Вісник Донецької академії автомобільного транспорту

№ 2
2010

Науковий журнал

Засновник:
Донецька академія
автомобільного транспорту

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

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

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

Матеріали номеру друкуються мовою оригіналу

Видання виходить 4 рази на рік
Видається з січня 2004 року

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

Рекомендовано до друку вченою радою Донецької академії автомобільного транспорту.
Протокол № 8 від 16.06.2010 р.

Редакційна колегія:

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

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

Відповідальний секретар
Кравчук І.М.

Коректор
Задунайська О.В.

Технічний редактор
Пахно О.Є.

ВІСНИК ДОНЕЦЬКОЇ АКАДЕМІЇ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

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.

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, 83086
Тел: (062) 345-21-90
E-mail: rector@diat.edu.ua

Рекомендовано до друку вченою радою Донецької академії автомобільного транспорту.
Протокол №8 від 16.06.2010 р.

Свідоцтво про державну реєстрацію: серія КВ №15 936–4408 ПР від 02.12.2009 р., видане Міністерством юстиції України.
«Вісник Донецької академії автомобільного транспорту» включений до нового 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).

Підписано до друку 16.02.2010 р. Формат 60 × 84/8. Папір офсетний.
Ум. друк. арк. 4,8. Наклад 100 прим.

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

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

Зміст

Транспортні технології

Калюжный М.В. **Анализ влияния параметров перевозочного процесса на затраты времени пассажиров при передвижении и среднюю длину перегона, обеспечивающую эти затраты** 4

Лобашов О.О., Бурко Д.Л. **Критеріальна оцінка заходів щодо організації дорожнього руху** . . . 9

Кузичкина Е.Ю., Шушура А.Н. **Динамическая модель процесса доставки заказов в задаче автоматизации формирования транспортных маршрутов** 13

Куниця А.В., Обіщенко В.Г. **Схема взаємозв'язку між складовими операціями процесу доставки вантажів у декартовій системі координат (на прикладі доставки автотранспортом тарно-штучних вантажів від виробництва до розподільного складу)** 19

Нікульшин С.В. **Реалізація еволюційної концепції в системах управління виробничими структурами автосервісу** 26

Рейцен Е.А., Кучеренко Н.Н. **Особенности подготовки транспортной инфраструктуры к проведению чемпионата Европы по футболу в 2012 году** 33

Федоров Е.Е. **Методика анализа форм слов**. 38

Транспорт і двигуни внутрішнього згоряння

Банников В.А., Дугельный В.Н., Загороднов М.И., Кондратьев В.В. Савенок Д.В. **Лабораторная установка для экспериментального исследования характеристик увода эластичных шин** 47

Бондаренко А.Є., Куплінов А.В., Мойся Д.Л., Макійов М.М., Кондратьєв В.В. **Аналіз результатів дослідження курсової стійкості руху експериментального автопоїзда в сталому русі** 53

Костенко А.В., Єфименко А.М. **До питання про вплив стабілізуючих моментів шин на курсову стійкість руху автомобіля** 62

Сахно В.П., Жаров К.С. **Вплив конструктивних параметрів автопоїзда на його продуктивність та економічність** 68

Чернышев С.А., Петров А.В. **К вопросу использования автомобильного двигателя в качестве привода воздушного теплового насоса**. 78

Проектування, будівництво та експлуатація автомобільних доріг

Столярова Н.А., Столяров К.А., Ушаков С.А. Лихошерст Р.В. **Учет динамического воздействия транспортных средств при оценке срока службы дорожных конструкций** 82

Надійність й довговічність механізмів і машин

Барановський Д.М. **Експериментальні дослідження триботехнічних властивостей трибосистем дизелів у процесі їх модифікування** 87

Дмитриченко М.Ф., Міланенко О.А., Кучер О.Г. **Розв'язання ЕГД-задачі для точкового контакту з використанням ЕОМ для рясного мащення** 92

Автори номера 98

Правила подання та оформлення статей 99

УДК 656.13

КАЛЮЖНЫЙ М. В., ст. преподаватель,
Донецкая академия автомобильного транспорта

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА НА ЗАТРАТЫ ВРЕМЕНИ ПАССАЖИРОВ ПРИ ПЕРЕДВИЖЕНИИ И СРЕДНЮЮ ДЛИНУ ПЕРЕГОНА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩУЮ ЭТИ ЗАТРАТЫ

Приводятся результаты анализа влияния различных технологических параметров перевозочного процесса на затраты времени пассажиров на передвижение и длину перегона, обеспечивающую эти затраты.

Введение

Развитие инфраструктуры городов приводит к повышенным требованиям к эффективности функционирования городского пассажирского транспорта. На уменьшение затрат времени пассажиров на передвижение возможно направлены разнообразные мероприятия, которые возможно разделить на две группы: проектирование городских транспортных систем и организацию движения городского транспорта. Реализация той и другой группы мероприятий невозможна без определения местоположения остановочных пунктов маршрутов городского пассажирского транспорта [1].

Анализ публикаций

По мнению исследователей, приведенному в работе [1], расположение остановочных пунктов должно обеспечивать максимальное транспортное обслуживание территории города при умеренно необходимой плотности транспортной сети. При этом критерием отношения между ними должна быть максимальная эффективность транспортной системы. Наиболее общей характеристикой передвижения пассажиров являются затраты времени на передвижение. Исследователи делают вывод, что основными факторами, определяющими затраты времени на пеший подход к остановочным пунктам, являются плотность транспортной сети и длина перегона [1, 2]. Время ожидания пассажирами транспортных средств возникает в связи с наличием интервалов времени при их движении по маршрутам [3]. Затраты времени на поездку в транспортном средстве определяются ее длиной и скоростью сообщения того вида городского пассажирского транспорта, на котором она осуществляется [1]. Исследователи в работе [1] в качестве параметра, существенно влияющего практически на все характеристики систем маршрутного городского пассажирского транспорта, в том числе и на затраты времени пассажиров на передвижение, выделяют длину перегона. Существующие методы оптимизации длины перегонов, приведенные в работах [1, 2], не полностью учитывают ее влияние на техническую скорость, время простоя транспортного средства на остановочном пункте, величину интервала между движением транспортных средств. Вследствие этого, определение длины перегона, обеспечивающей минимальные затраты времени пассажиров на передвижение, должно базироваться на описании отмеченных параметров как функций различных переменных.

Цель и постановка задачи. Целью данной работы является анализ влияния различных технологических параметров перевозочного процесса на затраты времени пассажиров на передвижение и длину перегона, обеспечивающую эти затраты. Для достижения поставленной цели необходимо описание затрат времени на передвижение как функции от длины перегона.

Анализ влияния параметров перевозочного процесса на затраты времени пассажиров при передвижении и среднюю длину перегона, обеспечивающую эти затраты.

Целевую функцию определения длины перегона маршрута городского пассажирского транспорта, можно представить в следующем виде:

$$t_n = 2t_{пеш} + t_{ож} + t_{тр} \to min\,, \tag{1}$$

где t_n — время передвижения пассажира;

$t_{пеш} = f(l_n,...)$ — время пешеходного движения от пункта отправления к остановочному пункту или от остановочного пункта к пункту назначения;

$t_{ож} = f(l_n,...)$ — время на ожидание транспортного средства на остановочном пункте;

$t_{тр} = f(l_n,...)$ — время движения в транспортном средстве.

Для решения поставленной задачи на основе обработки экспериментальных исследований были разработаны модели, описывающие время пешеходного движения, время на ожидание и время движения в транспортном средстве как функцию от длины перегона. С использованием полученных моделей и учитывая целевую функцию (1) был проведен анализ влияния различных технологических параметров на затраты времени пассажиров на передвижение и длину перегона, обеспечивающую эти затраты.

На первом этапе исследовалось влияние плотности транспортной сети на среднюю величину длины перегона (рис. 1).

– затраты времени, мин;
– средняя длина перегона, км.

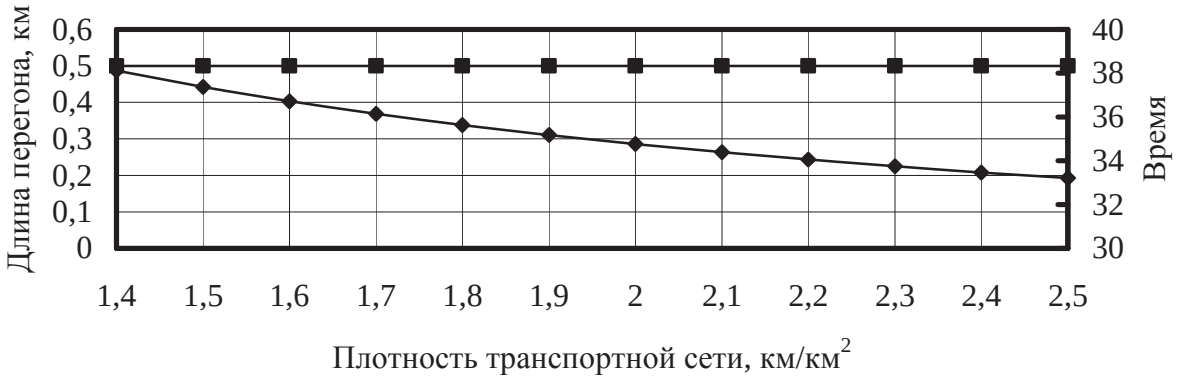


Рис. 1. Изменение затрат времени на передвижение и средней длины перегона в зависимости от плотности транспортной сети

Как видно из рис. 1 при различных значениях плотности транспортной сети средняя длина перегона остается постоянной. При этом изменяется только время передвижения. В результате можно сделать вывод, что плотность транспортной сети не оказывает влияния на значение длины перегона, обеспечивающей минимальные затраты времени пассажиров на передвижение.

Графическое изображение изменения длины перегона и затрат времени на передвижение в зависимости от скорости транспортного потока, показывает, что исследуемые параметры будут уменьшаться при увеличении значений скорости транспортного потока (рис. 2). Причем, при увеличении скорости на 40 км/ч затраты времени уменьшатся только на 3,5 минут. Следовательно, существенное изменение скорости транспортного потока не дает соответственного уменьшения времени передвижения.

На следующем этапе был проведен анализ влияния вместимости транспортных средств на среднее значение длины перегона (рис. 3).

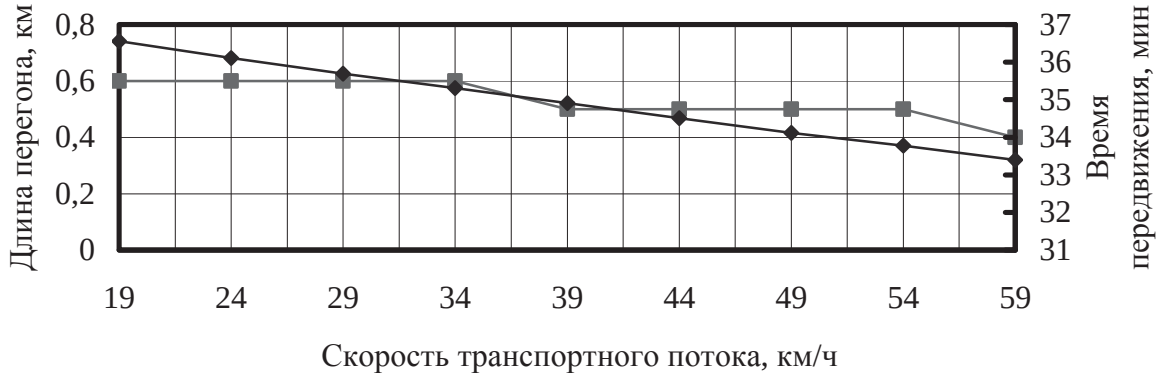


Рис. 2. Изменение затрат времени на передвижение и средней длины перегона в зависимости от скорости транспортного потока

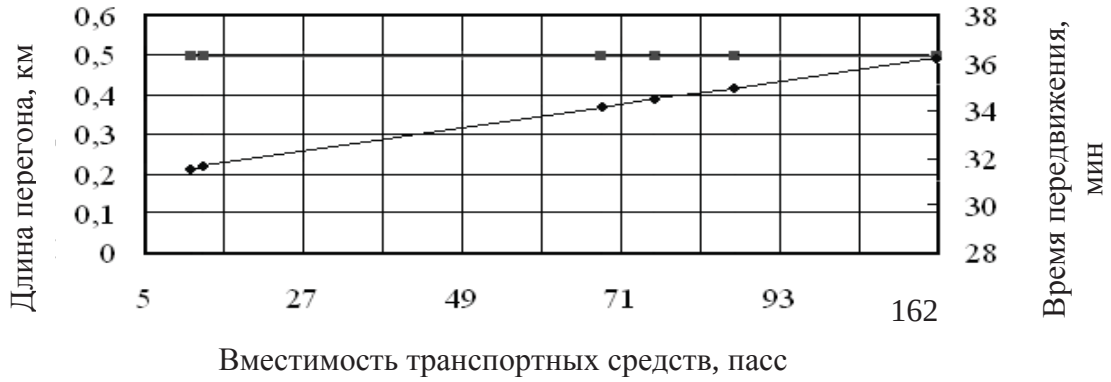


Рис. 3. Изменение затрат времени на передвижение и длины перегона в зависимости от вместимости транспортных средств

Было определено, что увеличение вместимости приводит к увеличению времени передвижения. Однако, длина перегона, обеспечивающая эти затраты, остается постоянной. Вследствие этого был сделан вывод, что вместимость не влияет на рациональную длину перегона.

Анализ влияния удельной мощности транспортного средства на затраты времени пассажиров при передвижении показывает, что с увеличением данного параметра уменьшаются затраты времени пассажиров и значение длины перегона (рис. 4).

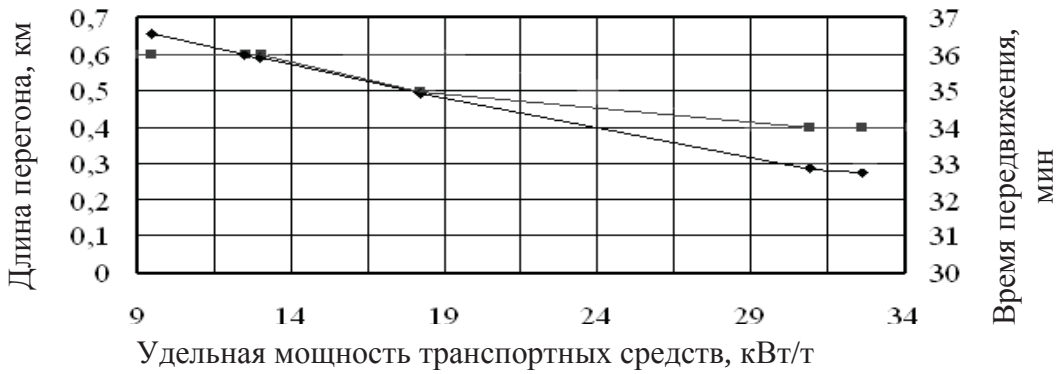


Рис. 4. Изменение затрат времени на передвижение и средней длины перегона в зависимости от удельной мощности двигателя транспортного средства

На следующем этапе, было проанализировано влияние коэффициента использования вместимости транспортного средства на значение исследуемых факторов (рис. 5).

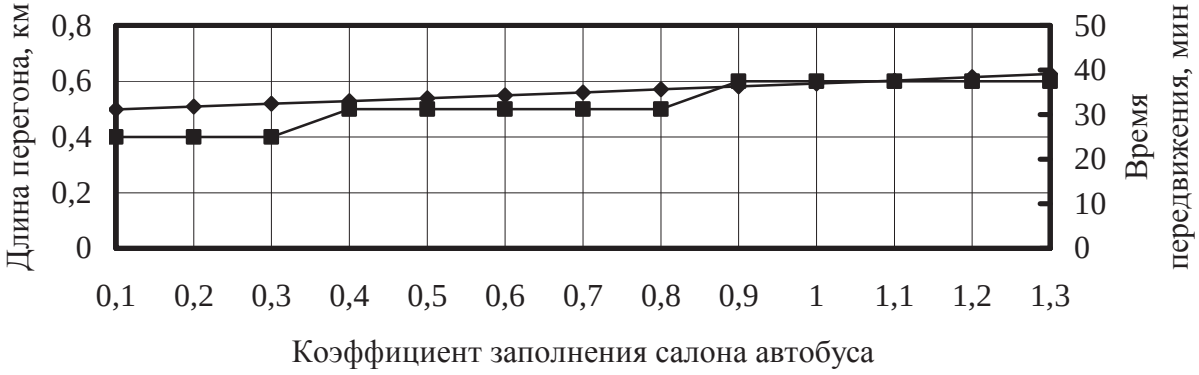


Рис. 5. Изменение затрат времени на передвижение и средней длины перегона в зависимости от коэффициента использования вместимости транспортного средства

Было выявлено, что изменение значения данного фактора, происходившее в диапазоне от 0,1 до 1,3 приводит к уменьшению затрат времени на передвижение с 31,9 до 40 мин. Однако использование подвижного состава с небольшими значениями данного коэффициента в реальных условиях является не допустимым.

При исследовании влияния длины маршрута на общие затраты времени при передвижении и длину перегона использовался диапазон изменения данной величины от 5 до 25 км. Было выявлено, что данный фактор не влияет на значение длины перегона. В тоже время с увеличением длины маршрута увеличиваются затраты времени пассажиров на передвижение (рис. 6). Это происходит вследствие изменения коэффициента сменяемости при изменении длины маршрута.

