и не должна превышать допуска на форму профиля канавки.

Модель (14) описывает множество поверхностей. Для определения реальной винтовой поверхности детали, необходимо составить уравнение, которое описывает линию контакта.

$$\bar{V}_{\partial u}\cdot\bar{n}_u = 0, \tag{15}$$

где: $\bar{n}_u$ — единичный вектор нормали к поверхности инструмента; $\bar{V}_{\partial u}$ — вектор скорости относительного движения этой поверхности в системе координат детали.

Вращая линию контакта вокруг оси детали с осевым перемещением z, мы получим реальный контур поверхности детали.

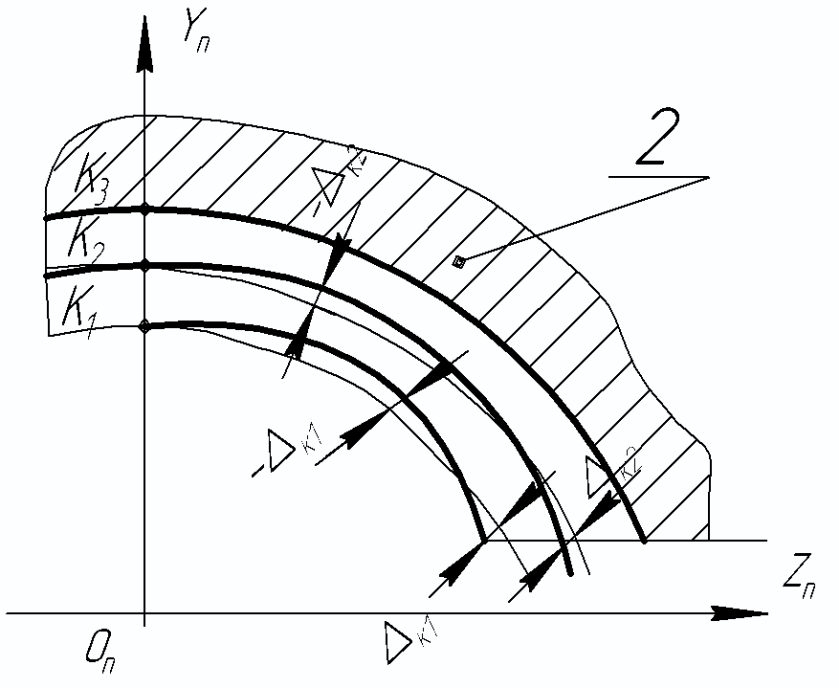


Рис. 4. Процесс съема припуска при обработке винта ШВП

Предложенный способ обработки реализован на кафедре интегрированных технологий и автомобилей Черниговского государственного технологического университета. Установка создана на базе универсального станка с ЧПУ мод. ВЗ208Ф3. Впервые подобная установка позволяет обрабатывать винт и гайку ШВП. Производилась окончательная обработка восстановленного винта ШВП. Чистовая обработка винта из стали 12Х2Н4А производилась кругом 24А16СМ26К5 с режимами $V_и$=35 м/с, $V_д$=2,5 м/мин и глубиной резания 15 мкм по всему радиусному профилю.

Выводы

1. Предложен новый способ на базе анализа моделей, позволяющий обрабатывать винтовые поверхности ШВП как в процессе ремонта, так и в процессе изготовления, по эквидистантным кривым с одинаковой глубиной резания по радиусному профилю, что увеличивает точность и производительность ремонта передач. Обработка всей винтовой поверхности производится при постоянном угле наклона круга, что обеспечивает одинаковые условия резания по всей длине детали и таким образом обеспечивает стабильность физико-механических свойств винтовой поверхности. Поперечная подача и поворот круга осуществляется в начале каждого рабочего хода.

2. Предложенный способ обработки наиболее рационально использовать для окончательной обработки винта и гайки ШВП, поскольку постепенное уточнение профиля детали позволяет обеспечить высокую точность обработки.

3. Разработана экспериментальная установка на базе универсального станка мод. ВЗ208Ф3 для шлифования винтов и гаек ШВП. Использование в качестве базы для установки станка с ЧПУ, позволяет использовать ее не только на автомобилестроительных заводах, но и на автомобилеремонтных предприятиях для ремонта и восстановления деталей ШВП. В дальнейшем планируется разработать пакет прикладных программ, который позволит программировать процесс обработки без специальной подготовки технологов-программистов.

Перечень литературы

1. Техника линейно-точных перемещений/Шариковые винтовые передачи SBC в автомобилестроении [Электронный ресурс].— Электрон. текстовые данные (19 216 bytes).— М: КИПиА, 2008.— Режим доступа: http://www.itrostov.ru/_3 865 055/Monday, 10 November 2008 17:05:34.

2. Петраков Ю. В. Математична модель шліфування внутрішньої гвинтової канавки пари кочення/Ю. В. Петраков, А. А. Субін // Вестник Национального технического университета «КПИ», 1999.— № 37.— С. 63–68.

3. Эльянов Э. Д. Шлифование в автоматическом цикле.— М.: Машиностроение, 1980.— 101 с.

4. Григорьян Г. Д. Обеспечение стабильности профиля резьбы ходовых винтов качения/Г. Д. Григорьян, В. Н. Мухортов // Станки и инструмент.— 1986.— № 12.— 23–24.

5. Кальченко В. И. Научные основы шлифования криволинейных поверхностей с управляемой ориентацией абразивного инструмента: дис. … доктора техн. наук/Кальченко Виталий Иванович.— Х., 1994.— 329 с.

6. Решетов Д. Н. Точность металлорежущих станков/Д. Н. Решетов, В. Т. Портман.— М.: Машиностроение, 1986.— 336 с.

7. Кальченко В. І. Проектування, виробництво та обслуговування гвинтових передач гаражного обладнання/В. І. Кальченко, В. В. Кальченко // Вісник Чернігівського державного технологічного університету.— 2008 — № 34.— С. 50–55.

Анотація. *Пропонуються модульні 3D моделі профілювання абразивного круга і формоутворення гвинтових поверхонь з профілем у вигляді дуги кола для ремонту і виготовлення кулькових гвинтових передач автомобілів і гаражного устаткування.*

Abstract. *Modules 3D models of profiling of abrasive circle and shaping of spiral surfaces of round type are offered for repair and making of ball-shaped helical gears of cars and garage equipment.*

Стаття надійшла до редакції 02.09.2009 р.

