ДОНЕЦЬКА АКАДЕМІЯ автомобільного транспорту

Вісник Донецької академії автомобільного транспорту

№ 2
2012

Науковий журнал

Засновник:
Донецька академія автомобільного транспорту

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

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

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

Матеріали номера друкуються мовою оригіналу

Видання виходить 4 рази на рік
Видається з січня 2004 року

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

Рекомендовано до друку вченою радою Донецької академії автомобільного транспорту.
Протокол № 6 від 28.04.2012 р.

Редакційна колегія:

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

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

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

Відповідальний секретар
Гончарук В.Л.

Коректор
Задунайська О.В.

Технічні редактори
Руденко О.В.
Сердюков Р.О.

ВІСНИК ДОНЕЦЬКОЇ АКАДЕМІЇ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

Науковий журнал

Засновник:
Донецька академія автомобільного транспорту

Видавець:
ПП «Рекламно-виробнича фірма «Молнія»
Адреса:
вул. Октября, 22 а,
м. Донецьк, 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: nauka@diat.edu.ua
URL: journal.diat.edu.ua

Рекомендовано до друку вченою радою Донецької академії автомобільного транспорту.
Протокол №6 від 28.04.2012 р.

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

ISSN 2219-8180

Підписано до друку 28.04.2012 р. Формат 60×84/8. Папір офсетний.
Ум. друк. арк. 10,4. Наклад 100 прим.

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

© **Вісник Донецької академії автомобільного транспорту, 2012**

Зміст

Транспортні технології

Боровской А.Е., Шевцова А.Г. **Реальный поток насыщения в зависимости от класса легкового автомобиля** **4**

Кичкина Е.И., Сачко М.В. **Обоснование создания и организация функционирования транспортно-логистических центров в Луганской области** **9**

Бурєнніков Ю.Ю., Добровольський О.Л. **Регіональний аспект оцінювання результативності функціонування транспорту і зв'язку к виду економічної діяльності** **15**

Кукурудзяк Ю.Ю., Добровольський О.Л. **Альтернативні методи моніторингу технічного стану автомобілів** **23**

Федоров Е.Е., Слесорайтите Э. **Численное исследование сонорных согласных звуков команд водителя посредством нерасширяющих равномерно непрерывных отображений** **28**

Полищук В.П. **Назначение средних и рекомендуемых скоростей движения на перегонах автомагистралей в зависимости от условий движения при управлении движением** **35**

Паршиков С.И., Костенко А.В., Полетайкин А.Н. **Совершенствование учета и анализа дорожно-транспортной аварийности в современных условиях** **40**

Форнальчик Є.Ю., Білоус А.Б., Могила І.А. **Вплив вуличних стоянок на пропускну здатність проїзної частини та середню швидкість транспортного потоку** **47**

Транспорт і двигуни внутрішнього згоряння

Майба И.А., Ананко А.М., Муртазаалиев Р.М., **Обзор методов борьбы с шумовым загрязнением от железнодорожного транспорта.** **53**

Куць Н. Г. **Стаціонарна та нестаціонарна теплопровідність багатошарових кристалічних середовищ у двигунах внутрішнього згоряння.** **60**

Макаров В.А., Писанець О.О. **До питання нестаціонарного віброакустичного діагностування технічного стану неоднорідних деталей автомобілів.** **71**

Надійність і довговічність механізмів і машин

Балакина Е.В., Марухин Д.А. **Расположение зон трения покоя и скольжения в пятне контакта эластичного колеса с твердой опорной поверхностью** **81**

Автори номера 88

Правила оформлення та подання статей 89

УДК 656.13.05

БОРОВСКОЙ А.Е. к.т.н., доц., ШЕВЦОВА А.Г. аспирант,
Белгородский государственный технологический университет им.В.Г.Шухова,
Белгород, Россия

РЕАЛЬНЫЙ ПОТОК НАСЫЩЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КЛАССА ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ

Описано изменение величины максимальной пропускной способности участка улично-дорожной сети в зависимости от класса легкового автомобиля. Исследования и расчеты проведены по классическим формулам при идеальных условиях движения. Получены новые величины потока насыщения, которые в дальнейшем значительно повлияют на расчеты, производимые при организации и реорганизации участков дорожного движения.

Транспортный поток — совокупность транспортных средств, одновременно участвующих в движении на определенном участке улично-дорожной сети (УДС) [1]. Транспортные потоки характеризуются: интенсивностью, составом, скоростью, интервалами между автомобилями, плотностью потока. Вследствие взаимодействия автомобилей в потоке все эти характеристики функционально связаны друг с другом. Для получения надежных данных о пропускной способности должны быть учтены показатели, характеризующие взаимные действия между автомобилями в потоке в различных дорожных условиях. Пропускная способность — максимальное число автомобилей, которое может пропустить участок дороги в единицу времени в одном или двух направлениях в рассматриваемых дорожных и погодно-климатических условиях [2].

Пропускная способность автомобильных дорог зависит от большого числа факторов:

– дорожных условий (ширины проезжей части, продольного уклона, радиуса кривых в плане, расстояния видимости и др.);
– состава потока автомобилей;
– наличия средств регулирования;
– погодно-климатических условий;
– возможности маневрирования автомобилей по ширине проезжей части;
– психофизиологических особенностей водителей и конструкции автомобилей.

Изменение одного из этих факторов приводит к существенным колебаниям пропускной способности в течение суток, месяца, сезона и года. При частых помехах на дороге происходят значительные колебания скорости, приводящие к появлению большого числа автомобилей, движущихся в группах, а также к снижению средней скорости всего потока.

С ростом автомобилизации на дорогах также меняются типы и классы легковых автомобилей, причем, при расчете пропускной способности данное явление даже не принимается во внимание. Например, при определении величины реальной интенсивности, все типы автомобилей, пересекающих определенный участок УДС, приводятся с помощью специальных коэффициентов приведения к легковому автомобилю, причем, не уточняя к какому именно, с какими транспортными и скоростными характеристиками. Рассмотрим несколько примеров изменения пропускной способности в зависимости от изменения типа и класса легкового автомобиля (см. табл. 1), полученную величину станем называть *реальным потоком насыщения*.

Таблица 1

Классы легковых автомобилей в зависимости от типа кузова и габаритных размеров.

Класс автомобиля	Тип кузова, размеры	Пример автомобиля
A	3-дверный и 5-дверный хэтчбек. Маленькие габариты: длина — не более 3600 мм, ширина — не более 1520 мм.	*Daewoo Matiz*, Ока, Rover Mini, Renault Twingo, Daewoo Tico.
B	3- и 5-дверные хэтчбеки, реже седаны. Габариты: длина 3500–3900 мм, ширина 1520–1630 мм	*Toyota Yaris*, Таврия, Skoda Felicia, Opel Corsa, Peugeot-106, Renault Clio, Fiat Punto, Volkswagen Polo, Ford Fiesta, Toyota Yaris, Nissan Micra и т.д
C	Хэтчбек, седан, универсал или УПВ. Габариты: длина 3900–4400 мм, ширина 1600–1750 мм	*Ford Focus*, все модели ВАЗ (кроме Нивы и ее модификаций), Volkswagen Golf и Bora, Skoda Octavia, Opel Astra, Ford Escort, Audi F3, Peugeot-306, Nissan Teeda, Toyota Corolla и Auris, Daewoo Nexia и т. д.
D	Хэтчбек, седан, универсал и универсалы повышенной вместимости. Габариты: длина 4400–4700 мм, ширина 1700–1800 мм	*Volkswagen Passat*, Opel Vectra, Peugeot-406, Ford Mondeo, Toyota Avensis, Nissan Primera, Alfa Romeo 156, Audi A4, BMW 3-й серии, Mercedes-Benz C.
E	Седаны и универсалы. Габариты: длина более 4600 мм, ширина более 1700 мм	*Toyota Camri*, Opel Omega, Mercedes-Benz E класса, Audi A6–8, Jaquar S-type, Volvo S80/V70.
F	Седаны, лимузины. Длина более 4,6 м. Ширина более 1,7 м	*Audi A8*, Bentley, Rolls-Royce, Jaguar XJ8, Mercedes-Benz S-класса, BMW 7-й серии и Lexus LS430
Минивэны	Хэтчбек, седан, универсал или УПВ	Citroen Evasion, Mazda MPV, Renault Espace, SEAT Alhambra, Volkswagen Sharan, Ford Windstar, Hyundai H-1, Mitsubishi Space Gear и Volkswagen Caravelle/Multivan.
Внедорожники	3- или 5-дверные универсалы. Вместимость — от 4 до 9 мест.	Подразделяются на 3 группы: малые (типа Suzuki Jimny или Daihatsu Terios), средние (например, как Honda CR-V) и большие (типа Chevrolet Tahoe или Jeep Grand Cherokee).

Расчет реального потока насыщения ($M_{реал}$) будет произведен для следующих классов легковых автомобилей:

- Автомобиль класса «А» — Daewoo Matiz;
- Автомобиль класса «В» — Toyota Yaris;
- Автомобиль класса «С» — Ford Focus;

– Автомобиль класса «D» — Volkswagen Passat;
– Автомобиль класса «E» — Toyota Camri;
– Автомобиль класса «F» — Audi A8.

Таблица 2

Габаритные размеры легковых автомобилей различных классов

Габаритные размеры	Номинальное значение, мм
Габаритные размеры автомобиля класса «A» — Daewoo Matiz	
Длина	3497
Ширина	1495
Высота	1485
Колесная база	2340
Габаритные размеры автомобиля класса «B» — Toyota Yaris	
Длина	3750
Ширина	1695
Высота	1530
Колесная база	2460
Габаритные размеры автомобиля класса «C» — Ford Focus	
Длина	4342
Ширина	1840
Высота	1497
Колесная база	2640
Габаритные размеры автомобиля класса «D» — Volkswagen Passat	
Длина	4675
Ширина	1740
Высота	1460
Колесная база	2703
Габаритные размеры автомобиля класса «E» — Toyota Camri	
Длина	4815
Ширина	1820
Высота	1480
Колесная база	2775
Габаритные размеры автомобиля класса «F» — Audi A8	
Длина	5137
Ширина	1949
Высота	1460
Колесная база	3122

Определение реального потока насыщения, в зависимости от класса легкового автомобиля, будет осуществлен по следующим формулам:

Определение динамического габарита, м:

$$L_д = L_a + D \tag{1}$$

где L_a — габаритная длина легкового автомобиля, определенного класса, м;

D — дистанция безопасности до впереди идущего автомобиля, м.

Определение дистанции безопасности до впереди идущего автомобиля, м:

$$D = T * \vartheta + \left(\vartheta^2 / 2 * j_з\right) \tag{2}$$

где T — время торможения, сек.;

ϑ — скорость движения автомобиля, м/сек.;

$j_з$ — величина установившегося замедления, м/сек^2

Определение времени торможения:

$$T = T_1 + T_2 + 0{,}5 \cdot T_3 \tag{3}$$

где T_1 — время реакции водителя, сек. ($T_1 = 0.75$ сек.);

T_2 — время срабатывания тормозного привода, сек. ($T_2 = 0.35$ сек.);

T_3 — время нарастания замедления, сек. ($T_3 = 0.15$ сек.).

Определение времени прохождения сечения дороги, сек.:

$$t_{nc} = L_д / \vartheta \tag{4}$$

Определение реального потока насыщения, ед./час:

$$M_{реал} = 3600 / t_{nc} \tag{5}$$

Пример 1. Предположим, что транспортный поток движется по прямому участку асфальтированной, сухой дороги, с коэффициентом сцепления ($\phi = 0.7$). Основная часть транспортного потока — это легковые автомобили класса «А», а именно — автомобиль Daewoo Matiz [3]. Определить реальный поток насыщения для данного участка дороги с учетом того, что все остальные автомобили будут приведены к рассматриваемому типу автомобиля (см. табл. 2).

В ходе произведенных расчетов по формулам 1–5 величина максимального реального потока насыщения ($M_{реал.\max}$) будет наблюдаться при средней скорости ($\vartheta_{ср}$) потока 25 км/час и будет составлять ***1648 ед./час*** (см. граф.1).

Пример 2. Основная часть транспортного потока — это легковые автомобили класса «В», а именно — автомобиль Toyota Yaris [4]. Определить реальный поток насыщения для данного участка дороги с учетом того, что все остальные автомобили будут приведены к рассматриваемому типу автомобиля (см. табл. 2).

В ходе произведенных расчетов по формулам 1–5 величина максимального реального потока насыщения ($M_{реал.\max}$) будет наблюдаться при средней скорости ($\vartheta_{ср}$) потока 25 км/час и будет составлять ***1621 ед./час*** (см. граф.1).

Пример 3. Основная часть транспортного потока — это легковые автомобили класса «С», а именно — автомобиль Ford Focus [5]. Определить реальный поток насыщения для данного участка дороги, с учетом того, что все остальные автомобили будут приведены к рассматриваемому типу автомобиля (см. табл. 2).

В ходе произведенных расчетов по формулам 1–5 величина максимального реального потока насыщения ($M_{реал.\max}$) будет наблюдаться при средней скорости ($\vartheta_{ср}$) потока 30 км/час и будет составлять ***1563 ед./час*** (см. граф.1).

Пример 4. Основная часть транспортного потока — это легковые автомобили класса «D», а именно — автомобиль Volkswagen Passat [6]. Определить реальный поток насыщения для данного участка дороги с учетом того, что все остальные автомобили будут приведены к рассматриваемому типу автомобиля (см. табл. 2).

В ходе произведенных расчетов по формулам 1–5 величина максимального реального потока насыщения ($M_{реал.\max}$) будет наблюдаться при средней скорости ($\vartheta_{ср}$) потока 30 км/час и будет составлять ***1536 ед./час*** (см. граф.1).

Пример 5. Основная часть транспортного потока — это легковые автомобили класса «Е», а именно — автомобиль Toyota Camri [4]. Определить реальный поток насыщения для данного участка дороги с учетом того, что все остальные автомобили будут приведены к рассматриваемому типу автомобиля (см. табл. 2).

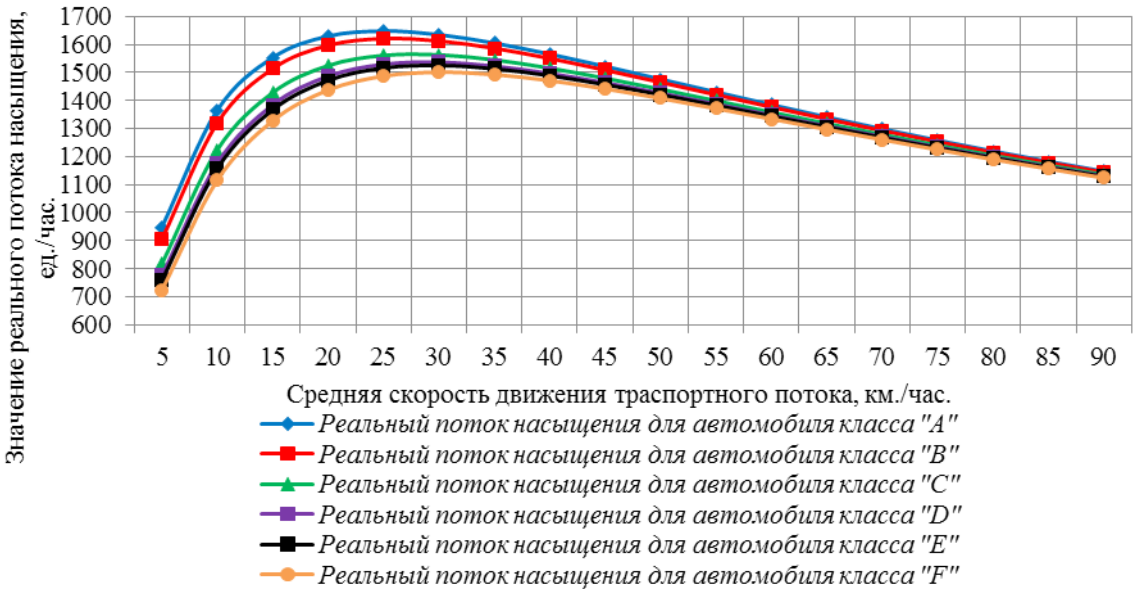
В ходе произведенных расчетов по формулам 1–5 величина максимального реального потока насыщения ($M_{реал.\max}$) будет наблюдаться при средней скорости ($\vartheta_{ср}$) потока 30 км/час и будет составлять ***1525 ед./час*** (см. граф.1).

Пример 6. Основная часть транспортного потока — это легковые автомобили класса «F», а именно — автомобиль Audi A8 [7]. Определить реальный поток насыщения для данного участка дороги с учетом того, что все остальные автомобили будут приведены к рассматриваемому типу автомобиля (см. табл. 2).

В ходе произведенных расчетов по формулам 1–5 величина максимального реального потока насыщения ($M_{реал.\max}$) будет наблюдаться при средней скорости ($\vartheta_{ср}$) потока 30 км/час и будет составлять ***1500 ед./час*** (см. граф.1).

После произведенных расчетов строим график изменения значения реального потока насыщения в зависимости от скорости транспортного потока и класса легкового автомобиля (см. граф.1).

Представленный график наглядно отражает количество автомобилей разного класса, которые за один и тот же промежуток времени в 1 час, при различных скоростях пересекают рассматриваемый участок УДС.



Граф. 1 Изменение значения реального потока насыщения в зависимости от скорости транспортного потока и класса легкового автомобиля.

Так, например, при скорости в 25 км/час реальное количество автомобилей класса «A» будет равняться 1650 ед./час, а автомобилей класса «F» — 1487 ед./час, что в процентном соотношении составляет разницу в 10%. Казалось бы, малая разница, но используя значение полученного реального потока насыщения:

Для расчета цикла светофорного регулирования данная разница значительно повлияет на эффективное горение «зеленого сигнала» светофора, что в свою очередь повлечет к изменению основных параметров транспортного потока: средняя задержка автомобилей, количество непреднамеренных остановок, расход топлива, временя пробега.

Для расчета проектируемых пересечений данная разница значительно повлияет на геометрию того или иного типа дорожной развязки.

Список литературы

1. Бабков В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения: учеб. пособие для вузов / В. Ф. Бабков. — М.: Транспорт, 1982. — 288 с.

2. Ежемесячный информационно аналитический журнал «Автомобильные дороги» № 2 (951) Февраль, 2011.

3. http://vag.uzdaewoo.ru/contacts

4. http://www.toyota.ru/

5. http://www.ford.ru/

6. http://www.volkswagen.ru/ru.html

7. http://www.audi.ru/ru/brand/ru.html

Анотація. *Описана зміна величини максимальній пропускній спроможності ділянки вуличнодорожньої мережі залежно від класу легкового автомобіля. Дослідження і розрахунки проведені по класичних формулах за ідеальних умов руху. Отримані нові величини потоку насичення, які надалі значно вплинуть на розрахунки, вироблювані при організації і реорганізації ділянок дорожнього руху.*

Abstract. *Change of size of the maximum throughput of a site of an eulachon-high system depending on a car class is described. Researches and calculations are spent under classical formulas under movement perfect conditions. New sizes of a stream of saturation which considerably will affect further the calculations made at the organization and reorganization of sites of traffic are received.*

Стаття надійшла до редакції 30.03.2012р.

УДК 658

КИЧКИНА Е.И. к.т.н, доцент, САЧКО М.В. магистр,
Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля

ОБОСНОВАНИЕ СОЗДАНИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ В ЛУГАНСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье представлен анализ промышленности и сельскохозяйственного производства Луганской области с целью определения транспортно-логистических кластеров, основных грузопотоков, количества логистических центров.

Постановка проблемы

Современные условия хозяйствования, неотвратимость европейской интеграции, развитие передовых транспортных и информационных технологий неизменно приводит к поиску новых форм и методов организации транспортного обслуживания регионов страны. Одной из таких форм является региональная транспортно-распределительная логистическая система.

Проблема создания региональных логистических транспортно-распределительных систем выходит за рамки чисто транспортных проблем, связанных с обеспечением координации и взаимодействия различных видов транспорта. Она затрагивает вопросы значительно более широкого спектра, касающиеся региональной транспортно-распределительной системы в целом, регулирования взаимосвязей между отправителями грузов, транспортными предприятиями различных форм собственности и ведомственной принадлежности и получателями грузов с технологической, правовой, экономической точек зрения..

Экономико-географическое положение Луганской области выгодное, так как она расположена в пределах хорошо освоенной в хозяйственном отношении территории, имеет развитых в экономическом отношении соседей. Положительными чертами географического положения являются:

– наличие развитой сети железных дорог;

– близость к важнейшим сырьевым районам (Приднепровье, Северный Кавказ, Черноземный центр России);

– близость к крупным промышленным районам и центрам (Промышленный Центр России, Харьков, Ростов-на-Дону).

В Луганской области сформировалось три крупных промышленных узла. Специализацию Луганского узла определяют предприятия машиностроения, металлообработки и легкой промышленности; Алчевско-Стахановского — предприятия угольной, металлургической и машиностроительной; Лисичанско-Рубежанско-Северодонецкого — предприятия химической, нефтехимической промышленности. Север области представлен сельскохозяйственными и перерабатывающими предприятиями.

Рассматривая динамику развития Луганского региона, можно говорить о необходимости создания нескольких логистических центров на его территории. Актуальность их создания обусловлена необходимостью организации обслуживания клиентов по перевозке грузов и пассажиров в районах крупнейших промышленных и сельскохозяйственных комплексов. В настоящее время обслуживание грузопотоков осуществляется транспортными средствами, принадлежащими различным предприятиям, организациям, частным лицам, в том числе из других регионов Украины, России. Несогласованность действий как со стороны перевозчиков, так и со стороны потребителей транспортных услуг влечет неоправданные затраты денежные, энергетические, временные, материальные.

Анализ последних исследований

Теме формирования логистических центров и управления ними посвящены работы многих иностранных и отечественных ученых, таких как: Е. Крикавский, К. Лайсонс, Д. М. Ламберта, М. Джиллингем, Л. Б. Миротин, Д. Т. Новиков, В. И. Сергеев, Д. Р. Сток, А. Харрисон и др. Теории экономических кластеров в последние годы посвящено большое число зарубежных монографий и публикаций, первые из которых появились в первой половине двадцатого столетия (А. Вебер, Й. Шумпетер). Определение кластера, самое распространенное и наиболее использованное, дал М. Портер в книге «Конкурентные преимущества стран» (1990 г.). Также теме логистических кластеров посвящены работы ученых Т. Бреннера, Д. Вейгельта, К. Лоусона, Д. Маиллата, Сумца А. Н. др.

Цель исследования

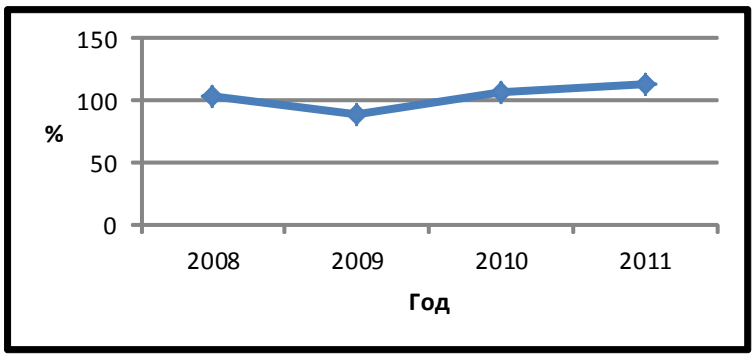
Обоснование создания региональных логистических центров в соответствии с выделенными логистическими кластерами, определение их места положения, структуры и организация работы по транспортному обслуживанию грузопотоков на базе логистического подхода, использования современных методов управления с применением математического моделирования и информационных технологий.

Изложение основного материала исследования

Ситуация в промышленном комплексе области показывает то, что предприятия выходят на докризисный уровень работы. По итогам работы за 2011 год индекс промышленного производ-

ства составил 115,3% к аналогичному периоду прошлого года. Область по объемам производства и реализации промышленной продукции устойчиво занимает 3 место среди регионов Украины.

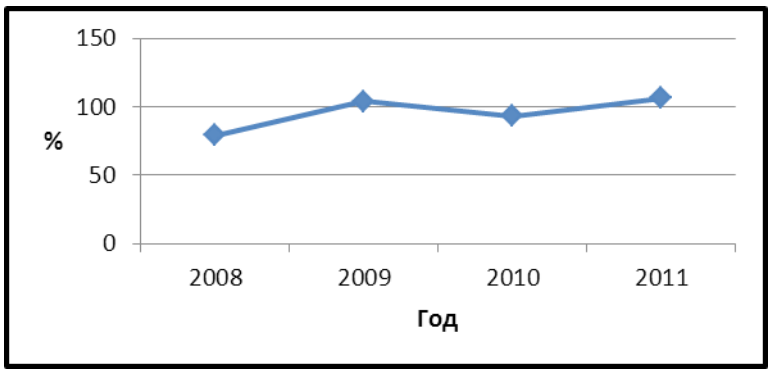
В добывающей отрасли объем добычи угля за 2011 год составил 20,2 млн тонн, что на 1,4 млн тонн больше запланированного; по сравнению с прошлым годом объем добычи увеличился на 2,1 млн тонн (график 1).



Граф. 1. Индексы добывающей промышленности

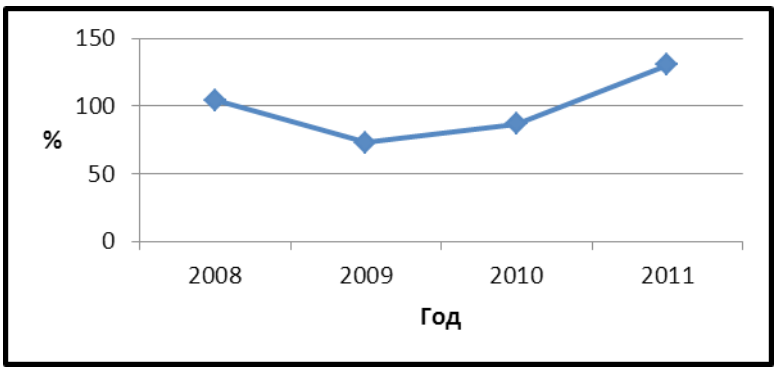
По итогам 2011 года индекс промышленной продукции перерабатывающей отрасли в целом составил 121,4**%** к аналогичному периоду 2010 года. Наиболее динамично развивались следующие отрасли: машиностроение — 127,3%, химическая промышленность — 132,7%, металлургия и обработка металлов — 130,4%.

Производство кокса и нефтепродуктов по итогам 2011 года составило 106,8% по отношению к аналогичному периоду 2010 года (график 2).



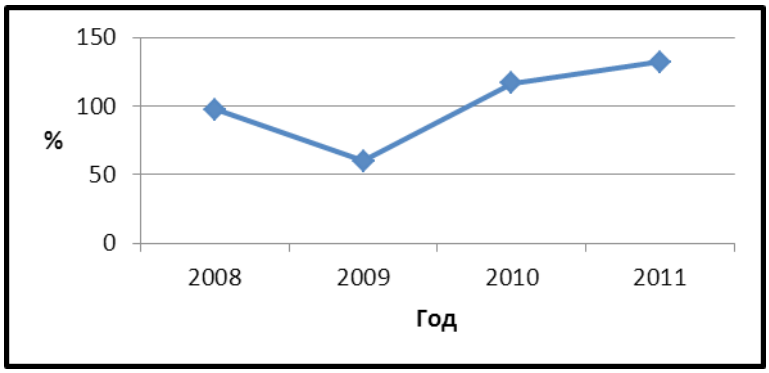
Граф. 2. Индексы производства кокса и нефтепродуктов

В металлургии индекс промышленной продукции за 2011 год составил 130,4% к аналогичному периоду прошлого года (график 3).



Граф. 3. Индексы производства металлургической промышленности

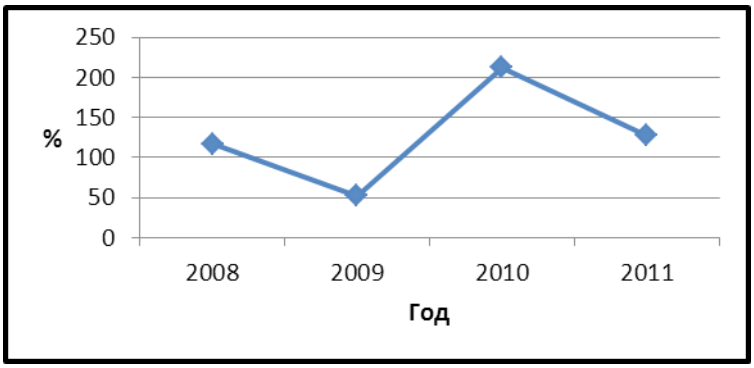
В химической и нефтехимической промышленности индекс промышленной продукции составил 132,7% (график 4).



Граф. 4. Индексы химической и нефтехимической промышленности

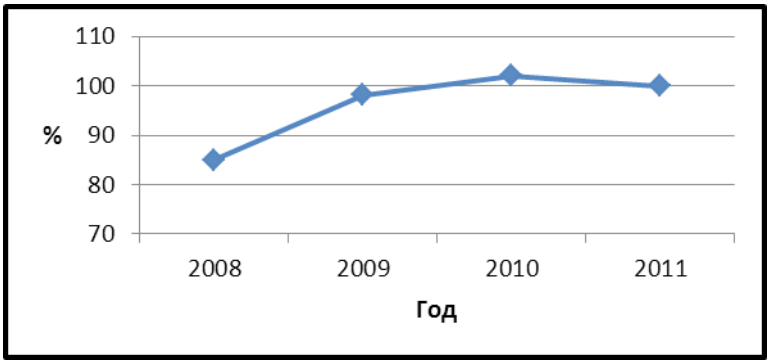
В машиностроении индекс производства товарной продукции по итогам 9 месяцев составил 127,8%.

Наибольший прирост объемов производства достигнут подотраслью транспортного машиностроения (график 5).



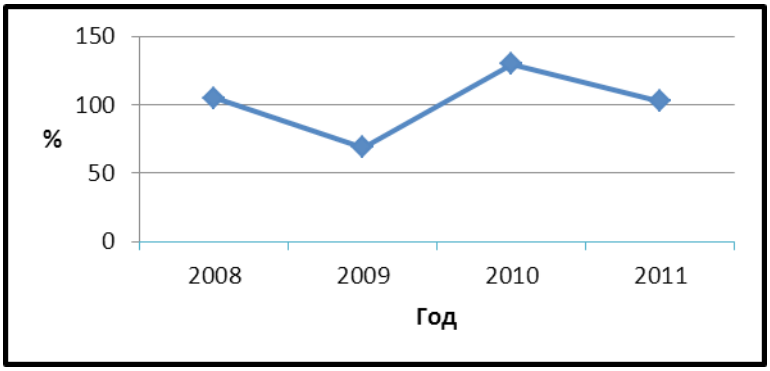
Граф. 5. Индексы машиностроения

В целлюлозно-бумажной промышленности за 2011 год индекс промышленной продукции составил 99,8%. Незначительное снижение объемов производства вызвано сезонностью выпускаемой продукции (график 6).



Граф. 6. Индексы целлюлозно-бумажной промышленности

В легкой промышленности за 2011 год индекс промышленной продукции составил 102,1% к аналогичному периоду 2010 года. В данный момент все предприятия загружены заказами, что позволяет сохранить трудовые коллективы, регулярно выплачивать заработную плату (график 7).

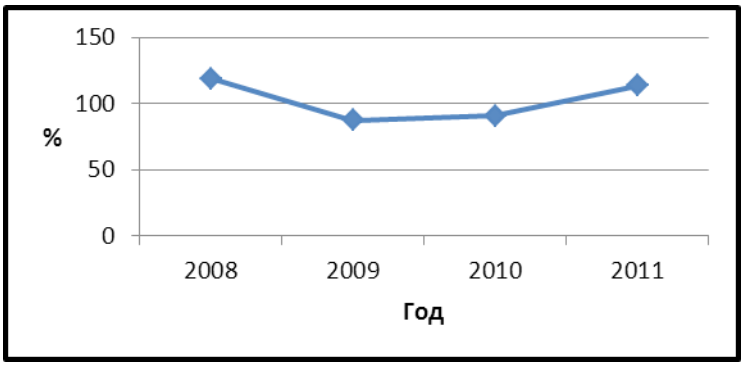


Граф. 7. Индексы легкой промышленности

Агропромышленный комплекс области в текущем году ежемесячно дает положительную динамику прироста объёмов производства валовой продукции.

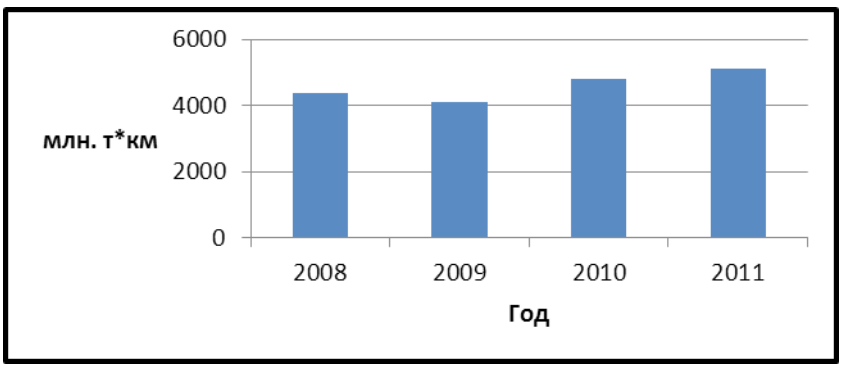
Во всех категориях хозяйств по итогам 2011 года производство валовой продукции к уровню прошлого года составило 113,7%, в сельхозпредприятиях рост объёма составил 121,8%, в хозяйствах населения 107,6% (график 8).

По темпам прироста сельскохозяйственного производства область занимает 11 место в Украине (в 2010 году — 21 место).

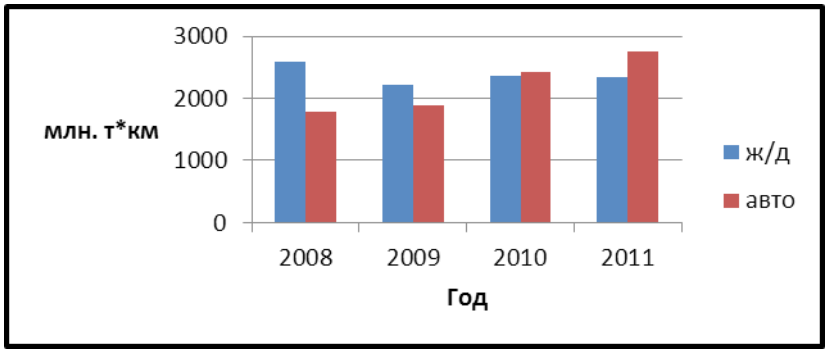


Граф. 8. Индексы сельскохозяйственного производства

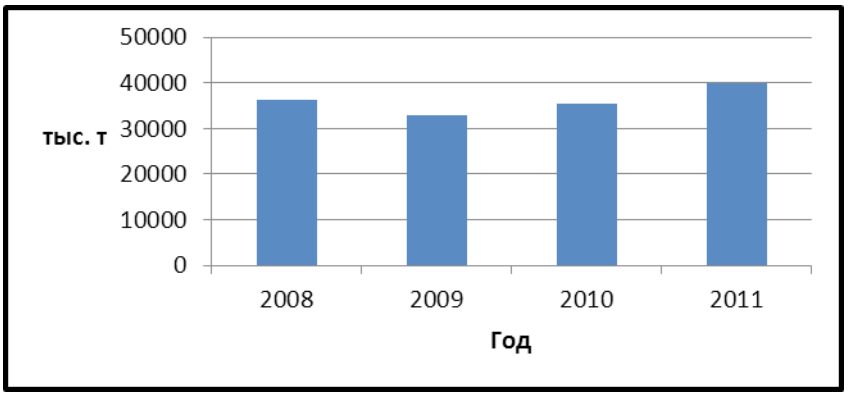
Были исследованы статистические данные по грузообороту и количеству перевезенной промышленной и сельскохозяйственной продукции Луганской области за 2008–2011 годы (графики 9–10) и определены тенденции динамики грузопотоков по видам промышленного и сельскохозяйственного производства, видам транспорта и направлениям перевозок.