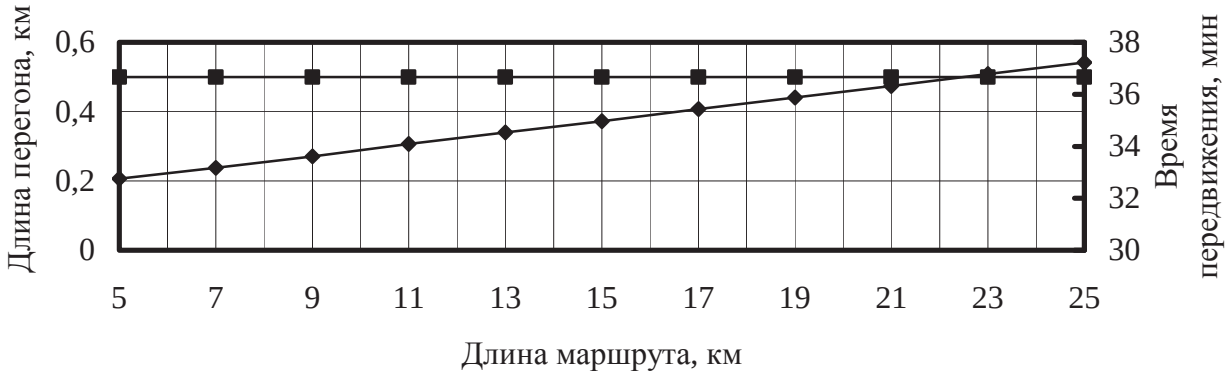


Рис. 6. Изменение затрат времени на передвижение и средней длины перегона в зависимости от длины маршрута

Далее был проведен анализ изменения затрат времени на передвижение и среднюю длину перегона в зависимости от значения пассажиропотока на наиболее загруженном перегоне маршрута. Однако, при анализе влияния значений пассажиропотока на наиболее загруженном участке сети, необходимо при его изменении корректировать и значения вместимости используемого

транспортного средства. График изменения исследуемых параметров с учетом указанных особенностей приведен на рис. 7. Как видно из графика, изменение пассажиропотока приведет к изменению длины перегона и времени передвижения. Это происходит за счет изменения марки транспортного средства. При значении пассажиропотока 100 пас./ч и 500 пас./ч используются транспортные средства.

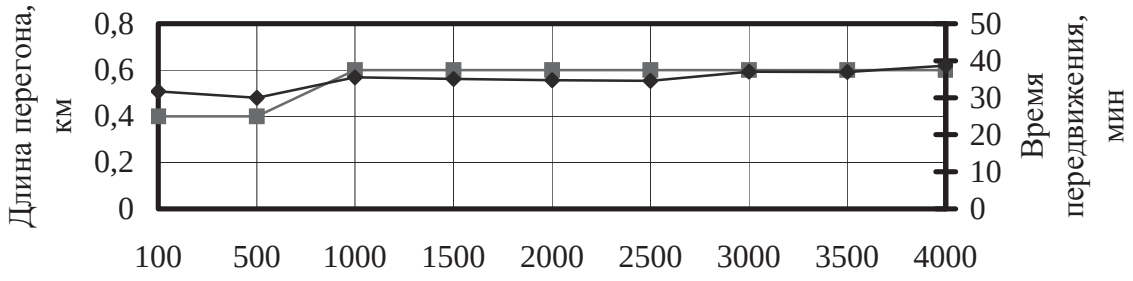


Рис. 7. Изменение затрат времени на передвижение и длины перегона в зависимости от транспортного средства и пассажиропотока на наиболее загруженном участке маршрута марок Газель-32 213 и Mazda-E2200 соответственно, с большей удельной мощностью, что и обуславливает уменьшение длины перегона

При анализе изменения затрат времени и длины перегона в зависимости от среднего расстояния поездки пассажира было выявлено, что с увеличением среднего расстояния поездки увеличивается и длина перегона (рис. 8).

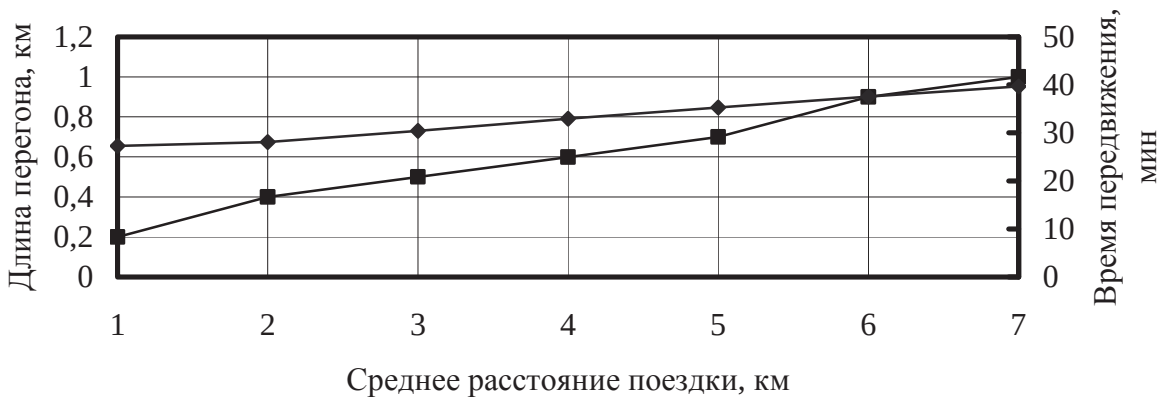


Рис. 8. Изменение затрат времени на передвижение и длины перегона в зависимости от средней дальности поездки пассажира

Выводы

Проведенные исследования показали, что технологические параметры перевозочного процесса определяют длину перегона, обеспечивающую минимальные затраты времени пассажиров на передвижение. Полученные закономерности влияния параметров перевозочного процесса на длину перегона, обеспечивающую минимальные затраты времени при передвижении пассажиров, можно использовать при разработке модели изменения длины перегона.

Список литературы

1. Ефремов И.С. Теория городских пассажирских перевозок / Ефремов И.С., Кобозев В.М., Юдин В.А.: Учеб. Пособие для вузов.— М.: Высш. школа, 1980.— 535 с.

2. Пассажирские автомобильные перевозки/Афанасьев Л.Л., Воркут А.И., Дьяков А.Б., Миротин Л.Б., Островский Н.Б.— М.: Транспорт, 1986.— 220 с.

3. Пассажирские автомобильные перевозки / В. А. Гудков, Л. Б. Миротин, А. В. Вельможин, С.А. Ширяев/Под ред. В.А. Гудкова.— М.:Горячая линия.— Телеком, 2004.— 448 с.

Анотація. *Наводяться результати аналізу впливу різних технологічних параметрів перевізного процесу на витрати часу пасажирів на пересування і довжину перегону, що забезпечує ці витрати.*

Abstract. *There are given the results of the analysis of the influence on different technological parameters of transportation process on the time costs of passengers for movement and driving length, providing these costs.*

Стаття надійшла до редакції 23.02.2010 р.

УДК 656.13, 656.13.08

ЛОБАШОВ О.О., к. т. н., доцент, БУРКО Д.Л., асистент,
Харківська національна академія міського господарства

КРИТЕРІАЛЬНА ОЦІНКА ЗАХОДІВ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

Розглядаються питання оцінки заходів щодо організації дорожнього руху на транспортній мережі міста. Запропоновано оцінювати заходи за показниками соціальної, екологічної та економічної ефективності.

Постановка проблеми

Тенденція збільшення рівня автомобілізації в найбільших містах викликана зростанням населення та його платоспроможності. Плани розвитку найбільших міст України були орієнтовані на збільшення числа міського автомобільного парку до 120–180 автомобілів на 1000 жителів. Проте, вивчення закономірностей міського руху вказує, що вже сьогодні це значення наближається до двохсот п'ятдесяти автомобілів на тисячу жителів. За такого рівня автомобілізації забезпечити міський рух, роботу громадського пасажирського транспорту, екологічну безпеку в містах одними організаційними заходами є неможливим [1]. Стає очевидним, що для підвищення ефективності функціонування міської транспортної системи, необхідна розробка заходів містобудівного характеру та методики їх оцінки.

Аналіз останніх досліджень

Необхідність оцінки заходів з організації дорожнього руху виникає в зв'язку з його недосконалістю [2]. Напрямки вдосконалення організації дорожнього руху можуть бути різними і залежать від мети, яка переслідується при вирішенні тієї чи іншої наукової задачі [2]. Оцінка заходів може проводитися на локальних об'єктах (транспортні розв'язки, регульовані і нерегульовані перетину), а також на транспортній мережі в цілому. Ефективність заходів щодо організації дорожнього руху оцінюється зіставленням витрат, необхідних для їх реалізації,

з умовами та характеристиками дорожнього руху, які виникнуть після реалізації цих заходів [3]. При цьому прийнято проводити порівняння одержуваного ефекту до і після впровадження заходів з організації дорожнього руху по ряду показників соціального, економічного та екологічного характеру [2–4].

Ціль дослідження

Ціллю даного дослідження є розробка методики критеріальної оцінки заходів щодо організації дорожнього руху.

Основний матеріал

Повністю ліквідувати негативні наслідки автомобілізації неможливо, тому необхідно вживати ефективних заходів для їх суворого обмеження і розумного регулювання засобами і методами організації дорожнього руху [3].

В останні роки рівень ізольованого розгляду питань обмеження негативних наслідків автомобілізації з окремих напрямків вже не відповідає сучасним вимогам, оскільки оптимізація по одному з параметрів нерідко не забезпечує оптимуму по інших [2]. Комплексне вирішення проблеми являє собою складну задачу, пов'язану з розробкою та реалізацією низки технічних, організаційних, економічних та управлінських заходів. Рішення полягає у створенні транспортної системи міста, що поєднує високу ефективність з мінімальними капіталовкладеннями [5]. Реалізація такого підходу можлива тільки при узгодженому розвитку та вдосконаленні елементів транспортної системи (водій, дорога, автомобіль) і керуючих впливів (управління перевезеннями, організація дорожнього руху, транспортне містобудування) [2,4].

Транспортний потік є центральною ланкою в ланцюзі організаційних і технічних заходів щодо зниження негативного впливу процесу автомобілізації на навколишнє середовище, соціальну сферу життєдіяльності суспільства, економіку країни в цілому. Тому ефективність заходів, пов'язаних з удосконаленням параметрів дорожніх умов, виявляється на рівні транспортного потоку. Критерії ефективності, до якої прагне кожен напрямок вирішення проблем у автотранспортній системі, також формуються на рівні транспортного потоку [4].

Характеристики транспортного потоку і параметри вулично-дорожньої мережі міста залежать один від одного. У зв'язку з цим, особливий інтерес представляє критеріальна оцінка заходів, спрямованих на підвищення ефективності функціонування міської транспортної мережі [6].

Для оцінки соціальних наслідків прийнятих рішень можливе використання наступних критеріїв:

– зміна загального часу руху транспортних засобів по мережі в річному вираженні, г:

$$\Delta T = \frac{365 \cdot (\sum_{i=1}^{n} \frac{L_i}{V_i} \cdot N_i - \sum_{j=1}^{k} \frac{L_j}{V_j} \cdot N_j)}{\kappa_н} \to \max, \qquad (1)$$

де n, k — кількість дуг пропонованої та існуючої транспортної мережі відповідно;

L_i, L_j — довжина дуги пропонованої та існуючої транспортної мережі, км;

V_i, V_j — швидкість руху по дугах пропонованої та існуючої транспортної мережі, км/год.;

N_i, N_j — інтенсивність руху по дугах пропонованої та існуючої транспортної мережі, авт/год.;

$\kappa_н$ — коефіцієнт годинної нерівномірності інтенсивності руху.

– зміна транспортно-експлуатаційних витрат на проїзд транспортними засобами дуг мережі в річному виразі, грн.:

$$\Delta C = \frac{365 \cdot \sum_{i=1}^{n} (C_{пер} \cdot L_i + C_{пост} \cdot \frac{L_i}{V_i}) \cdot N_i}{\kappa_н} - \frac{365 \cdot \sum_{j=1}^{k} (C_{пер} \cdot L_j + C_{пост} \cdot \frac{L_j}{V_j}) \cdot N_j}{\kappa_н} \to \max , \qquad (2)$$

де $C_{пер}$ — змінні витрати, грн/км;

$C_{пост}$ — постійні витрати, грн/год.

Експлуатаційні витрати користувачів виражають значення вартості паливно-мастильних матеріалів, витрат, що пов'язані з затримками транспортних засобів, величину зносу транспортних засобів та шин, а також вартість часу учасників руху і пасажирів в дорозі. Визначення реальної вартості часу учасників руху є досить складною проблемою. Вартість часу повинна встановлюватися в залежності від національного доходу країни [2, 5].

– зміна пробігу транспортних засобів по мережі в річному вираженні, км:

$$\Delta L = \frac{365 \cdot (\sum_{i=1}^{n} L_i \cdot N_i - \sum_{j=1}^{k} L_j \cdot N_j)}{\kappa_н} \to \max , \qquad (3)$$

Екологічні наслідки заходів, в більшості випадків, прийнято оцінювати з викиду основних токсичних компонентів, питомий вміст яких у відпрацьованих газах є найбільшим. До них можна віднести окис вуглецю (CO), вуглеводні (C_nH_m) і оксиди азоту (NO_x). Закономірним є припущення про збільшення викидів токсичних компонентів при збільшенні пробігу транспортних засобів по мережі. Знаючи при цьому питомий викид кожного з видів токсичних компонентів на один кілометр пробігу (δ_i), отримаємо наступні залежності щодо зміни кількості викидів *i*-го компонента:

$$\Delta B_i = \Delta L_c \cdot \delta_i \to \max \ , \qquad (4)$$

Найбільший інтерес при вдосконаленні елементів транспортної мережі являє розрахунок економічних показників ефективності пропонованих заходів. Слід зазначити, що при переході від планової економіки до ринкової, відбулася кардинальна зміна методики розрахунку витрат за проектами реконструкції та будівництва міської транспортної мережі, а також оцінки термінів окупності заходів [5]. У ході еволюції методики відбулася відмова від нормативних показників оцінки економічної ефективності інвестицій [3].

В інвестиції входять витрати на будівельно-монтажні роботи, придбання обладнання, транспортних засобів, інвентарю, а також на проектно-вишукувальні роботи та інші види робіт, пов'язаних з будівництвом [2].

Характерна особливість дорожнього будівництва — етапність інвестицій і непостійні, що змінюються в часі, експлуатаційні витрати через безперервне збільшення інтенсивності руху та вантажообігу. У цьому випадку показники ефективності будуть змінюватися в залежності від того, поточні витрати якого року будуть прийматися в розрахунках [2].

Оцінка ефективності інвестицій в дорожнє будівництво та заходи організації дорожнього руху може бути застосована тільки за умови, що в кожному з варіантів, які розглядаються, одноразові витрати протягом строку порівняння інвестуються тільки один раз спочатку, розподіл

витрат під час будівництва не враховується, строки служби об'єктів у всіх варіантах однакові, а поточні витрати не змінюються по роках [2].

В даний час, особлива увага приділяється методикам обгрунтування ставки дисконту для оцінки ризиків інвестиційних проектів та їх оцінки за сукупністю наступних показників [2]:

– чиста приведена вартість — *NPV*:

$$NPV = \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+R)^t}, \quad (5)$$

де B_t — вигоди: доходи від реалізації продукції (послуг), яка буде отримана в результаті реалізації проекту; C_t — інвестиційні (капітальні) витрати + поточні витрати + податки; R — ставка дисконту — число, що характеризує: а) знецінення грошей у часі; б) перевищення норми прибутку на вкладений капітал над середнім відсотком за кредитом; рівень ризику проекту. Критерій ефективності: $NPV>0$

– внутрішня норма рентабельності — *IRR* [2]:

$$0 = \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+IRR)^t}, \quad (6)$$

де необхідно знайти таке *IRR*, щоб рівняння було виконано. Розрахунки виконуються для всіх значень, які були отримані при розрахунках *NPV*. Критерій: $IRR>R$. Це дуже популярний спосіб оцінки доцільності інвестицій (капіталовкладень).

Термін окупності — *PBP* [2]:

$$C = \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+R)^t} \Big| \text{ за умови } B_t = C_t - C_n = T_{ок}, \quad (7)$$

де C_n — чиста приведена вартість за *n*-років. Необхідно знайти такий *n*-рік, в якому витрати рівні вигоді за проектом. Це і буде термін окупності *PBP*. *PBP* розраховується для всіх варіантів, прийнятих для розрахунку чистої приведеної вартості *NPV*.

Висновки

Запропоновані методики дозволяють зробити оцінку заходів з будівництва та реконструкції транспортної мережі за допомогою екологічних, соціальних та економічних показників. При цьому ефективність заходів завжди повинна визначатися зіставленням отриманого ефекту з розміром інвестицій.

Список літератури

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

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

3. Хомяк Я.В. Организация дорожного движения.— К. Вища школа, 1986.—271с.

4. Дьяков А.Б., Игнатьев Ю.В., Коншин Е.П. Экологическая безопасность транспортных потоков.—М.: Транспорт, 1989.— 128 с.

5. http://www.ecfor.ru

6. Бурко Д.Л. Анализ влияния параметров УДС на характеристики функционирования транспортных потоков в городах// Вестник Донецкого института автомобильного транспорта. — 2007. — № 3. — С. 42–46.

Аннотация. *Рассматриваются вопросы оценки мероприятий по организации дорожного движения на транспортной сети города. Предложено оценивать мероприятия по показателям социальной, экологической и экономической эффективности.*

Abstract. *The issues upon the organization of traffic evaluation activities at the transport city network are being studied. The activities as to their social, ecological and economical efficiency rates are brought up to estimate.*

Стаття надійшла до редакції 7.04.2010 р.

УДК 656.02:519.876.2

КУЗИЧКИНА Е.Ю., студентка, ШУШУРА А.Н., к. т.н., доцент,
Государственный университет информатики и искусственного интеллекта

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ДОСТАВКИ ЗАКАЗОВ В ЗАДАЧЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ МАРШРУТОВ

Рассматривается разработка динамической математической модели процесса доставки заказов, позволяющей прогнозировать основные характеристики процесса доставки с учетом нестационарности дорожно-транспортной ситуации и параметров обслуживания транспортного средства в точках остановок по маршруту. Проведен анализ существующих методов и систем автоматизации формирования транспортных маршрутов, осуществлена постановка задачи моделирования, разработана структура математической модели.

Постановка проблемы

Одним из путей сокращение логистических затрат на доставку заказов является автоматизация формирования транспортных маршрутов. Задачи оптимизации транспортных маршрутов рассмотрены достаточно большим числом исследователей, среди них работы Неруша Ю.В., Фальфушинского В.В. и др. [1, 2]. Предложенные в этих работах модели являются статическими, требуют наличия полной информации о перевозках.

На практике при решении задачи планирования транспортных маршрутов в крупных городах необходимо учитывать динамику изменения дорожно-транспортной ситуации и процесса обслуживания транспортных средств в точках остановок маршрута, принимать решения в условиях неполной информации и большой размерности задачи, что свидетельствует об актуальности исследований в данной области.

Объектом исследования в данной работе является процесс доставки заказов в задаче автоматизации планирования транспортных маршрутов. Предметом исследования выступают математические модели процесса доставки заказов.