УДК 629.113

МАКАРОВ В. А., к. т. н., доцент.; ВОЛОХОВ О. С., аспірант НТУ; КУПЛІНОВ А. В., аспірант НТУ; КРІТ А. В., інженер; КУЛІЄВ Р. А., ас., Донецька академія автомобільного транспорту

ДО ПИТАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК КУРСОВОЇ СТІЙКОСТІ СРР ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ ПІД ЧАС ЙОГО РУХУ ПО КОЛУ

У статті описано визначення характеристик бічного відведення коліс легкового автомобіля за даними дорожнього експерименту з використанням сучасного діагностичного обладнання. Показано етапи експерименту й порядок обробки отриманих результатів.

Постановка проблеми

Курсова стійкість легкового автомобіля, що рухається з великою швидкістю по дорозі є однією з основних експлуатаційних властивостей авто, що впливає на безпеку переміщення автомобіля. Вимоги безпеки найбільш актуальні в сучасному європейському суспільстві.

Аналіз останніх досліджень [1], [2] свідчить про можливість та необхідність подальшого вивчення показників стійкості криволінійного руху. Обнадійливі результати отримані з використанням простого інструмента. Слід продовжити дослідження, ускладнюючи вимірювальну апаратуру.

Мета дослідження

Отримання показників курсової стійкості руху в умовах реального режиму руху КТЗ по колу.

Основний розділ

Під час перевірки виконувалися задачі порівняння значень параметрів, отриманих двома шляхами:

– вимірюванням з допомогою діагностичного приладу Tech-2;

– вимірюванням простими інструментами вихідних даних з наступним розрахунком значень згідно моделі.

Крім того, порівнювалися між собою величини параметрів, отриманих шляхом вимірювання приладом Tech-2 та визначеними за формулами, що зв'язують деякі параметри.

В експерименті використовувався автомобіль Opel Zafira 2002 року випуску (рис. 1).



Рис. 1. Автомобіль Opel Zafira, що використовувався на розміченому для експеримента майданчику

Дослідження проводилося на ділянці полігона, який розміщується в околі вул. Сеченова м. Донецька (рис. 2)

Поверхня випробувального майданчика є горизонтальною та має виміряний показник шорсткості 1,4–2,0 мм (згідно методу «піщаної плями», що допускає граничну помилку вимірів 0,01 мм).

Автомобілем керував досвідчений водій (стаж 12 років) Андрій Кріт, що має кваліфікаційний рівень магістр зі спеціальності «Автомобілі та автомобільне господарство» і працює вісім років на СТО Opel ТОВ «Гратіум» м. Донецька.

Згідно плану експерименту, автомобіль рухався по колах різних радіусів; траєкторії переміщення середин передньої та задньої вісей отримувалися з допомогою гідравлічних та порошкових відмітчиків (рис. 3).



а) *б)*

Рис. 2. Майданчик для експерименту:
а — на фрагменті карти м. Донецька (вказана стрілкою); б — з автомобілем Opel Zafira, що рухається

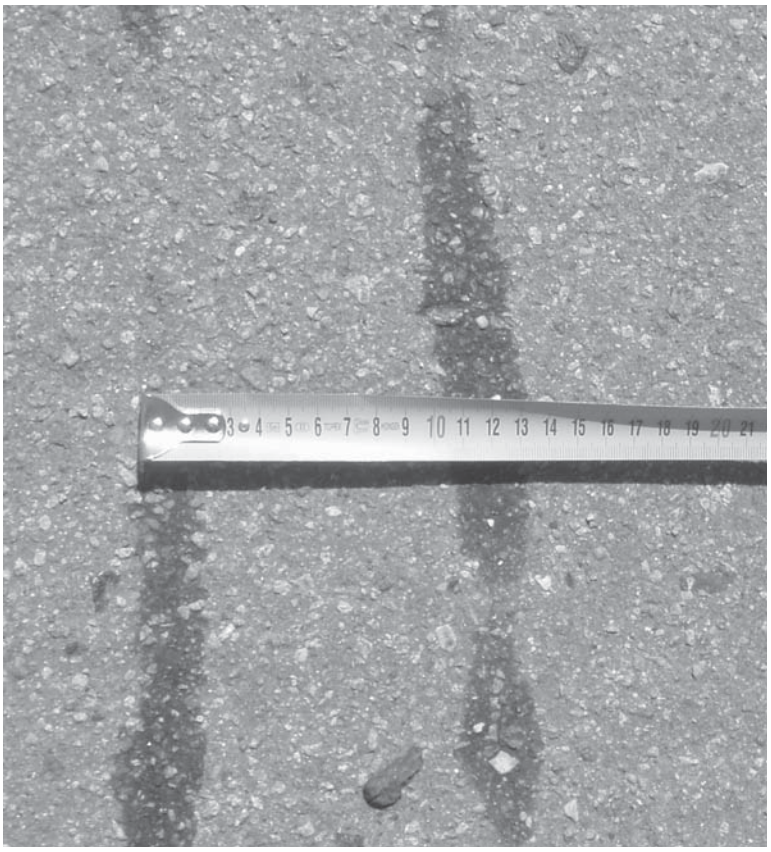


Рис. 3. Траєкторії центрів передньої та задньої вісей автомобіля з вимірювальною рулеткою

Перед експериментальним дослідженням Opel Zafira пройшов діагностичні та регулювальні роботи на СТО Opel ТОВ «Гратіум». Технічний стан ходової частини та підвіски відповідав технічним вимогам. На автомобілі використані шини 195/55R15.

Нижче наведений хід експерименту та його результати. Схема математичної моделі, що була прийнята в дослідженні наведена на рис. 4.