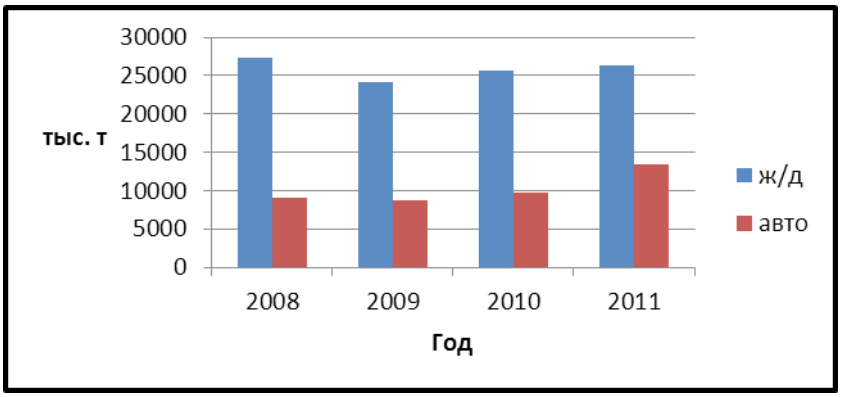
Граф. 9. Грузооборот всеми видами транспорта



Граф. 10. Грузооборот ж/д и автотранспортом



Граф. 11. Количество перевезенных грузов всеми видами транспорта



Граф. 12. Количество перевезенных грузов

Определены основные логистические кластеры региона: Алчевско-Стахановский; Лисичанско-Рубежанско-Северодонецкий, Луганский и Северный. В соответствии с ними предложено создание транспортно-логистических центров — предприятий, осуществляющих координацию логистического (складского, транспортного, экспедиторского, таможенного) обслуживания логистических кластеров и информационного обеспечения, а также их контроль.

Для выбора места расположения транспортно-логистических центров были проанализированы существующие методы обоснования выбора и предложен метод на основе нечеткой логики.

Для совершенствования функционирования транспортно-логистических центров с точки зрения транспортного обслуживания предлагается имитационная модель прогнозирования спроса на подвижной состав, а также информационная система по сбору и обработке заявок на обслуживание.

Выводы

Создание региональных логистических центров обосновано необходимостью удовлетворения потребностей клиентов в транспортно-логистическом обслуживании на новом качественном уровне. Упорядочить и совершенствовать деятельность таких транспортно-логистических центров позволит применение предложенных моделей и информационной системы.

Список литературы

1. Портер М. Международная конкуренция / М. Портер.— М.: Вильямс, 2005.— 608 с.

2. Пятинкин С. Ф., Быкова Т. П. Развитие кластеров: сущность, актуальные подходы, зарубежный опыт. Минск, «ТЕСЕЙ», 2008, с.72

3. http://www.lugastat.lg.ua/statinform.php Главное управление статистики Луганской области

4. Лукинский В. С. Модели и методы теории логистики.— Питер, 2008.— 448 с.

Аннотация. *В статье представлен анализ промышленности и сельскохозяйственного производства Луганской области с целью определения транспортно-логистических кластеров, основных грузопотоков, количества логистических центров.*

Abstruct. *The article presents the analysis of industrial and agricultural production of the Lugansk region with the purpose of definition of transport-logistics cluster, the major traffic cargo flows, the number of the logistic centers.*

Стаття надійшла до редакції 24.03.2012р.

УДК 338.31:629:51–77

БУРЄННІКОВ Ю. Ю., к.е.н., ДОБРОВОЛЬСЬКИЙ О. Л., асистент
Вінницький національний технічний університет

РЕГІОНАЛЬНИЙ АСПЕКТ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТУ І ЗВ'ЯЗКУ ЯК ВИДУ ЕКОНОМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

На основі моделювання розглядаються підходи до оцінки складових результативності транспорту і зв'язку як виду діяльності на регіональному рівні. Проведено дослідження проблем функціонування транспорту і зв'язку як виду економічної діяльності. Виконано рейтингове оцінювання складових результативності процесу отримання валової доданої вартості у 2008–2009 рр. за видом «діяльність транспорту і зв'язку» Вінниччини в порівнянні з іншими видами діяльності.

Вступ

Дослідження проблем функціонування транспорту і зв'язку як виду економічної діяльності на будь-якому рівні є достатньо актуальним. Це обумовлено тим, що ринкова економіка спрямовує суспільне виробництво на постійний інноваційний розвиток. Складовою частиною зазначеного дослідження є оцінювання дієвості транспорту і зв'язку як виду діяльності за її наслідками. Таке оцінювання потребує відповідного моделювання та вимірювання.

Однією з основних особливостей логістичних потоків є те, що базовим критерієм їх оцінювання є ефективність. В економічній літературі (як вітчизняній, так і зарубіжній) існують певні наукові підходи відносно категорії «ефективність». При цьому найбільш розповсюдженим

тлумаченням ефективності є класичний підхід, котрий базується на розгляді ефективно-сті як результативності, на ототожненні цих понять ([1–4] та інші).

В роботах [5–9] досліджувалась результативність певних економічних процесів, наведено приклади їх практичного застосування. Дослідження показали, що є сенс розглядати економічну категорію результативності будь-якого економічного процесу, котра сумарно характеризує економічний процес та його дієвість за кінцевими наслідками з кількісної сторони, у вигляді вартості його масштабного продукту, і якісної, з урахуванням ефективності процесу. Зазначене розуміння поняття результативності призводить до глибшого пізнання економічного процесу за його наслідками [5–9].

Постановка задачі

Метою статті є розгляд на основі відповідного моделювання підходів до оцінювання складових результативності транспорту і зв'язку як виду економічної діяльності на регіональному рівні.

Результати

При дослідженні виходитимемо з того, що результатом будь-якого економічного процесу є його продукти: продукт як доход (чистий результат процесу), витрати, загальний продукт у вигляді продукту як доходу та витрат (загальний результат процесу). Припускаємо, що кожному економічному процесові відповідає масштабний продукт у вигляді продукту як доходу та тієї частини витрат, котра пропорційна частці продукту як доходу у загальному продукті. Окреслені продукти є об'єктами моделювання [5–9].

Показники результативності економічного процесу, котрі запропоновані в роботах [5–9], є складовою частиною механізму регулювання економіки. В них при дослідженні економіч-ного процесу використовувались такі рівняння зміни його результативності:

$$J_R = J_K \cdot J_E = J_K \cdot J_{V/Z} = J_G \cdot J_{1+V/Z} = J_G \cdot J_{1+1/D_Z};$$

$$J_R = J_G \cdot J_{1+D_Z} \cdot J_{G/Z} \cdot J_{V/G} = J_G \cdot J_{1+D_Z} \cdot J_{G/Z} \cdot J_{1+Z/G},$$

де індекси J_R, J_K, J_E та інші є індексами зміни певних показників як відношень відповідних показників до базисних.

Продукцією, виходячи з робіт [5–9], називатимемо вартість відповідного продукту у грошовому обчисленні. В останніх формулах: V — показник загальної продукції як результату економічного процесу; Z — показник його витрат; $G = V - Z$ — показник дохідності (показник Z характеризує витратність економічного процесу, показник G — його вигідність); $D_Z = Z/V$ — частка витрат у загальній продукції; показник $D_G = G/V = (V - Z)/V = 1 - Z/V = 1 - D_Z$ — частка чистої продукції (дохідності) у загальній; $K = G + Z_G = G + Z \cdot G/V$ — показник масштабності, де Z_G — та частина витрат, що припадає на частку чистої продукції у загальній; $E = V/Z$ — показник ефективності економічного процесу як відношення показників загального результату (ефекту) V і витрат Z; показник $R = K \cdot E = K \cdot V/Z = G(1 + V/Z)$ є показником результативності економічного процесу (детальніше див. [5–9]).

Кожному економічному процесові відповідають: певна загальна продукція (з показником V), чиста продукція (з показником G), витрати (з показником Z), масштабна продукція (з показником К). Показник Z розраховується як різниця $Z = V - G$.

Одним з основних узагальнюючих показників, який характеризує економічне становище регіону, є, як відомо, валова додана вартість. Тому результативність регіональних виробничих потоків за видами економічної діяльності можна достатньо добре охарактеризувати через відповідні рівні результативності процесів отримання валової доданої вартості за видами економічної діяльності. Виходячи з системи національних рахунків, загальною продукцією зазначених процесів є випуск товарів, послуг; їх дохідністю можна вважати валову додану вартість;

витратами цих процесів є проміжне споживання; кожному з видів діяльності відповідає певна масштабність процесу.

У табл. 1 зазначено випуск товарів, послуг та валова додана вартість за видами економічної діяльності Вінниччини (у фактичних цінах; млн. грн.) і середньорічна кількість працівників, зайнятих цими видами діяльності (тис.), за 2007–2009 рр., які дають можливість провести оцінювання результативності функціонування транспорту і зв'язку як виду економічної діяльності Вінниччини у порівнянні з іншими видами діяльності. Вихідні дані табл. 1 скомпоновані нами за даними статистичних збірників [10; 11].

Таблиця 1

Випуск товарів, послуг, валова додана вартість і середньорічна кількістьзайнятого населення за видами економічної діяльності Вінницької області у 2007–2009 рр. *

Види діяльності	Випуск товарів, послуг (млн. грн.)		
	2007 р.	2008 р.	2009 р.
Всього	32336	42424	41556
1) сільське господарство, мисливство, лісове господарство	6457	9073	9070
2) промисловість (з урахуванням виробництва та розподілення електроенергії, газу та води)	11756	14845	14095
3) будівництво	2344	2543	1620
4) оптова і роздрібна торгівля, готелі та ресторани; торгівля транспортними засобами; послуги з ремонту	2839	4136	4149
5) діяльність транспорту і зв'язку	2565	3463	3581
6) освіта	1386	1869	2143
7) охорона здоров'я та соціальна допомога	1078	1356	1567
8) інші види діяльності	3911	5139	5331
Види діяльності	Валова додана вартість (млн. грн.)		
	2007 р.	2008 р.	2009 р.
Всього	14252	18597	18957
1) сільське господарство, мисливство, лісове господарство	2654	3892	3874
2) промисловість (з урахуванням виробництва та розподілення електроенергії, газу та води)	3503	4159	3913
3) будівництво	734	647	468
4) оптова і роздрібна торгівля, готелі та ресторани; торгівля транспортними засобами; послуги з ремонту	1746	2500	2437
5) діяльність транспорту і зв'язку	1322	1732	2074
6) освіта	1018	1344	1542
7) охорона здоров'я та соціальна допомога	710	906	1060
8) інші види діяльності	2565	3417	3589
Види діяльності	Кількість зайнятого населення (тис. осіб)		
	2007 р.	2008 р.	2009 р.
Всього	726,8	725,6	693,5
1) сільське господарство, мисливство, лісове господарство	208,8	195,4	193,0
2) промисловість (з урахуванням виробництва та розподілення електроенергії, газу та води)	101,6	98,2	84,0
3) будівництво	27,2	27,4	21,1
4) оптова і роздрібна торгівля, готелі та ресторани; торгівля транспортними засобами; послуги з ремонту	133,1	140,5	138,6
5) діяльність транспорту і зв'язку к	48,1	51,6	49,6
6) освіта	65,0	64,9	65,0
7) охорона здоров'я та соціальна допомога	54,1	54,2	52,4
8) інші види діяльності	88,9	93,4	89,8

У табл. 2 вказано в динаміці випуск V та проміжне споживання Z виду діяльності «транспорт і зв'язок» (вид 5) Вінницької області за 2007–2009 рр. (в середньому за рік на одного

працівника; в гривнях), а також одержані за допомогою відповідних вказаних вище формул деякі інші показники (у тому числі необхідні індекси).

Таблиця 2

Динаміка показників процесу утворення валової доданої вартості у виді діяльності «діяльність транспорту і зв'язку» (вид 5) Вінницької області за 2007–2009 рр.*

Рік	V	Z	G	J_G	$1+D_Z$
2007	53 326,41	25 842	27 484,41	–1,22 127	1,4 846 004
2008	67 112,4	33 546,51	33 565,89	1,245 744	1,4 998 556
2009	72 197,58	30 383,06	41 814,52		1,4 208 322
Рік	J_{1+D_Z}	K	J_K	E	J_E
2007	–1,010 276	40 803,36	–1,23 382	2,063 556	–0,9 694 807
2008	0,9 473 127	50 343,99	1,180 109	2,000 578	1,187 779
2009		59 411,41		2,376 244	

Рік	R	J_R	$J_{G/Z}$	$J_{V/G}$	J_V	J_Z
2007	84 200,02	–1,196 164	–0,9 407 853	–1,030 501	–1,258 521	–1,298 139
2008	100 717,1	1,401 709	1,37 545	0,8 635 567	1,075 771	0,9 056 997
2009	141 176					

** Вартісні показники подано в середньому за рік на одного працівника в гривнях у фактичних цінах; V — випуск товарів, послуг; Z — проміжне споживання; G — валова додана вартість*
Джерело: власні дослідження.

З табл. 2 видно, що у 2007–2009 рр. у виді 5 області спостерігалося відносне зростання результативності процесу утворення валової доданої вартості (відповідно на 19,62; 40,17%; індекс J_R) за рахунок відносного зростання масштабності процесу (відповідно на 23,38; 18,01%; індекс J_K) при відносному падінні ефективності його у 2008 р. на 3,05% та зростанні у 2009 р. на 18,78% (індекс J_E). При цьому відносне зростання масштабності процесу відбувалося в основному за рахунок відносного зростання валової доданої вартості (відповідно на 22,13; 24,57%; індекс J_G). Були певні резерви для зростання результативності процесу утворення валової доданої вартості за рахунок ефективності процесу у 2008 р. та минулої праці у 2009 р. (індекс J_{1+D_Z}).

Розглядалися такі види діяльності: вид 1 — сільське господарство, мисливство, лісове господарство; вид 2 — промисловість (з урахуванням виробництва та розподілення електроенергії, газу та води); вид 3 — будівництво; вид 4 — оптова і роздрібна торгівля, готелі та ресторани; торгівля транспортними засобами; послуги з ремонту; вид 5 — діяльність транспорту і зв'язку; вид 6 — освіта, вид 7 — охорона здоров'я та соціальна допомога; вид 8 — інші види діяльності; вид 9 — економіка області; Результати проведеного порівняння результативності процесу утворення валової доданої вартості у виді 5 Вінницької області за 2007–2009 рр. з іншими видами економічної діяльності (у тому числі з економікою області, вид 9) у вигляді відповідних індексів подано у табл. 3–5.

Проведене порівняння результативності процесу утворення валової доданої вартості у виді 5 Вінницької області за 2007–2009 рр. з іншими видами економічної діяльності (у тому числі з економікою області) показало, що у 2007–2009 рр. результативність процесу отримання валової доданої вартості у виді 5 відповідно на 54,01; 41,33; 81,93% (індекс J_R) більша від результативності отримання її в економіці за рахунок відносно більшої величини масштабності процесу відповідно на 33,45; 25,78; 40,78% (індекс J_K) при відносно більшій величині ефективності його на 15,41; 12,36; 29,23% (індекс J_E). При цьому відносно більша величина масштабності процесу досягалась за рахунок відносно більшої величини валової доданої вартості (відповідно на 40,16; 30,96; 52,97%; індекс J_G) при відповідній відносно меншій частці проміжного споживання у валовій продукції (індекс J_{1+D_Z}), тобто зменшенні впливу минулої праці.

При порівнянні результативності процесу утворення валової доданої вартості у виді 5 Вінницької області з іншими видами економічної діяльності з'ясувалося, що у 2007 р. спостерігався відносно вищий рівень результативності процесу утворення валової доданої вартості у виді 5 у порівнянні з усіма іншими видами діяльності на 145,54% (для виду 1), 0,73% (для виду 2), 27,05% (для виду 3), 78,42% (для виду 4), 12,80% (для виду 6), 63,28% (для виду 7) та відносно менший рівень на 25,08% (для виду 8).

Таблиця 3

Рейтингове оцінювання складових результативності процесу отримання валової доданої вартості у 2007 р. за видом «діяльність транспорту і зв'язку» Вінниччини в порівнянні з іншими видами діяльності *

(у фактичних цінах; у грн. на одного працівника за рік; індекси — у коефіцієнтах виду «діяльність транспорту і зв'язку» до інших видів діяльності; $J_K = J_G J_{1+Z/V}$; $J_R = J_K J_E$)

Вид діяльності, з яким порівнюється	J_G	Ранг	$J_{1+Z/V}$	Ранг	J_K	Ранг
1. Сільське господарство, мисливство, лісове господарство	2,1623	1	0,9 343 143	7	2,020 268	4
2. Промисловість	0,7 971 498	9	0,8 722 556	9	0,6 953 183	9
3. Будівництво	1,018 496	6	0,8 800 969	8	0,8 963 751	8
4. Оптова і роздрібна торгівля, готелі та ресторани; торгівля транспортними засобами; послуги з ремонту	2,095 175	2	1,071 918	4	2,245 855	2
5. Діяльність транспорту і зв'язку	1	7	1	5	1	7
6. Освіта	1,754 878	4	1,173 122	1	2,05 871	3
7. Охорона здоров'я та соціальна допомога	2,094 234	3	1,106 777	2	2,31 785	1
8. Інші види діяльності	0,9 525 785	8	1,104 484	3	1,052 108	6
9. Економіка області (всього)	1,401 605	5	0,9 521 229	6	1,3345	5

Вид діяльності, з яким порівнюється	J_E	Ранг	J_R	Ранг
1. Сільське господарство, мисливство, лісове господарство	1,215 379	3	2,455 392	1
4. Оптова і роздрібна торгівля, готелі та ресторани; торгівля транспортними засобами; послуги з ремонту	0,7 944 581	6	1,784 238	2
7. Охорона здоров'я та соціальна допомога	0,7 044 421	8	1,632 791	3
9. Економіка області (всього)	1,15 405	4	1,540 079	4
3. Будівництво	1,417 374	2	1,270 499	5
6. Освіта	0,5 478 994	9	1,127 966	6
2. Промисловість	1,448 667	1	1,007 285	7
5. Діяльність транспорту і зв'язку	1	5	1	8
8. Інші види діяльності	0,7 101 883	7	0,7 471 945	9

** V — випуск, G — валова додана вартість, Z = (V — G) — проміжне споживання.*

Джерело: власні дослідження.

У 2008 р. спостерігалася майже та сама тенденція за винятком порівняння з видом 2 (промисловістю), а саме спостерігався відносно вищий рівень результативності процесу утворення валової доданої вартості у виді 5 у порівнянні з усіма іншими видами діяльності на 83,79% (для виду 1), 82,18% (для виду 3), 60,43% (для виду 4), 6,66% (для виду 6), 50,13% (для виду 7) та відносно менший рівень на 30,9% (для виду 8) і на 0, 47% (для виду 2).

У 2009 р. спостерігалася та сама тенденція, що і в 2007 р., а саме спостерігався відносно вищий рівень результативності процесу утворення валової доданої вартості у виді 5 у порівнянні з усіма іншими видами діяльності на 156,17% (для виду 1), 27,11% (для виду 2), 164,52% (для виду 3), 134,53% (для виду 4), 30,34% (для виду 6), 70,60% (для виду 7) та відносно менший рівень на 13% (для виду 8).

Отже, майже в усі роки з точки зору утворення валової доданої вартості діяльність транспорту і зв'язку була більш дієвою в порівнянні з іншими видами економічної діяльності за виключенням виду 8, куди входять рибальство, рибництво; фінансова діяльність; операції з нерухомим майном, оренда, інжиніринг та надання послуг підприємцям; державне управління; надання комунальних та індивідуальних послуг, діяльність у сфері культури та спорту.

Таблиця 4

Рейтингове оцінювання складових результативності процесу отримання валової доданої вартості у 2008 р. за видом «діяльність транспорту і зв'язку» Вінниччини в порівнянні з іншими видами діяльності *

(у фактичних цінах; у грн. на одного працівника за рік; індекси — у коефіцієнтах виду «діяльність транспорту і зв'язку» до інших видів діяльності; $J_K = J_G J_{1+Z/V}$; $J_R = J_K J_E$)

Вид діяльності, з яким порівнюється	J_G	Ранг	$J_{1+Z/V}$	Ранг	J_K	Ранг
1. Сільське господарство, мисливство, лісове господарство	1,685 194	3	0,9 546 927	7	1,608 842	4
2. Промисловість	0,7 925 392	9	0,8 720 911	8	0,6 911 663	9
3. Будівництво	1,421 492	5	0,8 592 325	9	1,221 392	6
4. Оптова і роздрібна торгівля, готелі та ресторани; торгівля транспортними засобами; послуги з ремонту	1,886 403	2	1,074 741	4	2,027 394	2
5. Діяльність транспорту і зв'язку	**1**	**7**	**1**	**5**	**1**	**8**
6. Освіта	1,620 853	4	1,17 094	1	1,897 921	3
7. Охорона здоров'я та соціальна допомога	2,008 026	1	1,126 137	2	2,261 313	1
8. Інші види діяльності	0,9 174 873	8	1,123 416	3	1,03 072	7
9. Економіка області (всього)	1,309 642	6	0,9 604 365	6	1,257 828	5

Вид діяльності, з яким порівнюється	J_E	Ранг	J_R	Ранг
1. Сільське господарство, мисливство, лісове господарство	1,1424	3	1,837 941	1
2. Промисловість	1,440 093	2		8
3. Будівництво	1,491 583	1	1,821 807	2
4. Оптова і роздрібна торгівля, готелі та ресторани; торгівля транспортними засобами; послуги з ремонту	0,791 331	6	1,60 434	3
5. Діяльність транспорту і зв'язку	**1**	**5**	**1**	**7**
6. Освіта	0,5 619 601	9	1,066 556	6
7. Охорона здоров'я та соціальна допомога	0,6 639 085	8	1,501 305	4
8. Інші види діяльності	0,6 703 629	7		9
9. Економіка області (всього)	1,123 604	4	1,4133	5

** V — випуск, G — валова додана вартість, Z = (V — G) — проміжне споживання.*

Джерело: власні дослідження.

Щодо 2008 р., коли спостерігався відносно менший рівень результативності процесу утворення валової доданої вартості у виді 5 у порівнянні з промисловістю (виду 2) на 0, 47%, то це пояснюється деяким пожвавленням у цьому році діяльності у сфері промисловості. Щодо резервів, то вони крилися у кількісній або якісній складових ефективності процесу утворення валової доданої вартості. Все вищезазначене свідчить: можна вважати, що діяльність транспорту і зв'язку (виду 5) Вінницької області в частині отримання валової доданої вартості відбувалися в межах норми.

Таблиця 5

Рейтингове оцінювання складових результативності процесу отримання валової доданої вартості у 2009 р. за видом «діяльність транспорту і зв'язку» Вінниччини в порівнянні з іншими видами діяльності *

(у фактичних цінах; у грн. на одного працівника за рік; індекси — у коефіцієнтах виду «діяльність транспорту і зв'язку» до інших видів діяльності; $J_K = J_G J_{1+Z/V}$; $J_R = J_K J_E$ *)*

Вид діяльності, з яким порівнюється	J_G	Ранг	$J_{1+Z/V}$	Ранг	J_K	Ранг
1. Сільське господарство, мисливство, лісове господарство	2,08 317	2	0,9 033 329	7	1,881 796	4
2. Промисловість	0,8 976 282	9	0,8 249 219	9	0,7 404 733	9
3. Будівництво	1,885 227	4	0,8 303 564	8	1,565 411	5
4. Оптова і роздрібна торгівля, готелі та ресторани; торгівля транспортними засобами; послуги з ремонту	2,378 125	1	1,005 807	4	2,391 934	1
5. Діяльність транспорту і зв'язку	**1**	**8**	**1**	**5**	**1**	**8**
6. Освіта	1,762 609	5	1,109 637	1	1,95 856	3
7. Охорона здоров'я та соціальна допомога	2,067 057	3	1,073 502	2	2,218 991	2
8. Інші види діяльності	1,046 237	7	1,070 897	3	1,120 412	7
9. Економіка області (всього)	1,529 692	6	0,9 203 352	6	1,407 829	6

Вид діяльності, з яким порівнюється	J_E	Ранг	J_R	Ранг
1. Сільське господарство, мисливство, лісове господарство	1,361 297	3	2,561 684	2
2. Промисловість	1,71 656	1	1,271 067	7
3. Будівництво	1,689 774	2	2,64 519	1
4. Оптова і роздрібна торгівля, готелі та ресторани; торгівля транспортними засобами; послуги з ремонту	0,9 805 086	6	2,345 312	3
5. Діяльність транспорту і зв'язку	**1**	**5**	**1**	**8**
6. Освіта	0,6 664 128	9	1,303 408	6
7. Охорона здоров'я та соціальна допомога	0,7 688 295	8	1,706 026	5
8. Інші види діяльності	0,7 764 805	7	0,8 699 781	9
9. Економіка області (всього)	1,29 225	4	1,819 267	4

** V — випуск, G — валова додана вартість, Z = (V — G) — проміжне споживання.*

Джерело: власні дослідження.

Отже, рівень результативності процесу утворення валової доданої вартості у виді 5 був у 2007–2009 рр. вищим за середнє значення по регіону, значно вищим у порівнянні з видами 1, 4 і меншим від 13 до 31% у порівнянні з видом 8, а стан справ щодо дієвості цього процесу – кращим за середній.

Висновки

Наукова новизна та значення дослідження полягає в тому, що автори, виходячи з необхідності дослідження транспорту і зв'язку як виду діяльності на регіональному рівні з погляду кінцевих її наслідків, пропонують побудовані на основі відповідних показників економіко-математичні моделі масштабного продукту економічного процесу, його ефективності та результативності через складові загальної продукції процесу, вказуючи на можливість їх практичного застосування.

Список літератури

1. Борисов А. Б. Большой экономический словарь / А. Б. Борисов. — М.: Книжный мир, 1999. — 895 с.

2. Економічний словник / під ред. П. І. Багрія, С. І. Дорогунцова. — К.: Гол. ред. Укр. рад. енцикл. АН УРСР, 1973. — 623 с.

3. Мочерний С. В. Економічна теорія / С. В. Мочерний. — К.: Академія, 2003. — 656 с. — (Альма-матер).

4. Хміль Ф. І. Основи менеджменту: підручник / Ф. І. Хміль — К.: Академвидав, 2003. — 608 с. — (Альма-матер).

5. Ярмоленко В. А. Измерение результативности труда на основе стоимостных показателей / Ярмоленко В. А., Полищук Н. В. // Хранение и переработка сельхозсырья. — М. — 1996. — № 2. — С. 10–12.

6. Віктор Ярмоленко. Закон зміни результативності праці: зміст, моделювання / Віктор Ярмоленко // Економіст. — 1998. — № 11. — С. 50–54.

7. Наталія Поліщук. Підприємницька діяльність як сукупність відповідних економічних процесів: результативність складових частин / Наталія Поліщук // Економіст. — Київ, 2000. — № 9 (167) — С. 28–32.

8. Поліщук Н. В. Оцінка результативності процесу утворення первинного регіонального доходу / Н. В. Поліщук, В. О. Ярмоленко // Економіка: проблеми теорії та практики. Збірник наукових праць. Випуск 145. — Дніпропетровськ: ДНУ, 2002. — С. 54–60.

9. Поліщук Н. В. Функціонування економічних систем: моделі складових результативності: [монограф ія] / Н. В. Поліщук. — Вінниця: ВНАУ, 2010. — 396 с.

10. Статистичний щорічник Вінниччини за 2009 рік. — Вінниця, 2010. — 682 с.

11. Статистичний щорічник Вінниччини за 2010 рік. — Вінниця, 2011. — 686 с.

Аннотация. *На основе моделирования рассматриваются подходы к оценке составляющих результативности транспорта и связи как вида деятельности на региональном уровне. Проведены исследования проблем функционирования транспорта и связи как вида экономической деятельности. Выполнено рейтинговое оценивание составляющих результативности процесса получения валовой добавленной стоимости в 2008–2009 гг. по виду «деятельность транспорта и связи» Винницкой области по сравнению с другими видами деятельности.*

Abstract. *On the basis of modeling approaches for assessment of efficiency transport components and telecommunications as a kind of activity on regional level are considered. A study transport problems and communication as a form of economic activity. Completed evaluation of component performance rating of obtaining value added in 2008–2009yy. by type «Transport and Communications» Vinnytsia region in comparison with other activities.*

Стаття надійшла до редакції 28.03.2012

УДК 621.113

КУКУРУДЗЯК Ю.Ю., к.т. н., доцент, ДОБРОВОЛЬСЬКИЙ О.Л., асистент, Вінницький національний технічний університет

АЛЬТЕРНАТИВНІ МЕТОДИ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛІВ

В статті приведений короткий аналіз можливостей впровадження існуючих методів та засобів діагностування автомобілів для оперативного моніторингу їх технічного стану. Пропонується застосування методів інтелектуального діагностування на прикладі визначення технічного стану підвіски автомобіля.

Технічна діагностика як окрема наука охоплює теоретичні основи, методи, засоби та алгоритми визначення технічного стану об'єкту діагностування (ОД) і визначає ряд основних понять. Технічний стан — це стан, який характеризується значеннями параметрів, що встановлені технічною документацією на ОД для визначених умов та у визначений момент часу. Діагностування — це процес визначення технічного стану ОД без його розбирання. Контроль технічного стану — це процес визначення виду технічного стану ОД. Результатом контролю технічного стану є висновок про його вид — справний, працездатний або несправний. Результатом діагностування є висновок про вид технічного стану з зазначенням місця, виду і причини несправності.

Основні поняття технічної діагностики лежать в основі діючої на сьогоднішній день планово-попереджувальної системи ТО і ремонту автомобілів [1]. Дана система, як стратегія технічної експлуатації автомобілів (ТЕА) «за напрацюванням», передбачає періодичне діагностування автомобілів. Для впровадження більш досконалої і альтернативної стратегії ТЕА «за станом» виникає необхідність у постійній оперативній інформації про технічний стан ОД. Цей процес має назву моніторинг технічного стану. Така інформація може бути отримана наступними способами: 1) — шляхом постійного зчитування даних штатної електронної системи бортової діагностики сучасного автомобіля (OBD); 2) — застосуванням додаткових вмонтованих засобів моніторингу технічного стану; 3) — застосуванням недорогих засобів експрес-діагностування, яке повинно виконуватись з короткими інтервалами (можливо щоденно) і характеризуватись малою трудомісткістю.

Дуже важливою умовою ефективного моніторингу є вибір найбільш раціональних методів отримання інформації про технічний стан окремих елементів автомобіля та впровадження сучасних технологій обробки цієї інформації (рис. 1).

Вибір тих чи інших методів визначення технічного стану повинен ґрунтуватись на доцільності їх застосування. Періодичне діагностування в діючій системі ТО і ремонту автомобілів передбачає виконання діагностичних робіт на підприємствах в спеціально обладнаних зонах діагностики.

Сучасна тенденція збільшення кількості підприємств, що надають послуги пасажирських та вантажних перевезень на Україні і зменшення їх розмірів, значно ускладнила процес контролю технічного стану автомобілів, організацію вчасного та якісного виконання робіт з їх технічного обслуговування і ремонту. На малих підприємствах економічно не доцільно виконувати і не можливо технічно забезпечити повний комплекс робіт з підтримання автомобілів в технічно справному стані.Виходячи з цього досить гостро стає проблема впровадження нових методів і засобів постійного контролю технічного стану (моніторингу) автомобілів, які можуть забезпечити достатню інформативність та достовірність і при цьому вартість засобів та витрати на сам процес моніторингу повинні бути доступними. Методи діагностування, які потребують застосування дорогих діагностичних стендів (тягових, гальмівних, мотор-тестерів та ін.), не доцільно використовувати для моніторингу на невеликих підприємствах. Більшість

існуючих параметричних методів діагностування (рис. 1) можуть дати бажаний результат і вони можуть здійснюватись із застосуванням недорого обладнання. Але, як правило, такі методи потребують разових технічних втручань з порівняно великими затратами часу, що не задовольняє вимог ефективного моніторингу і при впровадженні у стратегію ТЕА «за станом» можуть бути застосовані тільки частково.

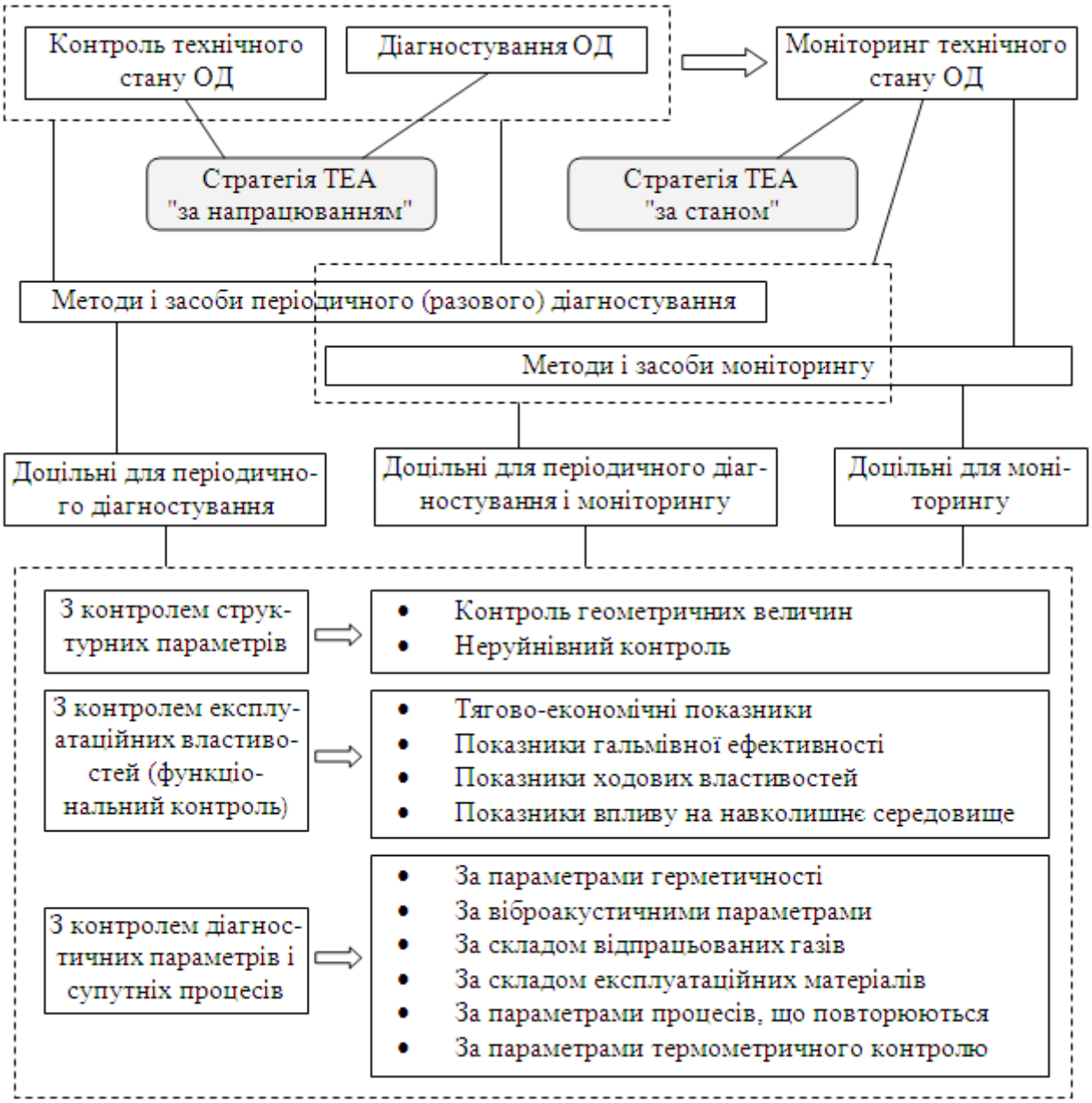


Рис. 1. Методи діагностування та моніторингу технічного стану

Для створення постійного потоку діагностичної інформації в сучасних автомобілях з електронними системами керування можуть використовуватись значення параметрів, які контролюються бортовою системою діагностики (OBD). Діючий стандарт OBD-II характеризує в основному технічний стан екологічних систем та систем безпеки автомобіля. Стосовно автомобільного двигуна дана система передбачає монітори каталітичного нейтралізатора, кисневих датчиків, пропусків іскроутворення, системи впорскування бензину, рециркуляції відпрацьованих газів

та ін. Це досить цінна інформація, але вона не достатня для повної характеристики технічного стану двигуна.