Цель статьи

Повышение эффективности планирования транспортных маршрутов дистрибьюторской компании путем разработки динамической математической модели процесса доставки заказов, позволяющей учесть изменение дорожно-транспортной ситуации при прогнозе основных характеристик маршрутов.

Анализ последних исследований

В настоящее время на рынке информационных технологий наибольшее распространение получили следующие системы управления грузоперевозками: Network Analyst, ANTOR LogisticsMaster и «Диспетчер» [3, 4, 5].

Как показывает анализ, в основе работы перечисленных систем положены алгоритмы поиска кратчайшего пути, к которым относятся алгоритмы Дейкстры, Левита, Уоршела-Флойда, генетические алгоритмы и другие. Общим недостатком этих подходов является отсутствие динамической модели, позволяющей учитывать нестационарность дорожно-транспортной ситуации и процесса обслуживания транспортных средств в точках остановок маршрута.

Основной раздел

Доставка заказов клиентам осуществляется обычно автомобильным транспортом, основная часть пути которого приходится на движение в черте города. Неотъемлемым атрибутом крупных городов стали дорожные пробки, которые оказывают существенное влияние на сроки доставки заказа и, соответственно, должны быть учтены при планировании маршрутов. Анализ существующих методов планирования маршрутов для автомобильного транспорта показал, что применяемые подходы основаны на статических моделях, которые имеют низкую адекватность в условиях современного крупного города. Соответственно, и имеющиеся автоматизированные системы формирования маршрутов обладают весьма ограниченной сферой применения.

Разработка автоматизированной системы формирования транспортных маршрутов требует создания математической модели, позволяющей прогнозировать значения показателей процесса доставки в любой момент времени и учитывать динамику их изменения при планировании.

Входной информацией для модели являются:

– набор транспортных маршрутов в виде упорядоченных списков точек доставки с указанием транспортного средства и времени начала исполнения маршрута;

– перечень значений характеристик для транспортных средств (грузоподъемность, объем кузова и т. п.);

– информация о транспортных путях доставки (протяженность, средняя скорость движения и т. п.);

– данные о характеристиках заказов по каждой точке доставки (объем, вес и т. п.);

– график доставки, согласованный с клиентами.

Модель должна прогнозировать на любой момент времени следующие основные характеристики процесса доставки: время исполнения маршрута с разбивкой на время движения и простоя, затраты топлива, отклонение от графика доставки, пробег транспортных средств. На основе данных показателей возможна разработка различных критериев оптимальности формирования транспортных маршрутов.

Таким образом, необходимо разработать математическую модель, которая решала бы задачу прогноза перечисленных показателей с учетом нестационарности характеристик процесса доставки заказов. Исходя из характеристик объекта моделирования, модель должна быть динамической, с нелинейным характером зависимостей, а также быть инвариантна относительно характеристик конкретного предприятия, транспортных средств, города, клиентов.

На основе анализа характеристик объекта моделирования и постановки задачи процесс моделирования доставки заказов рассматривается на микро и макроуровне. К микроуровню отнесены явления, связанные с движением автомобиля по конкретному маршруту. На макроуровне процесс доставки рассматривается на уровне предприятия и формируются показатели, необходимые для оценки оптимальности решения задачи планирования маршрутов в целом. Далее приводится подробное описание явлений каждого уровня декомпозиции и их формализация.

На микроуровне выделены явления: изменение пробега автомобиля, изменение веса груза, изменение объема груза, изменение количества затраченного топлива.

Для формализации указанных явлений введем дискретизацию времени исполнения маршрута с некоторым постоянным шагом *h*:

$$t_k = t_0 + k \cdot h, \tag{1}$$

где t_0 — время начала исполнения маршрута.

Изменение пробега *i*-го автомобиля при выполнении *j*-го маршрута в момент времени t_k определяется по формуле:

$$\Delta R_j^i(t_k) = \upsilon_j^i(t_k) \cdot h, \tag{2}$$

где $R_j^i(t_k)$ — длина пути, пройденного *i*-м автомобилем при выполнении *j*-го маршрута в момент времени t_k;

$\upsilon_j^i(t_k)$ — скорость движения i-го автомобиля по *j*-му маршруту в момент времени t_k.

Скорость движения *i*-го автомобиля по *j*-му маршруту в момент времени t_k:

$$\upsilon_j^i(t_k) = \begin{cases} 0, & tp_{jl}^i \le t_k \le tp_{jl}^i + Tog_{jl}^i(tp_{jl}^i) + Tobs_{jl}^i(tp_{jl}^i) \\ \upsilon e_{jl,l+1}^i(t_k), & t_k > tp_{jl}^i + Tog_{jl}^i(tp_{jl}^i) + Tobs_{jl}^i(tp_{jl}^i) \end{cases}, \tag{3}$$

где $Tog_{jl}^i(tp_{jl}^i)$ — время ожидания разгрузки *i*-го автомобиля в *l*-ом пункте *j*-го маршрута, зависящее от времени прибытия;

$Tobs_{jl}^i(tp_{jl}^i)$ — время обслуживания *i*-го автомобиля в *l*-ом пункте *j*-го маршрута, которое является функцией времени;

$\upsilon e_{jl,l+1}^i(t_k)$ — скорость движения по дороге, соединяющей *l*-ый пункт доставки с $l+1$ пунктом маршрута, представленная заданной функцией времени;

tp_{jl}^i — время прибытия *i*-го автомобиля в *l*-ый пункт *j*-го маршрута;

l — номер пункта доставки, который определяется как целая часть от $S_j^i(t_k)$;

$S_j^i(t_k)$ — место пребывания *i*-го автомобиля по *j*-му маршруту в момент времени t_k.

Время прибытия в пункт доставки определяется из условия:

$$tp_{jl}^i = t_k, \quad \text{если } S_j^i(t_{k-1}) < l \, u \, S_j^i(t_k) \ge l \tag{4}$$

Целая часть величины $S_j^i(t_k)$ определяет номер последнего пункта доставки, посещенного автомобилем, а дробная часть — долю пути, которую автомобиль проехал по направлению к следующему пункту маршрута. Место пребывания *i*-го автомобиля по *j*-му маршруту в момент времени t_k находится по формуле:

$$S_j^i(t_k) = \frac{R_j^i(t_k) - \sum_{m=0}^{\lambda-1} ds_{jm,m+1}^i}{ds_{\lambda,\lambda+1}} + \lambda, \quad (5)$$

где λ — целая часть от величины $S_j^i(t_{k-1})$;

$ds_{j\lambda,\lambda+1}^i$ — расстояние между пунктами доставки с номерами λ и $\lambda+1$.

Изменение веса груза, перевозимого *i*-м автомобилем по *j*-му маршруту описывается выражением:

$$\Delta G_j^i(t_k) = g_j^i(t_k) \cdot h, \quad (6)$$

где $g_j^i(t_k)$ — функция скорости проведения разгрузочно-позгрузочных работ:

$$g_j^i(t_k) = \begin{cases} 0, & tp_{jl}^i \le t_k \le tp_{jl}^i + Tog_{jl}^i(tp_{jl}^i) \\ -\dfrac{Mz_{jl}^i - Qmz_{jl}^i}{Tobs_{jl}^i(tp_{jl}^i) - Tog_{jl}^i(tp_{jl}^i)}, & Tog_{jl}^i(tp_{jl}^i) < t_k - tp_{jl}^i \le Tobs_{jl}^i(tp_{jl}^i) \end{cases}, \quad (7)$$

где Mz_{jl}^i — вес разгружаемого груза *i*-м автомобилем в *l*-ом пункте *j*-го маршрута;

Qmz_{jl}^i — вес возврата, полученного груза *i*-м автомобилем в *l*-ом пункте *j*-го маршрута.

Изменение объема груза, перевозимого *i*-м автомобилем по *j*-му маршруту определяется аналогично уравнениям (6)–(7).

Изменение количества затраченного топлива *i*-м автомобилем при выполнении *j*-го маршрута определяется нормой расхода топлива на километр пробега с учетом загруженности автомобиля:

$$\Delta P_j^i(t_k) = \upsilon_j^i(t_k) \cdot h \cdot Np^i(G_j^i(t_k)), \quad (8)$$

где $Np^i(G_j^i(t_k))$ — функция затрат топлива на километр пробега i-го автомобиля, зависящая от веса перевозимого груза.

Разработанная система нелинейных разностных уравнений позволяет прогнозировать нестационарные характеристики доставки заказов автомобилем по заданному маршруту. На основе этих характеристик на макроуровне формируются показатели, позволяющие оценивать оптимальность формирования транспортных маршрутов.

Показатели качества формирования транспортных маршрутов определяются для конкретного маршрута, автомобиля, точки доставки и предприятия в целом.

Для конкретного маршрута вводятся показатели: коэффициент использования грузоподъемности автомобиля при выполнении доставки по маршруту, коэффициент использования доступного объема кузова автомобиля при выполнении доставки по маршруту, время выполнения маршрута, время простоя при выполнении маршрута, отклонение от графика доставки автомобиля по маршруту в каждом пункте доставки, отклонение от графика доставки в целом по маршруту. Ниже приведен порядок расчета указанных показателей.

Коэффициент использования грузоподъемности *i*-го автомобиля при выполнении доставки по *j*-му маршруту qm_j^i:

$$qm_j^i = \frac{G_j^i}{gr^i}, \tag{9}$$

где gr^i — грузоподъемность i-го автомобиля;

G_j^i — суммарный вес заказов, загруженных в *i*-ый автомобиль для доставки по *j*-му маршруту:

$$G_j^i = \sum_{l=1}^{clp} Mz_{jl}^i \tag{10}$$

где Mz_{jl}^i — вес заказа, загруженного в *i*-ый автомобиль для доставки в *l*-ый пункт *j*-го маршрута;

clp — количество точек доставки *j*-го маршрута.

Аналогично формулам (11-12) определяется коэффициент использования доступного объема кузова *i*-го автомобиля при выполнении доставки по *j*-му маршруту qv_j^i.

Время выполнения *i*-м транспортным средством *j*-го маршрута Td_j^i:

$$Td_j^i = tp_{jp}^i - to_{j0}^i, \tag{11}$$

где tp_{jp}^i — время прибытия *i*-го транспортного средства в последний пункт доставки *j*-го маршрута;

to_{j0}^i — время отправления *i*-го транспортного средства с начального пункта при выполнении *j*-го маршрута.

Время простоя *i*-го транспортного средства при выполнении *j*-го маршрута Tp_j^i:

$$Tp_j^i = \sum_{l=0}^{clp} (Tog_{jl}^i + Tobs_{jl}^i) \tag{12}$$

Отклонение от графика доставки *i*-ого автомобиля по *j*-ому маршруту в *l*-ом пункте доставки:

$$Otp_{jl}^i = tpl_{jl}^i - tp_{jl}^i, \tag{13}$$

где tpl_{jl}^i — плановое время прибытия *i*-ого автомобиля по *j*-ому маршруту в *l*-ый пункт доставки.

Отклонение от графика доставки *i*-ого автомобиля в целом по *j*-ому маршруту:

$$Otp_j^i = \sum_{l=0}^{clp} Otp_{jl}^i \tag{14}$$

Для каждого автомобиля вводятся показатели, характеризующие выполненные работы по доставке заказов за период: количество затраченного автомобилем топлива, время движения транспортного средства, время простоя транспортного средства, общий пробег автомобиля, коэффициент использования грузоподъемности транспортного средства, коэффициент использования доступного объема кузова транспортного средства, отклонение автомобиля от графика доставки. Ниже приведен порядок расчета перечисленных показателей.

Количество затраченного топлива *i*-го автомобиля за период определяется как сумма затрат топлива по всем выполненным маршрутам:

$$P^i = \sum_{j=1}^{clm} P_j^i , \qquad (15)$$

где clm — количество маршрутов, выполненных автомобилем за анализируемый период.

По аналогии с формулой (15) определяются время движения Td^i, время простоя Tp^i и общий пробег R^i i-го транспортного средства за период.

Отклонение i-ого автомобиля от графика доставки определяется как среднее отклонение по всем выполненным маршрутам:

$$Otp^i = \frac{\sum_{j=1}^{clm} Otp_j^i}{clm} . \qquad (16)$$

Коэффициенты использования грузоподъемности и доступного объема кузова i-го транспортного средства рассчитываются аналогично формуле (16).

Для конкретной точки доставки введены показатели, характеризующие ее обслуживание за период: суммарный вес доставленных заказов, суммарный объем доставленных заказов, суммарная стоимость доставленных заказов, среднее отклонение от графика доставки. Данные показатели агрегируются на основе показателей маршрутов, аналогично формированию показателей для автомобиля.

Для предприятия в целом рассматриваются показатели, характеризующие объем и качество работ по доставке заказов за период времени: суммарный пробег автопарка, общее время движения транспортных средств, общее время простоя, среднее отклонение от графика доставки, суммарные затраты топлива. Перечисленные показатели агрегируются на основе соответствующих показателей для каждого автомобиля из транспортного парка.

Выводы

Таким образом, в данной работе разработана структура математической модели, позволяющей прогнозировать основные характеристики процесса доставки заказов с учетом нестационарности дорожно-транспортной ситуации и параметров обслуживания транспортного средства в точках остановок по маршруту. В модели в правых частях уравнений присутствуют неизвестные функции, конкретный вид которых должен быть определен в рамках процедуры идентификации. Введенные в модели показатели выполнения транспортных маршрутов могут быть использованы при разработке критериев и алгоритмов автоматизации решения задачи планирования доставки заказов клиентам, а также могут применяться в задаче анализа объема и качества выполненных работ транспортным парком предприятия.

Практическое применение результатов работы даст возможность сократить логистические затраты на доставку заказов и повысить эффективность обслуживания клиентов за счет учета при формировании маршрутов нестационарности, присущей процессу транспортировки грузов.

Список литературы

1. Фальфушинский В.В. Решение транспортных задач на кластерных системах // Искусственный интеллект.— 2005.— №.12 — С. 63–68.

2. Неруш Ю.М. Снабжение и транспорт: эффективное взаимодействие.— М.:Экономика: 2006.— 340с.

3. Продукты компании ESRI: Network Analyst.— доступный с: <http://www.dataplus.ru>.

4. Продукты компании ANTOR LogisticsMaster.— доступный с: <http://www.antor.ru>.

5. Информационная система «Диспетчер».— доступный с: <http://www.dispetcher.com.ua>.

6. Шушура А.Н., Кузичкина Е.Ю. Структурирование и формализация предметной области задачи планирования транспортных маршрутов \\ Труды двенадцатой всеукраинской (седьмой международной) студенческой научной конференции по прикладной математике и информатике «СНКПМИ-2009».— Львов ЛНУ.— 2009.— 294 с.

Анотація. *В статті розглядається розробка динамічної математичної моделі процесу доставки замовлень, що дозволяє прогнозувати основні характеристики процесу з врахуванням нестаціонарності дорожньо-транспортної ситуації та параметрів обслуговування транспортного засобу в пунктах зупинки маршрутом. Проведений аналіз існуючих методів і систем автоматизації формування транспортних маршрутів, здійснена постановка задачі моделювання, розроблена структура математичної моделі.*

Abstract. *The article deals with the elaborating of dynamical mathematical model processing order's delivery which prognoses the main characteristics of process with the calculation of impermanent road-transporting situation and parameters servicing of automobile at delivery route station. The analyze of existing automation systems and methods forming transport routes is descript, the organization task and structure of modeling are developed.*

Стаття надійшла до редакції 03.02.2010 р.

УДК 656.13

КУНИЦЯ А.В., д. т. н., проф., ОБІЩЕНКО В.Г., інж.,
Автомобільно-дорожній інститут Донецького національного технічного університету

СХЕМА ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ МІЖ СКЛАДОВИМИ ОПЕРАЦІЯМИ ПРОЦЕСУ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ У ДЕКАРТОВІЙ СИСТЕМІ КООРДИНАТ (НА ПРИКЛАДІ ДОСТАВКИ АВТОТРАНСПОРТОМ ТАРНО-ШТУЧНИХ ВАНТАЖІВ ВІД ВИРОБНИЦТВА ДО РОЗПОДІЛЬНОГО СКЛАДУ)

На підставі використання декартової системи координат, вісі якої мають розмірності продуктивності (т/год), питомих витрат (грн/т), часу (год) розроблена схема взаємозв'язку між складовими операціями процесу доставки вантажів (на прикладі доставки автотранспортом тарно-штучних вантажів від виробництва до розподільного складу).

Постановка проблеми в загальному вигляді

Встановлення раціональних значень параметрів (тривалості роботи, загальних витрат для обумовленого обсягу доставки вантажу) та похідних параметрів реалізації (продуктивності, питомих витрат) процесу доставки автотранспортом тарно-штучних вантажів (ДАТШВ) від

виробництва до розподільного складу (РС) та для кожної з складових його операцій дозволить виявити резерви у скороченні власних витрат.

Відомі економіко-математичні моделі [1, 2, 3, 4, 5] розглядають взаємозв'язок лише між окремими складовими операціями процесу ДАТШВ (затарювання, пакетування, накопичення, навантаження, перевезення, розвантаження) з частковим урахуванням їх взаємодії за окремими технічними або економічними параметрами та похідними від них.

Аналіз останніх публікацій

В роботі [1] автор розглядає транспортний процес (що є складовою частиною процесу доставки вантажів) як систему з дискретним станом, що включає циклічно повторювані операції. Відповідно до цього, складові процесу — операції, теж в свою чергу розглядаються як підсистеми з дискретним станом, що включають циклічно повторювані складові операцій — конкретні види робіт.

В роботі [2] автор розглядає: 1) моделі, що мінімізують витрати на виробництво продукції; 2) моделі оптимального завантаження виробничих потужностей; 3) моделі задач на транспорті, тощо. За допомогою цих моделей здійснюється мінімізація витрат за окремими операціями процесу доставки вантажів або з частковим врахуванням їх взаємодії між собою.

Серед багатьох моделей оптимізації складових частин транспортних процесів, розглянутих авторами в роботі [3], можна виділити наступні: моделі оптимальних технологій транспортного процесу; моделі оптимального плану використання ресурсів; моделі оптимального об'ємно-календарного планування транспортно-технологічного процесу, тощо. Але, на наш погляд, в цих моделях не розглядається мінімізація витрат на процес ДАТШВ з одночасним урахуванням: строку доставки, обсягу просування матеріалопотоку, раціонального співвідношення для кожної з операцій значень параметрів та їх похідних в їх взаємозв'язку між собою.