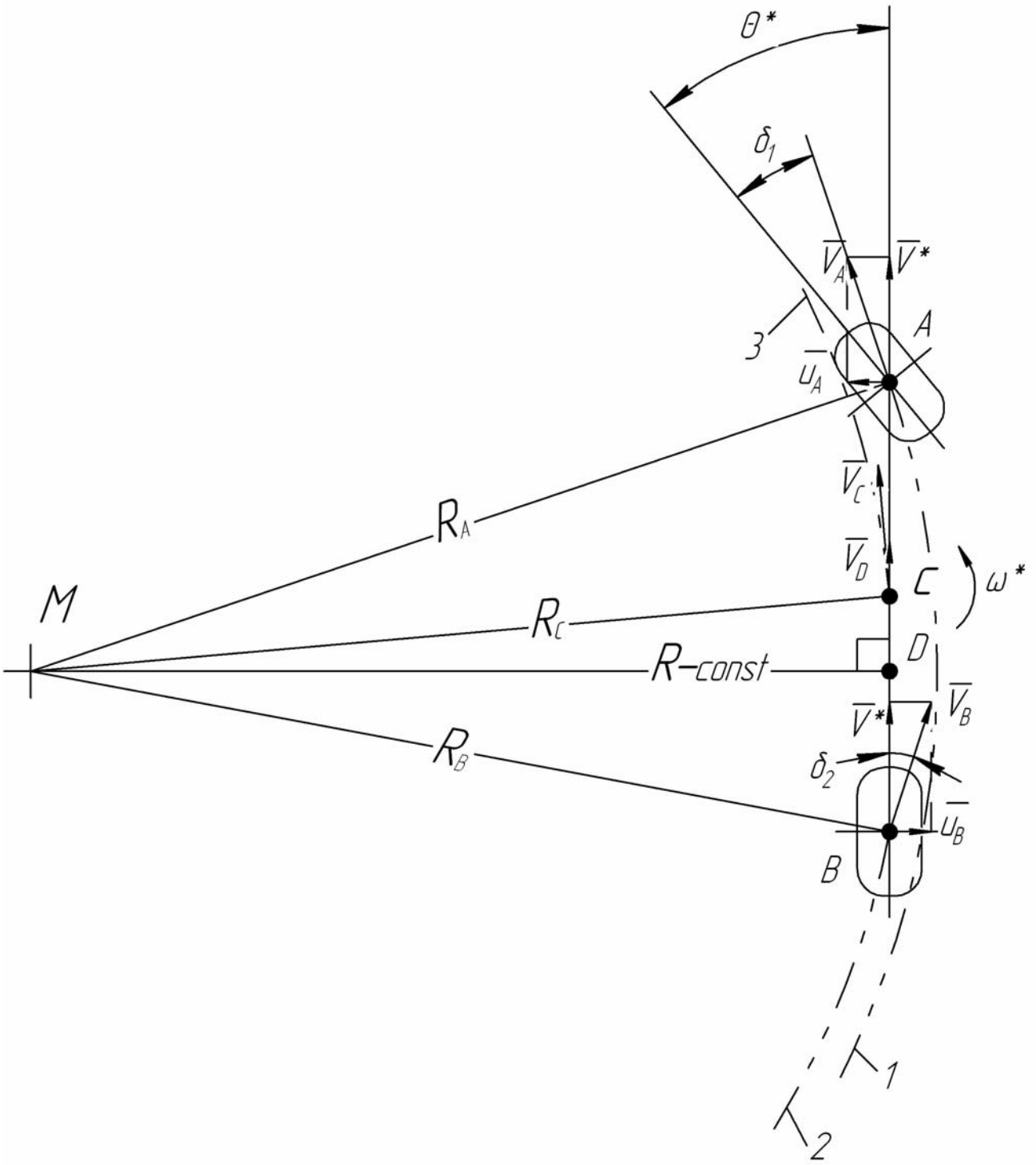


Рис. 4. Кінематична схема стаціонарного руху велосипедної моделі легкового автомобіля по колу:

θ—кут повороту переднього колеса; δ_1 і δ_2—кути відведення переднього та заднього коліс; точки A, B і C позначають, відповідно, центри переднього, заднього коліс і центр мас моделі; точка D—місце перехрещення перпендикуляру до поздовжньої вісі (R) та самої вісі (AB); точка M—миттєвий центр швидкостей; V_A, V_B, V_C й V_D: лінійні швидкості точок, відповідно, A, B, C, й D; 1, 2 й 3—траєкторії поворотів, відповідно, центрів передньої, (точка A) і задньої осей точка (B), а також центру мас (точка C)*

Для вирішення дослідницьких задач виконувався рух по двом колам ($i=2$) довільних невеликих радіусів (R_i — const), незмінність яких контролювалась постійним значенням кута повороту кермового колеса (вимірявся діагностичним приладом Tech-2). Фрагмент з результатами вимірювань означеним приладом наведений в табл. 1.

Таблиця 1

Результати вимірювань приладом Tech-2

Номер вимірювання	Бічне прискорення a_y, м/с²	Кутова швидкість ώ, град/с (рад/с)	Кут повороту кермового колеса θ_p, град	Швидкість задніх коліс, км/год (м/с)	
				внутрішнього, V_{21}	зовнішнього, V_{22}
1	3,5	30 (0,525)	252	19 (5,28)	22 (6,11)
2	3,5	29 (0,438)	252	18 (5,00)	21 (5,83)
3	2,7	29 (0,438)	252	18 (5,00)	21 (5,83)
4	2,5	29 (0,438)	252	18 (5,00)	20 (5,56)
5	3,1	30 (0,525)	252	18 (5,00)	21 (5,83)
6	3,1	29 (0,438)	252	18 (5,00)	21 (5,83)

Загальна кількість вимірювань (під час переміщення по одному колу) становила 77 одиниць з однаковим терміном часу між сусідніми вимірюваннями.

Кут повороту кермового колеса залишався незмінним — 252 градуса (колонка 4), що відповідає куту повороту «середнього» керуючого колеса моделі на 19,4°.

Для оцінки показників КСР необхідно точно визначити швидкість центру мас автомобіля, а прилад виміряє лінійні швидкості кожного з двох задніх, а також передніх коліс, окремо (внутрішнього та зовнішнього при переміщенні по колу). З метою обґрунтування формули для розрахунку швидкості центру мас КТЗ розглянута наступна схема (рис. 5).

Відрізком АВ зображений корпус велосипедної моделі. Лінійні поздовжні швидкості внутрішнього і зовнішнього задніх коліс, відповідно, дорівнюють:

$$V_{21}^* = V^* - \omega^* \cdot \frac{H_2}{2}; \quad V_{22}^* = V^* + \omega^* \cdot \frac{H_2}{2}. \tag{1}$$

Слід відмітити, що для всіх 77 вимірювань дотримується нерівність $V_{22} > V_{21}$, причому простежується стабільність різниці $(V_{22} - V_{21}) = 3$ км/год.; тільки у 16 вимірюваннях з 77 вона має інше значення: 1 раз — 2 км/год., 15 разів — 4 км/год.

Таким чином, лінійну поздовжню швидкість центру мас слід розраховувати за формулою:

$$V^* = \frac{V_{21}^* + V_{22}^*}{2}. \tag{2}$$

Означене тлумачення вірне, якщо відсутнє ковзання у плямі контакту задніх коліс з опорною поверхнею, що можна допустити з урахуванням тієї обставини, що задні колеса автомобіля, що випробується є ведені. Умови вимірювання швидкості для передніх ведучих коліс наведені нижче, після аналізу даних, виміряних з допомогою задніх коліс.