Перелічені вище методи і засоби отримання інформації про технічний стан автомобіля в умовах оперативного моніторингу можуть повністю задовольнити потребу в оперативній діагностичній інформації для деяких визначених систем автомобіля, але для інших систем такої інформації недостатньо. В такому разі, як альтернативні, можна пропонувати методи інтелектуальної діагностики, які здатні: по-перше, в умовах обмеженої інформації знаходити оптимальне рішення; по-друге, самонавчатись і поповнювати базу знань в процесі експлуатації.

Наприклад, для моніторингу стану підвіски, а саме значень кутів встановлення керованих коліс, які можуть бути індикатором зміни її стану [2], пропонується застосувати метод нечіткого логічного виведення із застосуванням нескладного діагностичного приладу — площадкового стенда [3], за допомогою якого можна проводити експрес діагностику стану підвіски, контролювати зміну діагностичних параметрів та поповнювати базу знань. При цьому за критерій справності підвіски автомобіля приймаються енергетичні втрати на тертя в плямі контакту та на гістерезис в шині. Таким чином, визначником даної системи являється втрата енергії в плямі контакту (ΔЕ), тобто робота сили тертя та гістерезис в шині (А). Виходячи з цього, систему можна записати у вигляді:

$$A=\Delta E=\begin{vmatrix} P_w \\ \varepsilon \\ a \end{vmatrix} \tag{1}$$

Стан системи визначається точкою з координатами (P_w, a, ε) в багатомірному лінійному просторі [2] і може представлятися радіус-вектором $\vec{r}_0$

$$\left|\vec{r}_0\right| = \sqrt{{P_{w0}}^2 + {\varepsilon_0}^2 + {a_0}^2} \tag{2}$$

Координати (P_w, a, ε) визначаються на еталонному автомобілі з правильно обраними кутами встановлення керованих коліс. При діагностуванні можливе відхилення координат і відповідно довжини радіус — вектора $\vec{r}$, тоді стан системи буде визначатися координатами (P_{w1}, a_1, ε_1) і його положення буде визначатися вектором $\vec{r}_1$. Зміна положення радіус-вектора буде характеризуватися зміною стану системи за час між замірами і являється даними для поповнення бази знань.

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_1 - \vec{r}_0 \text{ або } \Delta E = \sqrt{(P_{w1} - P_{w0})^2 + (\varepsilon_1 - \varepsilon_0)^2 + (\alpha_1 - \alpha_0)^2} \tag{3}$$

Враховуючи, що автомобілі експлуатуються з різними типами шин, то положення радіус-вектора для них буде різним, і тому необхідний індивідуальний підхід до кожного автомобіля з урахуванням його стану, встановлених шин та міри їх зношення, що має відображатися в базі знань.

Таким чином, аналізуючи еталонні значення діагностичних параметрів та отримані при моніторингу системи, можна судити про стан підвіски в цілому. Якщо значення при моніторингу виходять за межі допуску, то вважається, що система знаходиться в критичній зоні.

Моніторинг та збір даних для навчання експертної системи здійснюється методом моделювання багатомірних залежностей. Цей метод використовується для опису процесів нечіткими базами знань призначеними для формалізації причинно-наслідкових зв'язків між змінними «вхід-вихід», які характеризують ту або іншу конкретну залежність.

Нечіткі бази знань втілюють у собі опис цих зв'язків природною мовою із застосуванням теорії нечітких множин і лінгвістичних змінних.

Відповідно до даного методу, побудова системи здійснюється у два етапи, які аналогічні етапам структурної й параметричної ідентифікації, характерним для класичних методів [4]. На першому етапі здійснюється формування і грубе настроювання системи шляхом побудови бази знань по отриманій експертній інформації, що є традиційним для технології нечітких експерт-

них систем. Грубе настроювання ваг правил і форм функцій приналежності можна здійснювати за допомогою методу парних порівнянь Сааті. На другому етапі здійснюється тонке настроювання нечіткої моделі шляхом її навчання за допомогою даних, отриманих при моніторингу. Суть тонкого настроювання полягає в доборі таких вагових коефіцієнтів правил «ЯКЩО-ТО» і таких параметрів функцій приналежності, при яких би мінімізувалась відмінність між вхідними і вихідними параметрами об'єкта.

На етапі ідентифікації системи доцільно використати узагальнений елемент логічного виводу [4]. Цей елемент описує залежність, яка показує зв'язок між причинами (факторами) x_i $(i=\overline{1,n})$ і наслідком y в вигляді системи нечітких логічних висловлювань (бази знань):

$$y = f\left(x_1, x_2, \ldots, x_n\right) \tag{4}$$

Згідно з залежністю (4) нашу систему можна подати у вигляді залежності:

$$A = f(P_w, \varepsilon, a), \tag{5}$$

або у вигляді дерева вершинами якого є фактори впливу (рис. 2).

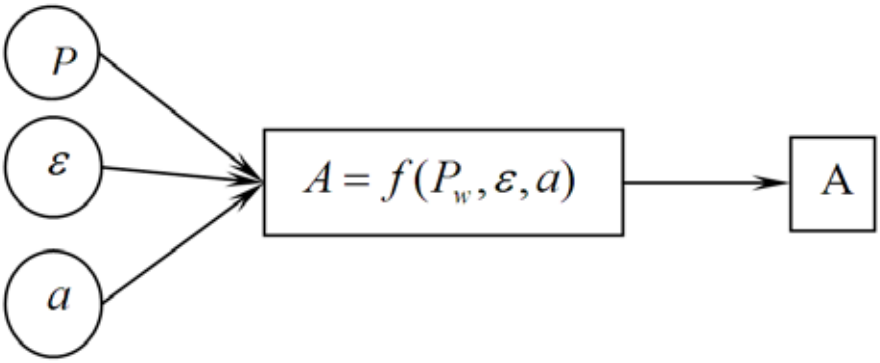


Рис. 2. Структура моделі визначення роботи тертя в контакті шини

Фактори впливу у рівнянні 2 будемо розглядати як лінгвістичні змінні, що задані на відповідних універсальних множинах і оцінюються нечіткими термами. Для цього представимо отриману модель у вигляді системи нечітких логічних висловлювань (бази знань).

$$\begin{aligned}
&ЯКЩО \quad \left[\left(x_1 = X_1^{j1}\right) I \left(x_2 = X_2^{j1}\right) I \ldots \left(x_n = X_n^{j1}\right)\right] \quad \left(з\ вагою\ a_{j1}\right)\\
&АБО \quad \left[\left(x_1 = X_1^{j2}\right) I \left(x_2 = X_2^{j2}\right) I \ldots \left(x_n = X_n^{j2}\right)\right] \quad \left(з\ вагою\ a_{j2}\right)\ldots\\
&АБО \quad \left[\left(x_1 = X_1^{jK_j}\right) I \left(x_2 = X_2^{jK_j}\right) I \ldots \left(x_n = X_n^{jK_j}\right)\right] \quad \left(з\ вагою\ a_{jK_j}\right),\\
&ТО \qquad y = Y_j,\ j = \overline{1,m},
\end{aligned} \tag{6}$$

де Y_j – нечіткий терм для оцінки j-го рівня вихідної змінної y;

m — кількість термів для оцінки змінної y;

X_i^{jp} – нечіткий терм для оцінки вхідної змінної x_i в p-му ряду матриці знань, що відповідає терму Y_j, $p = \overline{1,k_j}$;

K_j — кількість рядків, що відповідають терму Y_j;

a_{jp} — вага експертного правила з номером jp;

Виходячи з вищесказаного, задача визначення енергетичних втрат в плямі контакту шини з опорною поверхнею полягає в тому, щоб для кожної комбінації значень вхідних параметрів (факторів) поставити у відповідність одне з рішень A_j, $j=\overline{1,3}$, а потім дефазіфікувати його. Для цього необхідно побудувати експертну базу знань, яка пов'язує фактори впливу з об'єктом моніторингу. Навчання системи для прийняття адекватного рішення полягає в підборі таких значень параметрів налаштування *b* і *c*, які б давали мінімальне розходження прийнятих рішень з еталонними значеннями. Для цього за допомогою узагальненої моделі визначаються функції належності змінної x до довільного нечіткого терму T:

$$\mu^T(x)=\frac{1}{1+\left(\frac{x-b}{c}\right)^2}, \qquad (7)$$

де *b* і *c* — параметри налаштування, які мають наступну інтерпретацію:

b — координата максимуму функції, $\mu^T(x)=1$; *c* — коефіцієнт концентрації функції.

Таким чином, знаючи діапазони зміни усіх факторів впливу, підбираються попередні значення параметрів налаштування функцій належності *b* і *c* наступним чином: на основі обраних вхідних даних діапазони зміни кожного фактору ділимо на відповідну кількість термів, середини отриманих відрізків будуть значеннями параметра *b*; параметр *c* вибираємо з урахуванням розмірності факторів та з урахуванням ваги кожного правила заданого в системі. База знань набирається поступово для кожного автомобіля, який існує на підприємстві. Перетворення нечіткого рішення у чітку форму (дефазифікація) відбувається за принципом «центру ваги» [5]. Після цього отримуємо експертну систему з навчаючою базою, яка дозволить в будь-який момент часу зробити висновок про технічний стан об'єкту діагностування та прогнозувати його залишковий ресурс.

Описані методи оперативного моніторингу та інтелектуального діагностування технічного стану автомобілів можуть розглядатись як такі, що дають можливість встановлення діагностичних висновків в умовах обмеженої інформації, що є необхідним для удосконалення системи технічної експлуатації автомобілів.

Список літератури

1. Аринин И. Н., Коновалов С. И., Баженов Ю. В. Техническая эксплуатация автомобилей.— Ростов на Дону: Феникс, 2004.— 320 с.

2. Ребедайло В. М. Діагностика зміни технічного стану підвіски автомобіля / В. М. Ребедайло, О. Л. Добровольський // Збірник наукових праць ВДАУ.— 2005.— Вип. 23.— С. 137–142.

3. Добровольський О. Л. Аналіз конструкцій стендів та методів для випробування шин / О. Л. Добровольський // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки».— 2010.— № 28.— С. 188–194.

4. Методы и системы принятия решений. Системы, основанные на знаниях / под ред. А. Н. Борисова.— Рига: РПИ, 1989.— 175 с.

5. Rotshtein A. P., Katelnikov D. I., Design and Tuning of Fuzzy If—Then Rules for Automatic Classification / A. P. Rotshtein, D. I. Katelnikov // Proc. International Conf. «Annual Meeting of North American Fuzzy Information Processing Society.— NAFIPS '98».— Tampa (USA).— 1998.— P. 50–55.

Аннотация. *В статье приведен краткий анализ возможностей внедрения существующих методов и средств диагностирования автомобилей для оперативного мониторинга их технического состояния. Предлагается применение методов интеллектуального диагностирования на примере определения технического состояния подвески автомобиля.*

Abstract. *The article is a brief analysis of the possibility of existing methods implementation and means of diagnosing vehicle monitoring for their technical condition. Proposed the use of predictive diagnosis for example, identify the technical condition of the vehicle suspension.*

Стаття надійшла до редакції 10.04.2012р.

УДК 004

ФЕДОРОВ Е.Е. к.т. н., доцент,
Донецкая академия автомобильного транспорта
СЛЕСОРАЙТИТЕ Э.
Вильнюсский университет

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОНОРНЫХ СОГЛАСНЫХ ЗВУКОВ КОМАНД ВОДИТЕЛЯ ПОСРЕДСТВОМ НЕРАСШИРЯЮЩИХ РАВНОМЕРНО НЕПРЕРЫВНЫХ ОТОБРАЖЕНИЙ

В статье проводится численное исследование сонорных согласных звуков команд водителя посредством нерасширяющих равномерно непрерывных отображений, основанных на банке октавных фильтров для формирования вектора вещественных признаков и преобразовании вектора вещественных признаков к вектору целых признаков посредством нормирования, масштабирования и округления

Постановка проблемы

В современной отечественной и мировой практике активно ведутся разработки интеллектуальных систем, связанных с автомобилем и его водителем и позволяющих снизить количество аварий. Особую важность эти исследования имеют для вербального управления автомобилем. Для эффективной идентификации вербальных команд водителя принятие решений должно производиться с высоким быстродействием и высокой вероятностью. Параметры системы идентификации команд водителя определяются по результатам численного исследования.

Анализ последних исследований и публикаций

Существующие методы и модели распознавания речевых образов обычно основаны на скрытых марковских моделях (СММ), алгоритме динамического программирования DTW и нейронных сетях и обладают одним или несколькими из перечисленных ниже недостатков [1–6]:

– длительность обучения;
– хранения большого количества эталонов звуков или слов, а также весовых коэффициентов;
– длительность распознавания;
– неудовлетворительная вероятность распознавания.
– необходимость большого количества обучающих данных.

С другой стороны в литературе обычно не проводятся исследования, связанные с определением множеств векторов значений признаков, относящихся к разным звукам речи. Это связано с тем, что обычно значения признаков являются непрерывными, хотя и ограниченными сверху и снизу. Таким образом, множества векторов признаков разных звуков являются несчетными.

Цель статьи

Для вербального управления транспортными объектами провести численное исследование сонорных согласных речевых команд водителя на основе нерасширяющих равномерно непрерывных отображений.

Структура нерасширяющих равномерно непрерывных отображений

В работе [7] были впервые введены нерасширяющие равномерно непрерывные отображения, действующие в компактных метрических пространствах образцов сигналов. В данной статье эти отображения используются с точки зрения преобразования и классификации образцов звуков речи. Структура нерасширяющих равномерно непрерывные отображения определена в работе [8] следующим образом:

— нерасширяющее равномерно непрерывное отображение $\varphi : S^N \to V^K$ соответствует функции формирования вектора признаков, т. е. отображает вектор целых значений дискретного сигнала $\mathbf{s} = (s_1,...,s_N)$, в вектор вещественных признаков $\mathbf{v} = (v_1,...,v_K)$, причем каждая компонента вектора $\mathbf{v}$ вычисляется как логарифмированная мера контрастности [8];

— нерасширяющее равномерно непрерывное отображение $\psi : V^K \to X^K$ соответствует функции нормирования (значения признаков текущего вектора $\mathbf{v}$ делятся на максимальное значение этого вектора), масштабирования и округления вектора вещественных признаков, т. е. отображает вектор вещественных признаков $\mathbf{v} = (v_1,...,v_K)$, в вектор целых признаков $\mathbf{x} = (x_1,...,x_K)$ в виде

$$x_i = \psi_i(\mathbf{v}) = \begin{cases} \left[\dfrac{v_i - \min\limits_{k \in \overline{1,K}} v_k}{\max\limits_{k \in \overline{1,K}} v_k - \min\limits_{k \in \overline{1,K}} v_k} \cdot \alpha \right], & \max\limits_{k \in \overline{1,K}} v_k > \min\limits_{k \in \overline{1,K}} v_k \\ 0. & \max\limits_{k \in \overline{1,K}} v_k = \min\limits_{k \in \overline{1,K}} v_k \end{cases}, i \in \overline{1,K},$$

где $\alpha \in \{2^{r_X - 1},...,2^{r_X}\}$ — коэффициент масштаба, [] означает округление.

r_X — количество разрядов (бит) для одного значения признака.

— нерасширяющее равномерно непрерывное отображение $\phi : X^K \to Y^M$ соответствует функции классификации вектора целых признаков, т. е. отображает вектор целых признаков $\mathbf{x} = (x_1,...,x_K)$ в номер класса образца звука речи, представленный булевым вектором с одной ненулевой компонентой $\mathbf{y} = (y_1,...,y_M)$, причем классификация (т. е. сопоставление с обучающим образцом) проводится на основе дискретной метрики [8].

Формирование областей сонорных согласных звуков в признаковом пространстве

Области сонорных согласных звуков речи в признаковом пространстве X^K формируются на основе обучающего множества образцов соответствующих звуков. В статье исследуются сонорные согласные звуки |м|, |н|, |л|, |р|, |й|, не содержащие переходных участков, на примере вербального управления прокатным станом. Параметры для нерасширяющих равномерно непрерывных отображений определены в работе [7] следующим образом: $K = 7, r_X = 4, \alpha = 10$. Структура нерасширяющих равномерно непрерывные отображения определена в работе [8].

В табл.1 и на рис.1 приведены обучающие образцы звука |м| слова «методический» после выполнения нормирования, масштабирования и округления. Каждый образец представляет собой вектор признаков, вычисленный на основе логарифмированной меры контрастности. Область звука |м| в признаковом пространстве представлена в виде

$$A_м = \{\mathbf{x} \mid x_1 \in \{10\}, x_2 \in \{10\}, x_3 \in \{5,6,8,9,10\}, x_4 \in \{7,8,9,10\}, x_5 \in \{3,4,5\}, x_6 \in \{1,2\}, x_7 \in \{0\}\}$$

В табл.2 и на рис.2 приведены обучающие образцы звука |н| слова «ножницы» после выполнения нормирования, масштабирования и округления. Каждый образец представляет собой вектор признаков, вычисленный на основе логарифмированной меры контрастности. Область звука |н| в признаковом пространстве представлена в виде

$$A_н = \{\mathbf{x} \mid x_1 \in \{10\}, x_2 \in \{10\}, x_3 \in \{8,9,10\}, x_4 \in \{7,8,10\}, x_5 \in \{4,5,6\}, x_6 \in \{1,2,3\}, x_7 \in \{0\}\}$$

В табл.3 и на рис.3 приведены обучающие образцы звука |л| слова «включить» после выполнения нормирования, масштабирования и округления. Каждый образец представляет собой вектор признаков, вычисленный на основе логарифмированной меры контрастности. Область звука |л| в признаковом пространстве представлена в виде

$$A_л = \{\mathbf{x} \mid x_1 \in \{10\}, x_2 \in \{5,6,7,8\}, x_3 \in \{5,6\}, x_4 \in \{6,7,8\}, x_5 \in \{1,2\}, x_6 \in \{0,1\}, x_7 \in \{0,1\}\}$$

В табл.4 и на рис.4 приведены обучающие образцы звука |р| слова «рез» после выполнения нормирования, масштабирования и округления. Каждый образец представляет собой вектор признаков, вычисленный на основе логарифмированной меры контрастности. Область звука |л| в признаковом пространстве представлена в виде

$$A_р = \{\mathbf{x} \mid x_1 \in \{10\}, x_2 \in \{10\}, x_3 \in \{5,6,7,8\}, x_4 \in \{2,3,4,5\}, x_5 \in \{1,2\}, x_6 \in \{1,2\}, x_7 \in \{0\}\}$$

В табл.5 и на рис.5 приведены обучающие образцы звука |й| слова «яков» после выполнения нормирования, масштабирования и округления. Каждый образец представляет собой вектор признаков, вычисленный на основе логарифмированной меры контрастности. Область звука |й| в признаковом пространстве представлена в виде

$$A_й = \{\mathbf{x} \mid x_1 \in \{10\}, x_2 \in \{3,4,5,6,8\}, x_3 \in \{5,6,7,8\}, x_4 \in \{5,6,7,8,9,10\}, x_5 \in \{2,3,4,5,7\},$$

$$x_6 \in \{1,2,3,4\}, x_7 \in \{0\}\}$$

Таблица 1

Обучающие образцы звука |м| слова «методический»

№	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
1	10	10	5	7	3	1	0
2	10	10	6	7	4	1	0
3	10	10	8	7	5	1	0
4	10	10	8	8	3	2	0
5	10	10	8	8	4	1	0
6	10	10	8	8	4	2	0
7	10	10	8	9	4	1	0
8	10	10	9	8	4	2	0
9	10	10	9	9	3	2	0
10	10	10	9	9	4	2	0
11	10	10	9	10	4	2	0

Таблица 2

Обучающие образцы звука |н| слова «ножницы»

№	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
1	10	10	8	7	5	1	0
2	10	10	8	7	6	1	0
3	10	10	8	8	4	2	0
4	10	10	8	10	4	2	0
5	10	10	9	7	4	2	0
6	10	10	9	7	5	1	0
7	10	10	9	8	4	2	0
8	10	10	9	8	4	3	0
9	10	10	9	8	4	2	0
10	10	10	9	8	4	1	0
11	10	10	9	8	5	1	0
12	10	10	9	8	5	3	0
13	10	10	9	8	5	2	0
14	10	10	10	8	6	2	0
15	10	10	10	10	6	2	0

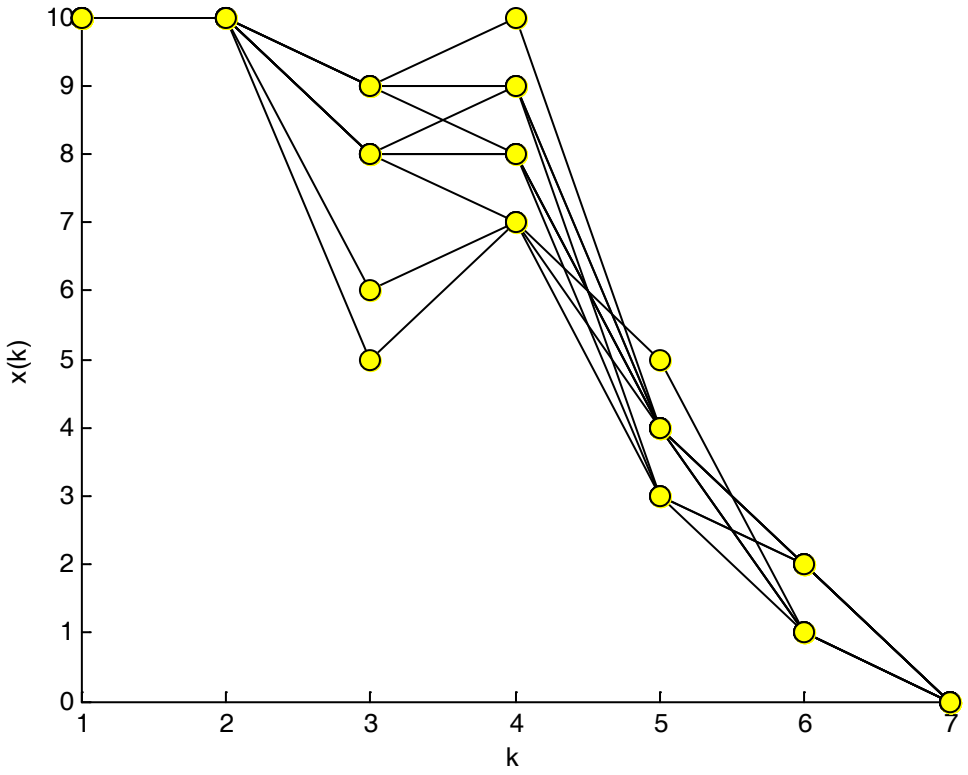


Рис. 1. Обучающие образцы звука |м| слова «методический»

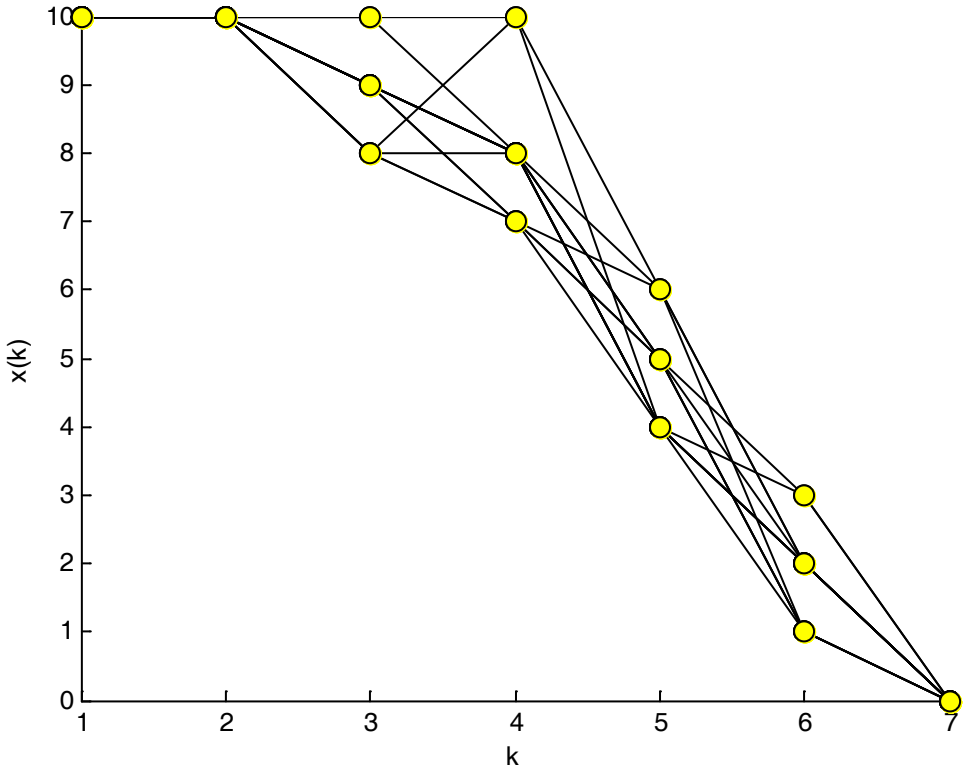


Рис. 2. Обучающие образцы звука |н| слова «ножницы»

Таблица 3

Обучающие образцы звука |л| слова «включить»

№	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
1	10	5	5	8	2	0	1
2	10	6	5	7	1	0	1
3	10	7	5	8	2	0	1
4	10	7	6	7	2	0	1
5	10	7	6	7	2	1	0
6	10	8	6	6	2	0	1
7	10	8	6	7	1	0	1
8	10	8	7	6	2	0	1
9	10	8	7	7	2	0	1

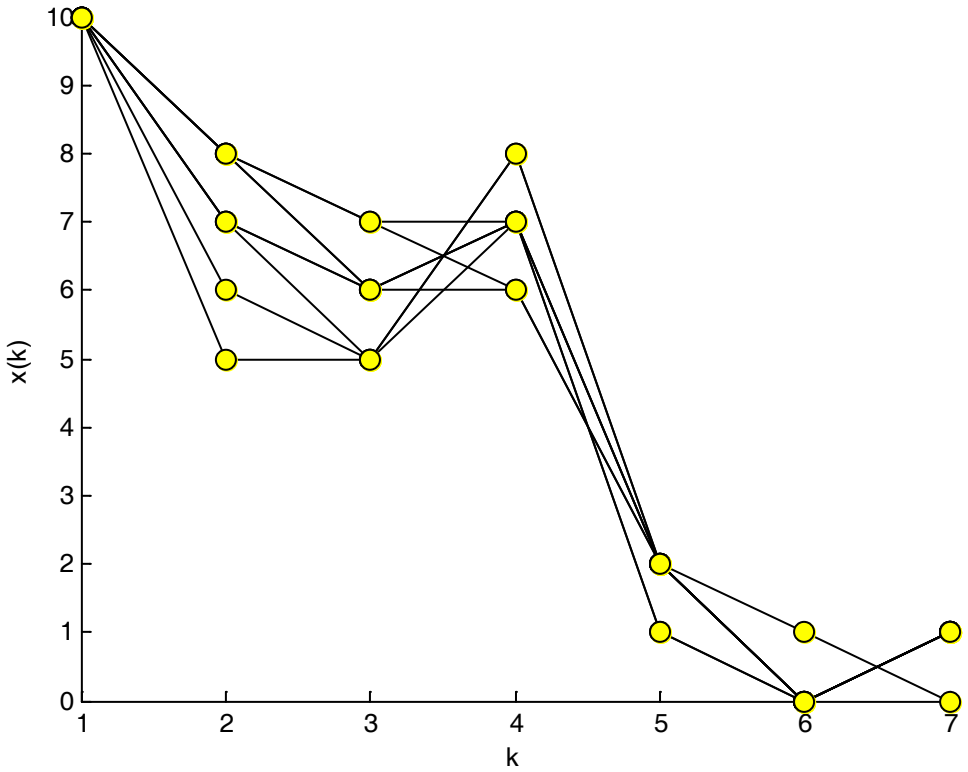


Рис. 3. Обучающие образцы звука |л| слова «включить»

Таблица 4

Обучающие образцы звука |р| слова «рез»

№	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
1	10	10	5	3	1	2	0
2	10	10	5	5	2	2	0
3	10	10	6	2	1	2	0
4	10	10	6	3	1	1	0
5	10	10	6	4	2	2	0
6	10	10	6	4	1	2	0
7	10	10	6	5	1	2	0
8	10	10	6	5	2	1	0
9	10	10	7	3	1	2	0
10	10	10	7	4	1	2	0
11	10	10	7	5	1	2	0
12	10	10	7	5	2	2	0
13	10	10	8	4	2	2	0

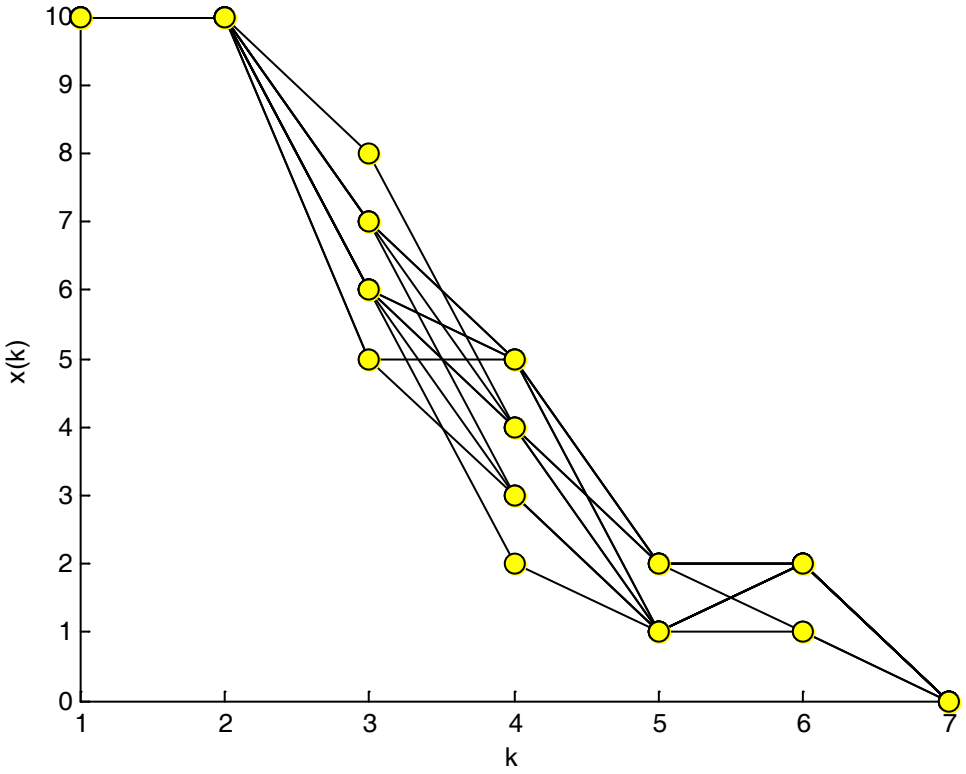


Рис. 4. Обучающие образцы звука |р| слова «рез»

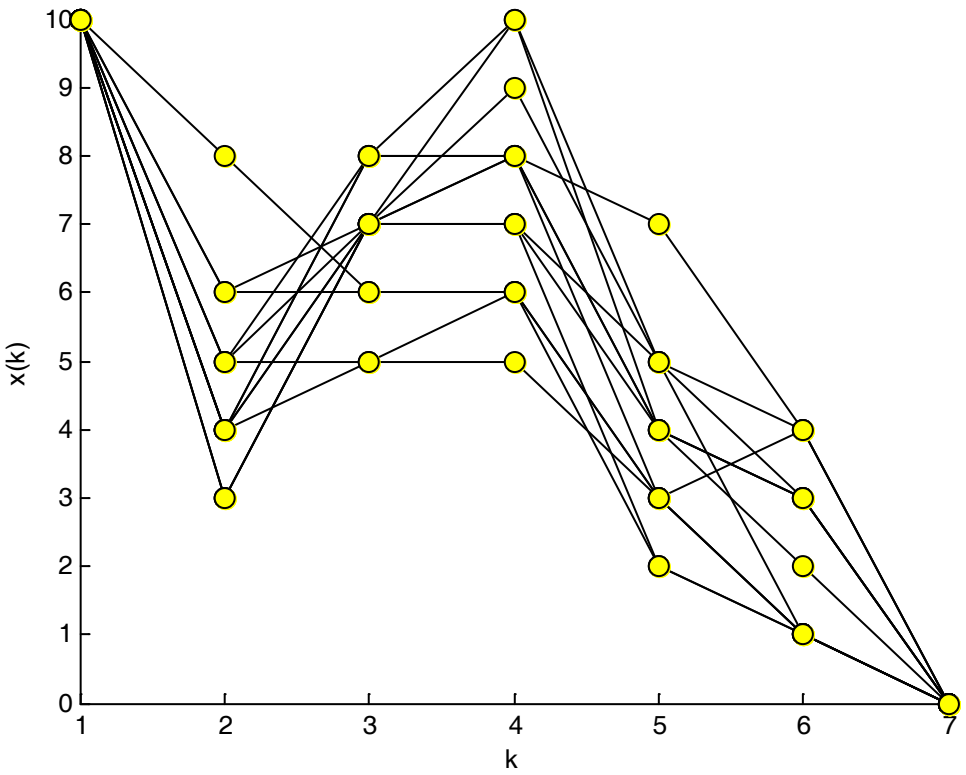


Рис. 5. Обучающие образцы звука |й| слова «яков»

Таблица 5

Обучающие образцы звука |й| слова «яков»

№	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
1	10	3	7	7	4	2	0
2	10	3	7	8	3	4	0
3	10	3	7	9	5	3	0
4	10	4	5	6	2	1	0
5	10	4	7	8	4	3	0
6	10	4	7	10	5	4	0
7	10	4	8	8	7	4	0
8	10	4	8	10	4	3	0
9	10	5	5	5	3	1	0
10	10	5	7	7	5	1	0
11	10	5	8	8	4	3	0
12	10	6	6	6	3	1	0
13	10	6	7	7	2	1	0
14	10	8	6	6	3	1	0

Выводы

Научная новизна. В статье для вербального управления транспортными объектами проведено численное исследование сонорных согласных речевых команд водителя на основе нерасширяющих равномерно непрерывных отображений. В результате исследования определены области каждого сонорного согласного звука в признаковом пространстве.