Моделі тривалості виробничого циклу в [4, 5] розглядаються за видами руху предметів праці: паралельним, послідовним, паралельно-послідовним. При розгляді в часі руху предметів праці розглядається послідовність та узгодження виконання елементів (операцій) виробничого процесу. Таке узгодження здійснюється з урахуванням: необхідного часу на обробку предметів праці в попередній операції та моментом початку обробки — в наступній операції; міжопераційних очікувань та міжзмінних перерв на кожній з операцій виробничого процесу. Але в цих моделях процес руху предметів праці розглядається без урахування обсягів їх руху та питомих й узагальнених витрат, що пов'язані з цим рухом.

Процес доставки вантажів повинен своєчасно, в повному обсязі та якісно задовольняти потреби в перевезеннях з мінімальними витратами. Під час проектування процесу ДАТШВ необхідно вирішувати багатогранні задачі, використовувати системний підхід не тільки до розгляду всього процесу, але й до його складових. Використання лише одного параметра (похідної параметра) операції процесу, без врахування інших параметрів (похідних параметрів) інших окремих операцій в їх взаємозв'язку, під час виконання процесу доставки, обумовлює низьку достовірність отриманих результатів.

Таким чином, до теперішнього часу не розглядалася економіко-математична модель оцінки ефективності процесу ДАТШВ від виробництва до РС в узагальненому вигляді, яка одночасно враховувала би: 1) системні зв'язки між параметрами та похідними параметрів саме під час реалізації окремих складових операцій процесу ДАТШВ; 2) поетапну та взаємопов'язану реалізацію в часі всіх цих операцій процесу; 3) взаємозв'язок між цими операціями за параметрами реалізації та їх похідними.

Першим кроком зі створення такої моделі є розробка схеми взаємозв'язку параметрів реалізації процесу ДАТШВ та їх похідних між всіма його складовими операціями, яка наочно відображає здійснення в часі окремих операцій, взаємозв'язок між ними у процесі ДАТШВ та витрати, що пов'язані з їх реалізацією.

Формулювання цілей статті

На підставі використання системного підходу необхідно у декартовій системі координат розробити схему взаємозв'язку між складовими операціями процесу ДАТШВ від виробництва до РС, що дозволить на системному рівні відображати здійснення в часі всіх складових операцій реального процесу ДАТШВ та виконувати їх оцінку за декількома параметрами та їх похідними.

Виклад основного матеріалу

Відображення однієї складової процесу ДАТШВ в декартовій системі координат

З фізичного змісту і порядку виконання складових операцій процесу ДАТШВ від виробництва до РС, з урахуванням структури технологічного процесу доставки вантажів [6], узагальнена структурна схема відображення послідовності складових операцій процесу ДАТШВ може мати наступний вигляд (рис. 1).



Рис. 1. Узагальнена структурна схема відображення послідовності складових операцій процесу ДАТШВ від виробництва до РС

З урахуванням структурної схеми (рис. 1) та задач, що необхідно вирішити на підставі її використання необхідно застосування наступних понять.

Під параметром взагалі розуміють величину, що характеризує яку-небудь основну властивість процесу [7].

До вхідних параметрів, згідно вимог, що висуваються замовником до здійснення процесу ДАТШВ, відносяться: необхідний обсяг доставки вантажу; граничний час, за який повинен бути доставлений цей обсяг; витрати на доставку вантажу.

До параметрів реалізації відносяться фактичні значення параметрів під час виконання процесу ДАТШВ та його складових операцій: обсяг просування вантажу, час здійснення, витрати.

Серед вхідних похідних параметрів необхідним є знання середнього обсягу виробництва за одиницю часу для подальшого узгодження складових операцій процесу ДАТШВ за параметрами реалізації та їх похідними.

При розгляді в такій постановці реального процесу ДАТШВ похідні параметрів реалізації (питомі витрати, продуктивність) виникають тільки під час його реалізації та його складових операцій.

Кожна операція та кожен з її видів робіт, що є складовими процесу ДАТШВ, мають дискретний циклічний характер.

Тривалість здійснення кожної складової операції процесу, її продуктивність й питомі витрати взаємопов'язані та на системному рівні одночасно залежать від багатьох факторів (матеріально-технічного оснащення, переробної спроможності обладнання, що задіяне, тощо). Тому процес ДАТШВ та його складові (операції, роботи) при теоретичному описанні необхідно розглядати крізь призму співвідношень:

– продуктивності окремої операцій (роботи) під час виконання процесу ДАТШВ;

– тривалості здійснення операції (роботи), яка, з врахуванням продуктивності, обумовлює необхідний обсяг доставки вантажу;

– питомих витрат (відношення витрат при виконанні окремих операцій (робіт) процесу ДАТШВ на одну тону вантажу), які є функцією тривалості здійснення операції (або роботи) та її відповідної продуктивності.

Внаслідок цього схему взаємозв'язку складових операцій процесу ДАТШВ пропонується розглядати в тривимірних декартових координатах. Для процесу ДАТШВ взагалі та всіх його складових операцій на вісі x будемо відкладати значення часу [год], що витрачається на їх здійснення, на вісі y — значення їх продуктивності [т/год], на вісі z — значення їх питомих витрат [грн/т].

Таке графічне представлення процесу ДАТШВ дозволяє у логічній послідовності відобразити виконання кожної його роботи (наприклад: поміщення в тару, зважування, маркування, переміщення, тощо), операції (затарювання, пакетування, складування, тощо) та процес в цілому. Під час виконання кожного з видів робіт (операцій) здійснюється певна кількість циклів. Для кожного з видів робіт (операцій) здійснення одного закінченого циклу з просування вантажу на певній роботі (операції) графічно виражається у вигляді прямого паралелепіпеда (ПП), що пов'язано з дискретною зміною параметрів та їх похідних складових процесу ДАТШВ, тобто перехід системи з одного її стану в інший здійснюється «стрибком» (рис. 2).

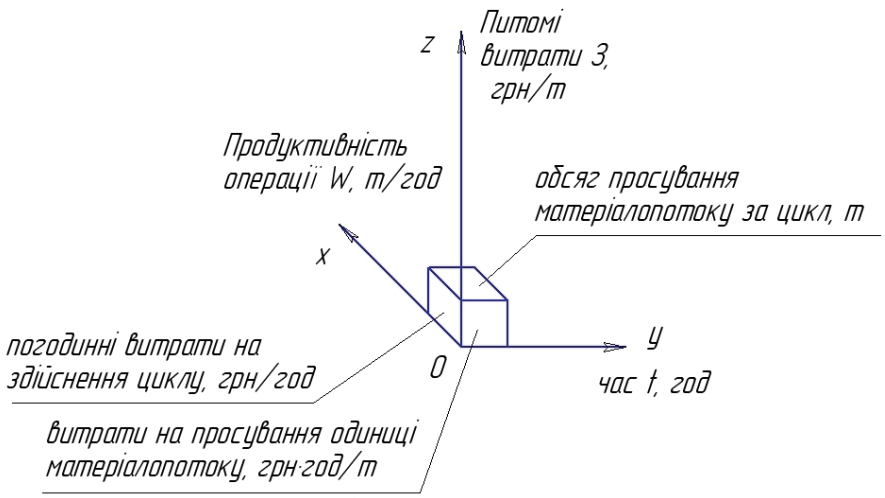


Рис. 2. Графічне зображення циклу виконання операції у вигляді ПП

Для кожного з видів робіт (операцій) ПП має різне співвідношення розмірів ребер. Для кожного ПП, що відображає кожен з видів робіт (операцій) одне ребро є продуктивністю циклу певної операції в процесі доставки вантажу [т/год], друге — часом, що необхідний для реалізації цього циклу, при якому технічний засіб або виконавець контактує з матеріалопотоком [год], третє — питомими витратами за цикл на одиницю вантажу [грн/т].

Відображення взаємозв'язку між складовими операціями процесу ДАТШВ за декількома параметрами та їх похідними в декартовій системі координат

Попарний добуток параметру часу та похідних параметрів реалізації складових процесу ДАТШВ, що визначаються довжиною ребер ПП (рис. 2), відображаються проекціями площ бічних поверхонь та основи ПП на координатні площини. Проекції площ й основи ПП на координатні площини та загальний об'єм ПП дозволяє системно розглядати процес ДАТШВ та його складові (роботи, операції) з чотирьох точок зору.

По-перше, проекція площі бічної поверхні кожного ПП на площину *x0z* має розмірність [грн/т/год], та являє собою витрати на просування одиниці вантажу за кожен час здійснення роботи, операції з розрахунку на один цикл. По-друге, проекція площі бічної поверхні ПП на координатну площину *y0z* має розмірність [грн/год] та являє собою загальні погодинні витрати на здійснення роботи, операції за один цикл. По-третє, проекція площі основи ПП на координатну площину *x0y* має розмірність [т] та являє собою обсяг просування вантажу при здійсненні роботи або операції за один цикл. По-четверте, об'єм одного ПП (добуток довжин трьох ребер) має розмірність [грн.] та відбиває витрати на здійснення однієї роботи, операції за один цикл. Внаслідок цього з'являється можливість відобразити процес ДАТШВ в цілому.

На координатних осях *x0yz* (рис. 3) відображена узагальнена схема взаємозв'язку за декількома параметрами та похідними параметрів реалізації складових операцій процесу ДАТШВ від виробництва до РС, що розглядається як система з дискретним станом та включає циклічно повторювані операції.

Між ПП у кожної операції можуть бути проміжки часу, які вказують на необхідність виконання допоміжних підоперацій, при яких технічний засіб або виконавець не контактують з матеріалопотоком. За часом виконання сукупність ПП може бути обмежена часовим фактором, відповідно до вимог строку просування вантажу при здійсненні кожної операції.

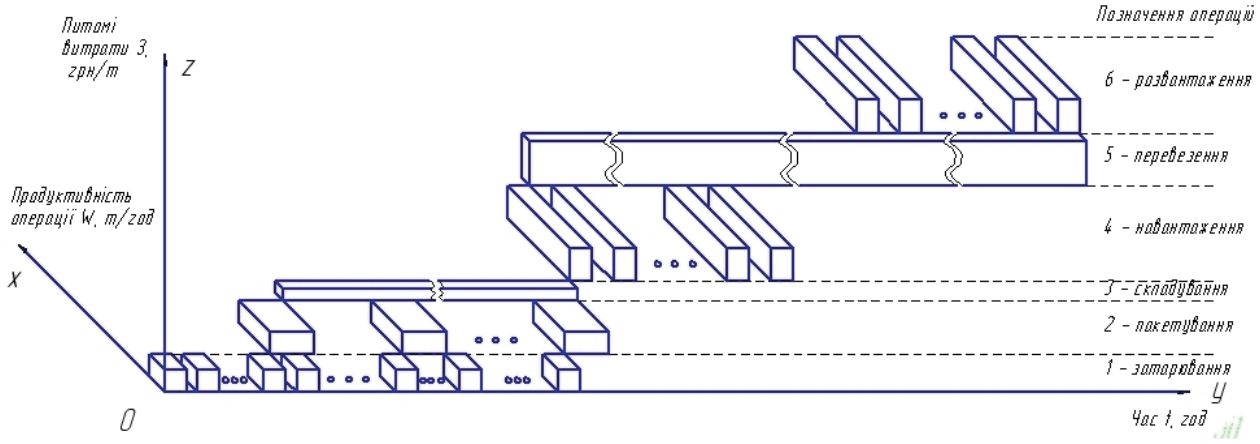


Рис. 3. Узагальнена схема взаємозв'язку за декількома параметрами та похідними параметрів реалізації складових операцій процесу ДАТШВ від виробництва до РС

Загальні питомі витрати (з розрахунку на тону вантажу) складаються зі змінних та постійних питомих витрат. Змінні питомі витрати (витрати на видаткові матеріали, експлуатаційні витрати, тощо) на виконання кожного циклу операції залежать від тривалості одного циклу та не залежать від їх кількості в операції, тому приймається, що середнє значення змінних витрат в кожному з циклів в межах певної виконуваної операції однакове. Значення питомих постійних витрат (витрати на заробітну платню обслуговуючого персоналу, амортизаційні відрахування тощо) залежить від кількості циклів за певний проміжок часу та тривалості одного циклу.

Графічне відображення процесу ДАТШВ в декартовій системі координат, як основа для аналізу взаємодії його складових операцій за параметрами та похідними від них

Здійснення кожного з видів операцій (робіт), що характеризується певною кількістю циклів, вимагає переміщення вантажу в повному обсязі без залишків на наступний процес реалізації ДАТШВ, тобто на кожній з складових операцій процесу ДАТШВ будуть проводитися роботи над однаковим обсягом вантажу. При такій умові процес ДАТШВ буде врівноважений, що графічно відображається рівністю сум площин основ ПП на площині *x0y* для кожної складової операції процесу доставки за визначений час.

Прямі паралелепіпеди розміщені таким чином, щоб проекції площ бічних поверхонь ПП для кожної *j*-ї операції на площини *x0z* та *y0z* були розміщені над проекціями площ бічних поверхонь ПП попередньої операції, а проекції основ ПП для кожної *j*-ї операції на площині *x0y* розміщені після проекцій площ основ ПП попередньої операції відносно осі *x*. Це дозволяє графічно відобразити проекції основ ПП на площині *x0y* для кожної складової операції процесу доставки за визначений час.

З урахуванням накладання проекцій площ бічних поверхонь ПП на координатну площину *x0z* для інших циклів, що входять до кожної з робіт, операцій при однакових умовах виконання, проекції площ відображають загальні погодинні витрати на здійснення певної операції процесу.

В процесі доставки після здійснення декількох циклів *j*-ї операції, виникає необхідність в реалізації наступної *j+1* операції. Необхідною умовою початку реалізації j+*1* операції буде рівність сум площин основ ПП, що проектуються на площину *x0y* на j –й операції, площі основи одного ПП наступної *j+1*-ї операції, що пояснюється обсягом просування вантажу на попередній та наступній операціях.

З метою мінімізації витрат і підвищення ефективності функціонування наступних операцій розглядається можливість використання проміжної ланки — проміжного складу з накопичувальною функцією (рис. 1). Ця функція необхідна для нагромадження вантажу, для запобігання збоїв, для зниження часу очікування, для зменшення питомих постійних витрат, тощо. Площа накопичувальної площадки, з врахуванням навантаження на 1 м² площі підлоги складу, буде визначатися масою вантажу, що очікуватиме реалізації наступної операції, тобто сумою площ основ ПП, що проектуються на площину *x0y* за попередню операцію.

Сумарна площа проекцій бічних поверхонь всіх ПП на площині *y0z* (грн/т/год) при виконанні певної операції представляє сумарні загальні витрати на просування одиниці вантажу за кожен час здійснення роботи, операції. Значення цих витрат дасть змогу в подальшому для реалізації кожної складової операції, роботи процесу ДАТШВ серед різноманітного обладнання або устаткування, що відрізняється за продуктивністю та витратами на його експлуатацію, здійснити вибір раціонального його типу.

Сумарний об’єм всіх ПП для певної операції відображає витрати на виконання певної операції процесу доставки вантажів.

Сумарні витрати при виконанні операцій відбивають загальні витрати процесу доставки вантажів.

Для підвищення ефективності процесу ДАТШВ та його складових операцій необхідно визначити раціональне співвідношення наступних значень параметрів та похідних параметрів

реалізації: обсягу просування матеріалопотоку, часу здійснення процесу та його складових операцій, витрат на просування одиниці матеріалопотоку за операцію, загальних погодинних витрат.

В якості критерію оцінки ефективності функціонування процесу доставки вантажів, пропонується використовувати загальні підсумкові витрати на здійснення процесу ДАТШВ.

Мінімізація загальних витрат не обов'язково означає їх мінімізацію на кожній складовій процесу доставки вантажів. Мінімальний рівень витрат повинен забезпечити доставку вантажу з дотриманням всіх обумовлених параметрів та похідних параметрів реалізації всіх складових операцій процесу ДАТШВ.

Висновки і перспективи подальших розвідок у даному напрямку

Таким чином запропонована нова схема взаємозв'язку між складовими операціями процесу доставки вантажів у декартовій системі координат, яка відображає виконання в часі окремих операцій, їх логічну послідовність та взаємозв'язок за параметрами реалізації та їх похідними у процесі ДАТШВ від виробництва до РС. Запропонована схема дозволяє наочно відобразити витрати, що пов'язані з просуванням матеріалопотоку на кожній операції й в процесі в цілому та дозволить в подальшому визначити раціональне співвідношення значень параметрів реалізації й їх похідних складових операцій та процесу ДАТШВ від виробництва до РС в цілому.

Список літератури

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

2. Крушевский А.В. Справочник по экономико-математическим моделям и методам/А.В. Крушевский.— К.: Техника, 1982.— 208 с.

3. Лащених О.А. Методи і моделі оптимізації транспортних процесів і систем: навч. посібник/О.А. Лащених, О.Ф. Кузькін.— Запоріжжя, ЗНТУ, 2006.— 435 с.

4. Сачко Н.С. Организация и оперативное управление машиностроительным производством: учебник/Н.С. Сачко.— Минск: Новое знание, 2005.— 636 с.: ил.— (Техническое образование).

5. Курочкин А.С. Организация производства: учеб. пособие/А.С. Курочкин.— К.: МАУП, 2001.— 216 с.

6. Заенчик Л.Г. Проектирование технологических карт доставки грузов автомобильным транспортом: Справочно-методическое пособие/Л.Г. Заенчик, Р.Н. Кисельман, А.Л. Смицкий.— К.: Техніка, 1990.— 152 с.

7. Великий тлумачний словник сучасної української мови (з дод. і доп.)/уклад. і голов. ред. В.Т. Бусел.— К.: Ірпінь, ВТФ «Перун», 2005.— 1728 с.

Аннотация. *На основе использования декартовой системы координат, оси которой имеют размерности производительности (т/ч), удельных затрат (грн/т), времени (ч) разработана схема взаимосвязи между составляющими операциями процесса доставки грузов (на примере доставки автотранспортом тарно-штучных грузов от производства до распределительного склада).*

Abstract. *Using the cartesian coordinate system (which axes have such dimensions as performance (t/h), the unit cost (grn/t), time (h)) the scheme of the relationship between the constituent operations of the delivery process was developed (as example was taken delivery trucks packaged unit loads from the production to the distribution warehouse).*

Стаття надійшла до редакції 12.05.2010 р.