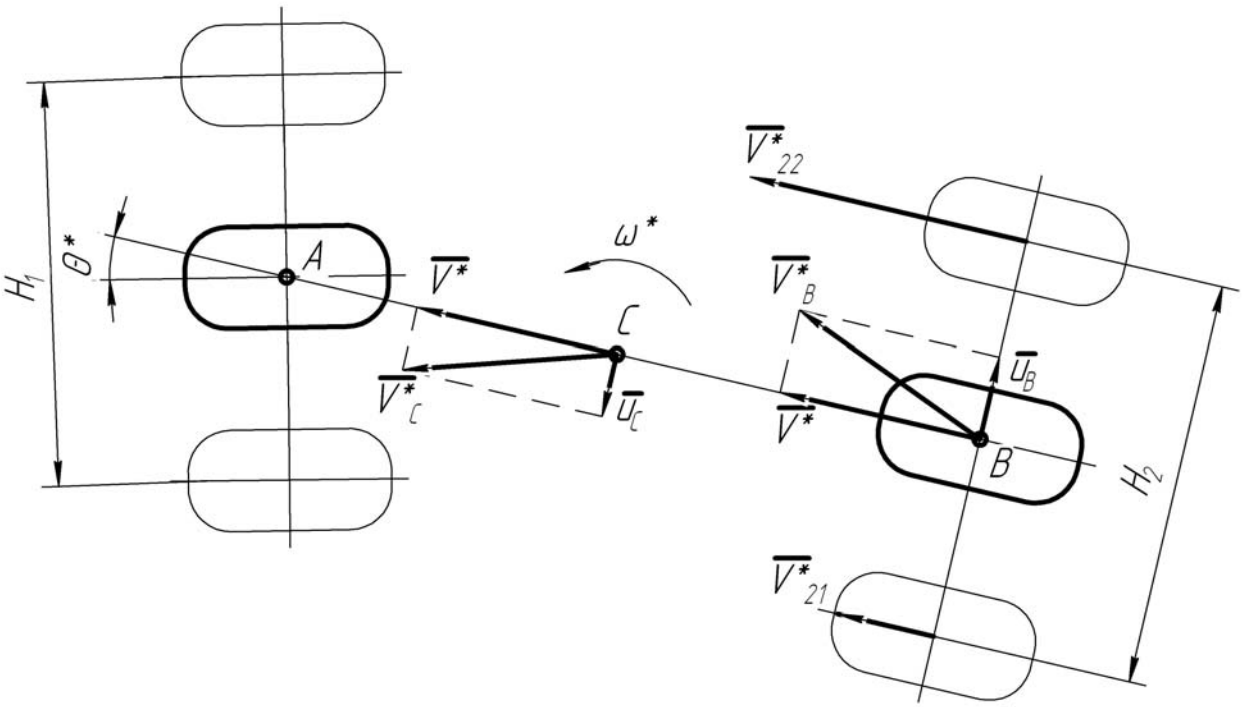


Рис. 5. Кінематична схема, що використана для визначення проекцій на відрізок АВ швидкостей точки В й центру мас автомобіля:

$\overline{V}^*_{21}$ й $\overline{V}^*_{22}$ — лінійні швидкості, відповідно, внутрішнього та зовнішнього задніх коліс (під час повороту); $\overline{V}^*$ — проекція лінійних швидкостей на відрізок АВ, що відповідає СРР по колу; H_1 й H_2 — колія, відповідно, передніх й задніх коліс; ώ — кутова швидкість; А, В і С — точки, що позначають, відповідно, середини передньої й задньої осей, а також — центр мас*

Достовірність виміряних діагностичним приладом величин параметрів, що наведені в табл. 1 можна перевірити, якщо використати відповідні математичні залежності.

Кутову швидкість повороту відносно вертикальної вісі, що проходить через центр мас, розраховано за формулою

$$\omega^* = \frac{V^*_{22} - V^*_{21}}{H_2}, \tag{3}$$

яка буде абсолютно вірною для випадку повної відсутності ковзання в контакті.

Бічне прискорення визначено за наступною формулою

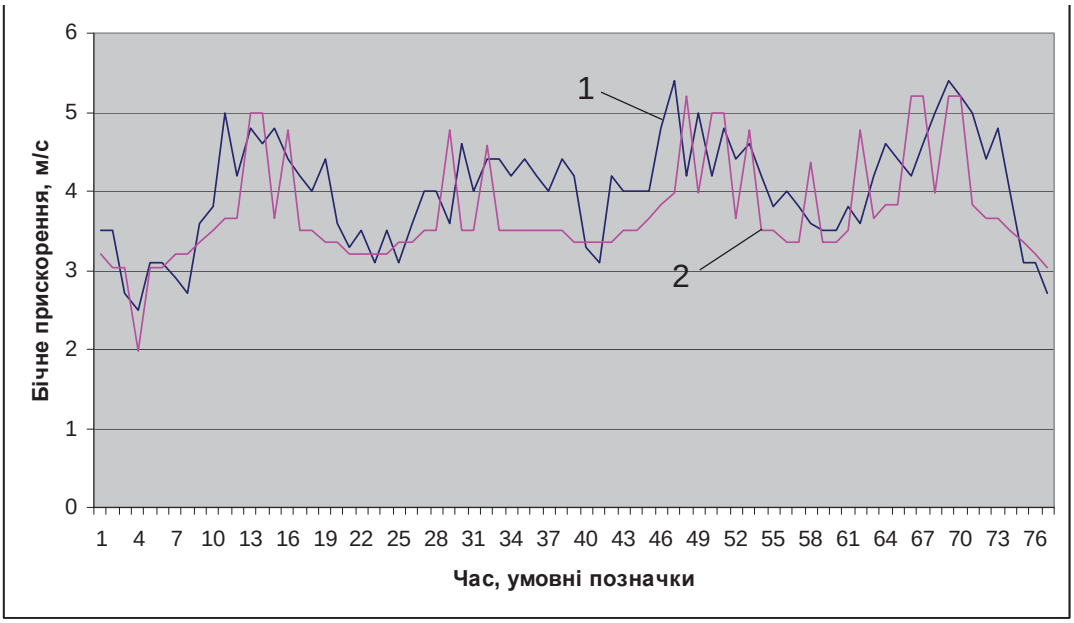
$$a_y = V \cdot \omega^* = \frac{V_{22} + V_{21}}{2} \cdot \frac{V_{22} - V_{21}}{H_2} = \frac{V^2_{22} - V^2_{21}}{2H_2}. \tag{4}$$

На ступінь співпадання виміряних та розрахованих значень бічного прискорення дуже суттєво можуть впливати два фактори: ковзання в опорному контакті та наявність прискорення бічної проекції швидкості $\dot{u}$. Остання змінить розрахункову формулу (4) на наступну