Практическое значение. Система идентификации речевых команд водителя, разработанная на основе созданных обучающих образцов, может использоваться в системах человеко-машинного общения для различных отраслей.

Список литературы

1. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / С. Осовский. — М.: Финансы и статистика, 2002. — 344 с.

2. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. — 1104 с.

3. Комарцова Л. Г. Нейрокомпьютеры / Л. Г. Комарцова, А. В. Максимов. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Батмана, 2002. — 320 с 4. Каллан Р. Основные концепции нейронных сетей / Р. Каллан. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. — 288 с.

5. Малла С. Вэйвлеты в обработке сигналов / С. Малла. — М.: Мир, 2005. — 671 с.

6. Федоров Е. Е. Методология создания мультиагентной системы речевого управления: монография / Е. Е. Федоров. — Донецк: изд-во «Ноулидж», 2011. — 356 с.

7. Федоров Е. Е. Метод обработки сигнала на основе нерасширяющих равномерно непрерывных отображений / Е. Е. Федоров // Труды Междунар. науч.-техн. конф. «Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи (теорія, практика, історія, освіта)» (РТПСАС'2012). — Киев. — 2012. — С. 19–20.

8. Федоров Е. Е. Метод преобразования и идентификации вербальных команд водителя на основе нерасширяющих равномерно непрерывных отображений / Е. Е. Федоров, Э. Слесорайтите // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. — 2012. — № 1. — С. 4–14

Анотація. *У статті проводиться чисельне дослідження сонорних приголосних звуків команд водія за допомогою нерозширювальних рівномірно безперервних відображень, заснованих на банку октавних фільтрів для формування вектора речовинних ознак і перетворенні вектора речовинних ознак до вектора цілих ознак за допомогою нормування, масштабування й округлення*

Abstract. *Numerical research is carried out article resonant consonant sounds commands of the driver through of not expanding uniformly continuous mapping based on bank of octave filters for formation of a vector of material features and transformation of a real features vector to a integer features vector via normalization, scaling and rounding is offered.*

Стаття надійшла до редакції 21.03.2012р.

УДК 656.013.073

ПОЛИЩУК В. П., д.т. н., Национальный транспортный университет

НАЗНАЧЕНИЕ СРЕДНИХ И РЕКОМЕНДУЕМЫХ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ НА ПЕРЕГОНАХ АВТОМАГИСТРАЛЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ДВИЖЕНИЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ДВИЖЕНИЕМ

Величина средней скорости движения транспортного потока, определенная теоретически, является исходной величиной для принятия решений относительно назначения скоростей движения в «критических ситуациях» (то есть в условиях, отличающихся от ординарных), а также для назначения величины рекомендуемых скоростей движения на перегонах автомагистралей. Также представлены результаты расчетов величины средней скорости движения транспортного потока, величины средней свободной скорости движения в разных условиях движения для разных категорий дорог и величин скоростей движения, с соответствующими значениями интенсивности движения и интервалов следования.

Теоретически определенная величина средней скорости движения транспортного потока необходима в качестве исходного данного для принятия решения по назначению скорости движения транспортного потока в критических ситуациях [1], а также для вывода значения скорости на знак «Рекомендуемая скорость».

Принципы определения теоретического значения средней скорости движения транспортного потока.

Средняя скорость движения транспортного потока в удовлетворительных погодных и дорожных условиях, т. е. при отсутствии критических ситуаций, зависит от следующих характеристик:

а) дорожных условий: ширины проезжей части; количества полос движения; геометрии дороги; качества покрытия;

б) транспортного потока: интенсивности движения; состава транспортного потока.

В результате исследований, проведенных на дорогах I категории, было отмечено, что их геометрические характеристики снижают скорость движения автомобилей только тогда, когда продольные уклоны превышают 3%, а радиусы горизонтальной кривой — менее 600 м. Поэтому, для учета взаимосвязей между основными характеристиками транспортного потока, для каждой полосы движения дорог I категории, предлагается использовать следующую зависимость [2]:

$$N = 23{,}75 \cdot q \cdot \ln \frac{q_{\max}}{q}, \qquad (1)$$

где N – интенсивность движения, авт./час;

q – мгновенная плотность потока, авт./км;

$q_{\max}$ — максимальная плотность потока для данного состава, авт./км.

Тогда среднюю скорость транспортного потока следует определять по формуле:

$$\bar{V} = 23{,}75 \cdot \ln \frac{q_{\max}}{q}, \qquad (2)$$

либо из уравнения:

$$\bar{V} = \frac{N}{q_{\max}} \cdot e^{\frac{\bar{V}}{23{,}75}} \qquad (3)$$

Уравнение (1) является трансцендентным и решение может быть получено только приближенными методами. Исходя из вышеприведенных выражений (1) и (3), возможны два метода теоретического определения средней скорости движения транспортного потока:

— по мгновенной плотности и составу потока — уравнение (1);

— по интенсивности и составу потока — уравнение (3).

Определение средней скорости движения транспортного потока по мгновенной плотности и составу транспортного потока.

В уравнении (2) исходными данными являются мгновенная плотность q, которая определяется в результате натурных наблюдений и величина максимальной плотности транспортного потока для данного состава ($q_{\max}$), определяемая теоретически, по следующей формуле:

$$q_{\max} = \frac{1000}{d_{\min} + l_{\varphi}}, \qquad (4)$$

где l_{cp} — средняя длина автомобиля в транспортном потоке данного состава, м;

$d_{\min}$ — дистанция между автомобилями в заторе ($d_{\min} = 1\ м$).

Величина средней длины автомобиля в транспортном потоке определяется по формуле:

$$l_{cp} = \frac{\sum n_i \cdot k_i}{\sum n_i} \cdot L_0, \qquad (5)$$

где n_i — количество автомобилей данного типа;

k_i — соответствующий коэффициент приведения;

L_0 — длина расчетного автомобиля.

Коэффициент приведения равен отношению длины автомобиля данного типа к длине расчетного автомобиля.

Определение средней скорости движения транспортного потока по интенсивности движения и составу транспортного потока.

Как отмечалось выше, решение уравнения (3) относительно $\overline{V}$ возможно только приближенными методами.

Определив величину $q_{\max}$ по зависимости (4) и отношение $N/q_{\max}$, при помощи составленных таблиц (табл. 1) находим величину средней скорости движения транспортного потока.

Разработка теоретических основ автоматизированных систем управления движением на автомобильных дорогах показала, что управление транспортным потоком возможно и необходимо не только в критических ситуациях, но и в ординарных условиях движения. Наиболее сложными с точки зрения назначения величин являются ограничение и рекомендация скоростей движения на перегонах автомобильных дорог, как на основном типовом элементе управления движением. В отличие от перегонов в населенных пунктах, где практически возникает необходимость ограничения величины скорости движения (сверху, снизу, или сверху и снизу одновременно), перегоны на автомобильных дорогах требуют рекомендации величины скорости движения для поддержания заданного уровня экономичности, безопасности и удобства перевозок. При этом погодно-климатические условия не влияют на формирование величин скорости движения.

Рекомендуемую скорость движения в ординарных условиях необходимо назначать в зависимости от следующих факторов: интенсивности, плотности и состава транспортного потока, причем в конкретных дорожных условиях. При этом, основной характеристикой, которая учитывает влияние всех факторов, является средняя скорость движения транспортного потока, как выходная характеристика процесса движения в тех или иных условиях движения [1,2].

Таблица 1

Таблица для определения скорости движения транспортного потока

$\overline{V}$, км/час	$\frac{N}{q_{max}}$	$\overline{V}$, км/час	$\frac{N}{q_{max}}$	$\overline{V}$, км/час	$\frac{N}{q_{max}}$
20	8,62	44	6,9	68	3,88
21	8,68	45	6,77	69	3,78
22	8,73	46	6,63	70	3,67
23	8,74	47	6,50	71	3,57
24	8,73	48	6,36	72	3,47
25	8,74	49	6,23	73	3,33
26	8,69	50	6,09	74	3,28
27	8,65	51	5,96	75	3,19
28	8,62	52	5,82	76	3,10
29	8,55	58	5,69	77	3,01
30	8,47	54	5,56	78	2,92
31	8,40	55	5,43	79	2,84
32	8,31	56	5,30	80	2,76
33	8,23	57	5,17	81	2,67
34	8,12	58	5,04	82	2,60
35	8,02	59	4,92	83	2,52
36	7,91	60	4,80	84	2,44
37	7,79	61	4,68	85	2,37
38	7,68	62	4,56	86	2,30
39	7,54	63	4,44	87	2,23
40	7,42	64	4,32	88	2,16
41	7,29	65	4,21	89	2,10
42	7,17	66	4,10	90	2,03
43	7,04	67	3,99		

Используя некоторые допущения применяемой модели транспортного потока, можно утверждать, что средняя скорость движения не может превышать некоторой граничной величины, которую можно представить как среднюю скорость движения потока в свободных условиях движения:

$$V_{гран} = \frac{\sum_{i=\varphi}^{n} \overline{V}_i \cdot \alpha_i}{\sum_{i=\varphi}^{n} \alpha_i}, \qquad (6)$$

где $\sum_{i=\varphi}^{n} \overline{V}_i \cdot \alpha_i == \overline{V}_1 \cdot \alpha_1 + \overline{V}_2 \cdot \alpha_2 + \overline{V}_3 \cdot \alpha_3 + \overline{V}_4 \cdot \alpha_4$;

$\overline{V}_1; \overline{V}_2; \overline{V}_3; \overline{V}_4;$ – соответственно, средние скорости движения для легковых, грузовых автомобилей, автобусов и автопоездов транспортного потока;

$\alpha_1;\ \alpha_2;\ \alpha_3;\ \alpha_4;$ – соответствующее содержание в потоке рассматриваемых типов автомобилей.

Для примера приведем результаты исследований средних свободных скоростей движения для различных типов автомобилей и условий движения (таблица 2).

Таблица 2

Средние свободные скорости движения в различных условиях движения

Категория дороги	Количество полос движения	Средние свободные скорости движения, км/ч			
		легковые	грузовые	автобусы	автопоезда
I	6	85,00	65,00	73,40	70,40
I	4	83,40	64,70	68,30	66,10
II	2	76,40	62,60	66,00	63,00
III	2	70,60	57,80	61,00	57,60
IV	2	70,40	57,10	61,00	57,20

В связи с тем, что состав транспортного потока на протяжении года изменяется весьма незначительно (не более 7%), есть возможность на основе данных о распределении интенсивности движения по часам суток, дням недели и месяцам года определять среднюю скорость движения на любой момент перспективного периода.

Для определения величины рекомендуемой скорости движения необходимо учесть, что точность определения (измерения) величины скорости движения практически составляет ±5 км/час, т. е. величина рекомендуемой скорости движения должна назначаться кратной 5 км/час в сторону увеличения от средней величины расчетной скорости движения. При определении величины рекомендуемой скорости движения, а также для ее контроля устанавливаются границы, которые обусловливаются средним квадратическим отклонением от ее величины:

$$\left[V_{рек} - \sigma\right] < V_{рек} < \left[V_{рек} + \sigma\right], \tag{7}$$

где σ — среднее квадратическое отклонение от рекомендуемой скорости движения.

Как показали результаты исследований, при неоднородном транспортном потоке возникает необходимость в определении двух значений σ : для легковых автомобилей — $\sigma_л$ и для грузовых автомобилей — $\sigma_{гр}$. Значения скоростей движения автобусов и автопоездов находятся между значениями скоростей движения первых двух групп.

Связь между средним квадратическим отклонением скорости движения транспортного потока и средними квадратическими отклонениями скоростей движения легковых и грузовых автомобилей определяется зависимостью:

$$\sigma = \frac{\left(\bar{V}_л + \sigma_л\right) - \left(\bar{V}_{гр} + \sigma_{гр}\right)}{2} \tag{8}$$

при $\bar{V}_{гр} + \delta_{гр} \le \bar{V}_л + \delta_л$, или $\sigma = \bar{V}_л - \bar{V}_{гр}$

при $\bar{V}_{гр} + \delta_{гр} \le \bar{V}_л + \delta_л$,

где $\bar{V}_л$, $\bar{V}_{гр}$ — соответственно средние скорости движения легковых и грузовых автомобилей.

Исходя из условий связи среднего квадратического отклонения и средней скорости движения [3]:

$$\sigma = 7{,}4^{-1} \cdot \bar{V}$$

Формула для определения среднего квадратического отклонения величины скорости движения неоднородного транспортного потока примет вид:

$$\sigma = \frac{\left(\bar{V}_л + 7{,}4^{-1} \cdot \bar{V}_л\right) - \left(\bar{V}_{гр} + 7{,}4^{-1} \cdot \bar{V}_{гр}\right)}{2}, \tag{9}$$

при $\bar{V}_{гр} + 7{,}4^{-1} \cdot \bar{V}_{гр} \le \bar{V}_л + 7{,}4^{-1} \cdot \bar{V}_л$.

Таблица 3

Значения величин скоростей движения кратных 5 км/ч и соответствующие им области интенсивности и интервалов движения

Значение скорости на знаке, км/час	Область интенсивности движения, авт/ч		Область интервалов движения, сек.	
	от	до	от	до
25	983	1001	3,6	4,0
30	931	1015	3,8	4,4
35	861	983	4,0	4,7
40	786	931	4,4	5,4
45	707	861	4,7	6,0
50	557	861	4,7	8,3
55	488	786	5,4	10,3
60	426	707,0	6,0	13,7
70	1,0	557	8,3	13,7

Следует подчеркнуть, что контроль граничного значения скорости движения можно осуществлять и по величине интервалов следования, которые соответствуют этим значениям (таблица 3).

Значения рекомендуемых скоростей движения назначаются и передаются диспетчером на знаки рекомендуемой скорости движения по направлениям движения.

Достаточно стабильные изменения интенсивности движения как в течение часа, так и в течение суток дают возможность назначать величину рекомендуемой скорости движения, распространяя ее на последующий час суток.

Список литературы

1. Системологія на транспорті: Підручник: У 5 кн./за заг. ред. М.Ф. Дмитриченка.— К.: Знання України, 2007-Кн.4: Організація дорожнього руху/Е.В. Гаврилов, М.Ф. Дмитриченко, В.К. Доля, О.Т. Лановий, І.Е. Линник, В.П. Поліщук — 452 с.— Бібліогр.: с.447–448.

2. Поліщук В.П. Логістика системи «Дорожні умови — транспортні потоки». Збірник наукових праць за матеріалами Міжнародної науково-практичної конференції Логістики промислових регіонів.— Донецьк.: ДААТ, 2010. с.135–140.

3. Пальчик А.А. О пропускной способности автомобильных дорог // Автодорожник Украины.— К., 1981.— № 3.— с.44–45.

Анотація. *Величина середньої швидкості руху транспортного потоку, що визначена теоретично, є вихідною величиною для прийняття рішень щодо призначення швидкостей руху у «критичних ситуаціях», (тобто умов, що відмінні від ординарних), а також для призначення величини рекомендованої швидкості руху на перегоні. Також представлені результати розрахунків величини середньої швидкості руху транспортного потоку, величини середньої вільної швидкості руху у різних умовах руху для різних категорій доріг та величин швидкостей руху з відповідними значеннями інтенсивності руху та інтервалів слідування.*

Abstract. *The magnitude of the average speed of the transport flow, defined in theory, is the largest source for making decisions concerning velocities of movement in critical situations, (t. conditions different from the ordinary), as well as to the value of the recommended speed on the road. Also presented the results of the calculations of the magnitude of the average speed of the transport stream, the value of the free high speed in various conditions of motion for various categories of roads and speed of movement with the respective values of the intensity of movement and space following.*

Стаття надійшла до редакції 29.03.2012р.

УДК 343.346.2

ПАРШИКОВ С.И., инспектор сектора оформления материалов ДТП и дознания ОГАИ Макеевского `ГУ ГУМВД Украины в Донецкой области, майор милиции, КОСТЕНКО А.В., к.т. н., ПОЛЕТАЙКИН А.Н., ассистент, Донецкая академия автомобильного транспорта

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УЧЕТА И АНАЛИЗА ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЙ АВАРИЙНОСТИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

В статье проанализированы процессы учета и анализа дорожно-транспортной аварийности в Украине. Выявлены недостатки существующей системы учета и анализа ДТП. Предложены рекомендации по улучшению качества сбора информации о ДТП и ее последующего анализа.

Введение

Проблема обеспечения безопасности дорожного движения неразрывным образом связана с качеством и объективностью учета и анализа дорожно-транспортных происшествий. На 58-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН в 2004 году было признано, что для понимания проблемы обеспечения безопасности дорожного движения и управления деятельностью по ее решению необходимы достоверные данные, научный подход и солидная исследовательская база [1]. Главной задачей учета и анализа дорожно-транспортных происшествий является изучение причин и условий их возникновения и принятие соответствующих мер по их устранению. Без полного и объективного учета ДТП, всестороннего их анализа невозможно выполнение этой задачи.

Цель статьи

Выявление недостатков в организации и проведении учета и анализа дорожно-транспортной аварийности, выработка рекомендаций по их усовершенствованию.

Основная часть

Характеристики дорожно-транспортной аварийности как массового явления складываются из совокупности данных по отдельным ДТП. Безусловно, что по этой причиине особенности анализа единичных ДТП влияют на значения и смысл общих показателей аварийности [2]. Каждое из ДТП в отдельности носит случайный характер. Но анализ их совокупности позволяет с достаточной степенью точности выявить общие закономерности их возникновения, посчитать величину потерь и, с учетом этого, разработать профилактические мероприятия для предупреждения ДТП или снижения тяжести их последствий.

Согласно Положения о Госавтоинспекции МВД Украины (Постановление Кабинета Министров Украины № 341 от 14.04.1997 р.), одной из основных задач Госавтоинспекции является ведение учета и анализа дорожно-транспортных происшествий [3]. Они осуществляются в соответствии с постановлением Кабинета Министров Украины от 30 июня 2005 г. № 536 «Про затвердження Порядку обліку дорожньо-транспортних пригод» [4], где на Госавтоинспекцию возложено ведение общегосударственного учета ДТП. С целью выполнения постановления для обеспечения полного и объективного учета ДТП, а также в связи с дальнейшим усовершенствованием и введением в постоянную эксплуатацию подразделениями ГАИ автоматизированной

системы учета и анализа «Дорожно-транспортное происшествие», была утверждена карточка учета ДТП и Инструкция по ее заполнению [5].

Таким образом, государство в своем отношении к аварийности указало на необходимость получения объективных статистических данных для правильной оценки состояния аварийности, дорожно-транспортного травматизма на дорогах Украины.

Вместе с тем, нынешнее реальное положение дел с учетом и анализом ДТП, в силу ряда причин объективного и субъективного характера, позволяют говорить о значительных недостатках в этой работе и необходимости ее усовершенствования для повышения эффективности государственного управления в сфере дорожного движения.

Во-первых, в значительной степени качество учетной и аналитической работы зависит от компетентности и профессионализма производящих ее лиц. В настоящее время первоначальный учет ДТП осуществляется работниками ГАИ, которые оформляют (документируют) ДТП. Они же, на месте происшествия или, позднее, в подразделении, заполняют первичную карточку учета ДТП. Таким образом формируется соответствующий информационный массив, полнота и достоверность которого играют первостепенное значение в обеспечении результативности анализа. При этом, правильный юридический анализ происшествия на месте его совершения зависит от личной подготовки работника ГАИ, следователя. Они должны обладать определенными знаниями, которые не могут быть компенсированы мнением специалистов или экспертов [6]. В частности, при заполнении карточки учета ДТП необходимо указать не только объективные данные (время, место совершения ДТП, его участников, сведения о потерпевших, тип дорожного покрытия, погодные условия, освещенность и др.), но и дать личную субъективную оценку происшествия: выявить недостатки в содержании дороги (улицы), определить виновных в ДТП и причины самого происшествия с указанием нарушения ПДД. Очевидно, что все это требует глубоких познаний, поскольку в конечном итоге компетентность конкретного работника ГАИ влияет на объективность как общих статистических данных аварийности, так и производимом на их основании последующем анализе ДТП. Чем лучше будет профессиональная подготовка работника ГАИ, тем меньше будет погрешность между причинами и виновниками ДТП, указанными им (и вошедшими в статистическую отчетность) и установленными в ходе дальнейшего расследования и принятия судебного решения.

Поэтому, представляется весьма правильной специализация как следователей, занимающихся расследованием ДТП, так и работников ГАИ, осуществляющих оформление (документирование) ДТП, что в конечном итоге способствует повышению качества анализа ДТП в целом.

Вместе с тем, производство учета ДТП на месте происшествия с заполнением соответствующих карточек и внесением их в последующем в базу данных (в трехдневный срок), на основании которых Госавтоинспекцией проводится анализ аварийности, имеет положительные и отрицательные стороны. С положительной стороны следует отметить оперативность поступления необходимых сведений о ДТП, возможность определения специфических недостатков в обеспечении безопасности дорожного движения в конкретном месте (например, недостатки в содержании улично-дорожной сети, технических средств организации дорожного движения, состояния и комплектации транспортных средств и другие), что не всегда могут сделать следственные и судебные органы. При оформлении ДТП с пострадавшими вообще целесообразно заполнение карточек учета ДТП именно на месте происшествия, так как все материалы передаются в следственные подразделения, а учет дорожно-транспортных происшествий осуществляется подразделениями Госавтоинспекции. Отрицательной же стороной является указанное выше несоответствие в ряде случаев причин и виновников ДТП с установленными в ходе расследования и принятия судебного решения, что влияет на объективность анализа аварийности. Это связано с неотработанностью вопроса о дальнейшем контроле за результатами расследования (рассмотрения в суде) дел о дорожно-транспортных происшествиях.

Аналогичным образом обстоят дела и с учетом количества пострадавших в ДТП. Первичные карточки учета ДТП в трехдневный срок должны быть переданы из подразделения, осуществляющего оформление ДТП, в вышестоящее подразделение ГАИ для внесения данных в общегосударственную информационно-аналитическую систему учета. Вместе с тем, существует целый ряд проблем, которые могут вызвать затруднения и погрешности в учете травмированных в ДТП. Например, отдельные лица, пострадавшие в дорожных происшествиях, могут обратиться в медицинские учреждения спустя некоторое время после оформления ДТП. Если это происшествие уже было зарегистрировано в территориальном подразделении милиции по признаками ст. 286 УК Украины (т.е в ДТП имелись другие лица, получившие телесные повреждения), то сведения о лицах, обратившихся в медицинские учреждения через некоторое время после происшествия (на следующие сутки или позднее), приобщаются к имеющимся материалам документирования ДТП, но в учетную карточку не попадают. Это объясняется тем, что работник ГАИ, участвовавший в оформлении ДТП, уже сдал карточку после дежурства, а ДТП не требует регистрации, т. к. было зарегистрировано в подразделении ранее. Поэтому, многие ДТП, где фактически было травмировано несколько человек, но некоторые из них обратились в больницы позднее, учитываются с меньшим числом пострадавших.

Проблемы возникают и при непосредственном обращении пострадавших в лечебные учреждения или структурные отделения, где редко занимаются оказанием медицинской помощи пострадавшим в ДТП. В приемных, травматологических, нейрохирургических отделениях медработники постоянно сталкиваются с, так называемыми, «криминальными» травмами и знают порядок действий в этих случаях. Но, к сожалению, бывают случаи, когда медработники плохо осведомлены о порядке учета в медучреждениях травмированных вследствие ДТП и необходимости оперативного информирования органов внутренних дел об этих фактах. Поэтому при неквалифицированности медперсонала сведения о подобных пострадавших могут не попасть в учет, в том числе, даже после сверки с медицинским учреждением. Отметим, что здесь не идет речь о случаях, когда пострадавшие сознательно скрывают обстоятельства получения травм при ДТП.

Могут быть не учтены ДТП, которые произошли на территории обслуживания одного подразделения ГАИ, а пострадавший обратился в лечебное учреждение, как правило, по месту жительства — на территории обслуживания другого подразделения.

К вышеизложенному необходимо добавить, что Инструкцией по заполнению карточки учета ДТП под травмированными в ДТП подразумеваются лица, которые вследствие ДТП получили телесные повреждения любой степени тяжести и в течение трех суток обратились за медпомощью в лечебно-профилактическое учреждение,— т. е. травмированные при ДТП, но обратившиеся в больницу позднее трехдневного срока, если следовать инструкции, учету не подлежат. Латентность дорожно-транспортных происшествий увеличивается и за счет того, что травмированные лица, которым медицинская помощь оказана вне стационарного медучреждения (скорая медицинская помощь) также не подлежат учету как пострадавшие при ДТП.

Ввиду загруженности соответствующих подразделений милиции, отсутствии четко определенной в функциональных обязанностях сферы ответственности конкретных должностных лиц, большие сомнения вызывает эффективность работы по корректировке учетных карточек в последующем.

Во-вторых, недостатки в учете и анализе дорожно-транспортной аварийности связаны с самими параметрами, заложенными в карточке учета ДТП и существующем стереотипном анализе аварийности.

В Украине установлена единая система учета показателей дорожного движения и его безопасности [7]. Государственная отчетность о ДТП проводится на основании карточек учета ДТП. Поэтому несовершенство этих карточек приводит к искажению общегосударственного учета и анализа дорожно-транспортной аварийности.

Дорожно-транспортная аварийность — сложное социальное явление. Ее причины невозможно объяснить однозначно, а состояние и динамика зависят от множества факторов. Определение причин через их объективные виды не объясняет, почему совершаются эти действия. Феномен причинности автотранспортных происшествий имеет широкий спектр расхождений и многофакторности [8]. Однако в карточке учета ДТП работнику ГАИ предлагается установить нарушение Правил дорожного движения (а, следовательно, и причину ДТП) из предложенных весьма ограниченных вариантов. Причем эти варианты охватывают причинность ДТП по вине всех категорий участников дорожного движения, что говорит только об обобщенности данного учета и упущении из внимания многих важных факторов.

Например, предусмотрено нарушение ПДД — несоблюдение дистанции движения, но отсутствует несоблюдение безопасного интервала, хотя подобные ДТП далеко не единичны. Не выделено и нарушение правил движения задним ходом, а ведь подобные нарушения (особенно с участием грузовых автомобилей) нередко приводят к ДТП, при которых люди погибают или получают тяжкие увечья. Обобщение подобных нарушений в, так называемые, нарушения правил маневрирования выглядит даже менее обоснованным, чем простая разбивка нарушений в соответствии с разделами ПДД. Целесообразным для объективного выявления причин ДТП представляется более точное и единообразное распределение сведений раздела нарушений ПДД.

Кодировка нарушений правил проезда перекрестков не дает ответа даже на элементарный вопрос: нарушены ли, и какие именно, правила проезда регулируемых или нерегулируемых перекрестков, что совершенно различно. Следует учитывать, что указание в разделе технических средств организации дорожного движения на наличие светофорного оборудования не говорит о регулируемости перекрестка, так как светофорный объект может быть отключен или работать в режиме «желтого мигания».

Если определение нарушений ПДД водителями немеханических транспортных средств (велосипедисты, мопедисты и др.) можно подразумевать в соответствии с нарушениями, предусмотренными для водителей механических транспортных средств и пешеходов, так как это соответствует пунктам 6.8, 7.8 Правил [9], то совершенно непонятно каким образом следует учитывать подвиды нарушений ПДД пассажирами транспортных средств — данные нарушения в карточке учета ДТП отражены одной графой, а до недавнего времени вообще не учитывались.

В кодировке нарушений ПДД указано: «пешеход в нетрезвом состоянии». Подобная формулировка противоречит законодательству, так как ни Правилами, ни какими-либо иными и нормативными или законодательными актами не предусмотрено запрещение пешеходу нахождения в нетрезвом состоянии. Само по себе данное физиологическое состояние пешехода — это не нарушение ПДД. Лишь только совершение нарушений ПДД пешеходами, находящихся при этом в состоянии опьянения, влечет ответственность согласно ч. 3 ст. 127 Кодекса Украины об административных правонарушениях. Вообще, простое приобщение к причинам ДТП (что делается повсеместно) фактов управления транспортным средством в нетрезвом состоянии, представляется неверным. Таким образом путается опасное физиологическое состояние водителя с непосредственными причинами ДТП. Ведь само по себе нахождение водителя в состоянии алкогольного опьянения является только грубым нарушением ПДД, но еще ничего не говорит о его виновности в ДТП и истинных причинах происшествия.

А ведь на основании указанных в карточках нарушениях ПДД делаются оценки и выводы о причинах ДТП. В полной мере объективными их можно назвать весьма условно. В свою очередь, не учитывается множество иных факторов, влияющих на безопасность движения.

При внимательном изучении карточки учета ДТП порой возникает вопрос: а какие вообще цели преследовали ее составители? Одним из самых обширных в справочнике кодов для заполнения карточки учета ДТП является раздел кодов страховщиков. В него включены более сотни страховых компаний различных регионов Украины. Вполне понятно, что знание, в какой компании застраховано транспортное средство, ничего не даст при анализе аварийности и выявлении

их причин. К тому же, составители справочника кодов для заполнения карточки учета ДТП меньше всего думали о тех, кто будет заполнять эти самые карточки, разработав многостраничную расшифровку (первоначально справочная таблица для заполнения карточки вмещалась на одном листе, практически при том же объеме получаемой информации).

В целом, анализ аварийности различают по следующим видам: количественный, качественный, топографический (как его разновидность — очаговый). Причем, специалисты приходят к выводу о наибольшей эффективности именно очагового анализа ДТП (в местах и участках концентрации ДТП), так как исследование конкретных очагов аварийности позволяет найти наиболее вероятные причины аварийности и устранив их, резко уменьшить количество аварий или тяжесть их последствий [9]. Наиболее эффективным управленческая деятельность по обеспечению безопасности дорожного движения достигается путем учета анализа множества специфических местных особенностей. Иногда подобный анализ может привести к довольно неожиданным результатам, которые невозможно получить при масштабном анализе аварийности. К сожалению, после ряда реформирований Госавтоинспекции, больше всего пострадало именно качество очагового анализа аварийности конкретных мест концентрации ДТП.

Осуществляемый учет, особенно анализ аварийности, нельзя назвать всеобъемлющим и объективными также по следующей причине — ГАИ относительно подробно анализирует только ДТП с пострадавшими, что не дает объективную картину причинности аварийности. Подвергая анализу на общегосударственном уровне только ДТП, при которых травмируются люди, действительным анализом охватывается только в среднем пятая часть дорожно-транспортных происшествий.

Также, большой ошибкой является оценка деятельности начальников подразделений ГАИ с учетом состояния роста аварийности на обслуживаемой территории, что практикуется до настоящего времени. Такой критерий оценки вообще нельзя предъявлять к лицам (начальникам подразделений ГАИ), которые имеют возможность влиять на учет и анализ ДТП. Естественным образом это может приводить к фальсификации состояния дорожно-транспортной аварийности: «жонглирование» со статистическими цифрами аварийности — «перекидывание» дорожно-транспортных происшествий с одного подразделения на другое, где наблюдается снижение аварийности; отнесение отдельных ДТП к разряду неучетных — достаточно соответствующим образом перефразировать телефонограмму; квалификация первоначальных сообщений из медицинских учреждений о ДТП по статьям 122, 125 УК; простое утаивание ДТП и т. д. Избежать информирования о ДТП с тяжкими последствиями (большим количеством пострадавших), можно передав телефонограмму с указанием первых травмированных, поступивших в медицинское учреждение. Чем выше количество цифр, уровень подразделения, тем проще избегать учета части ДТП, тем выше и цифры возможной фальсификации. В ряде случаев работники ГАИ поневоле не заинтересованы афишировать полные причины и условия, способствующие совершению ДТП. Например, выявление недостатков в содержании улично-дорожной сети могут быть расценены как неудовлетворительная организация деятельности дорожного надзора с последующими дисциплинарными выводами.

С другой стороны следует учитывать, что начальник подразделения ГАИ имеет ничтожно малое влияние на реальное состояние аварийности на обслуживаемой территории: фактически он может влиять на нее только расстановкой имеющихся у него сил и средств. Подчеркнем — не необходимых, а именно «имеющихся» сил и средств.

Остальные функции ГАИ очень важны для обеспечения безаварийности дорожного движения, но не могут быть в полном объеме выполнены самой Госавтоинспекцией, которая выступает в качестве контролирующего органа. Например, проведенным анализом аварийности в местах (участках) концентрации ДТП, обследованием дорожных условий в местах совершения ДТП, службой дорожного надзора ГАИ установлена взаимосвязь между ростом такого вида ДТП как наезд на пешеходов в темное время суток с отсутствием (недостаточностью) дорожного

освещения в конкретных местах. Госавтоинспекция выдает соответствующие предписания, информирует органы исполнительной власти, привлекает виновных должностных лиц к административной ответственности, однако, из-за отсутствия финансовых средств положение остается без изменений. Различными службами Госавтоинспекции выявляются сотни, тысячи недостатков в содержании улично-дорожной сети, организации движения, состоянии транспортных средств, неудовлетворительном обучении ПДД различных групп населения, устанавливаются причины и условия, способствующие совершению ДТП. Но вот фактическое устранение их выходит за рамки компетенции ГАИ. И даже усиление надзора за дорожным движением, массовое выявление нарушений ПДД не приносит заметных результатов.

Поэтому назрела необходимость для оценки деятельности ГАИ по профилактике аварийности использовать иные показатели, которые отображали эффективность деятельности отдельных подразделений. Общепринятый показатель количества ДТП и пострадавших в них не может оценивать деятельность ГАИ, поскольку он связан с количеством транспортных средств, их разноскоростными техническими характеристиками, качеством ремонтных запчастей, пропускной способностью и фактической загруженностью улично-дорожной сети, количеством транзитного транспорта и множеством других факторов. Показатель тяжести последствий ДТП, то есть, соотношение количества погибших к количеству ДТП, зависит от скорости движения транспортных средств, их оснащенности средствами пассивной безопасности, качества оказания медицинской помощи.

В связи с ростом автомобилизации специалисты указывают на необходимость усовершенствования механизмов оценки показателей, влияющих на аварийность с учетом: влияния значительного количества характеристик улично-дорожной сети (категория, протяженность, состояние), транспортных потоков (интенсивность, наличие крупногабаритных транспортных средств), уровня урбанизации (количество населения, транспортных средств, мест притяжения пешеходов).