УДК 656.13.071.8

НІКУЛЬШИН С.В., к. т. н.,
Автомобільно-дорожній інститут Донецького національного технічного університету

РЕАЛІЗАЦІЯ ЕВОЛЮЦІЙНОЇ КОНЦЕПЦІЇ В СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЧИМИ СТРУКТУРАМИ АВТОСЕРВІСУ

Визначено особливості умов функціонування виробничих структур автосервісу. Розглянуті чинники, що впливають на стабільність зовнішнього середовища вітчизняних підприємств автосервісу. Запропоновано схему контуру управління процесом функціонування підприємством автосервісу в мінливому, динамічному макросередовищі. Наведено механізм оцінки зміни ефективності функціонування виробничих систем в умовах реалізації еволюційної концепції їх розвитку.

Вступ

Процес функціонування сучасного автомобільного транспорту — джерело підвищеної небезпеки як для життєдіяльності людини, так і навколишнього середовища (НС). Очевидна позитивність соціально-економічних перетворень на автомобільному транспорті значно знижується на фоні інтенсивно прогресуючої, реальної екологічної небезпеки, загострення дефіциту природних ресурсів, зниження рівня безпеки дорожнього руху (БДР).

Тільки в країнах Європейського Союзу щорічно відбувається понад 1,1 млн. дорожньо-транспортних пригод (ДТП), у результаті яких гине близько 49 тис. чоловік і майже 16 млн. чоловік одержують поранення різного ступеня. Фінансові втрати від аварійності в ЄС оцінюють на рівні 100 млрд. €, а повні соціально-економічні збитки становлять майже 160 млрд. € на рік, що складає 2% річного сукупного національного продукту усіх країн ЄС [1].

В Україні ситуація в галузі дорожньо-транспортних пригод набула катастрофічного характеру. За останні п'ять років спостерігається стійка тенденція щодо їх щорічного зростання. Так, у 2002 році відбулося 34 488 ДТП, у результаті яких загинуло 5982 і травмовано майже 38 000 чоловік, а вже у 2007 році ці показники досягли, відповідно, значень 62 931, 9511 та 77 908. За кількістю загиблих у ДТП на 1000 автомобілів Україна займає одну з передових позицій в Європі. В даний час цей показник в Україні досяг значення 0,79; Польщі — 0,71; у Франції — 0,24. Кількість загиблих у ДТП в перерахунку на 1 млн. населення на українських дорогах досягла 154 людини. В цілому по Європі рівень смертності на дорогах складає 95 чоловік на 1 млн. населення ЄС і має стійку тенденцію до зниження. Відповідно до цієї методики рівень смертності на українських дорогах дорівнює 154 загиблих людей на 1 млн. мешканців. Відповідно до оцінок експертів Всесвітнього банку, збитки народного господарства України від ДТП щорічно оцінюються майже в 9,3 млрд. грн. [2].

В Україні ця проблема загострюється внаслідок низького технічного стану вітчизняного автомобільного парку, характерною рисою якої є велика питома вага транспортних засобів, що не відповідають у повному обсязі міжнародним вимогам за технічним рівнем і безпекою конструкції, мають тривалі терміни експлуатації та низьку технічну надійність.

Постановка проблеми

Враховуючи низький технічний потенціал виробничо-технічної бази підприємств, які експлуатують автомобілі, єдиною діючою структурою, що сьогодні може підтримувати та відновлювати технічний стан автомобілів, забезпечуючи високий рівень їхньої надійності

відповідно до вимог продуцентів та вітчизняного законодавства, є система автосервісу. У той же час на сучасному етапі розвитку вітчизняної економіки для цієї системи характерним є збільшення несприятливої динаміки розвитку — стагнація й відсутність темпів росту. Так, наприклад, за даними Головного управління статистики у Донецької області, чисельність основних виробничих структур автосервісу — малих підприємств, за останні три роки майже не змінюється (табл. 1).

Таблиця 1

Динаміка кількості малих підприємств у Донецькій області, %

Вид підприємства	Роки					
	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Кількість підприємств, од.	24 807	24 832	25 354	26 011	26 020	26 103
ТО і ремонт автомобілів	0,92	0,99	0,97	1,00	1,02	1,01
Торгівля автомобілями	1,22	0,36	0,32	0,15	0,17	0,17
Торгівля автотоварами	1,16	0,83	0,80	0,78	0,70	0,68

Аналіз наведених даних свідчить, що приріст виробничих потужностей автосервісу в регіоні практично дорівнює чисельності їх ліквідації, що свідчить про низький рівень їх стійкості. За таких умов особливої актуальності набуває проблема забезпечення стійкості та ефективності функціонування виробничих систем автосервісу.

Мета та завдання дослідження

Вирішення зазначеної проблеми можливе за рахунок адаптації підприємницьких структур автосервісу до умов динамічного, мінливого й невизначеного макросередовища.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні завдання:

1) визначити основні особливості функціонування підприємницьких структур автосервісу в умовах нестабільного макросередовища;

2) формалізувати процес управління автосервісним підприємством відповідно до еволюційної концепції його розвитку.

Аналіз публікацій

Принципи безперервної адаптації підприємств до умов функціонування, що змінюються, вперше проаналізовані А. Чандлером. На основі досвіду роботи провідних американських компаній він досліджував реорганізацію управління шляхом послідовної зміни стратегії, формальних структур і систем, організаційної культури і поведінки персоналу. Як наслідок, з'явилася теорія, що згодом отримала назву еволюційною концепцією. Вона висвітлена в дослідженнях І. Ансоффа, Б. Карлоффа, Річарда Р. Нельсона, Д. Тоєхиро, П. Друкера і цілої низки інших авторів. Їх основна ідея полягає в тому, що зовнішнє середовище підприємства в цілому, а також окремі області його діяльності зазнають природної еволюції, під час якої посилюється нестабільність умов господарювання. Ця тенденція виявляється перш за все в посиленні диференційованості попиту споживачів, прискоренні під тиском конкуренції темпів оновлення продукції і технологій.

У роботах вітчизняних вчених, зокрема Є.С. Кузнецова, І.П. Курнікова [3, 4], розглядається два протилежні методи управління — реактивне та програмно-цільове. Планування під час реалізації реактивного методу здійснюється перед початком або в процесі дії, рішення ухвалюються

без аналізу можливих альтернатив і часто змінюються, будучи свого роду реакцією на поточні події. Реактивне управління не ефективне, не враховує навіть найближчої перспективи, часто призводить до істотних помилок.

У загальному вигляді суть програмно-цільового управління полягає в чіткому визначенні кінцевої мети й об'єднанні у формі програми всіх видів діяльності для досягнення цієї мети. Програма — це закінчений у часі і просторі комплекс заходів, що забезпечують досягнення поставленої мети. Програма пов'язує цілі з ресурсами. Даний вид управління є найбільш досконалим і перспективним. Варто відзначити, що жоден з цих методів не враховує еволюційної концепції розвитку виробничих систем.

Основна частина

Основні характеристики зовнішнього середовища функціонування виробничих структур у наукових та практичних дослідженнях становлять:

– взаємозв'язок факторів зовнішнього середовища — рівень сили, внаслідок якого зміна одного фактора викликає зміну в інших факторах;

– складність зовнішнього середовища — кількість факторів, на які зобов'язана реагувати організація;

– рухливість середовища — швидкість зміни факторів зовнішнього середовища;

– невизначеність зовнішнього середовища — функція кількості інформації, якою володіє джерело по кожному конкретному факту (інформація повинна бути необхідною й корисною). Невизначеність — це неповнота або неточність інформації про умови реалізації цілей виробництва, включаючи витрати й результати. Фактори невизначеності умовно можна поділити на три групи:

1) неповнота інформації, яка пов'язана з відсутністю або неякісним дослідженням, малою вивченістю зовнішнього середовища (стан ринку, політики, економіки);

2) наявність випадковості в розвитку яких-небудь майбутніх подій у бізнесі;

3) наявність протидії з боку ринку, зміна умов ринку, порушення зобов'язань за договором і т. і.

Основною причиною невизначеності становить нестабільність середовища. Чинники, що впливають на нестабільність середовища функціонування системи автосервісу, можна об'єднати у три групи за схемою, що наведена на рисунку 1.

Аналіз процесу функціонування низки підприємницьких структур автосервісу в різних містах Донецької області свідчить про те, що найбільший вплив на його ефективність мають чинники I та II групи, які діють на рівні макросистеми. Вказані чинники поділяються на чинники прямого й непрямого впливу.

Чинники прямого впливу безпосередньо впливають на діяльність підприємства. До непрямих чинників відносяться такі, які не мають директивного впливу на роботу організації, проте позначаються на ній через деякий час.

В процесі еволюційного розвитку виробнича система проходить ряд етапів: науково-теоретичну діяльність (проектування, реєстрацію тощо); розвиток, освоєння виробничих потужностей; ріст, поліпшення положення на ринку послуг; стабілізація, функціонування в умовах рівноваги; стагнація; спад, втрата основних позицій на ринку; зміна форми господарювання (банкрутство, ліквідація або інша форма припинення діяльності). Тому істотним є враховувати не тільки зміни зовнішнього середовища, але й етап розвитку даної системи, на якому ці зміни відбуваються. На стадіях розвитку та зростання як підприємствам, так і підприємницьким структурам фізичних осіб, що працюють у сфері автосервісу, простіше адаптуватися до змін макросередовища.

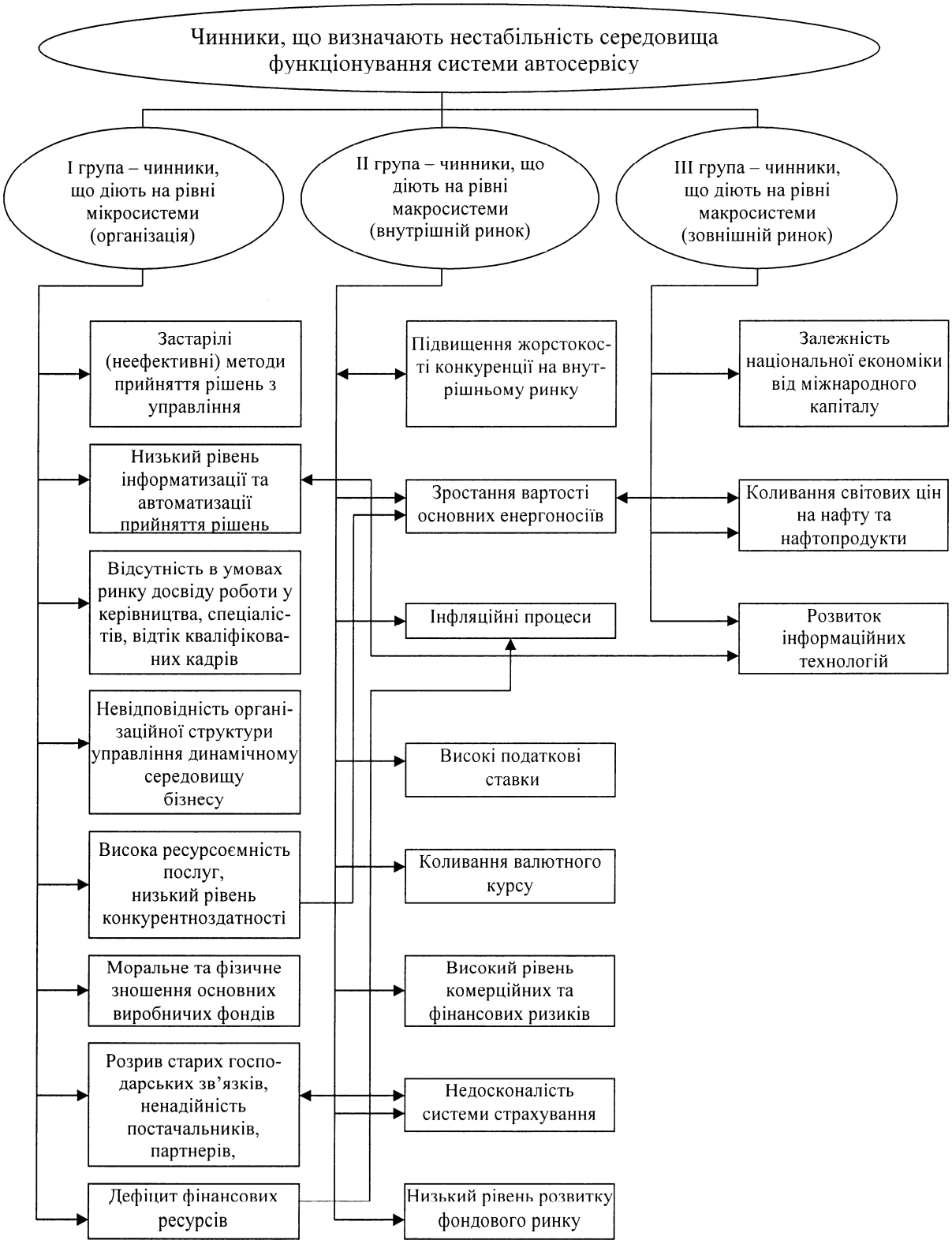


Рис. 1. Схема взаємозв'язку факторів, що визначають нестабільність середовища функціонування автосервісної організації

На початковому етапі зростання виробнича система повністю перебудовує свою структуру і проходить через стан диссипативного хаосу, в якому навіть невеликі зміни початкових параметрів стану приводять до значних відмінностей у зовнішньому вигляді системи на наступних етапах самоорганізації. Під час високих темпів зовнішніх змін система може безперервно проходити через декілька таких станів (біфуркацій). Якісна зміна структури системи призводить до втрати інформації про її минулий стан, внаслідок чого всі еволюційні процеси є необоротними.

В еволюційній концепції управління поєднання зовнішніх і внутрішніх чинників визначається не випадковою ситуацією, в якій система шукає оптимальний стан рівноваги, а логікою еволюційного розвитку макроекономіки в цілому і життєвого циклу окремих галузей господарської діяльності та підприємств зокрема. Точка рівноваги в такій системі безперервно зміщується у бік посилення диференційованості та посилення мінливості зовнішнього середовища.

Якщо звернутися до теорії і практики управління, то з високим ступенем упевненості можна стверджувати, що в умовах, які розглядаються, система управління об'єктом (підприємством), сам об'єкт і зовнішнє середовище повинні бути об'єнані в загальний контур, схема якого наведена на рис. 2.

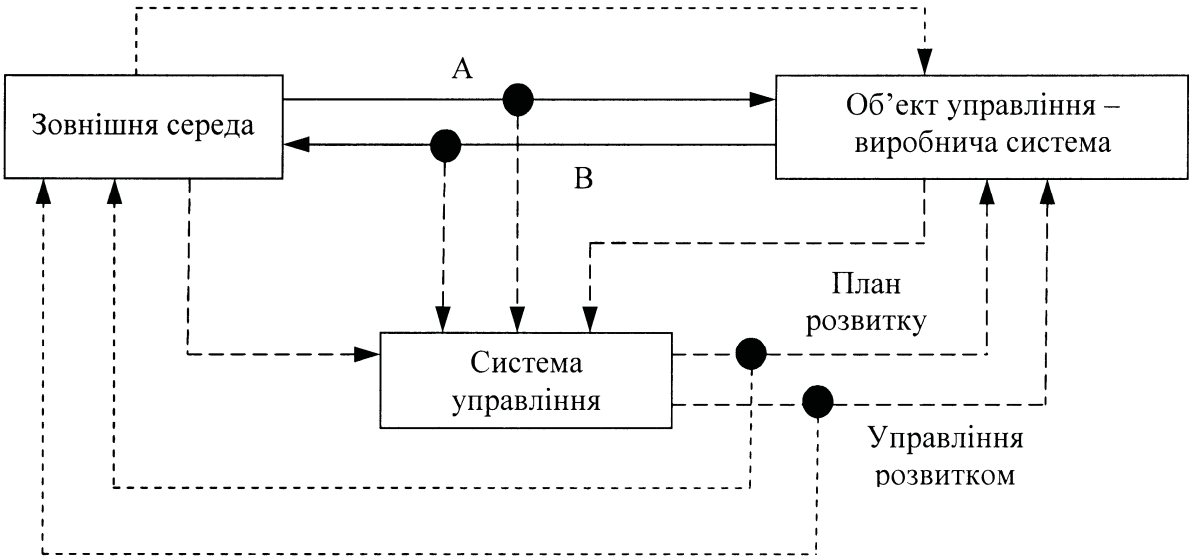


Рис. 2 Схема взаємодії виробничої системи та середовища інформаційні зв'язки; зв'зки управління

У процесі еволюційного розвитку виробничої системи в межах запропонованого контура управлінська функція реалізується через ухвалення одного з двох можливих рішень:

– введення в експлуатацію нових зразків техніки, технологій і організаційних форм виробництва, які створюють умови для інтенсивного розвитку виробництва;

– застосування і розвиток технічно однорідних засобів і технологічних методів.

Під час реалізації еволюційної концепції друге рішення викликає поступове уповільнення інтенсивності зростання ефективності, тобто призводить до екстенсивних форм розвитку. Наприклад, розширення виробничо-технічної бази (зростання виробничих площ, введення технологічного устаткування однакового технічного рівня) спочатку викликає істотне зростання показників ефективності виробництва, а під час подальшого «насичення» це зростання за умови рівних витрат знижується, тобто виявляється закон убуваючої ефективності використання

капіталовкладень або інших видів ресурсів. Так, підвищення рівня механізації процесів технічного обслуговування та ремонту на підприємствах автосервісу на 1% при початковому рівні механізації в 10, 34 і 45% призводить до приросту прибутку відповідно на 3, 6, 0,6 і 0,4% [3].

Ось чому, на наш погляд, механізм оцінки ефективності управління виробничими системами автосервісу повинен базуватися на визначенні об'єму отримуваного прибутку *P (t)* залежно від зміни вартості основних виробничих фондів *A (t)* на різних етапах їх еволюційного розвитку *t*. З метою визначення такої залежності використовують виробничу функцію Коба-Дугласа [4]

$$P(t) = \gamma \cdot A(t) \cdot \alpha \cdot L \cdot \lambda, \qquad \alpha + \lambda = 1, \tag{1}$$

де γ — параметр цієї функції;

L — трудові ресурси;

α і λ — коефіцієнти еластичності заміни основних фондів і праці відповідно.