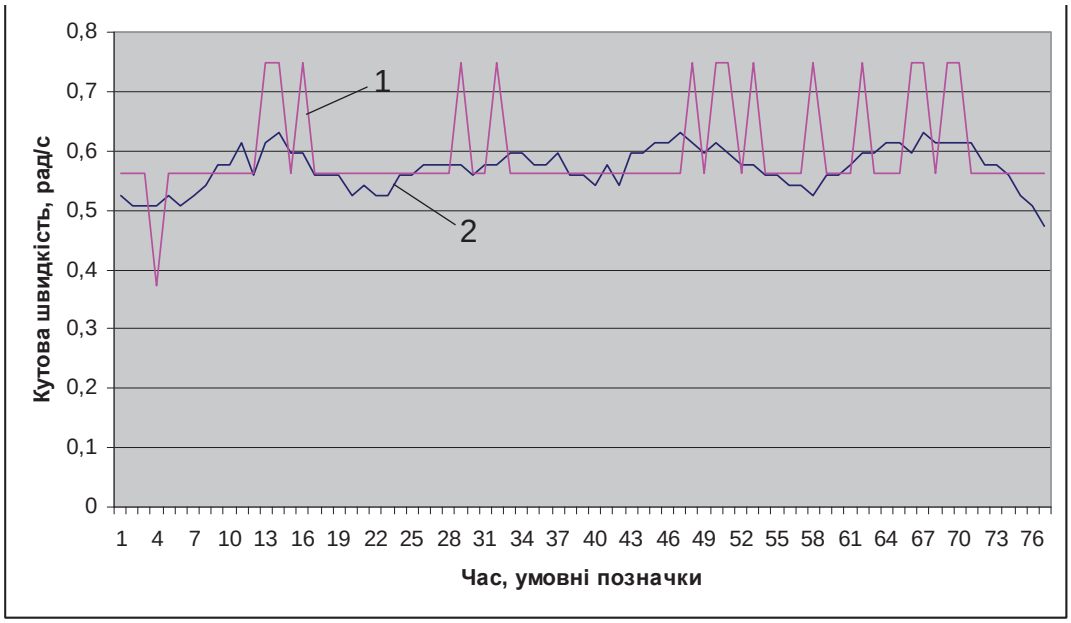
$$a_y = \dot{u} + V\omega . \qquad (5)$$

Якщо $\dot{u} \neq 0$, то були порушення СРР.

Нижче, на рис. 6, наведені залежності бічного прискорення центру мас автомобіля та кутової швидкості від часу при переміщенні автомобіля по колу, що відповідає повороту керованого колеса на кут 19,40.



а)



б)

Рис. 6. Залежності бічного прискорення центру мас автомобіля (а) та кутової швидкості (б) від часу, що позначений умовними позначками:

1 — графік, побудований по розрахованим даним; 2 — графік, побудований по розрахованим даним.

Візуальний аналіз графіків дозволяє зробити висновки про те, що напрямки коливання графіків 1 і 2 співпадають. Розсіювання виміряної та розрахованої кривих для прискорення також співпадають. Щодо кутової швидкості, то й розрахований графік має значно більші коливання амплітуди, ніж виміряний графік. Визначені статистичні показники для виміряних і розрахункових значень наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Статистичні показники

Кут повороту колеса, град.	Найменування параметру		Середнє значення $\overline{a}_y$	Середнє квадратичне відхилення	Коефіцієнт варіації
19,4	Бічне прискорення, м/с²	виміряне	4,0052	0,6649	0,1660
		розрахункове	3,7246	0,6601	0,1772
	Кутова швидкість, рад/с	виміряне	0,5705	0,0346	0,0606
		розрахункове	0,5952	0,0782	0,1314
14,8	Бічне прискорення, м/с²	виміряне	4,2827	0,8044	0,1878
		розрахункове	4,0886	0,8765	0,2144
	Кутова швидкість, рад/с	виміряне	0,4991	0,0303	0,0607
		розрахункове	0,5263	0,0951	0,1807

Невеликі значення коефіцієнтів варіації свідчать про суттєву імовірність нормального закону розподілу параметрів. Для бічного прискорення однорідними є дисперсії для даних виміряного й розрахованого статистичних рядів. Експериментальне значення критерію Фішера дорівнюється FE = 0,6649/0,6601 = 1,01, що менше ніж його табличне значення $F_{76,76}^{табл} = 1{,}53$.

У випадку оцінки однорідності аналогічних дисперсій кутової швидкості результат протилежний — дисперсії неоднорідні (0,0782/0,0346 = 2,26 > 1,53).

Згідно статистичних даних визначена інтервальна оцінка, що дозволяє визначити точність δ при заданій довірчій імовірності вимірювання і розрахунку бічного відведення [3]. Прийнята імовірність γ того, що інтервал ($\overline{a}_y - \delta, \overline{a}_y + \delta$), містить в собі (покриває) невідоме значення параметру, дорівнюється 0,95. Тоді, точність оцінки

$$\delta = \frac{t \cdot \sigma}{\sqrt{n}},$$

де n — об'єм вибірки;

t — число (аргумент), якому відповідає значення функції Лапласа, що дорівнюється $\gamma / 2$.

Тоді функція Лапласа Ф(t) = 0,475 і згідно таблиці [3], t = 1,96.

Таким чином $\delta = \pm 0{,}147$ м/с². Тоді відносна похибка дорівнюється приблизно 4%.

Висновки

Показники курсової стійкості руху отримані за допомогою Tech-2 в умовах реального режиму руху авто по колу. Результати свідчать про необхідність виконання додаткових заходів для забезпечення стаціонарного руху.

Перелік літератури

1. Вербицкий В.Г., Макаров В.А., Кулиев Р.А. О подходе к определению параметров увода шин при стационарном движении легкового автомобиля по окружности // Вісник ДонНАБА, Випуск — 5 (67). — Макіївка, 2007. — С. 106–111.

2. Вербицкий В.Г., Макаров В.А., Костенко А.В., Стрельник Ю.Н., Макиёв Н.Н., Воловненко Е.Г. Экспери ментальная оценка параметров бокового увода осей легкового автомобиля при его стационарном движении по окружности // Вісник ДІАТ-№ 4—Донецьк, 2008. — С. 40–45.

3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Высш. школа, 1972. — 368 с.

Аннотация. *В статье описан процесс определения характеристик бокового увода колес легкового автомобиля, по данным дорожного эксперимента, с использованием современного диагностического оборудования. Показаны результаты эксперимента и порядок обработки полученных результатов.*

Abstract. *The determination of lateral skid features of passenger car according to road experiment data, with the use of modern diagnostic equipment is described. The stages of the experiment and processing order of received results are shown.*

Стаття надійшла до редакції 08.09.2009 р.

УДК 629.113

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

ЛАБОРАТОРНЕ УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТОРОЇДАЛЬНОЇ ШИНИ В СТАЦІОНАРНОМУ РЕЖИМІ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ВИМІРЮВАННЯ

Розроблено нове устаткування для визначення параметрів тороїдальних шин у стаціонарному режимі. Отримані результати мають високу точність і дозволяють використовувати їх при дослідженні поведінки шини і транспортних засобів у моделях неусталених режимів руху.