Кривые распределения ДТП по различным факторам имеют определенный фон и четко выраженные всплески над ним. Эти всплески, как правило, не случайны, поэтому при выборе мероприятий по повышению безопасности дорожного движения должен использоваться также факторный анализ ДТП для распределений ДТП до уровня фона.

Выводы

Оценивая существующие показатели аварийности, состояние аналитической деятельности с целью повышения ее эффективности, необходимо реализовывать следующие мероприятия:

– создать независимую от МВД систему аналитических органов с необходимым доступом к данным для полного учета и изучения реальных причин ДТП;

– данные аналитические органы, по возможности, должны отслеживать последующие результаты расследований (принятий судебных решений) ДТП, корректируя причины и условия совершения ДТП, осуществлять контроль за ходом лечения пострадавших в ДТП для уточнения фактического числа погибших и получивших телесные повреждения различных степеней тяжести;

– широко использовать не только статистический, но и очаговый анализ аварийности с применением его результатов на практике;

– пересмотреть показатели аварийности, причин и условий совершения ДТП, усовершенствовать порядок учета ДТП, переработать карточку учета ДТП;

– на основании выборочного выезда на места ДТП производить полный анализ задокументированных ДТП (причем, всех видов, в том числе, без пострадавших) с последующим расчетом на фоне всего массива данных;

– прекратить практику «организационных выводов» за фиксацию ДТП с тяжкими последствиями, рост аварийности на обслуживаемой территории для исключения фальсификации учетных и аналитических показателей.

Список литературы

1. Предупреждение дорожно-транспортного травматизма. Обзорная информация. Выпуск 18.— М.: НИЦ БДД МВД России, 2006.— 68 с.

2. Волошин Г. Я. Анализ дорожно-транспортных происшествий / Г. Я. Волошин, В. П. Мартынов, А. Г. Романов.— М.: Транспорт, 1987.— 240 с.

3. Довідник працівника Державної автомобільної інспекції України / [Столбовий В. П., Іщенко А. В., Коба І. В., Зайченко В. М.].— К.: Аванпост, 2004.— 336 с.

4. Постанова Кабінету Міністрів України від 30 червня 2005 р. № 538 «Про затвердження Порядку обліку дорожньо-транспортних пригод». // Урядовий кур'єр.— № 132 (3045).

5. Про затвердження картки обліку дорожньо-транспортних пригод та Інструкції щодо її заповнення / Наказ МВС України № 1242 від 28.12.2005 р.

6. Зотов Б. Л. Казус или дорожно-транспортное происшествие: [учебное пособие] / Б. Л. Зотов.— К.: НИ и РИО КВШ МВД СССР им. Ф. Э. Дзержинского, 1979.— 78 с.

7. Адміністративна діяльність. Частина особлива: [підручник] / За заг. ред. проф. О. М. Бандурки.— Харків: Вид-во Університету внутрішніх справ «Еспада», 2000.— 368 с.

8. Круміна М. Причини та умови, що призводять до заподіяння смерті і тілесних ушкоджень з необережності / М. Круміна // Права України.— 2006.— № 4.— С. 79–86.

9. Комментарии к Правилам дорожного движения Украины / [З. Д. Дерех, В. Ф. Душник, Ю. Е. Заворицкий та ін.]; под ред. начальника ГУ ГАИ МВД Украины А. Л. Миленина — [2-е изд., перераб. и доп.].— К.: Издательство «Радуга», 2002.— 335 с.

Анотація. *У статті проаналізовано процеси обліку та аналізу дорожньо-транспортної аварійності в Україні. Виявлені недоліки існуючої системи обліку та аналізу ДТП. Запропоновано рекомендації щодо покращення якості збору інформації стосовно ДТП та її наступного аналізу.*

Abstract. *The article analyses the accounting and analysis processes of the road accident rate in the Ukraine. Disadvantages of existing accounting and analysis system of the road accident are revealed. Recommendations to improve quality of information collection about road accident and its following analysis are proposed.*

Стаття надійшла до редакції 12.04.2012р.

УДК 656.015

ФОРНАЛЬЧИК Є. Ю., д.т. н., професор; БІЛОУС А. Б., к.т. н., доцент;
МОГИЛА І. А., аспірант
Національний університет «Львівська політехніка»

ВПЛИВ ВУЛИЧНИХ СТОЯНОК НА ПРОПУСКНУ ЗДАТНІСТЬ ПРОЇЗНОЇ ЧАСТИНИ ТА СЕРЕДНЮ ШВИДКІСТЬ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ

Проаналізовано причини впливу вуличних стоянок на швидкість транспортного потоку та пропускну здатність проїзної частини. Створено імітаційну модель у середовищі VISSIM, з використанням якої досліджено функціонування ділянки вулиці з дозволеною стоянкою. Виведено рівняння зміни швидкості транспортного потоку та пропускної здатності проїзної частини від середньої тривалості паркування.

Формулювання проблеми

Однією з проблем, зумовлених зростанням рівня автомобілізації, є проблема організації стоянок для короткочасного та тривалого зберігання автомобілів. З одного боку, більша кількість автомобілів потребує більше місць для стоянок, у т. ч. вуличних, з іншого — за зростання кількості автомобілів зростає завантаження вулично-дорожньої мережі і, відповідно, зменшується можливість організації стоянок на проїзній частині.

Автомобілі на вуличній стоянці зменшують ефективну ширину проїзної частини, що призводить до зниження швидкості транспортних потоків, зменшення пропускної здатності вулично-дорожньої мережі та утворення заторів. За наявності інформації про закономірності впливу стоянки на параметри вулично-дорожньої мережі та параметри транспортних потоків можна обґрунтувати доцільність (заборону) її влаштування, обмеження тривалості паркування на ній тощо. Наведене вказує на актуальність цього дослідження.

Аналіз досліджень та публікацій

Аналіз режимів використання різних типів транспортних засобів показав, що вони перебувають в русі впродовж світлового дня незначний період часу. Зокрема тривалість руху приватних легкових автомобілів становить 0,5–1,5 год [1]. Решту часу вони простоюють на стоянках.

Вулична стоянка впливає на пропускну здатність смуги руху та швидкість транспортного потоку з причин:

– звуження ефективної ширини проїзної частини за рахунок виділення смуги для стоянки (це призводить до перерозподілу транспортного потоку по смугах руху, за якого крайню праву смугу використовує лише 8–10% автомобілів з усього потоку [1]);

– маневрування автомобілів, які заїжджають (виїжджають) на стоянку (це змушує водіїв автомобілів, які рухаються, пригальмовувати біля автомобілів на стоянці).

Заборона вуличних стоянок впливає на пропускну здатність смуги руху та швидкість транспортного потоку. Наприклад, на магістральних вулицях Чикаго була заборонена стоянка транспорту з 07:00 до 09:00 та з 16:00 до 18:00 на стороні вулиці, по якій основний потік транспорту прямує в центр та з центру відповідно. При цьому інтенсивність руху збільшилась на 15–51%, а швидкість руху — на 25–47% [2].

За наявності вуличної стоянки на проїзній частині із трьома смугами руху в одному напрямку найбільше зниження швидкості виникає на крайній правій смузі (в 1,75–2,0 рази), дещо менше на середній (в 1,4–1,6 рази) і значно менше на крайній лівій (в 1,1–1,2 рази) [1].

У роботі [3] запропоновано визначати пропускну здатність вулиці, як функцію швидкості, враховуючи коефіцієнт зниження пропускної здатності від вуличної стоянки:

$$P = \frac{3600 \cdot v}{(l_a + 2) + v + 0{,}13 \cdot v^2} \cdot \sum k_j \cdot (1 - k_{\text{ст}}), \quad (1)$$

де P — пропускна здатність вулиці; v — швидкість руху автомобілів, км/год; l — довжина автомобіля; k_j — коефіцієнти використання пропускної здатності смуг руху (для першої вільної смуги $k_1 = 1,0$, для другої $k_2 = 0,85$, для третьої та наступних $k_3 = 0,5$); $k_{\text{АВ}}$ — коефіцієнт зменшення ширини проїзної частини:

$$k_{\text{ст}} = \frac{(l_a \cdot \sin\alpha + b_a \cdot \cos\alpha) + 1,1}{B}, \quad (2)$$

де b_a — ширина автомобіля, м; α — кут розташування, град; B — ширина проїзної частини, м.

Недоліком цієї методики є те, що під час розрахунку пропускної здатності вулиці з дозволеною стоянкою використовується швидкість руху автомобілів без урахування впливу на неї стоянки та не враховуються такі параметри функціонування стоянки, як середня тривалість паркування і тривалість маневрів заїзду-виїзду автомобілів.

Характеристика імітаційної моделі

Основним критерієм, за яким класифікують вуличні стоянки, є схема розташування автомобілів на них. При цьому автомобілі можуть займати смугу з дозволеною стоянкою повністю або частково [4]. У цьому дослідженні впливу вуличних стоянок обрано такі схеми, за яких рух по смузі з дозволеною стоянкою є неможливим:

– паралельна схема (найпоширеніша; стоянкою займається найменша ширина проїзної частини, зручно проводити посадку-висадку пасажирів), рис. 1, *а*;

– схема розташування автомобілів під кутом 45^0 (застосовується у випадках, коли є можливість виділити під стоянку широку смугу, однак умови маневрування обмежені), рис. 1, *б*;

– перпендикулярна схема (дає змогу розмістити найбільше автомобілів на тій самій довжині, що у попередніх схемах), рис. 1, *в*.

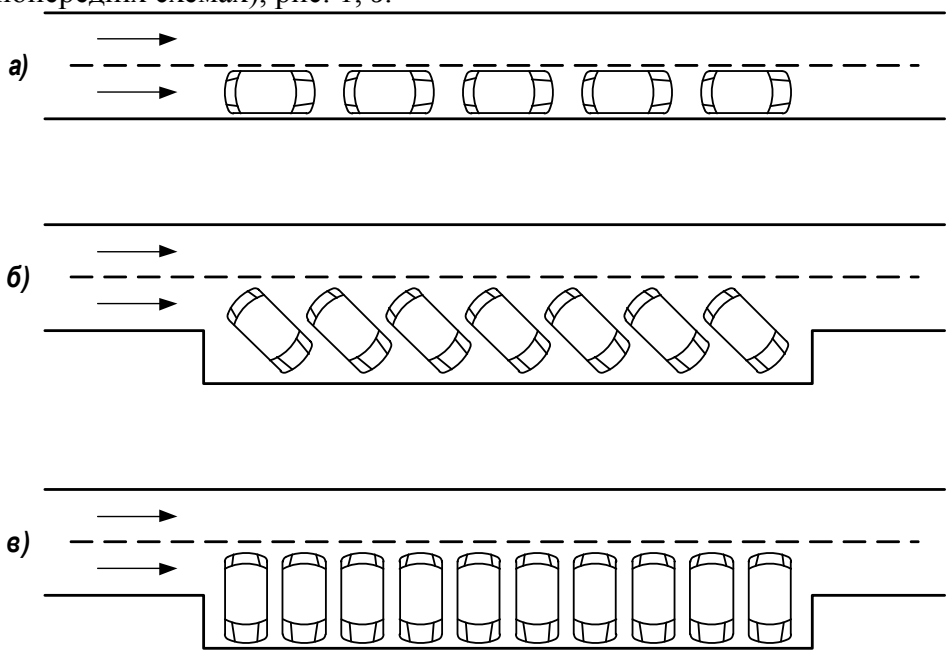


Рис. 1. Схеми розташування автомобілів на стоянці

Для створення імітаційної моделі ділянки проїзної частини з вуличною стоянкою у середовищі VISSIM побудовано двосмуговий відрізок довжиною 600 м та задано вхідний транспортний потік, склад якого, швидкість руху для кожного типу транспортних засобів та коефіцієнт зведення за ДБН наведено в табл. 1. Для дослідження впливу стоянки на швидкість транспортного потоку задавалась інтенсивність потоку 850 авто/год, на пропускну здатність проїзної частини — 5000 авто/год, що перевищує пропускну здатність двох смуг руху. Дослідження випадку заборони вуличної стоянки виконувалось за тих же значень.

На відстані 200 м від початку відрізка починається вулична стоянка, призначена лише для легкових автомобілів. Довжина місця для стоянки — 6 м, загальна довжина стоянки — 300 м. Місткість стоянки залежить від схеми розташування автомобілів і становить 50 місць для паралельної схеми, 84 місця — для схеми під кутом 45^0 та 96 місць — для перпендикулярної схеми.

Таблиця 1

Параметри вхідного транспортного потоку

Тип транспортного засобу	Частка у потоці, %	Бажана швидкість руху, км/год	Коефіцієнт зведення
легковий автомобіль	85	60	1,0
вантажний автомобіль	5	50	2,0
автобус	10	45	3,0

Змінним параметром вуличної стоянки у моделі вибрано середню тривалість паркування (у середовищі VISSIM задається математичним сподіванням та середньоквадратичним відхиленням за нормального закону розподілу [5]). Натурними дослідженнями функціонування вуличних стоянок встановлено, що тривалість паркування коливається від 3–4 хв до 10–11 год [1]. Порівняння тривалості паркування на вуличних та позавуличних стоянках показує, що перші використовуються в основному для стоянок незначної тривалості [1]. Так, на 80% вуличних стоянок середня тривалість паркування не перевищує 2 год [2]. Тому у цьому дослідженні тривалість стоянки змінювалась від 5 хв до 1,5 год (частка автомобілів, що заїжджають на стоянку становила 70%).

Для визначення швидкості руху транспортного потоку на лівій смузі через кожні 25 м встановлювались вимірювальні пункти, на яких збиралась інформація про швидкість кожного транспортного засобу. Для визначення пропускної здатності смуги руху за стоянкою на відстані 25 м встановлювався вимірювальний пункт, на якому фіксувалась інтенсивність транспортного потоку. Оскільки в цьому дослідженні задано вхідну інтенсивність потоку, що значно перевищує пропускну здатність смуги руху, то отримане значення інтенсивності буде відповідати пропускній здатності смуги руху. Для усереднення результатів проведено по 3 імітації функціонування смуги ділянки вулиці з дозволеною стоянкою для кожної із схем. Тривалість однієї імітації становила 2 год.

Дослідження швидкості руху транспортного потоку

З використанням результатів моделювання у середовищі VISSIM отримано залежності зміни швидкості транспортного потоку на лівій смузі проїзної частини від середньої тривалості стоянки за різних схем розташування автомобілів (рис. 2).

Видно, що середня швидкість транспортного потоку на лівій смузі біля стоянки знижується, причому, чим менша середня тривалість стоянки, тим меншою є швидкість. За стоянкою швидкість потоку, незалежно від тривалості паркування, зростає і досягає швидкості за відсутності вуличної стоянки. За паралельної схеми розташування автомобілів в околі початку стоянки епюра швидкості потоку має локальний мінімум, спричинений звуженням проїзної частини і,

відповідно, пригальмовуванням та маневруванням автомобілів, що рухаються по правій смузі. Для стоянки під кутом 45° та перпендикулярної стоянки за малих значень середньої тривалості паркування середня швидкість потоку перед стоянкою є в межах 5–15 км/год. Це зумовлено тим, що частота маневрів заїзду-виїзду за малої тривалості стоянки є великою, і час, потрібний для цих маневрів за таких схем розташування автомобілів є більшим, ніж для паралельної схеми. Це призводить до різкого зниження пропускної здатності смуги руху і, відповідно, утворення затору (з графіків видно, що малі значення швидкості потоку є перед стоянкою).

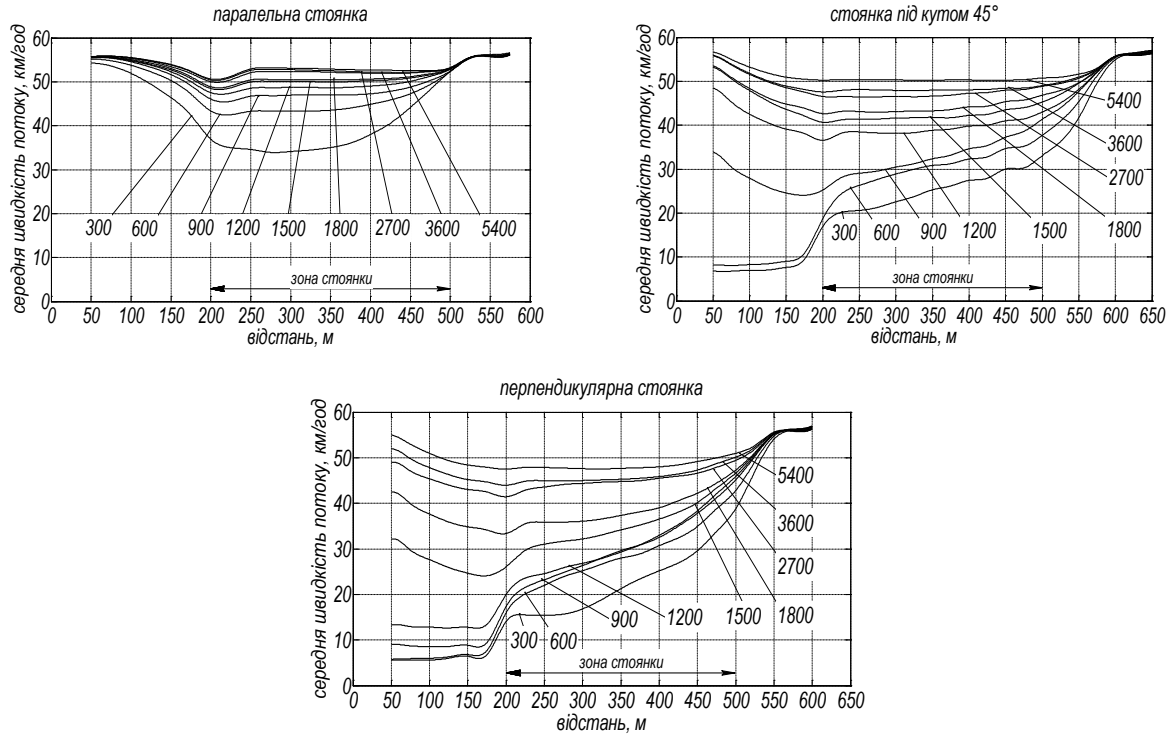


Рис. 2. Зміна середньої швидкості транспортного потоку на лівій смузі (числа на графіках — середня тривалість стоянки на правій смузі)

Крім цього, отримано залежності швидкості транспортного потоку для перерізу, розташованого за 100 м після початку стоянки, від середньої тривалості паркування (рис. 3). Ця залежність є нелінійною для всіх схем розташування автомобілів на стоянці. Зниження швидкості для перпендикулярної стоянки за однакової тривалості паркування є найбільшим, для паралельної — найменшим.

За середньої тривалості стоянки 5400 с для всіх схем розташування автомобілів середня швидкість потоку є нижчою, ніж за відсутності вуличної стоянки (56,3 км/год), причому за паралельної схеми зниження швидкості є найменшим (94% від значення швидкості потоку за відсутності стоянки), за перпендикулярної — найбільшим (84%).

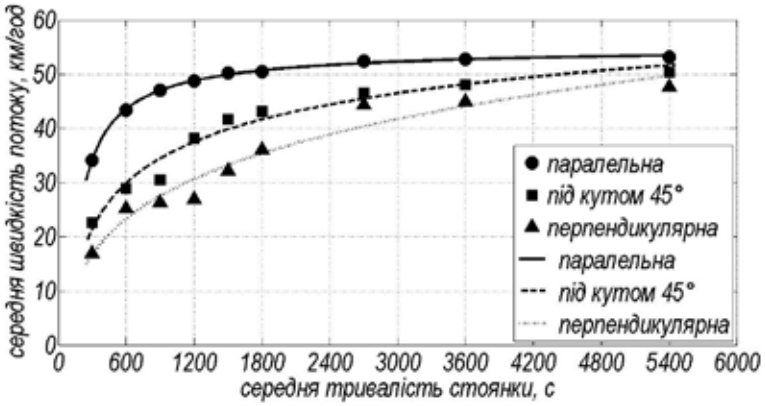


Рис. 3. Залежність середньої швидкості транспортного потоку від зміни середньої тривалості стоянки (точки — експериментальні значення, лінії — апроксимуючі криві)

Регресійний аналіз отриманих результатів, проведений в середовищі MATLAB з використанням Curve Fitting Toolbox, дав змогу отримати рівняння швидкості транспортного потоку qwqекспериментальні дані, про що вказують високі значення коефіцієнта кореляції.

Таблиця 2

Залежності середньої швидкості потоку від середньої тривалості стоянки

Схема розташування автомобілів	Рівняння	Коефіцієнт кореляції
паралельна	$v = -2783 \cdot t_{\text{ñò}}^{-0,8555} + 55,22$	0,9993
під кутом 45°	$v = -201,6 \cdot t_{\text{ñò}}^{-0,145} + 109,6$	0,9815
перпендикулярна	$v = 23,91 \cdot t_{AB}^{0,1557} - 41,5$	0,9761

Дослідження пропускної здатності проїзної частини

За результатами моделювання також отримано залежності пропускної здатності смуги руху (у зведених одиницях) від значення середньої тривалості стоянки (рис. 4). Видно, що із збільшенням середньої тривалості стоянки пропускна здатність смуги збільшується нелінійно.

За середньої тривалості стоянки 5400 с для всіх схем розташування автомобілів пропускна здатність лівої смуги руху (права смуга зайнята стоянкою) є нижчою, ніж на односмуговій проїзній частині (2302 авто/год), причому за паралельної схеми зниження пропускної здатності є найменшим (90% від значення пропускної здатності за відсутності стоянки), за перпендикулярної — найбільшим (73%). Максимальна інтенсивність руху на одній смузі протягом короткого часу може досягати 2400 авто/год [6], тому значення пропускної здатності однієї смуги руху, отримане при моделюванні за ідеальних умов, є в допустимих межах. Крім цього, враховуючи що автомобілі на стоянці займають одну смугу руху, зниження пропускної здатності є більш значним (пропускна здатність двосмугової проїзної частини отримана при моделюванні — 4820 авто/год).

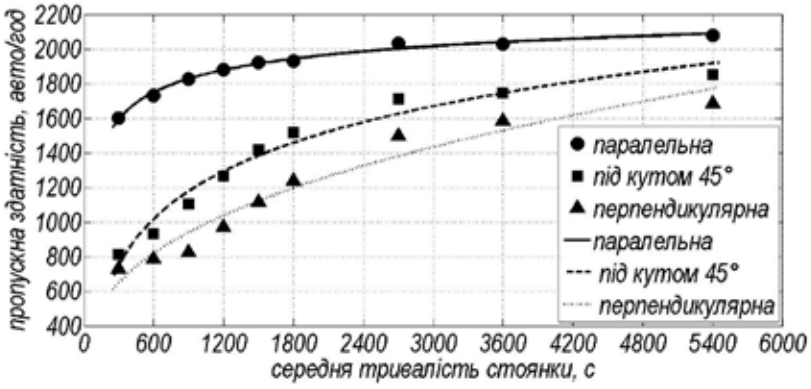


Рис. 4. Залежність пропускної здатності проїзної частини від зміни середньої тривалості стоянки (точки — експериментальні значення, лінії — апроксимуючі криві)

Регресійний аналіз результатів дослідження виконано з використанням цих же MATLAB та Curve Fitting Toolbox. Залежності зміни пропускної здатності проїзної частини від середньої тривалості стоянки для всіх схем розташування автомобілів описуються відповідними рівняннями з коефіцієнтами кореляції 0,9755–0,9952 (табл. 3).

Таблиця 3

Залежності пропускної здатності проїзної частини від середньої тривалості стоянки

Схема розташування автомобілів	Рівняння	Коефіцієнт кореляції
паралельна	$P = -4237 \cdot t_{ñò}^{-0,2681} + 2515$	0,9952
під кутом 45°	$P = 7953 \cdot t_{ñò}^{0,03859} - 9162$	0,9847
перпендикулярна	$P = 61,80 \cdot t_{ñò}^{0,3837} + 99,43$	0,9755

Висновки

У дослідженні впливу вуличної стоянки на швидкість транспортного потоку та пропускну здатність проїзної частини створено імітаційну модель у середовищі VISSIM. З використанням її встановлено, що чим менша середня тривалість стоянки на двосмуговий проїзній частині, тим меншими є швидкість транспортного потоку та пропускна здатність. При цьому за паралельної схеми їх розташування зниження швидкості та пропускної здатності є найменшим, за перпендикулярної — найбільшим. Для всіх схем розташування автомобілів зміни середньої швидкості транспортного потоку та пропускної здатності проїзної частини від середньої тривалості стоянки описуються відповідними рівняннями.

Список літератури

1. Романов А. Г. Дорожное движение в городах: закономерности и тенденции / А. Г. Романов. — М.: Транспорт, 1984. — 80 с.

2. Метсон Т. Организация движения. Сокр. пер. с англ. / Т. Метсон, У. Смит, Ф. Хард. — М.: Автотрансиздат, 1960. — 454 с.

3. Загоруй О. О. Вплив паркування транспорту на пропускну здатність вулично-дорожньої мережі: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.22.01 / Олег Олексійович Загоруй. — К.: НТУ, 2007. — 20 с.

4. Лобашов О. О. Моделювання впливу мережі паркування на транспортні потоки в містах: монограф ія/О. О. Лобашов.— Харків: ХНАМГ, 2010.— 170 с.

5. VISSIM 5.10. Руководство пользователя [Електронний ресурс].— СПб.: А+С Консалт, 2009.— 542 с.

6. Лобанов Е. М. Пропускная способность автомобильных дорог/ Е. М. Лобанов, В. В. Сильянов, Ю. М. Ситников, Л. Н. Сапегин.— М.: Транспорт, 1970.— 152 с.

Аннотация. *Проанализировано причины влияния уличных стоянок на скорость транспортного потока и пропускную способность проезжей части. Создано имитационную модель в среде VISSIM, с использованием которой проведено исследования функционирования участка улицы з разрешенной стоянкой. Выведено уравнения изменения скорости транспортного потока и пропускной способности проезжей части от средней продолжительности стоянки.*

Abstract. *The causes of effect of curb parking on traffic flow speed and carriageway capacity are analyzed. The simulation model in VISSIM is created, and the research of functioning of street section with curb parking using this model is carried out. The equations of traffic flow speed and carriageway capacity changing from average parking duration are deduced.*

Стаття надійшла до редакції 05.04.2012 р.

УДК 656.2

МАЙБА И. А., д.т. н., проф.; АНАНКО А. М., аспирант; МУРТАЗААЛИЕВ Р. М., аспирант,
Ростовский государственный университет путей сообщения (Российская Федерация)

ОБЗОР МЕТОДОВ БОРЬБЫ С ШУМОВЫМ ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ОТ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Во всем мире изменилось отношение населения к уровню транспортного шума. Колесо является важным компонентом ходовой части безопасного, экономичного и экологичного железнодорожного транспорта. При этом важно найти решение, которое позволило бы железным дорогам сохранить репутацию наиболее экологичного вида транспорта.

Общепризнанно, что переключение перевозок с автомобильного и воздушного транспорта на железные дороги эффективно с точки зрения уменьшения загрязнения окружающей среды и улучшения ситуации с шумовым загрязнением, что весьма актуально в свете современных тенденций, отражающих мировое общественное мнение.

Как показывают исследования медиков, повышенные уровни шумов способствуют развитию нервно-психических заболеваний и гипертонической болезни, влияют на качество работы и отдыха, значительно уменьшают производительность труда. Шумовые воздействия также влияют на продолжительность человеческой жизни, сокращая её, по исследованиям австрийских учёных, примерно на 8–12 лет [1]. Характерные примеры шума — свист, треск, шипение, дребезжание.

Основная доля шума, создаваемого грузовыми вагонами, обусловлена качением колеса по рельсу. Чем больше шероховатость поверхности катания и некруглость колеса, тем выше уровень шума.

Визг при торможении

Любой шум представляет собой смесь звуковых колебаний с различными частотами и амплитудами, возникающих апериодически и негармонично. Визгом считаются шумы, у которых основная часть составляющих имеет частоты выше 400 Гц. Звуковые составляющие более низкой частоты воспринимаются как грохот, гул или приглушенный рокот. Если возникновение низкочастотных колебаний при действии фрикционных тормозов зависит, главным образом, от конструкции приводного устройства, высокочастотный визг в значительной степени определяется характеристикой пары трения. В литературе наиболее часто называют следующие факторы, влияющие на характеристику высокочастотного шума в паре трения:

- эффект прерывистого торможения, обусловленный разностью между коэффициентами трения при наличии сцепления и при проскальзывании;
- негативное демпфирование (отрицательный наклон кривой, характеризующей зависимость коэффициента трения от скорости);
- коэффициент трения;
- скорость проскальзывания;
- модуль упругости фрикционных материалов;
- собственное демпфирование фрикционных материалов;
- рецептура материала накладки;
- условия эксплуатации.

В большинстве литературных источников представлены лишь экспериментальные результаты, а их теоретические основы остаются невыясненными. Лишь в некоторых теоретически исследованы причины транспортных шумов и показано, что при возникновении нестабильности они имеют физическую, геометрическую или динамическую природу. В одной из работ с помощью эквивалентной системы балка — диск приведен подход к решению, основанный на модели контакта и классифицированных механизмах нестабильности. На базе этого подхода предложены конструкторские решения для устранения шума (Рисунок 1). На рисунке 1 представлены накладки различных типов и силы, действующие на их фрикционные элементы.

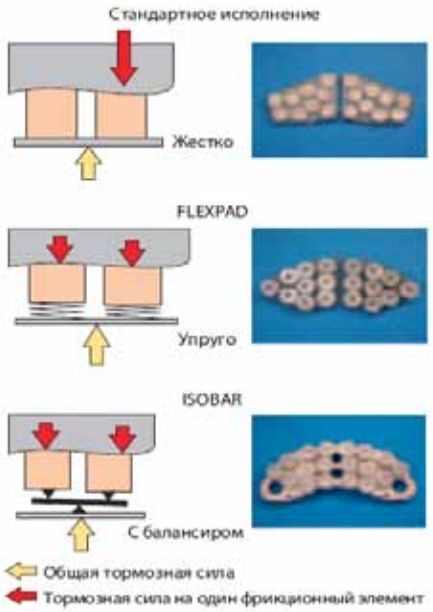


Рис. 1. Накладки различных типов и силы, действующие на их фрикционные элементы.

Что такое «скрежет»?

Под «скрежетом» от подвижного состава при прохождении кривых следует понимать шум, который производится железнодорожным подвижным составом при прохождении кривых

малого радиуса и который не менее чем на 10 дБ (А) выше, чем обычный шум от качения колес по рельсам на прямолинейном участке при тех же условиях (например, при одинаковой шероховатости рельсов одного и того же типа). Приведенное определение можно было бы считать достаточным, однако скрежет имеет и другие характерные особенности:

- обычно в скрежете преобладают чистые тона или узкополосные шумы;
- частоты находятся в типовом диапазоне от 500 Гц до 8 кГц, т. е. в наиболее чувствительном для человеческого слуха. В ряде исследований речь идет о частотном диапазоне скрежета 250 Гц — 10 кГц.

Европейский опыт по снижению шума от железнодорожного транспорта

На железных дорогах Германии (DB), по разным подсчетам, признаются неблагополучными по уровню излучаемого шума от 3500 до 5000 км линий. Защита от шума на железнодорожном транспорте в Германии регулируется 16-м пунктом федерального закона об уровнях излучаемого шума (16. BlmSchV, 1990 г.). Европейский союз рекомендует два пути снижения уровня шума. Первый — осуществление рекомендаций ЕС по оценке уровня шума и мерам его снижения (2000/49/EG, EU-Rili) и второй, разработанный для железнодорожного транспорта,— введение «Технической спецификации по совместимости систем» (TSI). Государства — члены ЕС на основе инструкции ЕС составляют так называемые карты шума и разрабатывают меры борьбы, которые включают в национальные законодательства по защите окружающей среды [2].

Европейский консультативный совет по железнодорожному транспорту (ERRAC) в 2002 г. поставил цель — до 2020 г. снизить уровень шума в местах его возникновения на 20 дБ (А) для грузовых вагонов и на 5 дБ (А) для высокоскоростных поездов. По планам ЕС снижение шума в местах его возникновения стоит на первом месте. Это, прежде всего, шум от движения подвижного состава. На рисунке 2 представлен график уровня шума от проходящего поезда, составленного из вагонов с чугунными и композиционными тормозными колодками. Для его снижения необходимы:

- замена чугунных тормозных колодок композиционными;
- использование специальных рельсошлифовальных технологий;
- внедрение конструкций колес и тележек с пониженным уровнем шума;
- ограничение высокочастотных шумов при движении подвижного состава в кривых и в процессе торможения;
- укладка конструкций пути с низким излучением шума.

Для снижения тяговых шумов требуются:

- малошумные дизели;
- системы вентиляции и охлаждения с низким уровнем шума;
- гидродинамические системы с шумовыми демпферами. Уменьшение аэродинамических шумов достигается применением конструкций кузова и токоприемников с пониженным аэродинамическим сопротивлением.

В 2002 г. стартовал пилотный проект Dolomit-Shuttle: данный грузовой поезд железнодорожной компании Нидерландов Railion Nederland оснастили шумопоглощающими устройствами, чтобы исследовать их эффективность и получить информацию о влиянии данных мероприятий на затраты жизненного цикла. Данный проект остается пока еще единственным в своем роде в Европе.

Исследование выявило, что на практике срок службы колеса и тормозной колодки меньше, чем планировалось. Причиной этого является неравномерный износ колодок и более короткий пробег колеса. Устранение неравномерности износа и использование колодок из композиционных материалов позволят достичь значительных улучшений в этой сфере.

Цель проекта — снижение уровня шума, излучаемого поездом Dolomit-Shuttle, на 7–10 дБ (А) и анализ полученных результатов с точки зрения оценки затрат жизненного цикла (LCC).

Для определения эффективности установленных колодок из композиционных материалов и колесных абсорберов в отношении снижения уровня шума были выполнены измерения. Они были проведены до переоборудования поезда и после. До начала переоборудования вагонов был определен уровень излучаемого шума L Aeq = 93 дБ (А), измеренный на расстоянии 7,5 м от оси пути при скорости движения проходящего поезда 100 км/ч. После переналадки вагонов и их обкатки был измерен средний уровень шума, равный 84 дБ (А). Благодаря использованию композиционных колодок и колесных абсорберов уровень шума снизился на 9 дБ (А). Данный проект показал эффективность внедрения композиционных колодок и колесных абсорберов.

Для снижения шумового воздействия от колес подвижного состава применяют колеса с резиновой амортизацией. Кольца из резины, помещаемые между бандажом и колесным центром, воспринимают колесную нагрузку и препятствуют передаче на колесный центр вибраций горизонтального и радиального направлений.

Колеса с резиновой амортизацией имеют много вариантов исполнения, которые условно делятся на четыре основные группы (рис. 3):

1) с одним резиновым кольцом (рис. 3, а);

2) с двумя или большим числом резиновых колец (рис. 1, б);

3) с пневмоамортизацией (рис. 3, в);

4) полностью подрезиненное колесо (рис. 3, г).