Під час введення додаткових інвестицій *I (t)* на оновлення основних виробничих фондів залежність (1) приймає вигляд

$$\frac{dA}{dt} = \hat{a} \cdot P(t) + I(t) \tag{2}$$

Використовуючи співвідношення (2.28), одержуємо основне рівняння динаміки виробничої системи автосервісу у випадку статечної виробничої функції:

$$\frac{dA}{dt} = \bar{a}\left[A(t)\right]^{\alpha} + I(t), \tag{3}$$

де

$$\bar{a} = \gamma \cdot \hat{a}$$

Аналіз рівняння (3) показує, свідчить про неможливість його розв'язання в явному вигляді для деяких видів правих частин. Так, для випадків $I(t) = I_0 = const$ і $I(t) = \beta \cdot t$ це рівняння доцільно вирішувати наближеними методами.

У той же час, коли $I_0 = 0$, воно перетворюється на однорідне рівняння Бернуллі, рішення якого може бути знайдено методом підстановки:

$$x(t) = \frac{1}{\left[A(t)\right]^{-\alpha}} \tag{4}$$

Рівняння (3) може бути розв'язне також у випадку, коли $I(t) = \beta \cdot A(t)$, тобто для такої ситуації, коли потік інвестицій пропорційний динаміці основних фондів підприємства з коефіцієнтом пропорційності β, $0 < \beta < 1$. Іншими словами, у розглянутому випадку реалізується наступна стратегія інвестиційної підтримки — чим більше підприємство, тим більше інвестицій йому виділяється. За таких умов рівняння (3) приймає вигляд:

$$\frac{dA}{dt} = \bar{a}\left[A(t)\right]^{\alpha} + \beta \cdot A(t) \tag{5}$$

Поділивши обидві частини рівняння (2.30) на $\left[A(t)\right]^{\alpha}$:

$$\frac{1}{\left[A(t)\right]^{\alpha}} \cdot \frac{dA}{dt} - \bar{a} - \beta \frac{1}{\left[A(t)\right]^{-\alpha}} = 0 \tag{6}$$

Позначимо:

$$x(t) = \frac{1}{\left[A(t)\right]^{\alpha-1}} \tag{7}$$

Зробивши диференціювання (2.32), маємо:

$$\frac{dx}{dt} = (1-\alpha)\left[A(t)\right]^{1-\alpha-1} \cdot \frac{dA}{dt} \tag{8}$$

або

$$\frac{1}{\left[A(t)\right]^{\alpha}} \cdot \frac{dA}{dt} = \frac{1}{1-a} \cdot \frac{dx}{dt} \tag{9}$$

У процесі подальших математичних перетворень отримуємо загальне рішення неоднорідного диференціального рівняння (2.30):

$$A(t) = \left[\left(\frac{\bar{a}}{\beta} + A_0^{(1-a)}\right)\exp\left\{\beta(1-a)t\right\} - \frac{\bar{a}}{\beta}\right]^{\frac{1}{1-a}} \tag{10}$$

Якісний аналіз динаміки *A (t)* у співвідношенні (10) свідчить, що ріст основних фондів визначається в даній моделі їхнім початковим станом A_o, структурними характеристиками об'єкта $\bar{a}$, а також співвідношенням темпу росту інвестицій β і показником ефективності виробництва α.

Висновки

Стан та структура виробничих систем автосервісу, передусім залежить від динаміки та збурювань макросередовища. За таких умов стійкість підприємств, що розглядаються, залежить від їх можливості швидко та гнучко адаптуватися до змін зовнішнього середовища. Така адаптація є можливою під час управління підприємством відповідно до виду та тривалості етапів його еволюційного розвитку. Система управління об'єктом (підприємством), сам об'єкт і зовнішнє середовище повинні бути об'єднані у загальний контур, у межах якого доцільним є приймати рішення про напрямок застосування ресурсів та інвестицій.

Список літератури

1. Автомобільний транспорт України: стан, проблеми, перспективи розвитку: [Монографія/Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут; За заг. ред. А. М. Редзюка].— К.: ДП «ДержавтотрансНДІпроект», 2005.— 400 с.

2. Говорущенко Н.Я. Обеспечение безопасности движения на автомобильном транспорте/Н.Я. Говорущенко, В.П. Волков, И.К. Шаша.— Х.: Изд-во ХНАДУ, 2007.— 361 с.

3. Канарчук В.Є. Виробничі системи на транспорті: Підручник/В.Є. Канарчук, І.П. Курніков.— К.: Вища школа, 1997.— 359 с.

4. Кузнецов Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей/Е.С. Кузнецов, А.П. Болдин, В.М. Власов и др.— М.: Наука, 2001.— 535 с.

Аннотация. *Определены особенности условий функционирования производственных структур автосервиса. Рассмотрены факторы, которые влияют на стабильность внешней среды отечественных предприятий автосервиса. Предложена схема контура управления процессом функционирования предприятий автосервиса в нестабильной, динамической макросреде. Приведен механизм оценки изменения эффективности функционирования производственных систем в условиях реализации эволюционной концепции их развития.*

Abstract. *The peculiarities of car care enterprises functioning were analyzed. External factors influencing the stability of domestic car care enterprises were analyzed. Management scheme providing car care enterprise functioning within changeable and dynamic macro environment was given. Evaluation mechanism defining the efficiency alteration of production system functioning within evolution concept was suggested.*

Стаття надійшла до редакції 08.04.2010 р.

УДК 656.13.072

РЕЙЦЕН Е. А., к. т. н., профессор, Киевский национальный университет строительства и архитектуры,
КУЧЕРЕНКО Н. Н., доцент, Государственная академия жилищно-коммунального хозяйства, Киев

ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ К ПРОВЕДЕНИЮ ЧЕМПИОНАТА ЕВРОПЫ ПО ФУТБОЛУ В 2012 ГОДУ

Даётся анализ планов подготовки городов Украины к проведению ЕВРО-2012. Рассматриваются особенности совершенствования объектов транспортной инфраструктуры.

Постановка проблемы

В 2008 г. была принята Государственная целевая программа подготовки и проведения финальной части чемпионата Европы по футболу 2012 г. [1].

В соответствии с этой программой «ГосавтотрансНИИпроектом» была разработана Концепция транспортного обеспечения финальной части чемпионата Европы по футболу 2012 г. [2].

В этой Концепции содержится раздел «Мероприятия общественного транспорта», которые должны предусматривать:

1. Развитие необходимой сети аэропортов, автодорог, железных дорог в /между городами — организаторами турнира;
2. Стимулирование приобретения необходимого подвижного состава;
3. Управление дорожным движением и движением пешеходов на основе единой системы дорожных знаков;
4. Разработка маршрутной сети общественного транспорта на Евро — 2012 и издание информационного справочника;
5. Определение генерального перевозчика Евро — 2012;
6. Определение единых принципов паркирования и взаимодействия с пассажирским транспортом;
7. Координация услуг общественного транспорта, особенно в ночные часы;
8. Техническое обслуживание, ремонт, техническая помощь (буксирование) транспортных средств;

9. Определение порядка оплаты транспортных услуг;
10. Разработка мероприятий по обеспечению безопасности на транспорте;
11. Информационное обеспечение участников и гостей (карты, логотипы, справочные службы и т. п.);
12. Вопросы страховки пассажиров, грузов, транспортных средств.

Как видим, это общие положения, конкретизировать которые предстоит в каждом городе отдельно с учетом особенностей его планировки, мест расположения стадионов, состояния инженерно — транспортной инфраструктуры и т. п.

Планировочная структура города и место расположения стадиона — два важнейших фактора, которые в каждом конкретном городе имеют свою специфику.

Например, г. Киев характеризуется радиально-кольцевой структурой планировки, при которой нет параллельных дублирующих магистралей.

Крупные стадионы по их правилам расположения должны обеспечиваться маршрутами ГПТ по двум или трём независимым направлениям.

В г. Киеве — это ул. Бол. Васильковская (быв. Красноармейская) и ул. Жилянская. По первой магистрали курсируют троллейбус и маршрутные такси, а рядом со стадионом расположена ст. метро «Республиканский стадион». По второй — имеются маршруты троллейбуса, автобуса и маршрутных такси. Однако трудность заключается в том, что на этих улицах введено одностороннее движение — подъехать к стадиону по ним можно со стороны крупных транспортных узлов — пл. Дзержинского и пл. Победы. А вот подъехать к стадиону из других частей города или отъехать от него на ГПТ можно по параллельным улицам Горького и Саксаганского, на которых также введено одностороннее движение транспорта.

И поэтому, в соответствии с требованиями [3], выделить улицы исключительно для обслуживания ЕВРО-2012 в Киеве невозможно. Речь здесь может идти о спецполосах, которые на период Турнира можно сделать встречными на улицах Бол. Васильковской и Жилянской.

Анализ публикаций (требований УЕФА)

Существует «Структура плана мобильности принимающего города», которая содержит 11 разделов, среди которых — раздел 1: «Определение целевых групп транспортного обслуживания турнира и прогнозирование количества и характеристик прибытия и отъезда болельщиков». Чтоб составлять прогнозы, необходимо знать «Формулу Евро-2012» и проанализировать опыт проведения предыдущих чемпионатов. Вкратце изложим эти моменты.

Евро-2012 — самое большое спортивное мероприятие, которое организовывает Украина, представляет собой третье по масштабу спортивное событие мирового уровня. В ходе Чемпионата Европы по футболу 2012, который будет продолжаться 23 дня, будет проведен 31 матч в июне 2012 года. Пятнадцать из этих матчей будет проведено в Польше, 16 — в Украине.

На стадионах Украины состоится 12 групповых матчей, 2 четвертьфинала, 1 полуфинал и финал. А именно в г. Киеве состоится 3 групповых матча, четвертьфинал и финал, в Донецке — 3 групповых матча, четвертьфинал и полуфинал, в Днепропетровске и Львове по 3 групповых матча. Украина будет принимать по ёмкости стадионов 890 тис. болельщиков. Сколько болельщиков и из каких стран приедет дополнительно — неизвестно.

По предварительному соглашению в Польше в г. Варшава пройдёт открытие турнира Евро-2012, два групповых матча, четвертьфинал и полуфинал. В г. Гданьск состоится 3 групповых матча и четвертьфинал, в гг. Вроцлав и Познань — по 3 групповых матча.

Учитывая, что в финал Евро-2012 войдут 14 команд, плюс Польша и Украина, а большинство стран находится на большом расстоянии, то в перевозках наибольшая нагрузка ляжет на воздушный транспорт. Только такие страны как Чехия, Румыния, Болгария, частично Германия смогут воспользоваться автомобильным и железнодорожным транспортом.

Наиболее полезен опыт проведения и транспортного обслуживания Чемпионатов Европы и мира за последние годы.

Базовые условия Украины и Польши в сумме выше, чем предыдущих стран: по численности населения они превышают даже Германию, наибольшую страну Европы (не включая Россию), по ёмкости стадионов превышают на 37% Швейцарию и Австрию, на 47% Португалию (Евро-2004), на 37% Бельгию и Нидерланды (Евро-2000). Значительный потенциал наших стран нужно только успешно реализовать, изучив опыт предыдущих чемпионатов.

Определились такие главные тенденции проведения последних чемпионатов по футболу:

– за 6 игр Берлин посетило 9 млн. фанов, общее количество болельщиков превысило население города в 2,7 раза. Другие города посетило в среденем 1–1,5 млн. фанов. Фактор FF/EW (количество болельщиков/к населению города) составлял от 3,0 (Кёльн), 2,9 (Штутгарт), до 0,9 (Лейпциг и Гамбург). Количество болельщиков зависит от состава команд и интереса к матчу [4]. Германию посетило 21,44 млн. чел. фанов, тоесть в 6,5 раза больше, чем вмещали стадионы.

– появилось новое явление: возможность совместного пересмотра матчей с помощью больших демонстрационных экранов, установленных за пределами стадиона, которое считается позитивным и динамическим мероприятием.

– железной дорогой пользуются внутри страны, в основном, те болельщики, которые ездят за командой.

– необходимость блокировки обычного движения на прилегающих территориях стадиона до и после матчей (приблизительно за четыре часа до матча и два часа после него).

Основной раздел

Рассмотрим характеристики 12-ти стадионов, которые выделялись под проведение Евро-2012.

Принципиально может быть три случая, связанные со строительством стадионов: новое строительство, частичная реконструкция, полная реконструкция (когда существующий стадион разбирается полностью и на его месте строится новый). Все три случая встречаются при подготовке стадионов к Евро-2012 в Украине (Донецк, Днепропетровск, Львов, Киев, Харьков, Одесса) в Польше (Варшава, Гданьск, Краков, Познань, Вроцлав, Хожув).

В зависимости от того, в какой зоне города располагается стадион (центр, средняя часть, окраина или пригород), будет характеризоваться и его транспортная инфраструктура (виды транспорта, улицы и дороги, парковки и т. п.).

В табл. 1 приведена характеристика вышеуказанных стадионов, касающаяся только основных моментов, и при дальнейшем исследовании мы детально изучим особенности транспортного обслуживания стадионов и их благоустройства.

Как видим, количество зрителей на стадионах колеблется от 30 000 до 70 000 и их вместимость будет влиять на количество и характеристики необходимых объектов дорожно-транспортной инфраструктуры. Среди них особое место занимают парковки. Минимальное количество парковочных мест для легковых автомобилей и автобусов определяется в соответствии с требованиями УЕФА [4] и должно приниматься в соответствии с (табл. 2).

К сожалению, Украина пока не имеет опыта в проведении таких чемпионатов, тем более не наработаны определенные логистические цепочки по обслуживанию населения, туристов и олимпийской семьи как по отношению к месту расположения самого стадиона, так непосредственно в самом спортивном комплексе и в городе в целом, где проводится Чемпионат.

Возникает вопрос, как быть с теми положениями генплана, КСТ и КСОД, которые уже разработаны для данного города и касаются непосредственно стадионов, выделенных для проведения Чемпионата Евро-2012, аэропортов, железно — дорожных вокзалов и др. объектов инженерно-транспортной инфраструктуры.

Таблица 1

Характеристика стадионов для проведения ЕВРО-2012

№ п/п	Город	Население, млн. чел.	Название стадиона	Количество	Стоимость строительства
Украина					
1.	Донецк	1,03	«Донбасс-Арена»	50 000	250 млн. евро
2.	Днепропетровск	1,05		31 003	65 млн. евро
3.	Львов	0,745	«Лемберг»	32 000–40 000	60 млн. евро
4.	Киев	2,7	«Олимпийский»	70 000	222 млн. евро
5.	Харьков	1,47	«Металлист»	40 000	7,5 млн. евро (первый этап)
6.	Одесса	1,0	Стадион ЧМП	30 000–40 000	60 млн. евро
Польша					
7.	Варшава	1,7	«Национальный стадион»	63 000	1,2 млн. PLN
8.	Гданськ	0,456	«Балтик Арена»	41 776	623 млн. PLN
9.	Краков	0,756	«Висла»	33 221	40 млн. PLN
10.	Познань	0,561	«Lecha»	41 018	511,5 млн. PLN
11.	Вроцлав	0,635	«Вроцлавская Арена»	41 500	500 млн. PLN
12.	Хожув	0,115	«Силезия»	50 000	85 млн. PLN (реконструция)

Таблица 2

Минимальное количество парковочных мест для легковых автомобилей и автобусов

№ п/п	Тип транспортного средства	Необходимое количество парковочных мест авт./на 1000 мест	Количество мест для зрителей на стадионе		
			30 тыс.	40 тыс.	50 тыс.
I	В пределах стадиона или вблизи от него				
1.	Автобус	4,5	135	180	225
2.	Легковой автомобиль	35	1050	1400	1750
II	Возле стадиона (R=1,5 км)				
3.	Автобус	9	270	360	450
4.	Легковой автомобиль	130	3900	5200	6500

Анализируя ход работ, которые ведутся городами для подготовки к ЕВРО-2012 можно выделить следующие вопросы:

1. Строительство новых отелей для гостей.
2. Строительство дополнительных международных терминалов в аэропортах.
3. Строительство новых улиц и дорог и реконструкция существующих.
4. Строительство паркингов типа «Park and Ride», подземных и наземных стоянок, в том числе на территории стадиона.
5. Строительство (реконструкция) других стадионов в городе, как тренировочных центров к ЕВРО-2012.
6. Организация мест и путей следования для инвалидов на колясках.

7. Организация информации на станциях метро о месте расположения стадиона и удобных путей следования к нему.

8. Ввод временных маршрутов на период матчей от аэропортов и ж/д вокзалов, автовокзалов к стадиону.

9. Организация маршрутов типа «автобус по вызову» для обслуживания сети отелей.

10. Другие мероприятия.

В результате неожиданного решения проводить Евро-2012 в четырёх городах Украины оказалось, что подготовка соответствующих объектов в них идёт неравномерно (табл. 3).

К объектам из табл. 3 можно добавить ещё аквапарки, которых в Киеве нет. Зато два аквапарка существует в Харькове — «Волна» и «Джунгли»; комплекс «Пляж» — во Львове. Запроектирован в Донецке и несомненно будет построен в срок — «Королевское побережье».

Как видим, Киев во многом отстаёт, несмотря на то, что здесь должен пройти финал Евро-2012. Можно быть спокойным только в отношении количества отелей в Киеве — существующих и строящихся.

Таблица 3

Степень готовность основных объектов инфраструктуры

№ п/п	Города	Готовность основных объектов				
		Стадионы	Аэропорты	Ж/д вокзал	Парковки	Отели
1.	Киев	Реконструкция — 40%	Строится Новый терминал	Не предусмотрена	Начато строительство	Высокая степень готовности
2.	Донецк	Готов	Строится новый международный терминал	Предусмотрена реконструкция	Имеются возле и вблизи стадиона	Низкая степень готовности
3.	Харьков	Готов	Реконструкция	Готов	Строятся	Строятся
4.	Львов	Строится	Реконструкция	Предусмотрена реконструкция	Запроектированы	Строятся

Выводы

Какие же особенности подготовки транспортной инфраструктуры на примере г. Киева можно назвать?

1. Изначально было принято неправильное решение, по которому почти построили торгово-развлекательный комплекс на предстадионной площади. Теперь его снесли, оставив только подземный паркинг, который не хотят включать в план подготовки к ЕВРО-2012 (!).