Постановка проблеми

Одним із шляхів поліпшення стану на транспортних мережах сучасного міста є розробка та впровадження нових, надто малих транспортних засобів, розрахованих на одну-дві особи. Робота в цьому напрямку потребує нових досліджень і, зокрема, поведінки одного з найважливіших його елементів-еластичних шин [1].

Устаткування для визначення параметрів тороїдальної шини у стаціонарному режимі відрізняється оригінальною схемою і устроєм і дозволяє отримати характеристики шин з високим рівнем точності.

Аналіз останніх досліджень

В більшості публікацій, пов`язаних з дослідженням впливу шин на стійкість руху автотранспортних засобів, відображено посилання на конкретну теорію кочення еластичного колеса. Одним із відомих експериментальних досліджень шини вважається робота [2]. Однак вона більше стосується еластичних шин з формою бігової доріжки схожою на циліндр.

Мета статті

Довести переваги запропонованого устаткування для визначення параметрів тороїдальної шини у порівнянні з існуючими засобами.

Основний розділ

Вимоги до устаткування:

– можливість визначення характеристик шини в усьому діапазоні експлуатаційних параметрів;

– зменшення кількості факторів, які знижують точність вимірювань, тобто, поліпшення якості отриманих результатів;

– простота та універсальність (можливість зняття максимальної кількості параметрів);

– висока точність.

Склад устаткування:

устаткування забезпечує можливість визначення у стаціонарному режимі коефіцієнта α бічної жорсткості шини, коефіцієнта крутильної τ жорсткості шини і, як наслідок, при необхідності, розрахувати коефіцієнти пружності σ, ρ шини. Схема установки показана на рис. 1.

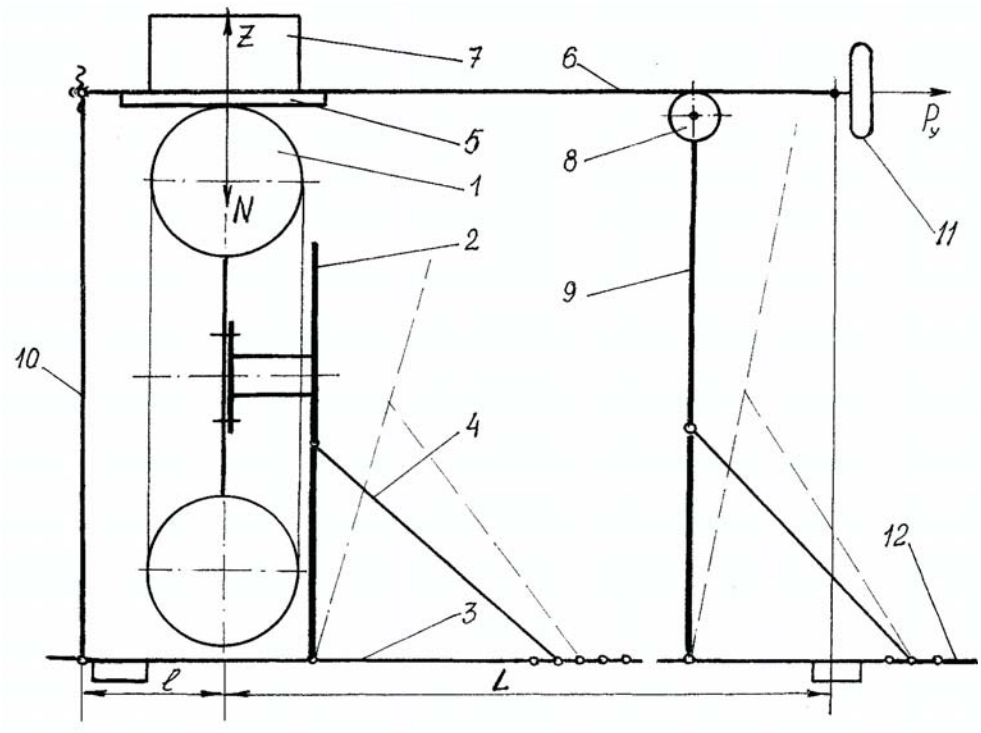


Рис. 1. Схема установки для визначення коефіцієнтів бічної та крутильної жорсткості шини

1 — колесо; 2 — рама установки кута розвалу колеса; 3 — станина; 4 — розпірка регулювання кута розвалу; 5 — елемент дорожнього покриття; 6 — рухлива плита-важіль; 7 — набір вантажів; 8 — ролик опорний; 9 — рама установки ролика по висоті; 10 — тяга змінюваної довжини; 11 — тензодатчик; 12 — станина опори ролика

У положенні елементів, зображених на схемі (рис. 1), виміряються коефіцієнти α — бічної і відповідно τ — кутової жорсткості шини. При цьому шина встановлена таким чином, що кут розвалу χ й курсовий кут $\psi\ (\chi = \psi = 0)$ дорівнюють нулю. Рухливій плиті (6), що опирається

на ролик (8), передається бічний зсув, який дорівнює бічній деформації шини ξ. При цьому, одночасно реєструються величина бічної сили P_y (за допомогою тензодатчика (11) і бічний зсув плити (6) (за допомогою індикатору). Регулювання висоти ролика (8) забезпечує, в остаточному підсумку, перпендикулярність лінії дії бічної сили P_y площини колеса і як наслідок — необхідну точність вимірів. Крім того, за результатами цих вимірів легко визначити величини коефіцієнта бічного зчеплення φ_y. Розворот плити 6 разом зі станиною (12) на кут 90°, тобто установлення її в площину обертання колеса (1) дозволяє визначити φ_x, а при менших значеннях кута повороту плити 6 — визначати φ_{xy}. Крім того, установка дозволяє визначати залежність наведених вище коефіцієнтів від величини χ. Для цього необхідно встановити колесо під відповідним кутом. В усіх цих випадках тяга (10) не встановлена.

Коефіцієнти пружності σ і ρ вимірюються при прибраному ролику (8). При цьому, плита (6) установлюється до площини кочення шини 1 під кутом χ, кут $\psi = 0$. Тяга (10) утримує лівий кінець плити (6). До далекого кінця рухливої плити (6) прикладається сила, спрямована вертикально до низу. Реєстрація параметрів χ, L, l і P_z дає можливість визначити зазначені коефіцієнти.