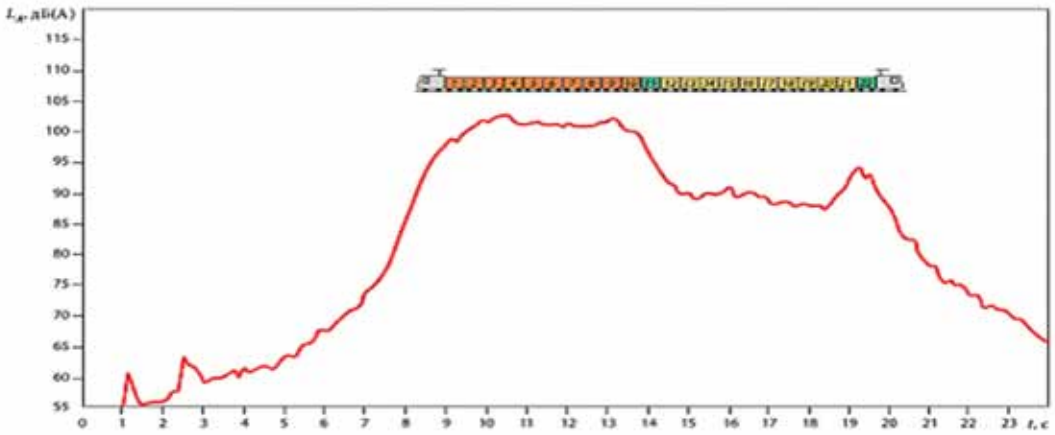


Рис. 2. Уровень шума от проходящего поезда, составленного из вагонов с чугунными и композиционными тормозными колодками

LA — уровень шума; t — время;
1–10 — вагоны серии Tamns 895 с чугунными колодками;
11, 22 — вагоны серии Tamns с чугунными колодками;
12–21 — вагоны серии Tamns 895 с композиционными колодками.

Применение колес с резиновой амортизацией, особенно на рельсовом транспорте городского и местного сообщения, обосновывается необходимостью прокладки трасс в стесненных условиях с кривыми малого радиуса, в непосредственной близости от жилых домов. Такие колеса дают снижение шумовой нагрузки, особенно при прохождении кривых (рис. 4). Ввиду возросших экологических требований одни только колеса с резиновой амортизацией не в состоянии полностью решить проблему снижения шума до нужного уровня. Необходимо применение таких дополнительных элементов, гасящих шум, как колесные абсорберы и шумопоглощающие кольца. Колеса с резиновой амортизацией также значительно снижают уровень шума от качения колес по рельсам.

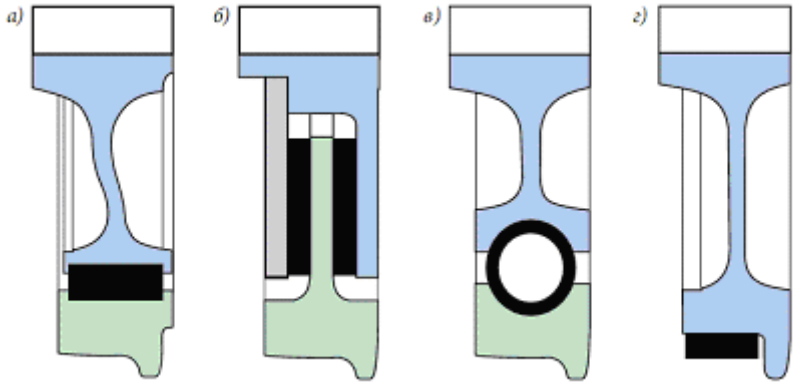


Рис. 3. Принципиальные концепции колес с резиновой амортизацией

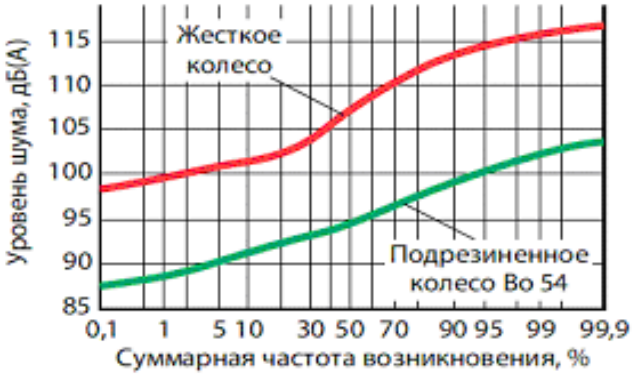


Рис. 4. Сравнение уровней шума, излучаемого жесткими и подрезиненными колесами в кривой радиусом 65 м на сети метрополитена.

В борьбе с шумом на железнодорожном транспорте наиболее эффективным методом сейчас является применение тормозных накладок из композиционных материалов.

Понижение уровня шума, осуществляется путем замены тормозных колодок из серого чугуна на колодки с накладками из композиционных или металлокерамических материалов. Для нового подвижного состава разрабатываются композиционные накладки (тип К) с высоким и стабильным коэффициентом трения, для эксплуатируемого — металлокерамические (тип LL) с таким же коэффициентом трения, как у серого чугуна.

Замена чугунных колодок композиционными накладками позволяет существенно снизить уровень шума, излучаемого грузовым вагоном. Так, при скорости движения 100 км/ч уровень шума снижается на 10 дБ (А). Главный недостаток чугунных колодок — зависимость коэффициента трения от скорости и силы прижатия. Коэффициент трения заметно выше в зоне низкой скорости движения.

В тоже время одной из причин шума, возникающего при движении подвижного состава, является шероховатость поверхностей катания колеса и рельса, т. е. необходимо уделять особое внимание техническому состоянию верхнего строения пути. При сегодняшнем состоянии техники рельсы создают больший уровень шума, чем колеса.

Установлено, что в разных диапазонах частот соотношение уровней шума, обусловленного шероховатостью колес или рельсов, различно (рис. 5).

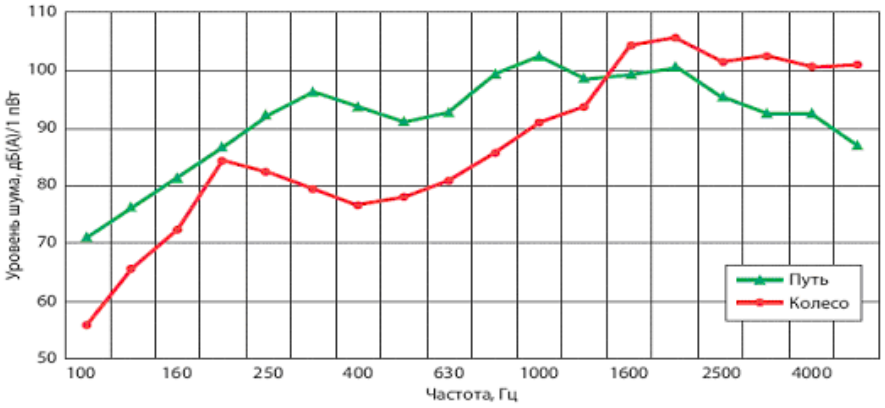


Рис. 5. Результаты расчета по системе Twins

В процессе эксплуатации на поверхности рельсов возникают различные геометрические дефекты (рифли, волнообразный износ, уплощение головки, выступающие сварные швы и др.). Дефекты и повреждения способствуют как возникновению повышенных динамических нагрузок на путь и подвижной состав, так и росту уровня шума с увеличением вибраций в подвижном составе. Повышенный шум оказывает негативное воздействие.

В процессе шлифования устраняются дефекты различных типов и поддерживается оптимальный профиль рельсов, за счет чего оптимизируется контакт колес и рельсов и, соответственно, снижается уровень вибраций и шума.

Для достижения установленного уровня шума головку рельса необходимо обрабатывать как в продольном, так и в поперечном направлении. При этом должен быть исключен двухточечный контакт, обеспечены равномерная ширина, плоскостность и прямолинейность поверхности катания, отсутствие перпендикулярных к направлению движения рисок после обработки.

В настоящее время снизить уровень шума, излучаемый верхним строением пути, возможно за счет применения конструкций с непрерывным опиранием рельсов, которые хорошо подходят для пути на жестком основании.

Берлинским техническим университетом были выполнены обширные акустические исследования с целью изучения непрерывного опирания рельсов на пути. Полученные данные показали, что в эксплуатируемом пути с непрерывным опиранием рельса LKSF следует ожидать снижения уровня шумоизлучения более чем на 4 дБ (А) в сравнении со стандартным исполнением.

Для их проведения применялись две готовые плиты длиной по 6,5 м. Одна из них комплектовалась вновь разработанной системой LKSF, а вторая была стандартной плитой типа Max Bugl, на которой с помощью упругих креплений Ioarv 300, разработанных компанией Vossloh, крепились рельсы. Первый рельс был закреплен стандартным способом, в то время как другой имел дополнительное опирание подошвы в промежутках между точками крепления. Дополнительное непрерывное опирание было реализовано укладкой под подошву рельса эластомерных матов между точками его закрепления продольной бетонной балки и дополнительной заливкой раствора.

Измеренные на обоих путях значения шумоизлучения показали его заметное снижение за счет непрерывного опирания рельсов. Полученные результаты показывают, что в диапазоне частот более 250 Гц достигается снижение уровня шумоизлучения. При частоте 250 Гц, а в отдельных случаях и при меньших частотах выявлено повышение уровня шума. Суммарный уровень шума снизился на 6 дБ (А).

Особенно сильно шумоизлучение возникает при движении подвижного состава в кривых малого радиуса. Генерируется скрежет, в котором доминируют узкополосные шумы с часто-

тами от 500 Гц до 8 кГц. Скрежет в кривых возникает тогда, когда колесная пара из-за разных радиусов качения колес не может катиться по рельсам без проскальзывания. Для предотвращения скрежета на подвижном составе могут использоваться следующие решения: колеса, вращающиеся на оси, классические колесные пары с радиальной установкой колес, колесные шумопоглотители (абсорберы), смазывание гребня бандажа или поверхности катания колеса. Могут предприниматься также соответствующие мероприятия со стороны пути, такие, например, как смазка внутренней грани или поверхности катания рельса, его шумоизоляция, совершенствование систем рельсовых скреплений и применение рельсов различного профиля для внутреннего и наружного рельсов в кривых. По сравнению с автомобильным и воздушным транспортом железнодорожный оказывает меньшее вредное воздействие на окружающую среду по всем факторам влияния, за исключением одного — шума. Если исходить из того, что проблема шума качения в ближайшие годы будет решена, то остаются такие проблемы, как скрежет при прохождении кривых и шум от вспомогательного оборудования — вентиляторов и системы кондиционирования воздуха. Приведенный анализ процесса образования скрежета показывает, что шум в основном генерируется колесом, которое колеблется с собственной частотой. Рельс практически не издает никакого шума. Кроме того, уровень шума почти не зависит от скорости движения. Так как скрежет при прохождении кривых возникает на поверхности катания колеса, то его называют «скрежетом поверхности катания». Так как колесная пара стремится и дальше двигаться по прямой, то образуется угол набегания между колесной парой и рельсом. В результате возникает вторая точка касания между колесом и рельсом, в которой гребень бандажа скользит сверху вниз по кромке рельса. Трение этого скользящего контакта приводит к возбуждению колебаний. В результате возникает шум. Его уровень возрастает с увеличением скорости.

Так как шум этого вида возникает в результате контакта гребня бандажа колеса с рельсом, то его называют «скрежет от контакта гребня бандажа». Для предотвращения скрежета поверхности катания могут использоваться различные конструктивные решения, которые позволяют колесным парам или колесам свободно катиться по рельсам в кривой. Уменьшение шума может проявляться как в снижении его уровня, так и в сокращении длительности его воздействия.

На территории Российской Федерации эти работы только начинают развиваться и в будущем необходимо будет проводить исследования по данному направлению, непосредственно опираясь на европейский опыт. Поэтому данная тематика актуальна и дальнейшая работа будет связана с более глубоким исследованием шумового воздействия от влияния железнодорожного транспорта на окружающую среду и разработкой способов по его снижению.

Список литературы

1. P. Pos, J. Peen. Eisenbahningenieur, 2007, № 2, S. 30 – 34.
2. R. Geßner. Eisenbahningenieur, 2007, № 3, S. 24 – 28.
3. Снижение уровня шума в кривых/Железные дороги мира — 2006, № 6. 70–76с.

Анотація. *У всьому світі змінилося відношення населення до рівня транспортного шуму. Колесо є важливим компонентом ходової частини безпечного, економічного і екологічного залізничного транспорту. При цьому поважно знайти рішення, яке дозволило б залізницям зберегти репутацію найбільш екологічного вигляду транспорту.*

Abstract. *The relation of the population to level of transport noise around the world changed. The wheel is an important component of a running gear of safe, economic and ecological railway transport. It is thus important to find the decision which would allow the railways to keep reputation of the most harmless kind of transport.*

Стаття надійшла до редакції 10.04.2012р.

УДК 621.436

КУЦЬ Н.Г., доцент, к.т. н.,
Луцький національний технічний університет

СТАЦІОНАРНА ТА НЕСТАЦІОНАРНА ТЕПЛОПРОВІДНІСТЬ БАГАТОШАРОВИХ КРИСТАЛІЧНИХ СЕРЕДОВИЩ У ДВИГУНАХ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Створена теорія теплопровідності на нанорівні при поширенні тепла по багатошаровому середовищі для використання при роботі дизеля. З'ясовано механізм формування багатошарового покриття на конструкційних матеріалах, що застосовуються в дизелях. Розроблена загальна теорія розповсюдження тепла в багатошаровому середовищі. Обґрунтовано оптимальні умови роботи дизеля з мінімальними тепловими втратами.

Постановка проблеми

У двигунах внутрішнього згоряння (ДВЗ) відбуваються досить складні процеси теплопередачі як усередині камери згоряння (КЗ), так і в процесі взаємодії з навколишнім середовищем. При розігріві і охолодженні корпуса двигуна вздовж обраного напрямку поширюється тепло. Поздовжні і поперечні коливання кластерів в кристалічній решітці твердого тіла формують внутрішню теплову енергію. Крім цього, слід враховувати енергію хаотичного поступального руху частинок в міжкластерних вільних об'ємах, а також енергію крутильних коливань кластерів щодо їх власного центру тяжіння.

Аналіз досліджень

Результуюча внутрішня теплова енергія на підставі роботи [1] представляється у вигляді

$$Q = \sum_j \frac{3}{2} W_j E_j = \frac{3}{2} k_Б T_{еф.}, \qquad (1)$$

де j = 1 відповідає енергії E_1 — поступальних степенів свободи з ймовірністю їх збурення W_1; j = 2, 3 і 4 відповідає енергії та ймовірності їх порушення крутильних, поздовжніх і поперечних коливань кластерів всередині кристалічної решітки.

Раніше при розгляді класичної теорії теплоємності вважали, що внутрішня енергія у твердому тілі визначається тільки гармонійними коливаннями окремих атомів або молекул щодо своїх положень рівноваги. В результаті, внутрішня енергія відповідно до закону рівномірного розподілу теплової енергії за степенями свободи, представлялася у вигляді $3 \cdot k_Б T/2$ [2]. Щоб узгодити з законом Дюлонга і Пті, таким коливанням приписувалося ще два степені свободи, зумовлені тим, що в коливальному русі присутні дві енергії: кінетична і потенційна, які безперервно перетворюються одна в одну в рівних кількостях. Такий підхід суперечить закону рівномірного розподілу за степенями свободи, так як температура визначається максимальною енергією, яка міститься в одній степені свободи, а не окремій її частці. Слід враховувати, що будь-яке поглинання енергії обумовлено збудженням певною мірою свободи щодо її енергії зв'язку. При значній енергії зв'язку окремих атомів їх збудження практично виключено.

Суперечності класичної теорії теплоємності при низьких температурах поблизу абсолютного нуля з експериментальними даними були зняті квантовою теорією, в якій важливо було, щоб кристал цілком коливався як єдине ціле. Тоді кристал при низьких температурах мав би

створювати пружні коливання в навколишньому середовищі, тобто, повинен поширюватися звук. Однак таке явище не спостерігається.

Отже, внутрішня енергія твердого тіла визначається не коливаннями окремих атомів, молекул або всього кристала щодо певного положення рівноваги, а поведінкою окремих кластерів і їх взаємодією з різними частками в твердому тілі. При низьких температурах внутрішня енергія обумовлена величиною енергії зв'язку часток третьої координаційної сфери з основним кластером. В цьому випадку всі суперечності знімаються, як це продемонстровано в [1].

У відповідності з (1) для одноатомних газів $W_1 = 1$, а $W_2 = W_3 = W_4 = 0$. Для двохатомних газів поступальні степені свободи збурені повністю, із трьох обертальних степенів свободи збурені два степені, а коливальні заморожені. Тому для двохатомних газів $W_1 = 1$, а $W_2 = 2/3$ і $W_3 = W_4 = 0$. Для трьохатомних і багатоатомних газів $W_1 = 1$, а $W_2 = 1$, а $W_3 E = \int_{E_3}^{\infty} Ef(E,T)dE$ і $W_4 E_4 = \int_{E_4}^{\infty} f(E,T)dE$, де f(E,T) — функція розподілу Максвелла-Больцмана.

Для твердих тіл ситуація істотно ускладнюється. Вільні атоми, молекули або кластери в твердому тілі знаходяться в міжкластерному об'ємі і всього цих частинок є:

$$N_{зв.} = \sum_i N_i \int_{E_i}^{\infty} f\left(E, T_{еф.}\right) dE \qquad (2)$$

На одну частинку припадає внутрішньої енергії $3k_Б T_{еф}/2N_{в.}$ Аналогічно визначається енергія, що припадає на одну частку, обертальної і коливальної степенів свободи.

Процес поширення тепла в твердому тілі слід розглядати як послідовне збурення від кластера до кластера всіх степенів свободи, що визначають внутрішню теплову енергію по (1). При цьому слід враховувати, що вплив теплового потоку здійснюється не безпосередньо на чистий матеріал, а через проміжний шар оксидів даного матеріалу і шар адсорбованих атомів, молекул навколишнього середовища і в кожному випадку зі своєю швидкістю поширення теплового потоку.

Мета і завдання

У зв'язку з цим виникає мета: створити теорію теплопровідності на нанорівні при поширенні тепла по багатошаровому середовищі стосовно роботи дизеля, у якого основними конструкційними матеріалами є тверді жароміцні сталі і тверді сплави алюмінію.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

– з'ясувати механізм формування багатошарового покриття на конструкційних матеріалах, що застосовуються в дизелях;
– визначити швидкості поширення тепла в кожному конкретному матеріалі;
– розробити загальну теорію розповсюдження тепла в нашарованому середовищі;
– обґрунтувати оптимальні умови роботи дизеля з мінімальними тепловими втратами.

Основна частина

Розглянемо поставлені завдання стосовно заліза й алюмінію, кластерна ґратчаста структура яких є основою для чавуну і твердих алюмінієвих сплавів. На цих матеріалах в процесі їх виготовлення утворюються оксидні шари, а в процесі їх роботи на утворених оксидних шарах адсорбуються молекули кисню та азоту навколишнього повітря. В процесі роботи дизеля слід враховувати, що умови його розігріву при спалювання палива, а також повітряного і водяного охолодження різні. В даній роботі визначимо ці умови і з'ясуємо, як повинен оптимально працювати дизель у цих умовах.

Формування багатошарового покриття на алюмінії і залізі

В процесі виробництва окремих конструкційних деталей для дизеля на кластерах алюмінію і заліза адсорбуються переважно молекули кисню. В результаті на оброблених поверхнях цих деталей виникають хімічні реакції з утворенням оксидів у вигляді тонких шарів. Для алюмінію це шар з молекул Al_2O_3, а для заліза — переважно шар молекул Fe_2O_3. При тривалому перебуванні молекул кисню на поверхні металу оксидні шари, що утворюються на поверхні металів являють собою спочатку щільно упаковані утворення з молекул оксидів, а в подальшому, в міру зростання товщини шару, утворюються кластери, що викликає корозію металів.

Очевидно, що зберігання виготовлених деталей не досить тривале і тому помітна корозія не виникає. Тому кластерне утворення можна не враховувати. Молекули оксидів алюмінію і заліза формуються однаковим чином. Спочатку виникають двохатомні молекули, а потім взаємодіють один з одним дві двохатомні молекули з атомом кисню. Найбільшу енергію зв'язку має розташування атомів (Рис.1).

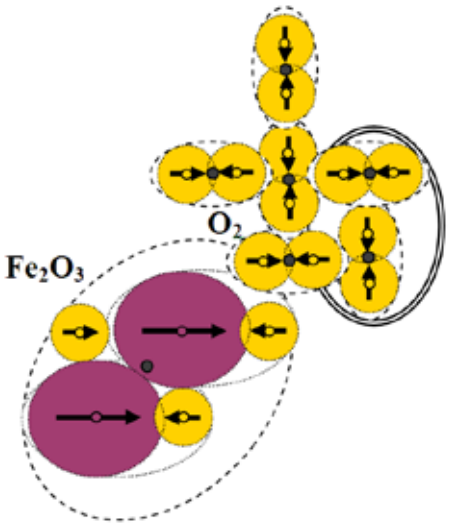


Рис. 1. Найбільш ймовірне розташування атомів і молекул при взаємодії молекул кисню або азоту з молекулою оксиду заліза (або алюмінію)

Для щільно упакованих шарів з окремих молекул реалізується ситуація, яка детально розглянута в [1]. На підставі розробленої теорії кількість мономолекулярних шарів:

$$N_{мол.} = 1 + \frac{\ln\{3k_Б T / [(1-P_1)\Delta E]\}}{\ln(1-P_2)} \qquad (3)$$

Тут P_1 — ймовірність розриву зв'язку молекул оксидного шару з основою, P_2 — ймовірність розриву зв'язку між молекулами оксиду металу в щільноупакованому шарі і ΔE — додаткова енергія взаємодії упорядкованого розташування N-го шару по відношенню до (N — 1) — го, обумовлена диполь-дипольною взаємодією. Енергія адгезії N-го шару по відношенню до (N — 1) — го шару визначається ковалентним і іонним зв'язками, а також диполь-дипольною взаємодією. Основні параметри взаємодіючих частинок в молекулах, кластерах і між кластерами в табл. 1

Таблиця 1

Основні параметри частинок бінарного взаємодії і їх енергія зв'язку

Види взаємодій		Основні параметри взаємодіючих частинок								
		$R_{еф}$, А	r_e, А	$E_{ков}$, еВ	$E_{іон}$, еВ	$E_{е\text{-}д}$, еВ	$E_{д\text{-}д}$, еВ	$E_{рез}$, еВ	$E_{експер}$, еВ	P_e, Кл·м·10^{30}
Міжатомне	Al-Al_2	3,26	2,14	2,143	0,181	—	0,006	2,330	—	0,671
	Fe-Fe_2	3,35	2,80	2,330	0,173	—	0,706	3,209	—	6,991
	O-O	0,952	1,207	6,550	0,256	1,200	0,485	6,154/5,121	5,12	—
	N-N	1,020	1,098	8,009	1,642	0,112	0,121	9,42	9,76	—
Міжмолекулярне	Al_3-Al_3	3,48	2,86	1,490	0,048	0,001	0,009	1,451	—	1,342
	Fe_3-Fe_3	3,06	2,63	2,020	0,077	0,025	1,207	3,151	—	13,98
	Al_2O_3	3,88	3,28	0,147	0,005	0,001	0,153	0,295	—	6,929
	Fe_2O_3	3,75	3,06	0,283	0,008	0,003	0,945	1,220	—	15,48
Міжкластерне	$Al_{кл}$	5,245	5,245	—	—	—	0,080	0,0804	—	13,42
	$Fe_{кл}$	5,525	5,525	—	—	—	0,16	0,156	—	46,6
	$Al_2O_{3кл}$	5,82	5,82	—	—	—	0,20	0,200	—	6,929
	$Fe_2O_{3кл}$	5,63	5,63	—	—	—	0,16	0,158	—	15,48

З табл. 1 випливає, що міжкластерний зв'язок визначається переважно диполь-дипольною взаємодією.

Взаємодія окремих молекул води, кисню та азоту з кластерними утвореннями визначає енергію фізичної адгезії. Використовуючи вихідні дані табл.1, був зроблений розрахунок енергій фізичної адгезії молекул води, кисню та азоту на різних поверхнях (адсорбентах). Результати наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Енергія фізичної адгезії молекул води, кисню, азоту, оксиду алюмінію та оксиду заліза в еВ

Молекули Поверхня	H_2O	O_2	N_2	Al_2O_3	Fe_2O_3
Al кластер	0,111/0,145	0,193/0,207	0,156/0,003	0,190	—
Fe кластер	0,515/0,145	0,301/0,207	0,250/0,003	—	0,992
Al_2O_3 пл.упак.	0,637/0,145	1,272/0,207	1,000/0,003	0,295	—
Fe_2O_3 пл.упак.	0,907/0,145	0,951/0,207	0,739/0,003	—	1,220
H_2O	0,539/0,145	0,743/0,122	0,644/0,004	—	—
O_2	0,743/0,122	0,304/0,207	0,897/0,030	—	—
N_2	0,644/0,004	0,897/0,030	0,868/0,012	—	—

За відомою енергією зв'язку часток з основою і між собою, визначається кількість моношарів на поверхні адсорбенту. Відповідно до закону Дюлонга і Пті число степенів свободи всередині твердого тіла дорівнює шести. Це означає, що енергія зв'язку фізичної адгезії, обумовлена ковалентним, іонним, електрон-дипольним та диполь-дипольним зв'язками представляється у вигляді

$$E_{зв.,рез.} = E_{зв.,0} - 3k_Б T \qquad (4)$$

Ймовірність того, що розглянута частка адсорбата на поверхні адсорбенту не пов'язана з цією поверхнею

$$P_1 = \int_{E_{\partial-\partial}}^{\infty} f(E,T)dE\,, \qquad (5)$$

Функція $f(E,T) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \frac{1}{\left(k_Б T\right)^{3/2}} E^{1/2} \exp(-\frac{E}{k_Б T})$ є розподілом Максвелла-Больцмана по енергіях. Аналогічно визначається ймовірність того, що частинки адсорбата не пов'язані один з одним, тобто

$$P_2 = \int_{E'_{\partial-\partial}}^{\infty} f(E',T)dE'\,, \qquad (6)$$

де $E'_{\partial-\partial}$ — енергія диполь-дипольної взаимодії частинок адсорбата.

Результати розрахунку кількості моношарів різних частинок адсорбата на поверхні деяких адсорбентів в залежності від температури наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Кількість моношарів частинок адсорбата на поверхні адсорбенту в залежності від температури

Частки адсорбата	Температура							
	273	298	400	500	600	700	800	900
Адсорбент — Al_2O_3								
H_2O	238	87	7	3	1	1	1	1
O_2	9	5	3	1	1	1	1	1
N_2	1	1	1	1	1	1	1	1
Адсорбент — Fe_2O_3								
H_2O	250	93	7	3	1	1	1	1
O_2	8	5	3	1	1	1	1	1
N_2	1	1	1	1	1	1	1	1
Адсорбент — кластери Al_3								
Al_2O_3	4	3	1	1	1	1	1	1
Адсорбент — кластери Fe-Fe_2								
Fe_2O_3	Класт.	Класт.	Класт.	Класт.	Класт.	Класт.	10^3	212
Адсорбент — вода								
O_2	6	4	3	1	1	1	1	1
N_2	1	1	0	0	0	0	0	0

Отримані результати, наведені в табл. 3, свідчать про наступне:

1. Молекули води найбільш інтенсивно адсорбуються на різних поверхнях адсорбентів. Це обумовлено порівняно великим значенням вбудованого електричного моменту для молекул води. Починаючи з температури вище 500 К адсорбується тільки один мономолекулярний шар води. Імовірність перебування одного шару в кожному осередку адгезії визначається енергією зв'язку молекул води з поверхнею адсорбенту.

2. Молекули кисню також досить інтенсивно адсорбуються на поверхнях різних адсорбентів. При цьому в повітряній атмосфері в розглянутому інтервалі температур адсорбція реалізується тільки для молекул кисню. Молекули азоту взагалі не адсорбуються на поверхнях алюмінію і заліза.

3. Утворені в повітряній атмосфері оксидні шари на поверхні алюмінію вище температури 300 К утворюють тільки один мономолекулярний шар. У випадку заліза можуть формуватися досить товсті оксидні шари. Тому на поверхні заліза формуються в основному кластерні утворення, для яких енергія зв'язку з основою різко зменшується і йде руйнування поверхні, тобто реалізується інтенсивна корозія заліза. Молекули кисню по стовбовидним міжкластерним пустотам оксиду заліза безперешкодно проникають всередину до самої основи і знову всередині утворюються оксидні шари, що й обумовлює інтенсивну корозію заліза. Така ситуація виникає на внутрішніх стінках камери згоряння ДВС.

4. На поверхні води в нормальних умовах адсорбуються молекули тільки кисню до 4-х шарів. Молекули азоту не адсорбуються на поверхні води. Отже, краплі туману в атмосфері Землі є по суті рідкий кисень. Цей ефект пояснює, чому підвищується потужність двигуна, коли він працює при русі автомобіля в тумані.

На підставі отриманих результатів теплоперенесення в камері згоряння здійснюється конвективним і променистим теплообміном між молекулами повітря і мономолекулярним адсорбованим шаром молекул кисню, а потім з оксидним шаром заліза, і надалі тепло поширюється по однорідному матеріалу, з якого виготовлений двигун. Така багатошарова структура внутрішньої поверхні КЗ і призводить до істотного розігріву двигуна.

На зовнішній поверхні двигуна теплоперенесення відбувається внаслідок взаємодії рухомого потоку повітря з нагрітою твердою поверхнею, яка також являє собою багатошарову структуру.

Теплоперенесення у багатошаровому середовищі всередині камери згоряння

Принципова схема теплообміну стінок усередині камери згоряння з нагрітим повітрям наведена на рис. 2. Температура повітряно-паливної суміші в процесі горіння палива проходить три стадії. Перша стадія горіння палива, газифікація, досягається переважно внаслідок адіабатичного стиснення, тобто

$$T_2 = T_1\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}, \qquad (7)$$

де $\gamma = C_P/C_V$ — відношення теплоємності при постійному тиску і постійному обсязі. Для температури повітря до 1000К γ = 1,4, а при більших температурах — це 1,34–1,38.

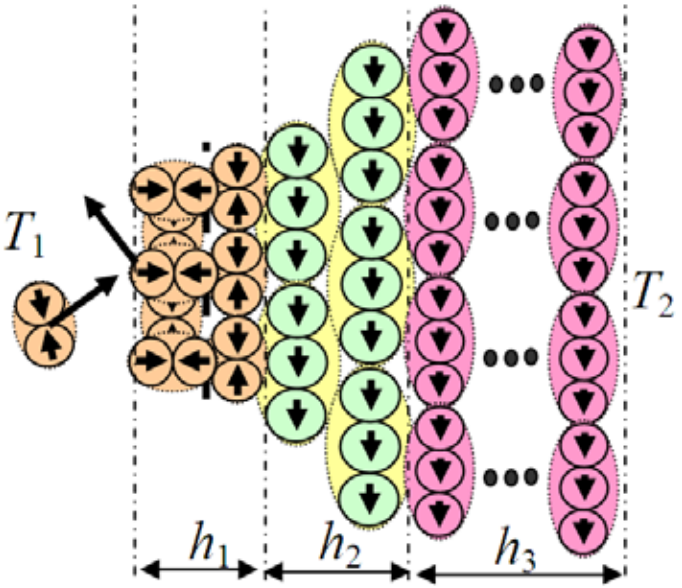


Рис. 2. Принципова схема розповсюдження тепла в багатошаровому середовищі

Після досягнення температури газифікації утворюється горюча суміш, яку з деяким запізненням підпалюють. Після підпалу горючої суміші реалізуються друга і третя стадії горіння палива.

Для повного згоряння палива потрібен певний час. При повному згорянні палива виділяється кількість тепла

$$U = \frac{H_u \dot{m}}{2f}, \tag{8}$$

де H_u — теплотворна здатність палива, $\dot{m}$ — розхід палива і f — частота обертання двигуна. З урахуванням виділеної енергії температура паливо-повітряної суміші (К):

$$T_2 = T_1 + \frac{2U}{5k_Б N}, \tag{9}$$

При такій температурі тиск горючої суміші в ВМТ складе:

$$P = \frac{N}{V} k_Б T \tag{10}$$

Виділення тепла при горінні палива відбувається в наростаючому режимі, який описується експоненціальним законом. Тоді зростання температури з часом, з урахуванням граничних умов, представиться у вигляді:

$$T_2 = T_1 + T_1[\exp(at) - 1], \tag{11}$$

де коефіцієнт a знаходиться з граничних умов.

Внутрішня енергія газу:

$$\Delta U = A + \Delta Q' - \Delta Q'' \tag{12}$$

Тут $\Delta A = M(t)\omega\Delta t$ — затрачена механічна робота, а M (t) — момент на валу двигуна, ω = $2\pi f$ — кругова частота; $\Delta Q'$ — втрати тепла при конвективному теплообміні всередині двигуна, тобто на його розігрів і $\Delta Q''$ — зміна внутрішньої енергії паливної суміші при адіабатичному стисненні або розширенні газу.

Механічна робота, яку виробляє нагріте повітря в одному з напрямків хаотичного руху молекул повітря, рівне добутку моменту сили на кут повороту колінчастого вала за час Δt

$$\Delta A = M(t)\omega\Delta t \tag{13}$$

Тиск всередині двигуна з урахуванням виділеної енергії при згоранні палива, що здійснюється механічної роботи, конвективного теплообміну і адіабатичного розширення падає до значення:

$$P(t) = n(t)k_Б\left[T(t)\left(\frac{V_1(t_1)}{V_2(t_2)}\right)^{\gamma-1} + \Delta T(t)\right], \tag{14}$$

де $\Delta T(t) = T(t_2) - T(t_1)$, а значення температур визначається за формулою (10), а об'єми $V(t_1)$ і $V(t_2)$ — рухом поршня в циліндрі двигуна, які відповідно рівні:

$$V(t_1) = \pi r^2\{l_0 + L[1 - \cos(\omega t_1)]\}; \quad V(t_2) = \pi r^2\left\{l_0 + L\left[1 - \cos(\omega t_2)\right]\right\} \tag{15}$$

Тут r — радіус поршня, L — плече колінчастого валу, l_0 — ефективна висота циліндра вільного об'єму*, коли поршень знаходиться в ВМТ.