2. На станции метро «Республиканский стадион», где существует только один вход (выход), можно было бы предусмотреть второй выход непосредственно на стадион во время проведения матчей.

3. В плане подготовки никак не задействована станция электрички «Протасов Яр» (в 1,5 км от стадиона «Олимпийский»). Если предположить, что наконец будет введено кольцо городской электрички вокруг центральной части г. Киева, объединяющее левую и правую части города, то это существенно улучшило бы транспортное обслуживание населения. При этом целесообразно было бы в зоне каждой станции электрички устроить стоянки типа «park and ride».

4. Особо необходимо сказать об устройстве вторых выходов из станций метро: «Вокзальная» — в сторону стадиона ЦСКА; «Театральная» — в сторону ул. Ветрова; «Дворец спорта» — в сторону стадиона «Олимпийский» с подземным переходом под ул. Эспланадной.

5. При проектировании зоны ограниченного движения вокруг стадиона необходимо предусматривать максимально возможное разделение транспортных и пешеходных потоков за счёт введения специальных программ регулирования с помощью АСУД и строительства подземных пешеходных переходов, совмещённых с небольшими кафетериями.

6. Связь аэропортов «Борисполь» и «Киев» скоростными видами общественного транспорта с городом и с аэровокзалами при помощи электрички или монорельсовой дороги.

Это основные, на наш взгляд, мероприятия по совершенствованию транспортной инфраструктуры с учётом особенностей г. Киева, которые не нашли пока своего отражения в проектах подготовки города к принятию Евро-2012.

Список литературы

1. Державна цільова програма підготовки та проведення фінальної частини чемпіонату Європи з футболу 2012 // Постанова Кабінету Міністрів України № 107 від 22.02.2008 р.

2. Новикова А.М., Ворон О.І., Черенько Л.М. Концептуальні підходи транспортного забезпечення проведення чемпіонату Європи з футболу у 2012 році // «Автошляховик України».—2009.— № 3.—С. 2–5.

3. УЄФА Євро 2012. Проект транспортних трекерів. Основні визначення та поняття.

4. Рейцен Е.А., Субин А.И. Совершенствование транспортной инфраструктуры в зонах расположения стадионов // «Містобудування та територіальне планування».— К.: КНУБА, 2009.— Вип. 32 — С. 381–384.

Анотація. *Проводиться аналіз планів з підготовки міст України до проведення Євро-2012. Розглядаються особливості удосконалення об`єктів транспортної інфраструктури.*

Abstract. *The plans of preparation of Ukrainian cities for EVRO-2012 are analized. The peculiaritys of improvement of the traffic infrastructure's objects are considered.*

Стаття надійшла до редакції 25.03.2010 р.

УДК 004.934.1'1

ФЕДОРОВ Е.Е. к. т. н.,
Донецкая академия автомобильного транспорта

МЕТОДИКА АНАЛИЗА ФОРМ СЛОВ

Для повышения надежности вербального управления автомобилем в данной статье излагается методика анализа форм слов технического языка, включающая в себя формальное представление языковых конструкций, присвоение им количественных оценок, закрепление взаимосвязей между элементами анализа форм слов, разработку структуры анализа форм слов, формирование структуры нейросети, реализующей правила анализа форм слов, разработку процедуры обучения.

Постановка проблемы

В настоящее время в отечественной и мировой практике активно ведутся разработки интеллектуальных систем управления движением транспорта. При создании интеллектуальной системы необходимо решить задачу вербального управления и, в частности, задачу анализа языковых конструкций. При формировании описаний процессов и предметов важную роль играет словоизменение, изучающее правила формирования форм слов, входящих в состав этих описаний.

Анализ последних исследований и публикаций

Анализ последних достижений и публикаций [1–4], посвященных этой проблеме, позволяет сделать вывод, что эти модели синтеза и анализа форм слов не учитывают морфонологические преобразования и не используют количественные оценки языковых структур. Нерешенным является вопрос, связанный с созданием методики анализа форм слов, базирующейся на правилах словоизменения русского языка.

Цель статьи

Целью настоящей работы является формирование методологических положений анализа форм слов.

Основной материал

В данной статье излагается методика анализа форм слов, включающая в себя:

1. Формальное представление языковых конструкций
2. Присвоение им количественных оценок
3. Закрепление взаимосвязей между элементами анализа форм слов
4. Разработку структуры анализа форм слов
5. Формирование структуры нейросети, реализующей правила анализа форм слов.
6. Разработку процедуры обучения

1. Формальное представление языковых конструкций

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2. Присвоение языковым конструкциям количественных оценок

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

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

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

в) информационных мер, сформированных из информационных мер — $M(\overline{Z1}_j), M(\overline{\tilde{\Delta}1}_v^s), M(\overline{\hat{\Delta}1}_w^s), M(\overline{Б1}_p^s)$ в виде

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

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

3. Закрепление взаимосвязей между языковыми конструкциями

Для закрепления взаимосвязей между языковыми конструкциями вводятся:
а) матрица бинарных отношений $\Gamma(\overline{\mathbf{C}}^s, \overline{\Omega}^s)$

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

$$M(\overline{C}_{r-1}^s) \prec M(\overline{C}_r^s) \prec M(\overline{C}_{r+1}^s), M(\overline{\Omega}_{l-1}^s) \prec M(\overline{\Omega}_l^s) \prec M(\overline{\Omega}_{l+1}^s),$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4. Разработка структуры анализа форм слов

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

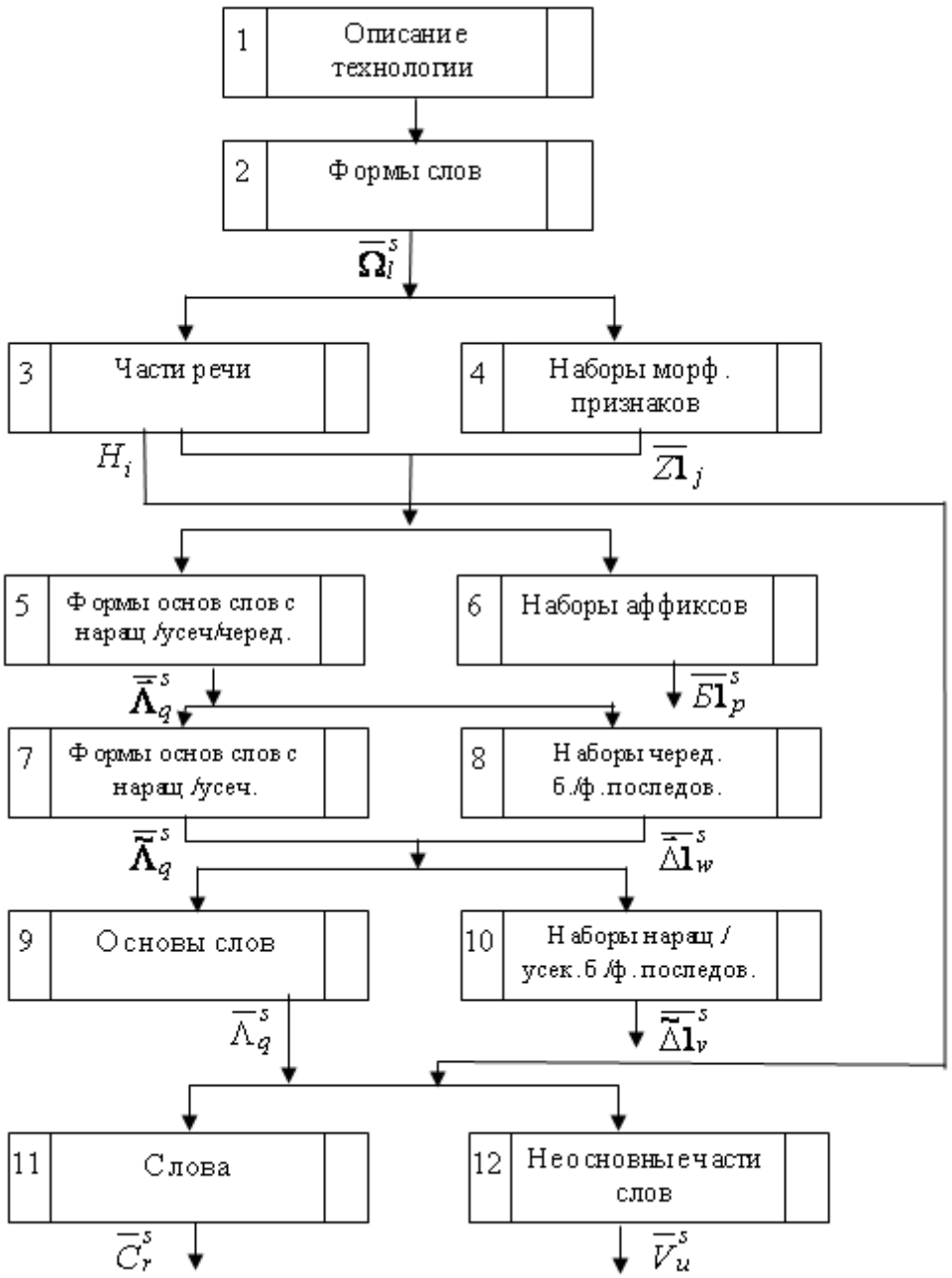


Рис. 1. Структурная детализация анализа форм слов

Из используемой в технологической карте (блок 1) формы слова (блок 2), согласно части речи слова (блок 3) и набора морфологических признаков (блок 4), выделяется форма основы с наращением/усечением/чередованием букв/фонем (блок 5) и набор словоизменительных аффиксов (блок 6). Эта основа преобразуется к форме с наращением/усечением букв/фонем (блоки 7) и к основе (блок 9) посредством наборов наращиваемых/усекаемых (блок 8) и чередующихся (блок 10) буквенно/фонемных последовательностей соответственно. От основы получают слово (блок 11) посредством добавления неосновной части слова (блок 12).

5. Разработка структуры нейросети, реализующей правила анализа форм слов

На рис. 2 представлена шестислойная с прямыми связями нейронная сеть анализа форм слов. В первом слое осуществляется выделение формы основы путем отсечения от порожденного слова набора словоизменительных аффиксов. Во втором — преобразование формы основы посредством нелинейных морфонологических преобразований. В третьем — преобразование формы основы посредством линейных морфонологических преобразований. В четвертом — формирование слова путем добавления к основе неосновной части. В пятом — сопоставление слов с допустимыми. В шестом — анализ полученных результатов

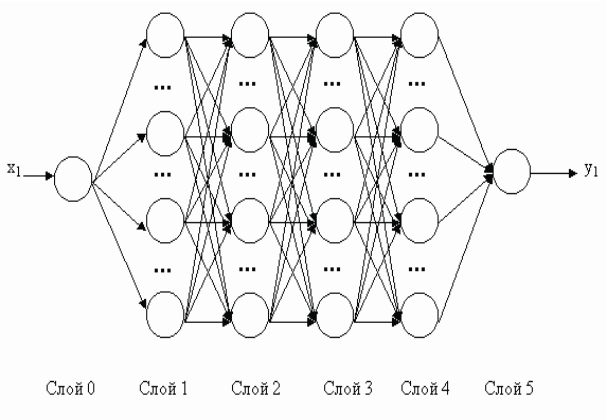


Рис. 2. Нейронная сеть анализа форм слов

6. Процедура обучения нейросети

После формирования структуры сети произведено ее обучение, заключающееся в закреплении установившихся ассоциативных связей для данной технологической карты путем настройки весовых коэффициентов. Наиболее вероятная цепочка характеризуется самыми высокими весовыми коэффициентами. Процедура обучения сети состоит из инициализации, прямого и обратного хода.

1. Инициализация

Производится инициализация весов связей.

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

2. Прямой ход

Первый слой состоит из $\eta(\overline{Б1}^s)$ нейронов, соответствующих векторам аффиксов $\mu(\overline{Б1}_j^s) = (M(б_{j1}^s), M(б_{j2}^s), M(б_{j3}^s))$ с информационной мерой $M(\overline{Б1}_j^s)$. В этом слое выделяется

информационная мера формы основы слова (с чередованием/наращением/усечением), используя функцию активации.

$$M(x_j^{(1)}) = f_1(M(x_1^{(0)}), M(б_{j1}^s), M(б_{j2}^s), M(б_{j3}^s)) = w_{1j}^{(1)}(M(x_1^{(0)}) \circ (M(б_{j1}^s) \lozenge M(б_{j2}^s) \lozenge M(б_{j3}^s))),$$

где $j \in \overline{1, N^{(1)}}, N^{(1)} = \eta(\overline{Б1}^s)$.

Второй слой состоит из $\eta(\overline{Б1}^s)$ групп, каждая из которых содержит $\eta(\overline{\tilde{\Delta}1}^s)$ нейронов, соответствующих векторам чередующихся буквенных/фонемных последовательностей $\mu(\overline{\tilde{\Delta}1}_v^s) = (M(\tilde{\delta}_{v1}^s), M(\tilde{\delta}_{v2}^s))$ с информационной мерой $M(\overline{\tilde{\Delta}1}_v^s)$. В этом слое формируется информационная мера формы основы (с наращением/усечением), используя функцию активации.

$$M(x_j^{(2)}) = f_2(M(x_i^{(1)}), M(\tilde{\delta}_{v1}^s), M(\tilde{\delta}_{v2}^s)) = w_{ij}^{(2)} g(M(x_i^{(1)}), M(\tilde{\delta}_{v1}^s), M(\tilde{\delta}_{v2}^s)),$$

где $i \in \overline{1, N^{(1)}}, j \in \overline{1, N^{(2)}}, N^{(2)} = \eta(\overline{Б1}^s) \cdot \eta(\overline{\tilde{\Delta}1}^s), v = j \bmod \eta(\overline{\tilde{\Delta}1}^s)$.

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

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

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

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

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

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

Эти процедуры детально описаны в монографии [5].

Третий слой состоит из $\eta(\overline{Б1}^s) \cdot \eta(\overline{\tilde{\Delta}1}^s)$ групп, каждая из которых содержит $\eta(\overline{\hat{\Delta}1}^s)$ нейронов, соответствующих векторам наращиваемых/усекаемых буквенных/фонемных последовательностей $\mu(\overline{\hat{\Delta}1}_m^s) = (M(\hat{\delta}_{m1}^s), M(\hat{\delta}_{m2}^s))$ с информационной мерой $M(\overline{\hat{\Delta}1}_m^s)$. В этом слое формируется информационная мера основы слова, используя функцию активации.

$$M(x_j^{(3)}) = f_3(M(x_i^{(2)}), M(\hat{\delta}_{m1}^s), M(\hat{\delta}_{m2}^s)) = w_{ij}^{(3)} \cdot ((M(x_i^{(2)}) \circ M(\hat{\delta}_{m2}^s)) \lozenge M(\hat{\delta}_{m1}^s)),$$

где $i \in \overline{1, N^{(2)}}, j \in \overline{1, N^{(3)}}, N^{(3)} = \eta(\overline{Б1}^s) \cdot \eta(\overline{\tilde{\Delta}1}^s) \cdot \eta(\overline{\hat{\Delta}1}^s), m = j \bmod \eta(\overline{\hat{\Delta}1}^s)$.

Четвертый слой состоит из $\eta(\overline{Б1}^s) \cdot \eta(\overline{\tilde{\Delta}1}^s) \cdot \eta(\overline{\hat{\Delta}1}^s)$ групп, каждая из которых содержит $\eta(\overline{V}^s)$ нейронов, каждый из которых соответствует информационной мере неосновной части слова $M(\overline{V}_u^s)$. В этом слое вычисляется информационная мера слова, используя функцию активации.

$$M(x_j^{(4)}) = f_4(M(x_i^{(3)}), M(v_{u1}^s)) = w_{ij}^{(4)} \cdot (M(x_i^{(3)}) \Diamond M(\overline{V}_u^s)),$$

где $i \in \overline{1, N^{(3)}}, j \in \overline{1, N^{(4)}}, N^{(4)} = \eta(\overline{Б1}^s) \cdot \eta(\overline{\tilde{\Delta}1}^s) \cdot \eta(\overline{\hat{\Delta}1}^s) \cdot \eta(\overline{V}^s), u = j \bmod \eta(\overline{V}^s)$.

Пятый слой состоит из $\eta(\overline{Б1}^s) \cdot \eta(\overline{\tilde{\Delta}1}^s) \cdot \eta(\overline{\hat{\Delta}1}^s) \cdot \eta(\overline{V}^s)$ групп, каждая из которых содержит $\eta(\overline{\mathbf{C}}^s)$ нейронов, каждый из которых соответствует информационной мере слова $M(\overline{C}_r^s)$. В этом слое полученные слова сопоставляются с допустимыми, используя функцию активации.

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

где $i \in \overline{1, N^{(4)}}, j \in \overline{1, N^{(5)}}, N^{(5)} = \eta(\overline{Б1}^s) \cdot \eta(\overline{\tilde{\Delta}1}^s) \cdot \eta(\overline{\hat{\Delta}1}^s) \cdot \eta(\overline{V}^s) \cdot \eta(\overline{C}^s), \boldsymbol{p} = j \bmod \eta(\overline{C}^s)$,

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

Шестой (выходной) слой содержит один нейрон.

В этом слое анализируются полученные результаты, и выдается слово y_1, используя функцию активации.

$$M(y_1) = M(x_1^{(6)}) = f_6(M(x_1^{(5)}), \ldots, M(x_{N^{(5)}}^{(5)})) = \sum_{i=1}^{N^{(5)}} w_{i1}^{(6)} \cdot M(x_i^{(5)})$$

3. Обратный ход

Весовые коэффициенты нейросети вычисляются следующим образом

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

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

$$w_{ij}^{(4)} = \begin{cases} 1, & M(x_j^{(4)}) = f_4(M(x_i^{(3)}), M(\overline{V}_u^s)) \wedge \sum_k w_{jk}^{(5)} = 1 \\ 0, & \textit{иначе} \end{cases},$$

$$w_{ij}^{(3)} = \begin{cases} 1, & M(x_j^{(3)}) = f_3(M(x_i^{(2)}), M(\widehat{\delta}_{m1}^s), M(\widehat{\delta}_{m2}^s)) \wedge \sum_k w_{jk}^{(4)} = 1 \\ 0, & \textit{иначе} \end{cases},$$

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

$$w_{1j}^{(1)} = \begin{cases} 1, & M(x_j^{(1)}) = f_1(M(x_1^{(0)}), M(б_{j1}^s), M(б_{j2}^s), M(б_{j3}^s)) \wedge \sum_k w_{jk}^{(2)} = 1 \\ 0, & \textit{иначе} \end{cases}$$

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

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

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

Выводы

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

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

Список литературы

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

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

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

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

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

Анотація. *Для підвищення надійності вербального керування автомобілем у даній статті викладається методика аналізу форм слів технічної мови, що включає в себе формальне подання язикових конструкцій, присвоєння їм кількісних оцінок, закріплення взаємозв'язків між елементами аналізу форм слів, розробку структури аналізу форм слів, формування структури нейромережі, що реалізує правила аналізу форм слів, розробку процедури навчання*

Abstract. *For increase of reliability of a verbal control vehicle in given article the technique of the analysis of forms of words of the technical language, including formal representation of language designs, assignment of quantitative estimations by it, fastening of interrelations between elements of the analysis of forms of words, working out of structure of the analysis of forms of words, structure formation neural network, realizing rules of the analysis of forms of words, working out of procedure of training is stated*

Стаття надійшла до редакції 08.02.2010 р.