Загальний вигляд установки зображено на рис. 2:



Рис. 2. Установка в положенні щодо визначення коефіцієнтів бічної жорсткості шини

Особливістю конструкції є спроможність реєстрації сили P_x з високою точністю, завдяки:
а) зменшенню до мінімального вертикального навантаження на кінцеву частину важеля (6) (близько 20 Н);

б) використанню плоского кулькового підшипника, на який обіпертий важіль (6), що складається з двох плоских скляних поверхонь, між якими розташовані сталеві кульки однакового розміру. Таким чином підшипник, має 3 ступеня свободи, що дозволяє поступово рухатися у двох напрямках і обертатися навколо перпендикулярної вісі щодо поверхні скла.

Визначення п'яточного моменту (рис. 3) здійснюється при поверненні опорного ролика (8) разом з рамою (9) на кут 90° від положення зображеного на рис. 1, 2. Обертання плити (6) у горизонтальній площині навколо плями контакту шини з «опорною» поверхнею з одночасною

реєстрацією тангенціальної сили P_x, прикладеної до далекого кінця плити (6), у горизонтальній площини та значення плеча L, дозволяє знайти п'яточний момент:

$$M_П = P_x L \tag{1}$$

Кути відхилення δ плити (6), при яких остання може повертатися до свого початкового положення, за рахунок пружності шини дозволяють визначити коефіцієнт крутильної жорсткості τ.

$$\tau = M_П / \delta \tag{2}$$

Змінний елемент дорожнього покриття (5) дозволяє моделювати взаємодію колеса з асфальтом, бетоном та ін. Подальші дослідження виявили потребу використовувати замість ролика (8), пристрій у вигляді двох листів зі скла, між якими вільно розташовуються сталеві кульки (рис. 3). Такий пристрій забезпечив значно менші втрати зусилля на переміщення кінця плити (6) у тангенціальному напрямку. Як результат, втрати не перевищили одного відсотка.



Рис. 3. Загальний вигляд установки для визначення крутильної жорсткості шини

Згідно до феноменологічної моделі Рокара (лінійна гіпотеза):

$$Y = k\delta \tag{3}$$

де k — коефіцієнт опору відведення еластичного колеса; δ — кут відведення еластичного колеса.

З іншого боку поперечна пружна сила, що виникає при коченні з відведенням, визначається за законом Гука

$$Y = \chi\xi,$$

де ξ — пружна деформація шини у боковому напрямку; χ — коефіцієнт бокової жорсткості. Враховуючи зв'язок між кутом відведення δ, поперечною пружною деформацією ξ та параметром релаксації σ

$$\sigma \approx \xi / \sigma,$$

отримуємо

$$Y = k\delta = k\xi / \sigma = \chi\xi, \rightarrow k = \chi\sigma \qquad (4)$$

Останнє рівняння (5) є зв`язком між k, χ та σ

Параметр релаксації входить до рівняння, що визначає закон зміни бокової сили при неусталеному відведенні

$$Y\sigma / V + Y = k\delta \qquad (5)$$

Результати вимірювання параметрів тороїдальної шини в стаціонарному режимі

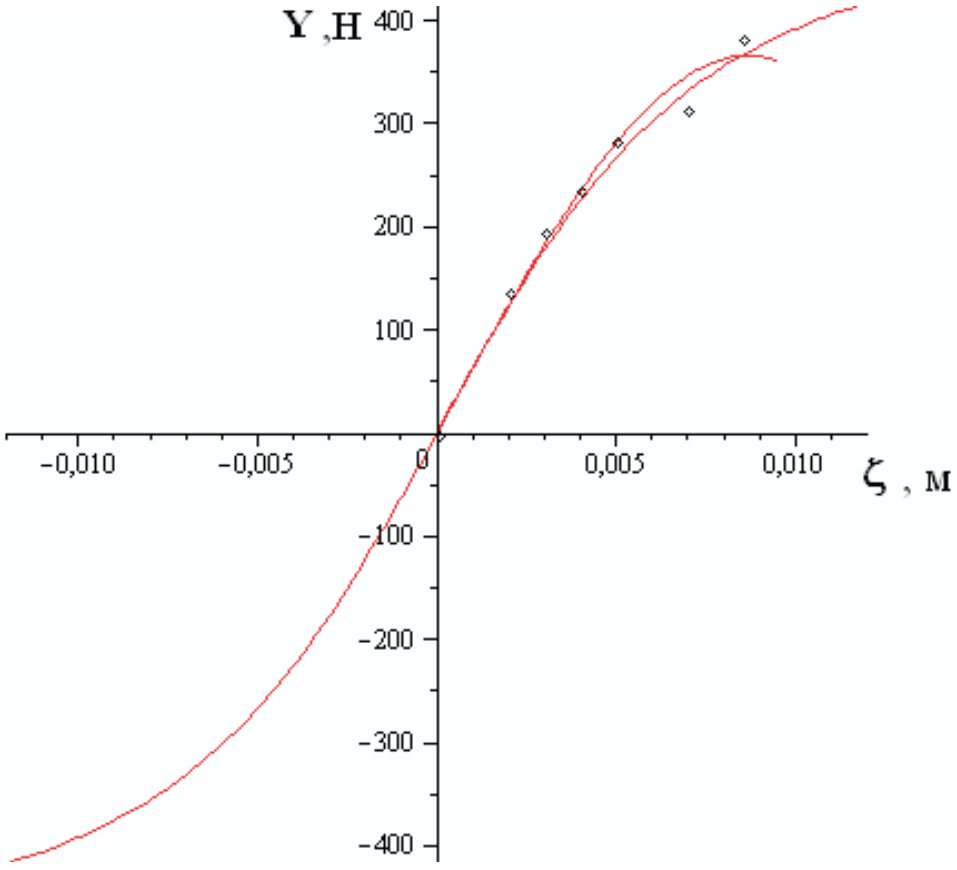


Рис. 4. Залежність деформації шини від значення бічної сили, діючої на неї

Згідно (2) з чисельними результатами, отриманими при проведенні експериментальних досліджень, значення коефіцієнту бічної жорсткості для тороїдальної шини HD 130/60–13 M/C hongdou становить:

$$a = 65400 H / м,$$

а коефіцієнт крутильної жорсткості:

$$\tau = 386{,}5 Нм / радіан \text{ (6,74 Н м/градус).}$$

Похибка в визначенні кінцевого значення τ обумовлена тільки при вимірюванні тангенціального зусилля на кінці рухливої плити (6) (рис. 1). Але, завдяки малому абсолютному значенню P_x (не більше 12 Н), а також дуже малому коефіцієнту тертя кочення $(f = 0.001)$ між плитою (6) та поверхнею столу (рис. 3). Тому значення крутного моменту, що обумовлений тертям кочення можна не враховувати при визначенні τ .