Зростання температури паливо — повітряної суміші усередині циліндра до підпалу горючої суміші визначається рекурентним співвідношенням виду:

* Насправді обсяг камери згоряння має більш складну форму. В даному випадку треба знати загальний обсяг камери згоряння, а не її форму

$$T(t_n) = T(t_{n-1})\left(\frac{V_n}{V_{n-1}}\right)^{\gamma-1}, \tag{16}$$

а робота, яка витрачається при адіабатичній зміні обсягу газу на величину $\Delta V_n = V_n - V_{n-1}$, представиться у вигляді:

$$\Delta Q_n'' = \frac{P_{n-1}V_{n-1}}{\gamma-1}\left[1-\left(\frac{V_{n-1}}{V_n}\right)^{\gamma-1}\right] \tag{17}$$

У стаціонарних умовах конвективний теплообмін буде визначатися питомою теплоємністю корпусу двигуна і його примусовим охолодженням потоком повітря через радіатор. Так як температура з часом в камері згоряння безперервно зростає за експоненціальним законом, то теплопровідність в цьому випадку є нестаціонарна. Різниця температур горючої суміші і стінки КЗ $\Delta T_n = T(t_n) - T(t_{n-1})$. Температура мономолекулярного шару постійно перебуває в термодинамічній рівновазі з температурою навколишнього середовища, тобто при $T(t_{n-1})$, а нестаціонарність враховується процесом зміни температури усередині камери згоряння. В такому припущенні в кожен момент часу потужність передачі енергії стінок КЗ внаслідок нестаціонарного конвективного теплообміну, складе:

$$\Delta N_T = \frac{5\pi}{12}\frac{N\sqrt{2k_Б T(t)/m_a}\,k_Б \Delta T(t)\{r_в + [l_0 + L(1-\cos\omega t)]\}}{\{l_0 + L[1-\cos(\omega t)]\}r_в}, \tag{18}$$

де m_a — середня маса молекул повітря і $r_в$ — радіус колінчастого валу,
а результуюча теплова енергія, яку набуває двигун внаслідок конвективного теплообміну

$$N_T = \int_0^{1/2f} \Delta N_T dt \tag{19}$$

Розігрів корпусу двигуна відбувається при позитивній різниці температур навколишнього середовища і його корпусу. В іншому випадку навпаки корпус двигуна буде розігрівати газ навколишнього середовища. У сталому режимі потужність передачі енергії всередині циліндра компенсується потужністю температурного охолодження радіатором. В цьому випадку $N' = N_T$.

Охолодження радіатора повітряним потоком

Температура води, яка прокачується по зовнішній поверхні двигуна, відповідає температурі його зовнішньої стінки. При такій температурі вода надходить в трубчасту систему радіатора. Повітряний потік, взаємодіючи з такою системою, відбирає тепло від трубчастої системи. Це призводить до охолодження радіатора. Принципова схема охолодження радіатора повітряним потоком показана на рис. 3. У такій моделі теплоперенесення визначається процесами адсорбції і десорбції молекул повітря з поверхнею радіатора. Адсорбуються на поверхні металу тільки молекули кисню і при температурах охолоджуючої рідини 358–368 К [4] кількість адсорбованих шарів становить 3–4 (табл. 3).

Кожна молекула кисню зовнішнього шару з внутрішнім шаром володіє енергією, обумовленою тільки ковалентним і іонним зв'язками. Диполь-дипольна взаємодія виключається внаслідок хаотичного характеру розташування диполів внаслідок їх температурних коливань. Результуюча енергія зв'язку між молекулами кисню в цьому випадку становить $E_{зв.,0} = 0{,}328$ еВ. Так як адсорбовані молекули кисню на поверхні твердого тіла утворюють щільно упаковану структуру, то на підставі закону Дюлонга і Пті кожна молекула має шість ступенів свободи. Тому результуюча енергія зв'язку буде ослаблена на величину $3k_Б T$ і рівна $E_{зв.} = E_{зв.,0} - 3k_Б T$.

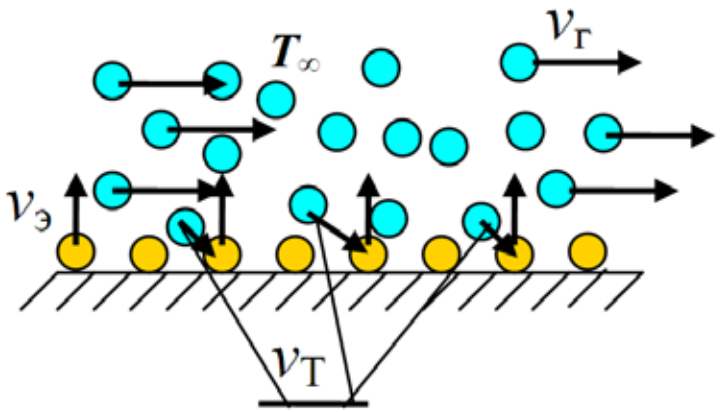


Рис. 3. Схема охолодження радіатора повітряним потоком

При температурі охолоджуючої рідини T' =358–368К з поверхні адсорбенту адсорбат буде випаровуватися і щільність потоку випаровування складе [5]

$$\dot{N}_{вип.} = \frac{\sqrt{8}}{3\sqrt{\pi m_a}} \frac{1}{\bar{d}^3} \frac{1}{k_Б T'} \int_{E_{зв.}}^{\infty} \sqrt{1 - \frac{E_{зв.}}{E}} E \exp\left(- \frac{E}{k_Б T'} \right) dE \,, \tag{20}$$

а загальний потік енергії

$$J'_{вип.} = \int_0^{1/4f} \dot{N}_{вип.} \left(E_{зв} + 3k_Б T' \right) S_{зовн.}(t) dt \tag{21}$$

Потік молекул кисню за час, рівний *1/4f*, на поверхні адсорбента $S_{зовн.}$ складе

$$Q' = \frac{1}{4} \frac{P_\infty}{k_Б T_\infty} \sqrt{\frac{8k_Б T_\infty}{\pi m_a}} \left(E_{зв.} + \frac{5}{2} k_Б T_\infty \right) S_{зовн.} \frac{1}{4f} \tag{22}$$

Тут враховано, що двоатомні молекули володіють 5-ма ступенями свободи.

Температура, до якої охолодиться зовнішній монокластерний шар працюючого двигуна внутрішнього згоряння, складе

$$\Delta T' = \left(J'_{вип.} - Q' \right) / c_a M_{дв.} \,, \tag{23}$$

c_a — питома теплоємність матеріалу двигуна і $M_{дв.}$ — маса двигуна

У стаціонарних умовах відповідно до закону перетворення енергії отримуємо наступне рівняння

$$\left(J_{адс.} - J_{вип.} \right) S(t) = \left(J'_{вип.} - Q' \right) S_{зовн.} \tag{24}$$

З цієї умови визначається температура зовнішнього монокластерного шару в кожен момент часу в процесі виконання робочого циклу, тобто

$$T(t) = \left(J_{адс.} - J_{вип.} \right) \frac{S(t)}{S_{зовн.}} \frac{1}{k_Б} \tag{25}$$

При такій температурі швидкість потоку емісії

$$\bar{v}_e = \frac{1}{2} \left(W_{N_2} \int_{E_{зв.,2}}^{\infty} v f(v) dv + W_{O_2} \int_{E_{зв.,1}}^{\infty} v f(v) dv \right) \tag{26}$$

Тут $f(v)$ — функція розподілу Максвела по швидкостях.

Рухаючись нормально до поверхні, емітовані частинки стикаються з молекулами повітря, які рухаються уздовж поверхні. Повне їх гальмування відбудеться після трьох і більше зіткнень.

Щоб не відбувався їх зворотний рух, слід емітовані з поверхні частинки відносити потоком повітря, що створюється вентилятором. В цьому випадку:

$$t = \frac{3\lambda_a}{\overline{v}_e} = \frac{L}{v} \tag{27}$$

Звідси швидкість потоку повітря уздовж зовнішньої поверхні двигуна:

$$v = \overline{v}_e \frac{L}{3\lambda_a}, \tag{28}$$

де L — характерний розмір двигуна, що розглядається.

Знаючи, яку необхідно забезпечити швидкість руху повітря, вибирається вентилятор відповідної потужності.

Зробимо конкретний розрахунок теплових втрат, що виникають при роботі дизеля Д-245. Параметри двигуна дані в технічному описі [4].

Порівняння теоретичних розрахунків з експериментальними даними

Двигун Д-245 з турбонаддувом має експлуатаційну потужність 74 кВт при питомій витраті палива 0,229 кг/(кВт.ч) [8]. В результаті за одну годину роботи двигуна буде витрачено палива 16,946 кг. При повному згорянні палива з теплотворною здатністю 10 600ккал/кг реалізується виділення теплової потужності 208,8кВт. ККД двигуна 35,4%. Гранично можливий коефіцієнт корисної дії не може перевищувати 33,3% для поршневих теплових двигунів. Незначне збільшення ККД обумовлено тим, що не все враховано в запропонованій моделі. Наприклад, яка кількість масла додатково до палива потрапляє в КЗ. Потужність теплових втрат для двигуна Д-245 складає 134,8кВт. Потік тепла на внутрішню поверхню КЗ

$$\dot{Q}_1 = \frac{1}{8} n m_a \overline{v}^3 \chi S, \tag{29}$$

де n — концентрація молекул повітря в камері згоряння;

$\overline{v} = \sqrt{8k_Б T / \pi m_a}$ — середньохаотична швидкість руху молекул повітря;

$\chi = r_a^2 / r_{кл.}^2$ частка місць адсорбції молекул повітря на поверхні заліза.

Протягом робочого ходу поршня потужність по (25), що витрачається на розігрів корпусу двигуна становить 108,6кВт. Потік тепла, що викидається в атмосферу

$$\dot{Q}_2 = n m_a \overline{v}^2 V / f \tag{30}$$

Тут V — робочий об'єм одного циліндра і f — частота обертання колінчастого валу. Оцінки по (26) дають значення 14,5кВт.

Виходить, що паливо в двигуні Д-245 згоряє не повністю. За годину роботи двигуна в навколишнє середовище викидається незгорілої сажі майже один кілограм. Це відомий експериментальний факт. Дійсно, дизель, що працює, скидає в атмосферу сажеві хмари, які спостерігаються візуально. У двигуні Д-245 застосовано рідинне охолодження. Температура охолоджуючої рідини підтримується в межах 85° — 95°С. Тоді різниця температур щодо навколишнього середовища з температурою 295К складе 60° — 70°С. Щоб забезпечити потужність тепловідведення від двигуна 108,6кВт при різниці температур щодо навколишнього середовища в 60° — 70°С, необхідно реалізувати площу радіатора з трубками діаметром 6 мм ≈ 4,38 – 3,76 м². Якщо площа радіатора 0,5х0,6 м² з відстанню між трубопроводами в шарі і між шарами 2 мм, то товщина радіатора повинна бути 4,96 – 4,25 см, що відповідає реальній конструкції радіатора.

Висновки

Створена теорія теплопровідності на нанорівні при поширенні тепла у багатошаровому середовищі стосовно роботи дизеля, у якого основними конструкційними матеріалами є тверді жароміцні сталі і тверді сплави алюмінію. З'ясовано механізм формування багатошарового покриття на конструкційних матеріалах, що застосовуються в дизелях. Розроблена загальна теорія розповсюдження тепла в багатошаровому середовищі. Отримано оптимальні умови роботи дизеля з мінімальними тепловими втратами.

Список літератури

1. Гречихин Л. И. Наночастки і нанотехнології.— Мн. ИООО «Право і економіка», 2008.— 403 с.

2. Я. де Бур. Введення в молекулярну фізику і термодинаміку –М.: ИЛ., 962. 277 с.

3. Лапцевич А. А., Гречихин Л. И., Куць Н. Г. Енергетична база безпілотних літальних апаратів./Енергетика. Новини вищих навчальних закладів та енергетичних об'єднань СНГ.— 2011, №3. С.52–67.

4. Дизелі Д-243, Д-245 та їх модифікації. Керівництво по експлуатації 243–0 000 100РЭ.— Мн. ОАО «Мінський моторний завод», 2009. 50 с.

5. Гречихин Л. И. Двигуни внутрішнього згоряння. Фізичні основи технічної діагностики та оптимального управління. Мн.: Наука і техніка, 1995.— 270 с.

Аннотация. *Создана теория теплопроводности на наноуровне при распространении тепла по слоистой среде применительно к работе дизеля. Выяснен механизм формирования многослойного покрытия на конструкционных материалах, применяемых в дизелях. Разработана общая теория распространения тепла в слоистой среде. Обоснованы оптимальные условия работы дизеля с минимальными тепловыми потерями.*

Abstruct. *The theory of thermal conductivity at the nanoscale in the distribution of heat in the layers environment working with diesel. Revealing the mechanism of formation of multilayer coating on structural materials used in diesel engines. A general theory of heat distribution in the layers environment. The optimum operating conditions of diesel with minimal heat loss.*

Стаття надійшла до редакції 15.04.2012р.

УДК 620.178.15

МАКАРОВ В. А., д.т. н., доц., ПИСАНЕЦЬ О. О., к.т. н.
Донецька академія автомобільного транспорту

ДО ПИТАННЯ НЕСТАЦІОНАРНОГО ВІБРОАКУСТИЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ НЕОДНОРІДНИХ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛІВ

У статті розглянуті результати вимірювання власних коливань поршневого пальця віброакустичним методом, виявлений вплив дефекту на характеристики означеного коливального процесу. Експериментально й чисельно вивчена еволюція нестаціонарного сигналу, що поширюється при ударі. Порівняльний аналіз отриманих характеристик (за допомогою вейвлет-фільтра Добеши-4) дозволяє зробити висновок про якість бічної поверхні деталі.

Постановка проблеми й аналіз останніх публікацій

На даний момент області застосування структурно-неоднорідних деталей у автомобілебудуванні істотно розширилися. Дефектоскопія таких деталей зазвичай проводиться акустич-

ними методами, що пов'язане з такими характеристиками акустичних систем, як чутливість дистанційно відтворених частот і нерівномірність амплітудно-частотної (АЧХ) й амплітудно-тимчасових характеристик (АТХ) у цьому діапазоні. У зв'язку із цим проблема правильного зняття віброакустичних характеристик з метою діагностування якості таких деталей виходить на передній план, оскільки вкрай важко з сукупності віброакустичних параметрів вибрати найбільш інформативні, щоб за динамікою зміни виявити наявність дефекту. У роботах [1,2] наведені результати застосування методу власних частот для акустичної діагностики структурно-неоднорідних матеріалів. За матеріалами робіт, зокрема, необхідно, щоб діагностування наявності дефекту виконувалось тільки в області надвисоких частот, досягти яких при потоковому експрес-аналізі деталей досить складно. Один із основних підходів до цієї проблеми пов'язаний з масштабним фізичним моделюванням складних віброактивних систем у натурних умовах і їх адекватному чисельному моделюванні з використанням кінцево-елементних схем. У даній роботі наведені результати аналізу кінематичних характеристик поршневого пальця (ПП) після динамічного збурювання й показані переваги даного підходу. Також наведені результати мікроструктурного аналізу матеріалу поршневого пальця та металографічні дослідження для визначення дефектів поршневих пальців, і методика вимірювання власних коливань ПП [4,5].

Мета дослідження

Установлення значущості впливу дефекту ПП у формі поздовжньої тріщини на характеристики власних коливань ПП.

Методика досліджень

Проведені роботи та отримані матеріали наведені нижче.

1. Проведений мікроструктурний аналіз матеріалу поршневого пальця.
2. Проведені металографічні дослідження для визначення дефектів поршневих пальців.
3. Вимірювання власних коливань ПП проводилися віброакустичним методом при жорсткій фіксації ПП у спеціальному пристосуванні. Три опорні точки розташовувалися в площині симетрії ПП, що проходить через його центр маси.
4. Власні коливання ПП генерувалися раптовим прикладанням сили — ударом сталевою кулькою діаметром d, підвішеною на гнучкій нитці довжиною L. Енергія удару задавалася величиною відхилення А центра кульки від положення спокою. Точка завдання удару розташовувалася на бічній поверхні пальця в одній вертикальній площині з точкою розміщення датчика, що вимірює горизонтальні поперечні коливання поверхні ПП.
5. Горизонтальні поперечні коливання у вигляді прискорення точки поверхні ПП вимірювалися магнітодинамічним датчиком ГЗМ 105 і після перетворення аналоговим коректором DUAL TVV 46 подавалися для фіксації на лінійний вхід плати Intel D845GLAD персонального комп'ютера й записувалися у файл при наступних параметрах: частота досліду SR = 44 100 Гц, дозвіл сигналу –16 біт.
6. Виявлення впливу дефекту на характеристики власних коливань здійснювалося порівняльними випробуваннями справного ПП і ПП, що має дефект у формі поздовжньої тріщини.

Результати досліджень

Загальний опис результатів містить наступні матеріали та висновки.

Висока контактна напруга, що виникає в зоні контакту поршневих пальців з головкою шатуна, приводить не тільки до зносу, але й до появи мікротріщин. Для вивчення цих ефектів були проведені металографічні дослідження на мікроскопі «Неофот — 21». Шліфи обробляли 4% розчином HNO_3 у спирті. Твердість вимірювали на приладі Роквелла за шкалою С. Для досліджень

був вибраний палець, виготовлений зі сталі 20Х, який піддавали термічній обробці (гарт та високе відпускання) з подальшим гартом струмами високої частоти. Фотографія поперечного шліфа наведена на рис. 1.

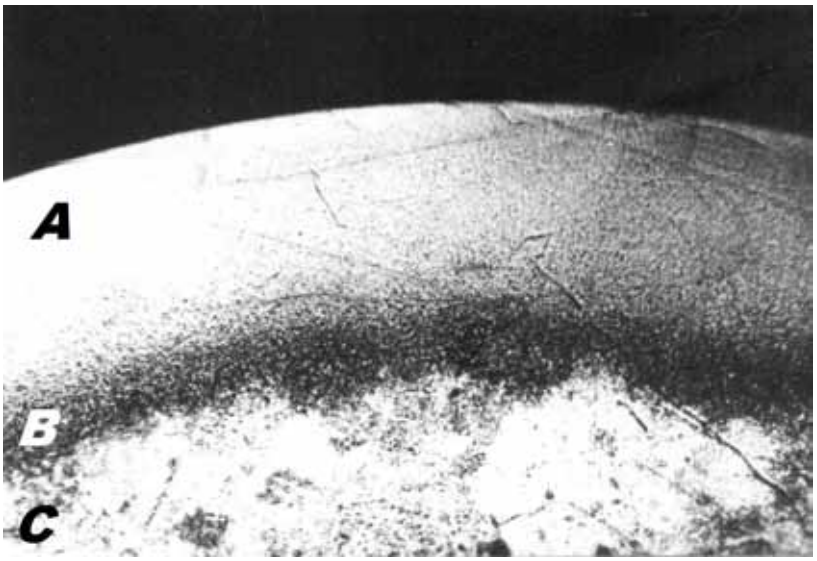


Рис. 1. Поперечний шліф

Із цієї фотографії випливає, що в поперечному перерізі пальця виділяються три зони. Умовно вони позначені: А — відповідає шару товщиною приблизно 2 мм, загартованому струмами високої частоти; В — перехідна зона товщиною приблизно 1 мм; С — відповідає основному матеріалу до загартування струмами високої частоти.

Мікроструктура в зоні А — дрібноголчастий мартенсит показана на рис. 2. Твердість зони становить 55–56 HRC. Перехідна зона В (рис. 3) являє собою дрібноголчастий мартенсит і ферит.

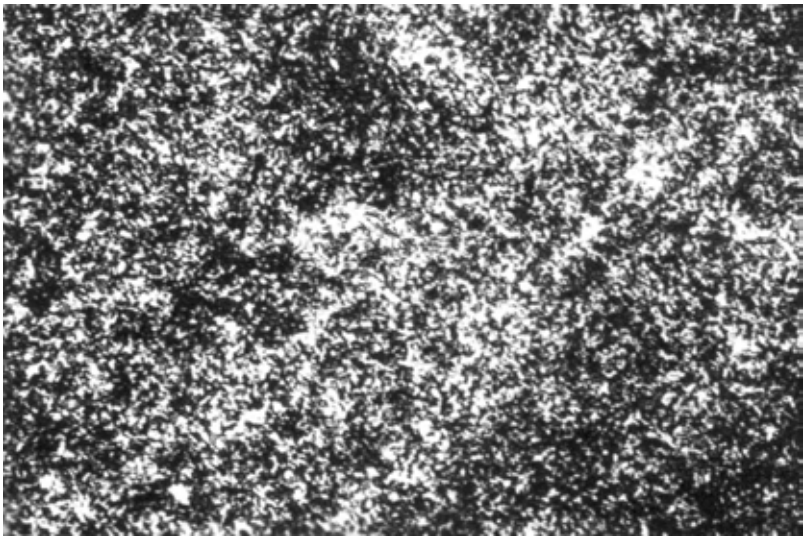


Рис. 2. Мікроструктура зони А

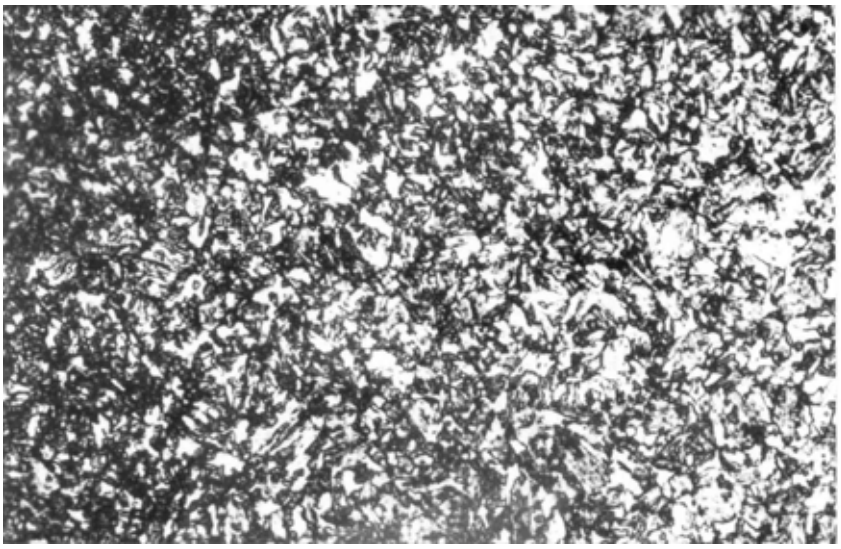


Рис. 3. Мікроструктура зони В

Твердість зони відповідно 37–40 HRC. У зоні С (рис.4) зберігається орієнтування по мартенситу. Твердість зони 25–27 HRC.

Схема зміни твердості за глибиною представлена на рис. 5.

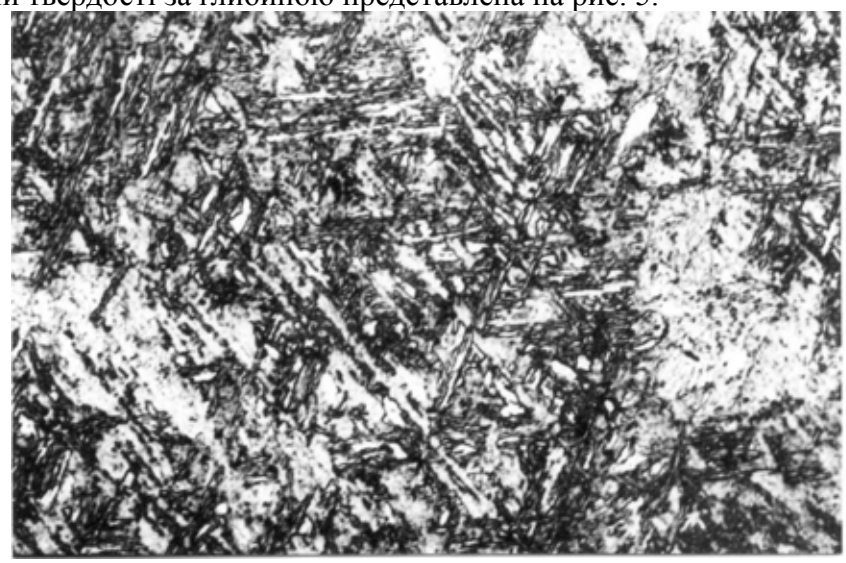


Рис. 4. Мікроструктура зони С

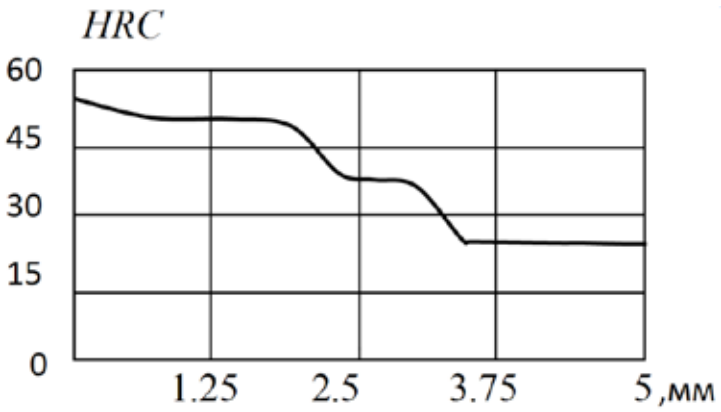


Рис. 5. Зміна твердості за глибиною

Видно, що зі збільшенням глибини твердість матеріалу зменшується й стабілізується на рівні основного матеріалу.

Вивчення поверхні ПП утруднене через його криволінійність. Освітити й сфокусувати прилад можна лише на вузькій смузі поверхні. Проте, рис 6 візуалізує якість поверхні, що не піддавалася зношуванню.

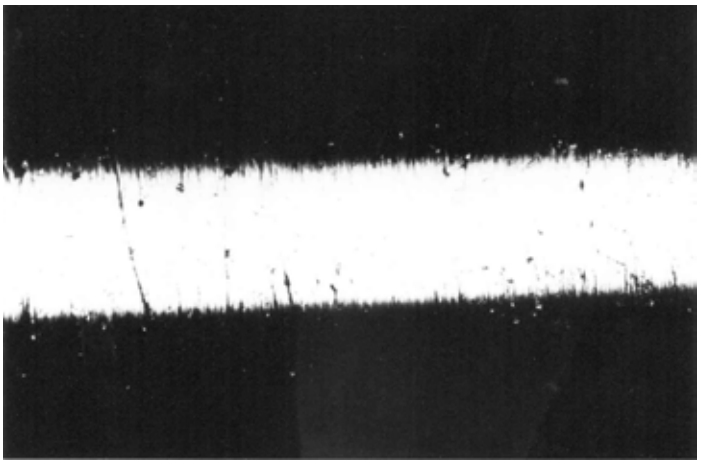


Рис. 6. Поверхня ПП, що не має зносу

Поверхня гладка з невеликими рисками від механічної обробки. На поверхні пальця, що піддавалася тертю, були виявлені дефекти двох типів тріщини та вириви: На рис. 7 тріщина показана на зовнішній бічній поверхні ПП, а на рис. 8 — на поперечному шліфі.

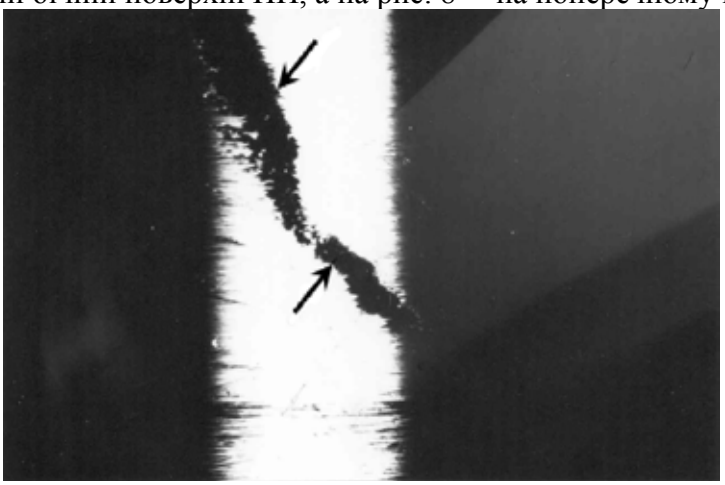


Рис. 7. Тріщини на ПП

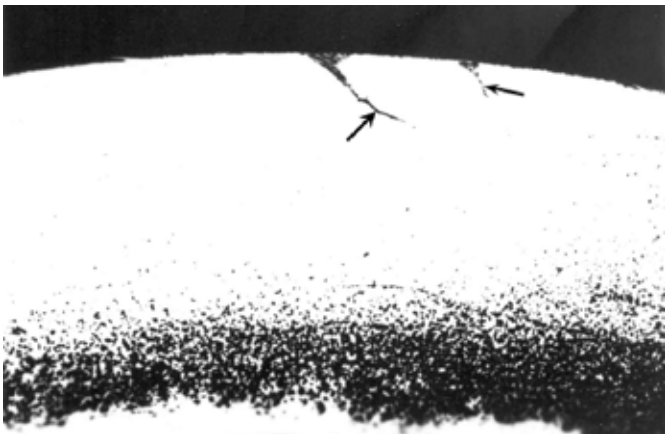


Рис. 8. Тріщини на поперечному перетині ПП

Глибина тріщин може досягати до 30% від глибини загартованого шару. На виді зверху виявлені тріщини що мають схожу з еліпсом форму. Аналіз знімків тріщин, отриманих при мікроструктурних дослідженнях, показав, що на поперечному зрізі кут нахилу більшості тріщин до контуру зовнішньої поверхні варіюється в межах зразкового 35°—50°.

Нижче розглянуті вириви (рис. 8). Розвиток тріщини приводить до того, що ослаблена частина металу відламується і утворюється каверна. Таке поверхневе руйнування характерне для високоміцних матеріалів, що працюють при високих контактних напругах, наприклад, підшипники, зубчаті колеса тощо.

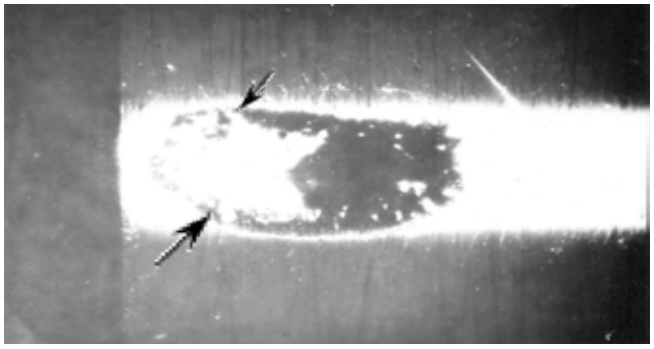
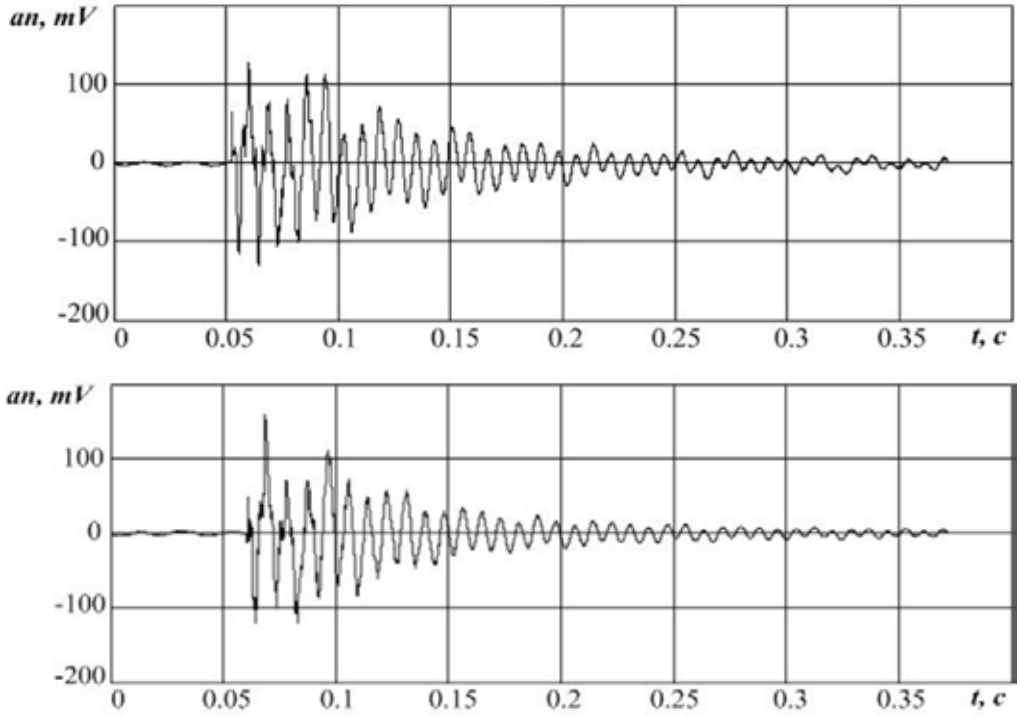


Рис. 9. Вириви на поверхні ПП

В результаті кожного вимірювання отримані цифрові файли зміни повздовжнього прискорення точки поверхні пальця після динамічного збурення, у масштабі *mV* при випробуваннях у наступних умовах: діаметр кульки d=21 мм, маса кульки m=36,67г, довжина підвісу L=370 мм, відхилення центру кульки A=100 мм, (представлені на рис. 10).



а)

б) **Рис. 10. Тимчасові діаграми повздовжнього прискорення точки поверхні ПП після динамічного збурення:**

а) справний ПП; б) дефектний ПП

Із графіків випливає, що тимчасові діаграми прискорень справного і дефектного ПП досить близькі за наступними параметрами: значенням максимумів — порядку 130mV; характеру і часу загасання коливань — порядку 0,5с; досить широкому частотному спектру коливань.

Прояв особливостей модальних коливань у частотних областях досліджувалося методом побудови амплітудно-частотної характеристики (АЧХ). При цьому для кожного із сигналів алгоритмом швидкого Фур'є-перетворення [6] з векторної форми $S = \{s_i\}$ довжиною $N = 2^n$ виконувався його переклад у комплексну форму представлення половинної довжини ($N / 2$)

$$C_k = A_k + jB_k, \tag{1}$$

де $k = 0,\ 1,\ 2,\ \ldots\ N-1$;

$$A_k = \frac{1}{N}\sum_{i=0}^{N-1} s_i \cos\frac{2\pi}{N} ki; \tag{2}$$

$$B_k = \frac{1}{N}\sum_{i=0}^{N-1} s_i \sin\frac{2\pi}{N} ki, \tag{3}$$

де $i = 0,\ 1,\ 2,\ \ldots\ N-1$.

Тоді, відповідно з [3], амплітудно-частотна характеристика сигналу будувалася як залежність потужності амплітуд сигналу від спектральної частоти $P(v_k)$, де потужність амплітуд сигналу

$$P_k = |C_k| = \left\{\left|\sqrt{A_k^2 + B_k^2}\right|\right\}, \tag{4}$$

а спектральна частота

$$v_k = \frac{k}{SR \cdot N} \tag{5}$$

Графічне зображення АЧХ вихідних після динамічного збурення для справного й дефектного ПП (див. рис. 10) представлені на рис. 11.

Для наочного порівняння діаграми АЧХ побудовані на загальній частотній вісі, але з розташуванням діаграми дефектного ПП 2 в 4-й чверті діаграми. З діаграм випливає, що обмірювані значення частот модальних коливань справного і дефектного ПП збігаються або близькі для максимумів 3, 4, 5 і 6, 7 і 8 при відсутності максимуму в АЧХ справного ПП в області частот 1200 Гц.

В табл. 1 приведені абсолютні й відносні значення максимумів значень потужності амплітуд сигналів прискорення точки поверхні ПП для виділених на рис. 11 частотних областей. Співвідношення відносних значень максимумів потужності амплітуд сигналів прискорення в області власних частот, що перевищують 300Гц, показує, що їхнє розходження становить не більше 2,2%, у той час як в області частот 1200Гц це розходження становить 6,5%. При цьому відносне значення вказаного максимуму становить 9,3%.