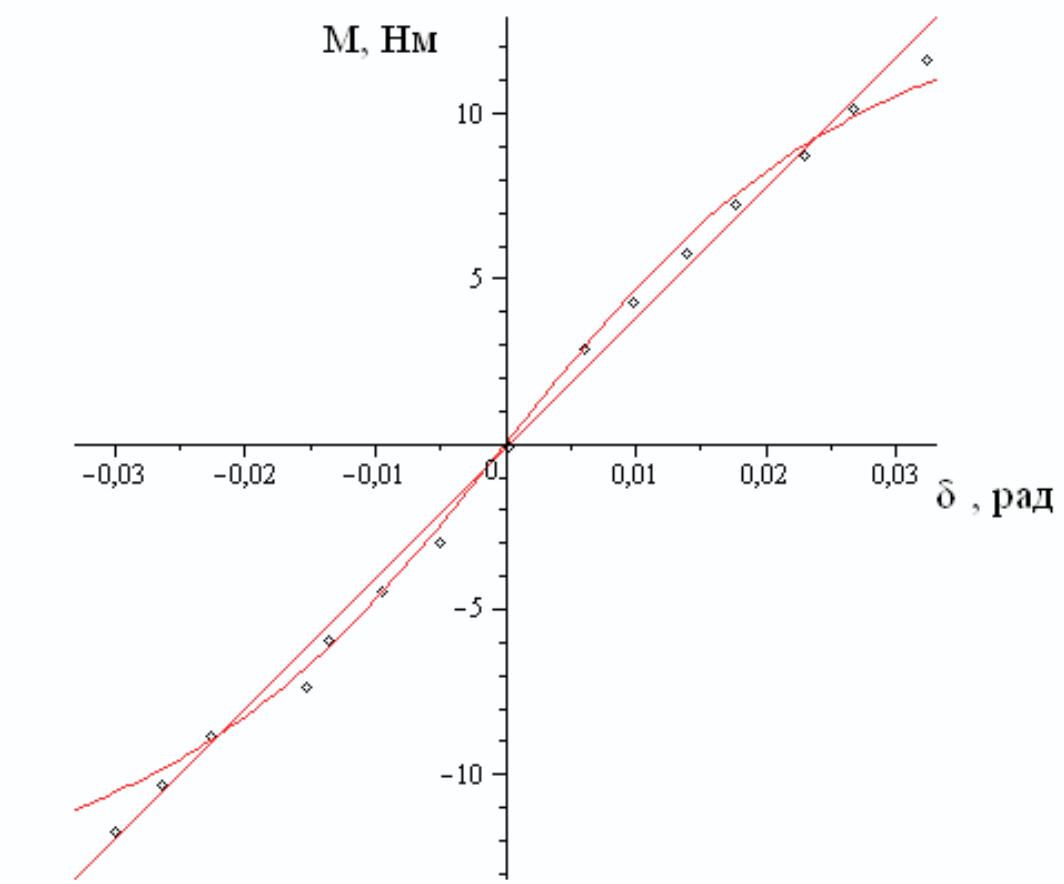


Рис. 5. Залежність кута повороту тороїдальної шини від обертаючого моменту, діючого відносно вертикальної осі

Висновки

Отримані дві найбільш важливі характеристики пружних властивостей колеса з тороїдальною шиною, які необхідні для моделювання динаміки 3-и колісного екіпажу. Коефіцієнт бокової жорсткості та коефіцієнт опору бічному відведенню пов`язані між собою за допомогою коефіцієнта релаксації, пряме визначення якого досить складне. Сам коефіцієнт релаксації використовується щодо опису неусталеної моделі відведення.

Коефіцієнт крутильної жорсткості щодо тороїдальної шини використовується для визначення необхідних зусиль при повертанні керованого модуля на місці і, крім того, служить оцінкою, яка визначає граничне значення стабілізаційного моменту у динамічному стані системи (при урахуванні геометрії керованої стійки — поздовжнього кута нахилу λ, виносу $c_{f,}$ і вертикального навантаження).

Перелік посилань

1. Бакфиш К. Новая книга о шинах/К. Бакфиш, Д. Хайнц.— М.: ООО «Издательство Астрель»: ООО «Издательство АСТ», 2003.— 303 [1] с.:ил.

2. Тураев Х. Т. Экспериментальное определение коэффициентов упругости шин/Х. Т. Тураев, Н. А. Фуфаев, В. И. Шишкин // Автомобильная промышленность.— 1973.— № 9.— С. 14–16.

Аннотация. *Разработано новое оборудование для определения параметров тороидальных шин в стационарном режиме. Полученные результаты имеют высокую точность и позволяют использовать их при исследовании поведения шины и транспортных средств в математических моделях с неустановившимися режимами движения*

Abstract. *It is elaborated new equipment for determination of tporoid tires parameters in stationary regime. Received results have high exactness and permit to use them in the investigations the behaviors of tires and vehicles in the models of the unstable regimes of movement.*

Стаття надійшла до редакції 30.11.2009 р.

АВТОРИ НОМЕРА

1. Базова І.В., Донецька академія автомобільного транспорту
2. Банніков В.О., Донецька академія автомобільного транспорту
3. Волохов О.С., Донецька академія автомобільного транспорту
4. Герасименко В.Г., Автомобільно-дорожній інститут ДВНЗ ДонНТУ
5. Єрошенко А.М., Чернігівський державний технологічний університет
6. Загороднов М.І., Донецька академія автомобільного транспорту
7. Кальченко В.В., Чернігівський державний технологічний університет
8. Кальченко В.І., Чернігівський державний технологічний університет
9. Концева В.В., Національний транспортний університет
10. Костенко А.В., Донецька академія автомобільного транспорту
11. Кріт А.В., Донецька академія автомобільного транспорту
12. Кулієв Р.А., Донецька академія автомобільного транспорту
13. Куплінов А.В., Донецька академія автомобільного транспорту
14. Линник І.Е., Харківська національна академія міського господарства
15. Макаров В.А., Донецька академія автомобільного транспорту
16. Макарова Т.В., Національний транспортний університет
17. Мастепан А.Н., Автомобільно-дорожній інститут ДВНЗ ДонНТУ
18. Нефьодова Я.І., Приазовський державний технічний університет
19. Парунакян В.Е., Приазовський державний технічний університет
20. Петров О.В., Донецька академія автомобільного транспорту
21. Рейцен Є.О., Київський національний університет будівництва і архітектури
22. Руденков Е.В., Донецька академія автомобільного транспорту
23. Сізова К.І., Приазовський державний технічний університет
24. Толок О.В., Автомобільно-дорожній інститут Донецького національного технічного університету
25. Шпачук В.П., Харківська національна академія міського господарства

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 та англійською 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 ГОСТ 7.1-84 «Бібліографічний опис документа. Загальні вимоги й правила укладання» 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 доробки.