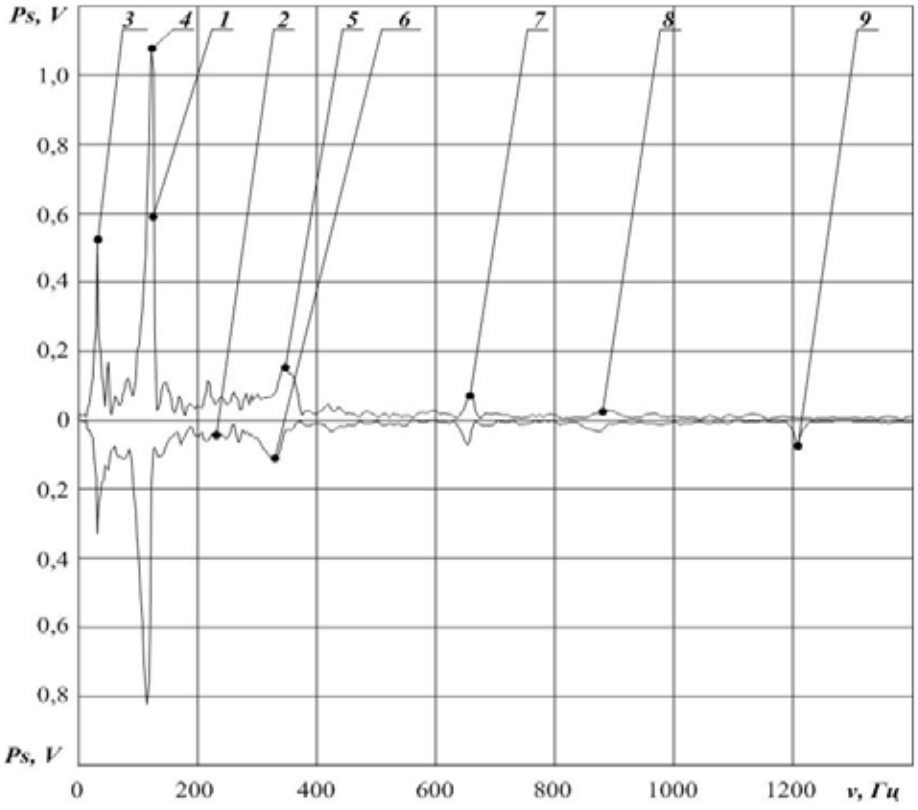


Рис. 11. АЧХ прискорення точки поверхні ПП після динамічного збурення:

1 — справний ПП; 2 — дефектний ПП

Таблиця 1

Потужність амплітуд сигналів прискорення точки поверхні поршневих пальців

Частота, Гц	Справний палець		Дефектний палець	
	абсолютна, В	відносна	абсолютна, В	відносна
32,29	511,8	0,478	342,8,0	0,40
115,7	—	—	857,0	1,0
123,8	1070,4	1,0	—	—
331,0	—	—	121,8	0,142
347,2	154,5	0,144	—	—
654,1	—	—	75,1	0,088
659,5	71,0	0,066	—	—
874,8	—	—	35,6	0,042
888,2	27,6	0,026	—	—
1205,9	6,7	0,0028	79,8	0,093

Таким чином, принципова відмінність АЧХ сигналів прискорення точки поверхні дефектного ПП у формі повздовжньої тріщини полягає в появі додаткових власних коливань з частотою порядку 1200Гц.

Для більш детального аналізу особливостей зміни кожної із частотної складової до віброакустичних сигналів прискорення застосована процедура багатоступеневого розкладання вейвлет-фільтром Добеши-4 [7] за схемою, представленої на рис. 12.

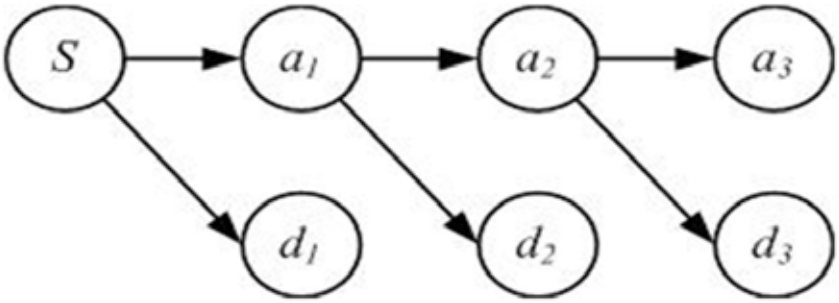


Рис. 12. Схема розкладання сигналів вейвлет-фільтром Добеши-4

При цьому вихідний сигнал S для кожного виміру представлений у вигляді суми апроксимуючого компонента a_3 та трьох деталізуючих компонентів d_i

$$S = a_3 + d_1 + d_2 + d_3, \tag{6}$$

так, що кожна з них займає $1/4$ частотної області сигналу.

Для зіставлення внеску кожної з виділених компонентів вихідних сигналів був виконаний розрахунок сум їхніх абсолютних значень як векторів:

$$Sk_i = \sum_{i=0}^{N} \left| k_i \right|, \tag{7}$$

де k_i — d_1, d_2, d_3, a_3.

Наведені в табл. 2 результати розрахунків показують, що в зафіксованих сигналах порядку 95% енергії коливань зосереджено в апроксимуючому компоненті a_3.

Таблиця 2

Внесок компонентів сигналів прискорення точки поверхні поршневих пальців у коливальний процес

Компо-нента	Справний палець		Дефектний палець	
	абсолютна, В	відносна	абсолютна, В	відносна
d_1	3,332	0,012	2,671	0,011
d_2	2,154	0,008	1,710	0,007
d_3	8,120	0,029	10,175	0,041
a_3	269,22	0,952	228,09	0,940

На частку компонентів d_1 і d_2 доводиться не більше 2% енергії власних коливань ПП. При цьому різниця сум абсолютних значень, як для компонента d_1, так і для d_2 справного і дефектного ПП становить 0,1%. Прояв же впливу досліджуваного дефекту ПП зосереджено в змінах коливального процесу в компоненті d_3, що полягає як у зміні характеру коливань (рис. 13, 14), так і в збільшенні внеску даній частотній складовій у коливальний процес із 2,9% до 4,1%, тобто в 1,86 рази.

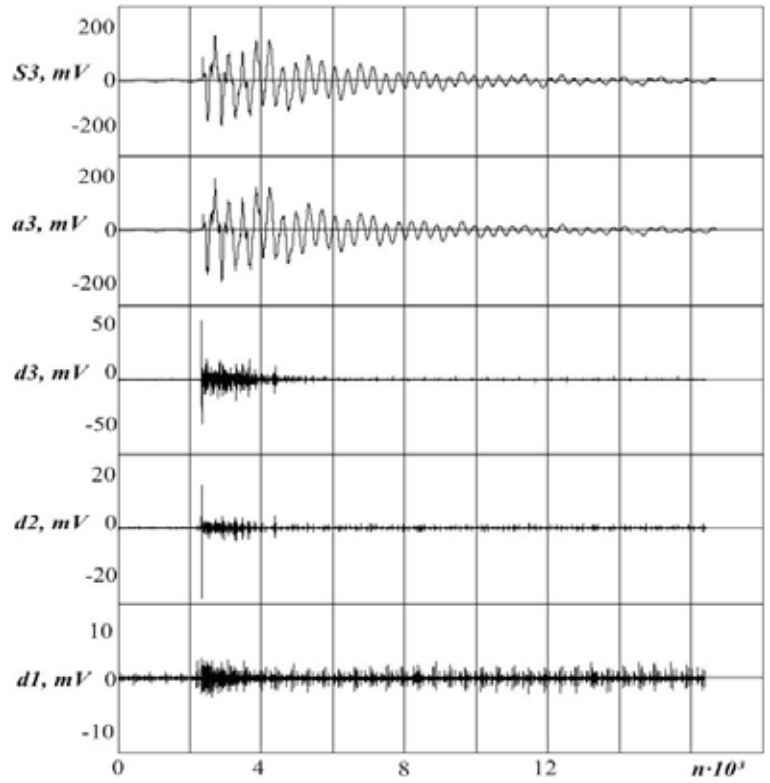


Рис. 13. Вихідні сигнали прискорень отримані шляхом розкладення вейвлет-фільтром Добеши-4 на частотні компоненти (справний поршневий палець)

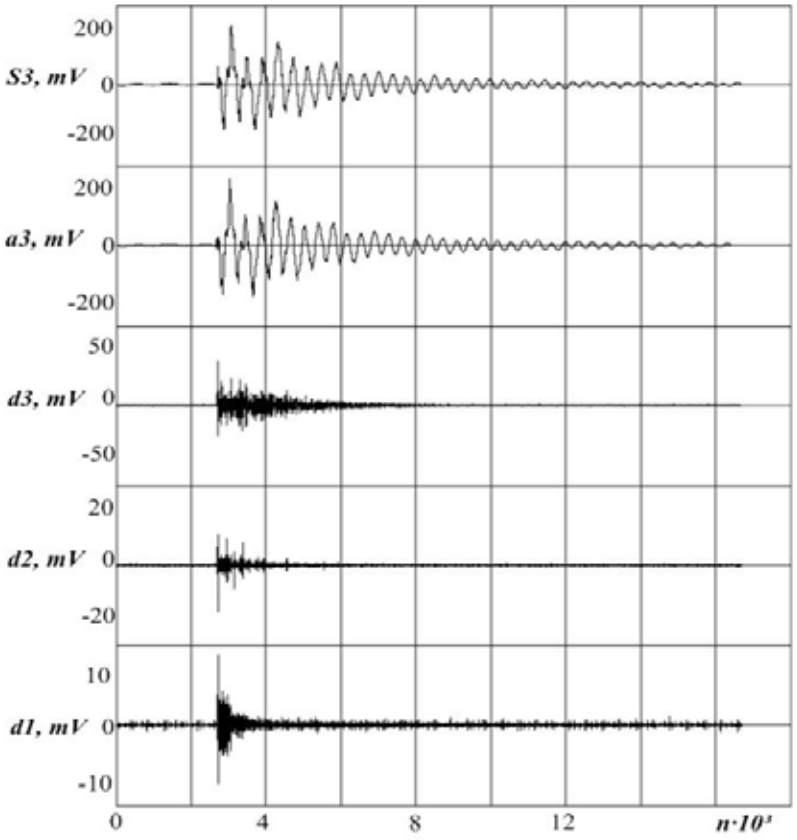


Рис. 14. Вихідні сигнали прискорень отримані шляхом розкладення вейвлет-фільтром Добеши-4 на частотні компоненти (дефектний поршневий палець)

Висновки

1. Встановлено, що вплив дефектів поршневого пальця у формі повздовжньої тріщини на характеристику власних коливань складається з появи додаткових коливань в області частот порядку 1200 Гц таким чином, що при цьому відносне значення максимуму потужності амплітуд сигналів прискорення точки поверхні поршневих пальців у зазначеній області зростає до 9,3%.

2. Виявлено, що досліджуваний дефект поршневих пальців при виконанні тимчасового амплітудно-частотного аналізу власних коливань поршневих пальців чотириступінчастим розкладанням вейвлет-фільтром Добеши-4 впливає на зростання внеску частотної складової d_3 в коливальний процес в 1,8 рази.

Список літератури

1. Вовк Л. П. Применение акустического метода свободных колебаний к диагностике технологически неоднородных деталей // Известия вузов. Северо-Кавк. регион. Технические науки.— 2004.— № 3.— С. 55–58.

2. Вовк Л. П. Застосування акустичного методу вільних коливань до аналізу якості поршневих пальців // Вісник Технологічного університету Поділля. Технічні науки.— 2004.— № 5.— С. 85–89.

3. Вовк Л. П. Теоретические и экспериментальные методы определения механических характеристик неоднородных деталей машиностроения / Л. П. Вовк, А. А. Писанец — Донецк: «Вебер» (Донецкое отделение), 2007.— 213 с.

4. Писанец А. А. Анализ собственных колебаний поршневого пальца при нестационарном динамическом воздействии / А. А. Писанец // Вісті Атомобільно-дорожного інституту: Науково-виробничий збірник / АДІ ДВНЗ «Дон НТУ».— Горлівка.— 2007.— № 1 (4).— С. 38–45.

5. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов.— Санкт-Петербург: Питер, 2002.— 608 с.

6. Смоленцев Н. К. Основы теории вейвлетов.— М.: ДМК Пресс, 2005.— 304 с.

Аннотация. *В статье рассмотрены результаты измерения собственных колебаний поршневого пальца виброакустическим методом, определено влияние дефекта на характеристики собственных колебаний. Экспериментально и численно изучена эволюция нестационарного сигнала, который распространяется при ударе. Сравнительный анализ полученных характеристик (при помощи вейвлет — фильтра Добеши — 4) позволяет сделать вывод о качестве боковой поверхности детали.*

Abstract. *In the article it is examined the results of the measuring problem solution of piston finger natural vibrations by vibroacoustic method, extraction of defect influence on natural vibrations descriptions. Experimentally and numerically the evolution of non-stationary signal is studied that spreads under impact damage. The comparative analysis of received descriptions, through wavelet — filter of Dobeshi — 4, allows to draw a conclusion about quality of lateral surface of detail.*

Стаття надійшла до редакції 20 квітня 2012р.

УДК 629

БАЛАКИНА Е.В., д.т.н., доцент, МАРУХИН Д.А. аспирант,
Волгоградский государственный технический университет

РАСПОЛОЖЕНИЕ ЗОН ТРЕНИЯ ПОКОЯ И СКОЛЬЖЕНИЯ В ПЯТНЕ КОНТАКТА ЭЛАСТИЧНОГО КОЛЕСА С ТВЕРДОЙ ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

В статье описано экспериментальное исследование зон трения покоя и скольжения в пятне контакта эластичного автомобильного колеса с твёрдой опорной поверхностью. Эксперимент проводился на специальной установке с прозрачной опорной поверхностью, с использованием видеоаппаратуры для фиксации результатов. В статье представлены фото — стопкадры, а также изложены выводы, полученные после обработки материала.

Известно, что в пятне контакта шины с опорной поверхностью есть зоны трения покоя и скольжения [1]. Их расположение в передней или задней частях пятна контакта относительно направления движения автомобиля определяет различные явления в пятне контакта. В частности, при отсутствии бокового скольжения колеса, зона трения скольжения воспринимает продольную нагрузку и реализует часть продольной реакции опорной поверхности, а зона трения покоя воспринимает продольную и боковую нагрузки и реализует как часть продольной, так и всю боковую реакцию опорной поверхности. Это влияет как на увод эластичного колеса, так и параметры колебаний управляемых колес [3,4].

В литературных источниках нет чётких, однозначных данных о взаимном расположении зон трения в пятне контакта шины с опорной поверхностью при различных условиях нагружения колеса. При этом знание о расположении зон трения позволит более точно рассчитывать моменты, поворачивающие управляемые колеса вокруг осей поворотов. Это определяет параметры угловых колебаний управляемых колес и их шинную стабилизацию.

На созданной на кафедре «Техническая эксплуатация и ремонт автомобилей» ВолгГТУ экспериментальной установке для исследования явлений в пятне контакта шины с опорной поверхностью, в 2011 г. проведены новые оригинальные эксперименты, которые позволили выявить расположение зон трения покоя и скольжения в пятне контакта в тормозном имитируемом режиме движения колеса. Имитировалось комбинированное нагружение шины 3.50–5: при вертикальной установке шины — радиальное и боковое; при горизонтальной установке шины — радиальное и продольное.

Усилия контролировались образцовыми переносными динамометрами на сжатие типа ДОС ГОСТ 9500–75 системы Н.Г. Токаря: ДОС-0,1; ДОС-0,3 и ДОС-1. Перемещения контролировались индикаторами часового типа ИЧ-10 ГОСТ 577–68. Модель дороги выполнена из оптически прозрачного материала для возможности регистрации размеров и формы пятна контакта, а также момента начала скольжения в пятне контакта. Регистрация пятна контакта производилась с использованием цифрового фотоаппарата Panasonic FS11 с разрешением 14,1 megapixel и скоростью видеосъемки 24 кад/с. Для удобства наблюдения изменений, происходящих в пятне контакта при приложении нагрузки, на шину, в месте контакта были нанесены светлые полосы, перпендикулярные направлению возможного скольжения в пятне контакта, облегчающие визуальный анализ процессов. Измерения проводились в нескольких сечениях колеса (2х) для повышения детальности анализа и оценки влияния неоднородности материала шины и неравномерности износа протектора.

1. Комбинированное нагружение радиальной и боковой силами

К шине, закрепленной вертикально, была приложена нормальная нагрузка (800Н и 950Н) в соответствии с разрешённой и максимально допустимой паспортной нагрузкой. Первые циклы нагружения не принимались во внимание, так как шина как бы обжималась (пробные циклы).

После загрузки вертикально установленной шины нормальной нагрузкой, к шине ступенчато прикладывалась боковая сила, изменения в протекторе фиксировались видеоаппаратурой. Из фото, представленных на рисунках 1–3, видна деформация полос, свидетельствующая о наличии трения покоя в зонах деформации. При этом полосы (части полос), остающиеся неподвижными, свидетельствуют о наличии трении скольжения в зонах отсутствия деформации.

На основании обработки фото- и видеоматериалов, были сделаны выводы о зонах трения в пятне контакта протектора при боковом нагружении неподвижной шины. На рисунке 4 схематично изображено пятно контакта и зоны трения. Зона трения покоя представляет собой не целое пятно, но на самом деле разделена на некоторые участки, чередующиеся с участками трения скольжения. Но в целом, участки трения покоя смещены в сторону, противоположную направлению приложения силы.



Рис. 1. Вид на пятно контакта, нагруженного только радиальной силой



Рис. 2. Вид на пятно контакта, нагруженного радиальной и частью боковой силы



Рис. 3. Вид на пятно контакта, нагруженного радиальной и максимальной боковой силой

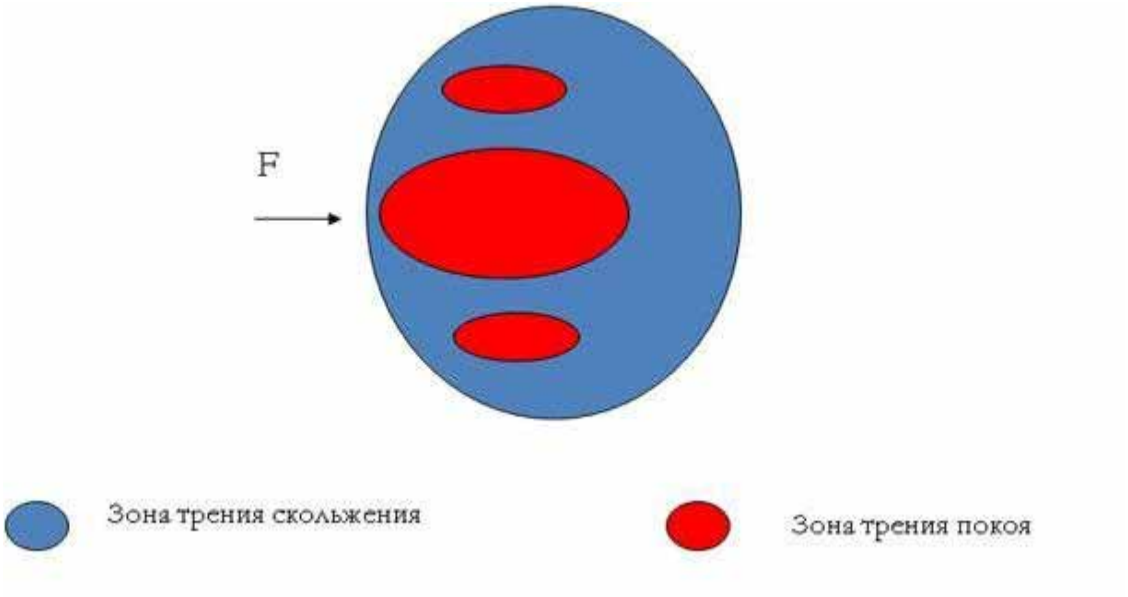


Рис. 4. Вид на пятно контакта, нагруженного радиальной и максимальной боковой силой. Условная схема

2. Комбинированное нагружение радиальной и продольной силами

В первом эксперименте имитировался тормозной режим колеса. Горизонтально расположенное колесо оставалось неподвижным, тормозной момент задавался подвижной опорной поверхностью. Деформируясь, следуя за движением опоры, полосы на протекторе показывали изменения в протекторе и говорили о видах трения в пятне контакта. Нагрузка прикладывалась ступенчато, с фиксацией результатов. В процессе нагрузки в пятне контакта случалось проскальзывание, которое можно было заметить по колебаниям стрелки динамометра. Нагружение производилось до полного проскальзывания колеса. После анализа видео- и фотоматериалов, примеры которых показаны на рисунках 5–7, были сделаны выводы, показанные в схеме рисунка 8.



Рис. 5. Вид на пятно контакта, нагруженного радиальной силой



Рис. 6. Вид на пятно контакта, нагруженного радиальной и частью продольной силы

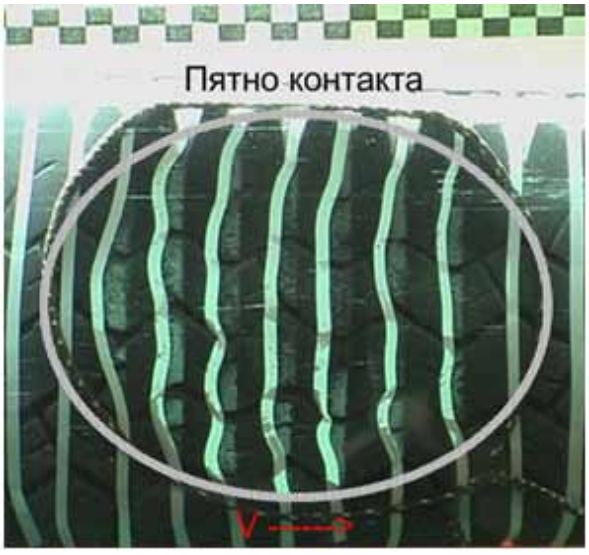


Рис. 7. Вид на пятно контакта, нагруженного радиальной и максимальной продольной силой

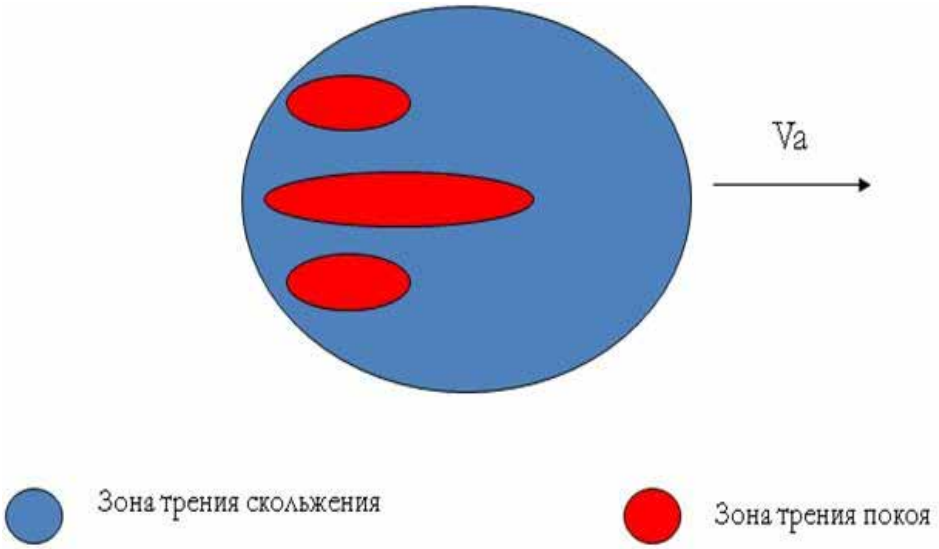


Рис. 8. Вид на пятно контакта, нагруженного радиальной и максимальной боковой силой. Условная схема

Из анализа измеренных параметров пятна контакта в имитируемом тормозном режиме следует, что участки трения покоя смещены в сторону, противоположную направлению скорости скольжения колеса (к задней части пятна контакта).

Во втором эксперименте имитировался режим ведущего колеса. Опорная поверхность была неподвижна, крутящий момент прикладывался к колесу. Визуальное наблюдение в данном эксперименте осложнено тем фактом, что пятно контакта недолго оставалось неподвижным, поэтому деформация полос становилась значительной только при прокручивании колеса. Нагружение проходило ступенчато, с фиксацией результатов. В процессе нагрузки в пятне контакта случалось проскальзывание, которое можно было заметить по колебаниям стрелки динамометра. Нагружение производилось до полного проскальзывания колеса.

Анализ этого эксперимента был непростым. Видимые деформации полос на начальном этапе были незначительны, а когда деформация полос становилась заметной, шина уже проворачивалась на большой угол. Но, используя замедленный просмотр видео, удалось выделить момент начала небольших деформаций, перед самым началом прокручивания колеса. Рисунки 9–11, к сожалению, дают слабое представление о происходящих процессах, но вывод на схеме рисунка 12 — более нагляден.

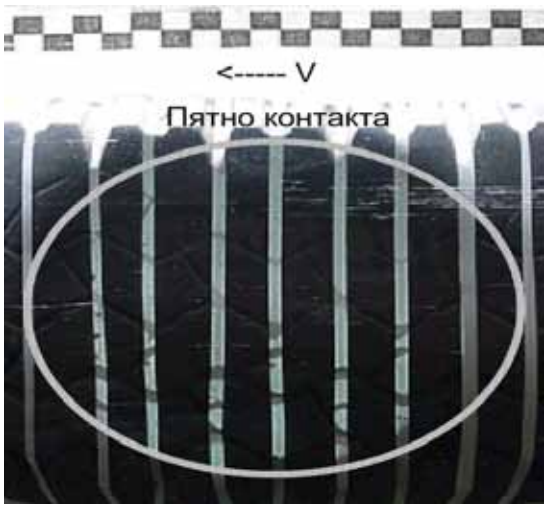


Рис. 9. Вид на пятно контакта, нагруженного радиальной силой



Рис. 10. Вид на пятно контакта, нагруженного радиальной силой и частичным моментом



Рис. 11. Вид на пятно контакта, нагруженного радиальной силой и максимальным моментом

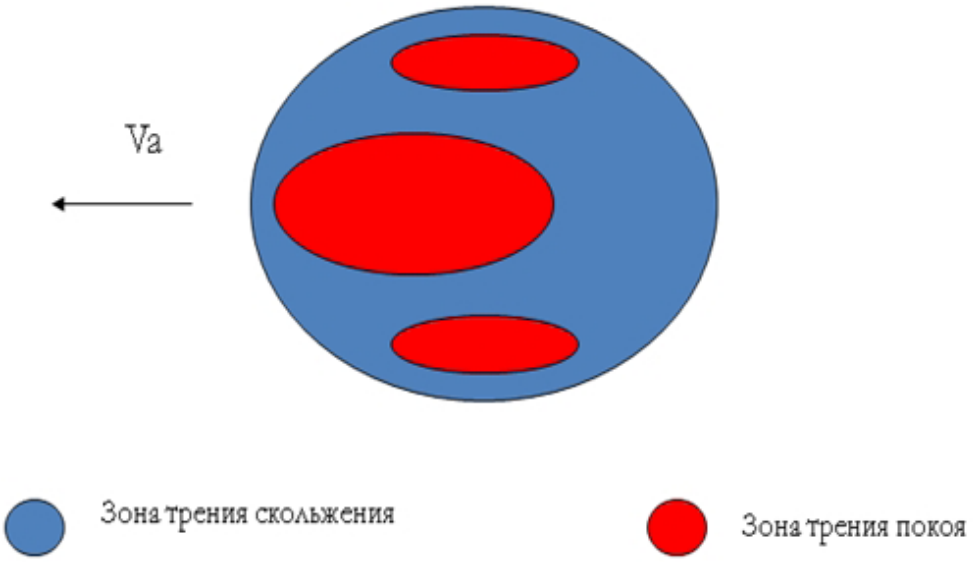


Рис. 12. Вид на пятно контакта, нагруженного радиальной силой и максимальным моментом

Из анализа измеренных параметров пятна контакта в имитируемом ведущем режиме следует, что участки трения покоя смещены в сторону направления скорости скольжения колеса (к передней части пятна контакта).

Список литературы

1. Работа автомобильной шины / Под ред. В. И. Кнороза. — М.: Транспорт, 1976. — 283 с.

2. Балакина, Е. В. Система «колесо-подвеска» и устойчивость движения автомобиля в режиме торможения: монография / Е. В. Балакина, А. А. Ревин; ВолгГТУ. — Волгоград: РПК «Политехник», 2004. — 306 с.

3. Балакина Е. В. Устойчивость движения колёсных машин / Е. В. Балакина, Н. М. Зотов. — Волгоград: РПК «Политехник», 2011. — 464 с.

4. Балакина Е. В. О расположении зон трения покоя и скольжения в пятне контакта эластичного колеса с твёрдой опорной поверхностью / Е. В. Балакина, Н. М. Зотов, Д. А. Марухин // Изв. ВолгГТУ. Серия «Наземные транспортные системы». Вып. 4: межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. — Волгоград, 2011. — № 12 (85).

Анотація. *У статті описано експериментальне дослідження зон тертя спокою і ковзання в плямі контакту еластичного автомобільного колеса з твердою опорною поверхнею. Експеримент проводився на спеціальній установці з прозорою опорною поверхнею, з використанням відеоапаратури для фіксації результатів. У статті представлені фото — стопкадри, а також викладені виводи, отримані після обробки матеріалу.*

Abstract. *In article the experimental research of zones of a friction of rest and sliding in a contact stain an automobile wheel with a firm basic surface is described. Experiment was spent on special installation with a transparent basic surface, with use of video equipment for fixing of results. In article are presented a photo — stop shots, and also the conclusions received after processing of a material are stated.*

Стаття надійшла до редакції 05.04.2012р.

АВТОРИ НОМЕРА

1. Ананко А. М., Ростовский государственный университет путей сообщения (Российская Федерация)
2. Балакина Е. В., Волгоградский государственный технический университет
3. Білоус А. Б., Національний університет «Львівська політехніка»
4. Боровской А. Е., Белгородский государственный технологический университет им.В. Г. Шухова, Белгород, Россия
5. Бурєнніков Ю. Ю., Вінницький національний технічний університет
6. Добровольський О. Л., Вінницький національний технічний університет
7. Кичкина Е. И., Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля
8. Костенко А. В., Донецкая академия автомобильного транспорта
9. Кукурудзяк Ю. Ю., Вінницький національний технічний університет
10. Куць Н. Г., Луцький національний технічний університет
11. Майба И. А., Ростовский государственный университет путей сообщения (Российская Федерация)
12. Макаров В. А., Донецкая академия автомобильного транспорта
13. Марухин Д. А., Волгоградский государственный технический университет
14. Могила І. А. Національний університет «Львівська політехніка»
15. Муртазаалиев Р. М., Ростовский государственный университет путей сообщения (Российская Федерация)
16. Паршиков С. И., Макеевское ГУ ГУМВД Украины в Донецкой области
17. Писанець О. О., Донецкая академия автомобильного транспорта
18. Полетайкин А. Н., Донецкая академия автомобильного транспорта
19. Полищук В..П., Национальный транспортный университет
20. Сачко М. В., Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля
21. Слесорайтіте Є., Вільнюський університет (Литва)
22. Федоров Є.Є., Донецька академія автомобільного транспорту
23. Форнальчик Є. Ю., Національний університет «Львівська політехніка»
24. Шевцова А. Г. Белгородский государственный технологический университет им.В. Г. Шухова, Белгород, Россия

ПРАВИЛА ПОДАННЯ ТА ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

Для публікування в журналі «Вісник Донецької академії автомобільного транспорту» приймаються неопубліковані раніше наукові статті в галузі транспорту і двигунів внутрішнього згоряння; проектування, будівництва та експлуатації автомобільних доріг; надійності й довговічності механізмів і машин; транспортних технологій.

У журналі друкуються статті українською, російською (змішаними) мовами.

Для публікації наукової статті в редакцію необхідно представити наступні документи:

– текст статті у двох примірниках;
– анотацію українською, російською та англійською мовами;
– експертний висновок про можливість відкритого публікування;
– завірену рецензію доктора наук або члена редакційної колегії;
– відомості про автора (-ів) (прізвище, ім'я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання, посада, місце роботи, адреса, e-mail, службовий або домашній телефони).

Вимоги до рукописів

Стаття подається у 2-х варіантах — у друкованому вигляді на папері формату А4 (2 прим, з нумерацією сторінок) та електронному (на дискеті 3,5 дюйми).

Структура статті:

1. Код УДК (універсальний десятинний класифікатор) (вирівнювання по лівому краю).
2. Ініціали та прізвище (прізвища) автора (авторів), науковий ступінь, вчене звання, повна назва організації (вирівнювання по центру сторінки).
3. Назва статті (вирівнювання по центру сторінки).
4. Анотація мовою оригіналу статті (не більш 80 слів, ширина рядка 130 мм).
5. Основний текст статті.
6. Перелік літератури, який виконується згідно ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 «Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання» та в порядку посилання.

Текст рукопису повинен містити такі розділи, як:

– постановка проблеми, де відображається історія предмету дослідження, актуальність та сучасний стан проблеми;
– аналіз останніх досліджень, на які спирається автор, виділення невирішених раніше аспектів загальної проблеми, яким присвячується означена стаття;
– мета статті (постановка задачі);
– основний розділ (можливі підрозділи);
– висновки, де стисло та чітко підсумовуються основні результати, що були одержані автором (-ами).

Обсяг наукової статті 5–10 сторінок тексту, які включають таблиці, ілюстрації (4 рисунки дорівнюються 1 сторінці), перелік літератури. Обзорні статті — до 12 сторінок.

Текст повинен бути набраний у форматі Word for Windows версії 6.0–8.0.

– параметри сторінки — А4 (210 х 297 мм);
– орієнтація — книжкова;
– поля: верхнє — 15 мм, нижнє — 25 мм, ліве — 20 мм, праве — 20 мм;
– шрифт — Times New Roman, розмір — 12 пунктів;
– весь текст повинен бути набраний стилем «Звичайний » (Normal);
– перша строка — відступ 7,5 мм;
– міжрядковий інтервал — 1,5;
– вирівнювання — по ширині сторінки.

Таблиця повинна мати тематичну назву та порядковий номер (без знаку №), на який дається посилання у тексті.

Рисунки та графіки повинні бути пронумеровані в порядку посилання у тексті. Кожний рисунок розміщується в окремому файлі (формати bmp, tif; інші — тільки з дозволу редакції). Підписи під рисунками з номером рисунка пишуться на окремій сторінці. Кольорові та фонові рисунки не допускаються.

Усі формули повинні бути набрані у редакторі формул Microsoft Equation 2.0, 3.0 (MathType). У редакторі формул повинні бути наступні параметри:

– відстань до знаку — 60%;

– розмір — звичайний — 12 пт.; великий індекс — 8 пт.; маленький індекс — 6 пт.; великий символ — 12 пт.; маленький символ — 10 пт.

Нумерація формул дається арабськими цифрами в круглих дужках праворуч.

При виборі одиниць виміру слід дотримуватись системи СІ. Ціла частина числа від десятичної відділяється комою. Посилання на джерела беруться у квадратні дужки.

Наприкінці статті розташовуються анотації двома іншими мовами.

Статті, що не відповідають вимогам, повертаються авторам для доопрацювання.