УДК 629.113

БАННИКОВ В.А., инж., ДУГЕЛЬНЫЙ В.Н., к.т.н., доц., ЗАГОРОДНОВ М.И., к. т. н., доц., КОНДРАТЬЕВ В.В., ассистент, САВЕНОК Д.В., ассистент

ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК УВОДА ЭЛАСТИЧНЫХ ШИН

Рассмотрен вопрос модернизации лабораторной установки для экспериментального исследования характеристик увода эластичных шин с целью расширения ее функциональных возможностей, повышения точности измерений и надежности, а также упрощения конструкции.

Постановка проблемы

К настоящему моменту создано большое количество лабораторных установок барабанного типа для экспериментального исследования характеристик увода эластичных шин [1–6]. Особенность каждой заключается в том, что она, прежде всего, призвана решать поставленные перед ней конкретные задачи для шин определенной конструкции и типоразмеров. Попытка исследования характеристики тороидальной шины на лабораторной установке для проведения экспериментов с традиционными автомобильными шинами не позволила получить нужные зависимости. Поэтому, сначала были рассмотрены различные типы и схемы лабораторных установок, а затем одна из реальных и наиболее подходящих конструкций была подвергнута тщательному анализу, после чего были сформулированы задачи по расширению границ ее функциональных возможностей, а уже потом — разработаны необходимые конструктивные элементы, обеспечивающие достижение поставленной цели.

Анализ исследований и публикаций

Известны стенды для исследования увода шин и определения коэффициента сопротивления боковому уводу [1, 2, 6], в которых общим является использование беговых барабанов, а способы создания боковых сил, действующих на шину, определяются конструкцией соответ-

ствующего узла. В конечном итоге это сказывается как на диапазоне возможностей установки, так и на точности измерений.

Исследование эластичных шин на установке барабанного типа, (научно-исследовательская лаборатория автодорожного института при Донецком НТУ) представленной на рис. 1 [4], позволяет определить основные их параметры и выявить некоторые особенности. Одним из главных и возможных исследований является определение зависимости между боковой силой и углом увода эластичного колеса, которая может учитывать внутреннее давление в ней, вертикальную нагрузку, заводские дефекты и степень износа и т. д.

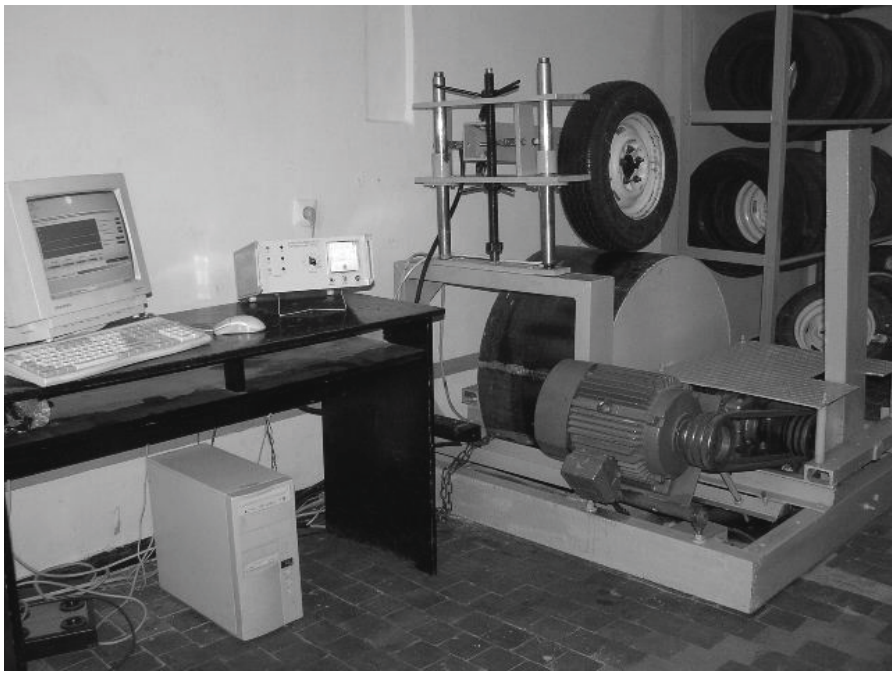


Рис. 1. Общий вид модернизируемой установки

Однако, ограниченность диапазона установления углов развала и схождения, а также отсутствие устройства для постоянной регистрации вертикальной нагрузки, одновременно с регистрацией боковой силы, сужают возможности установки [3, 4] при моделировании различных, в том числе критических режимов движущегося колеса. Поэтому, провести в достаточной мере исследования тороидальной шины, используемой в наклоняемых при движении транспортных средствах (скутеры, трициклы и т. д.) — не представляется возможным. Основная причина — изначально конструкция стенда не предназначалась для мотоциклетных, тороидальных шин и поэтому она не имеет возможности установить (в т. ч. одновременно) углы развала и схождения на величину — порядка 20 градусов.

С другой стороны, отсутствие функции измерения и регистрации значений вертикальной нагрузки на колесе в каждый момент времени одновременно с измерениями и регистрацией боковой силы, также ограничивает возможности стенда и степень глубины исследований на нем.

Конструкция устройства для установки заданной вертикальной нагрузки на колесо довольно сложна и требует высокой точности настройки. Как следствие, это способствует появлению нестабильных результатов исследований. Одним из серьезных проявлений этого недостатка является искажение результатов измерения боковой силы при образовании перепада высот протекторов на беговой дорожке шины, вызванного действием на нее боковой силы. В этой ситуации шина совершает вертикальные перемещения относительно барабана, подобные скачкам при движении, например, через «лежащего полицейского». Высота скачка может достигать 4–5%

величины радиуса колеса. Это означает, что тяга, соединяющая нагрузочную балку 3 с корпусом 12 (рис. 4 а) в еще не модернизированной установке (рис. 1) должна удлиниться приблизительно на 1 мм. Но, поскольку удлинения не происходит, то его компенсация осуществляется за счет дополнительного нагружения тензодатчика боковой силы и, таким образом, подачи ложного сигнала увеличения боковой силы на колесе.

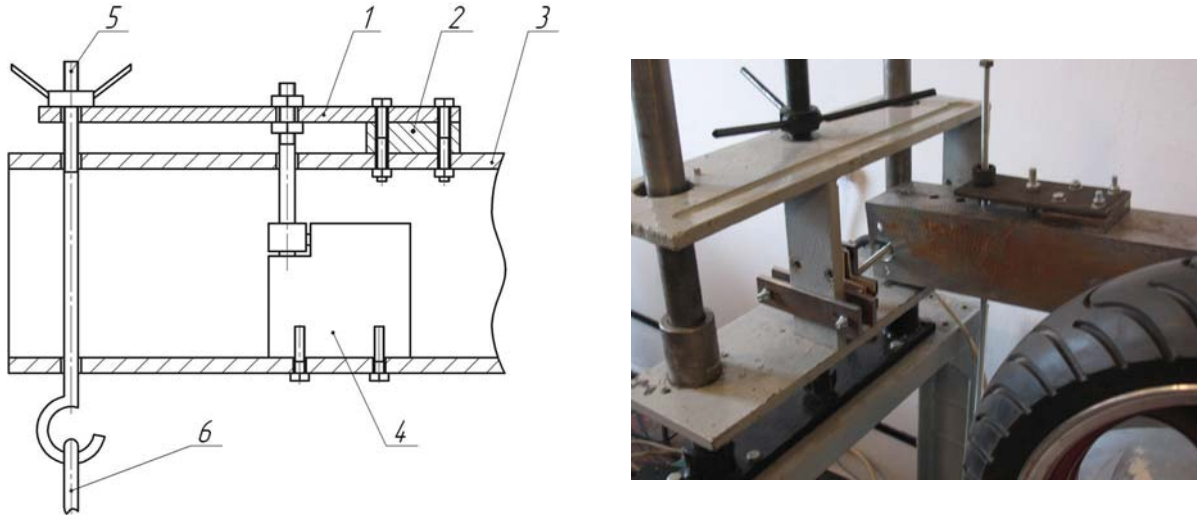
Цель статьи

Предложить концепцию упрощенной установки барабанного типа с расширенными функциональными возможностями для экспериментального исследования характеристик увода эластичных шин в том числе — тороидальных, с повышенной точностью измерений.

Основной раздел

Авторы поставили перед собой следующие задачи: расширение функциональных возможностей установки для экспериментальных исследований; повышение точности измерений установки; упрощение установки и повышение ее надежности.

В модернизируемом стенде, в качестве устройства для регистрации вертикальной нагрузки, действующей на колесо, используется упругая плита 1 (рис. 2), выполненная из рессорной стали, которая жестко, через стальную прокладку 2 соединена с нагрузочной балкой 3 (в прежней конструкции установки).



а) *б)*

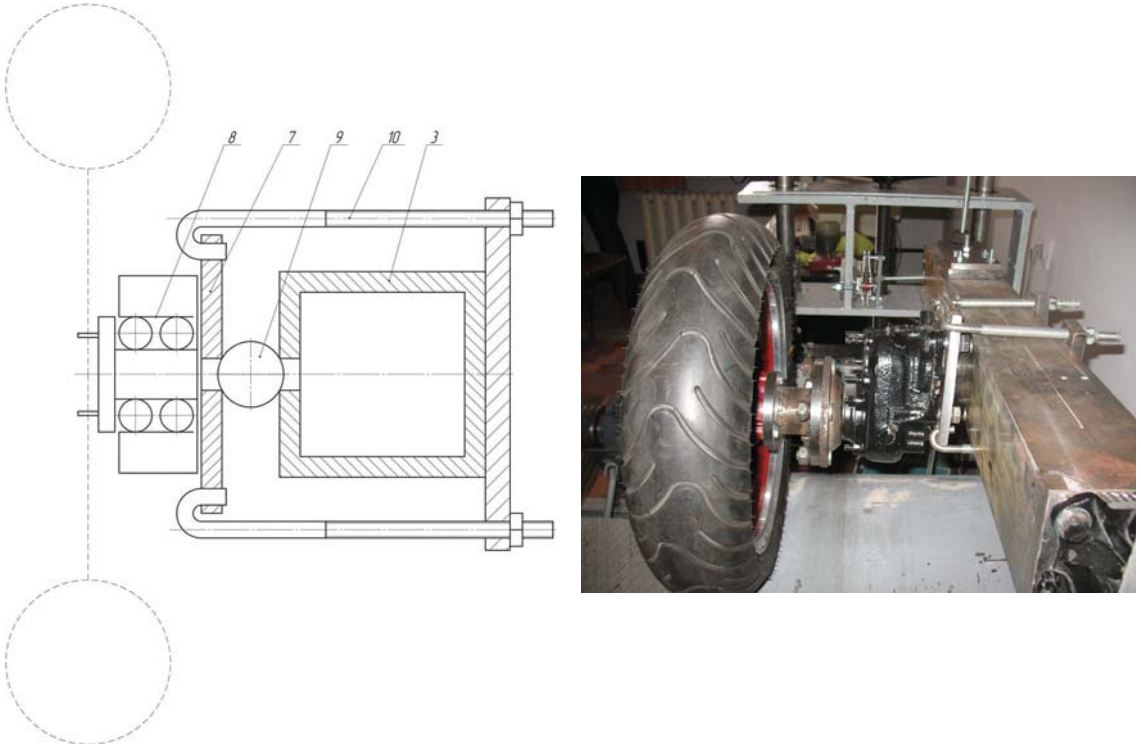
Рис. 2. Упругая плита для передачи реакции от вертикальной нагрузки с колеса на тензодатчик:

а — схема установки упругой плиты на нагрузочную балку;
б — вид упругой плиты на нагрузочной балке

С другой стороны, упругая плита 1 соединена тягой с тензометрическим датчиком вертикальной нагрузки 4, аналогичному датчику боковой силы и, установленному жестко на нагрузочной балке 3. Кроме того, эта же плита 1, служит для восприятия установочной вертикальной нагрузки, создаваемой нагрузочным винтом 5. При этом нагрузочный винт 5 может быть соединен гибкой

связью 6 с нижней частью рамы установки, либо — непосредственно с — грузом заданной массы (на рисунке не показан). Сигнал от датчика вертикальной нагрузки 4, аналогично сигналу от уже существующего датчика боковой силы, параллельно и одновременно с ним поступает на измерительно-регистрирующую систему установки (рис. 1).

Устройством для расширения диапазона установки углов развала и схождения является дополнительная опорная плита 7 (рис. 3), к которой жестко крепится штатная ступица 8, к которой, в свою очередь, прикрепляется исследуемое колесо.



а) *б)*

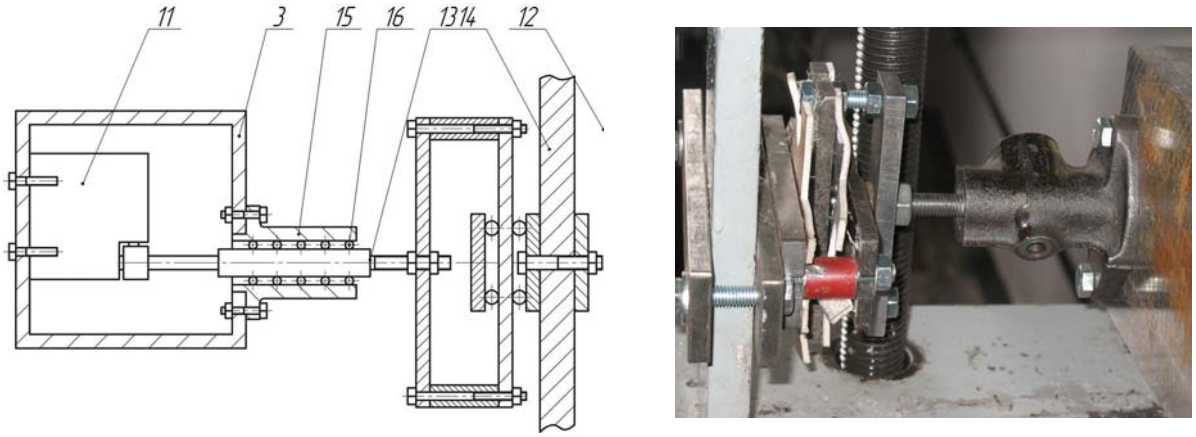
Рис. 3. Устройство для установки углов развала и схождения:
а — схема устройства; б — вид устройства

Сама же опорная плита 7 другой стороной опирается на стальной шарик 9 диаметром около 35 мм и с помощью 4-х шпилек 10 крепится к нагрузочной балке 3. Каждая шпилька 10 имеет длинную резьбовую часть, что позволяет устанавливать края опорной плиты 7 на различном расстоянии от нагрузочной балки 3 и, таким образом, обеспечивать необходимые сочетания углов развала и схождения. При этом, значения углов установки колеса, как для обеспечения развала, так и для схождения, находятся в диапазоне от –20 до +20 градусов. Увеличение диаметра шарика 9, позволяет расширить диапазон установки углов развала и схождения.

Как отмечено выше, вертикальная нагрузка колеса в новой конструкции осуществляется посредством упругой плиты 1, нагрузочного винта 5 и гибкой связи 6 с рамой установки (рис. 2) или с грузом необходимой величины, непосредственно связанного с упругой плитой 1. Такое изменение позволило избавиться от сложного винтового нагрузочного устройства, длительной и кропотливой настройки и одновременно — от источника «помех», искажающих сигнал датчика боковой силы. Результатом таких усовершенствований стало повышение точности измерений боковых сил, действующих на шину, упрощение конструкции стенда и трудоемкости выполнения исследовательских работ, а также сокращение времени на проведение исследований в целом.

Так, с целью повышения точности измерений боковой силы, была произведена реконструкция узла соединения нагрузочной балки 3 с установленным неподвижно тензодатчиком 11 (рис. 4). Главное отличие нового устройства состоит в том, что тензодатчик 11 связан с неподвижным корпусом установки 12 посредством штока 13 и плоского упорного подшипника 14. Плоский упорный подшипник 14 имеет три степени свободы, одну — в обеспечении возможности вращения относительно оси, перпендикулярной плоскости подшипника, две другие — в возможности перемещения по взаимно перпендикулярным осям, лежащим в плоскости подшипника. Шток 13, жестко связывающий тензодатчик 11 с подшипником 14, в свою очередь, имеет две степени свободы (вращения и перемещения вдоль своей оси), поскольку расположен внутри втулки 15, жестко установленной на нагрузочной балке 3. При этом, между втулкой 15 и гладкой поверхностью штока 13, с целью снижения трения, располагаются шарики 16 (рис. 4).

Таким образом, при вертикальных колебаниях нагрузочной балки 3, вызванных радиальными биениями барабана и особенно биениями, связанными с неоднородностью шины, во время работы модернизированного стенда, шток 13 также перемещается с балкой 3. При этом его ось движется параллельно самой себе, увлекая за собой среднюю часть опорного подшипника 14, и сохраняя расстояние между тензодатчиком 11 и корпусом 12. То есть вертикальные колебания нагрузочной балки 3 уже не вызывают угловые колебания штока 13 и, таким образом, не искажают реальное значение боковой силы. Кроме того, при установке колеса другого типоразмера, не возникнет ложное напряжение на тензодатчике 11, в результате неточности монтажа соединения его с балкой.



а) *б)*

Рис. 4. Шарнирное соединение тензодатчика посредством штока с неподвижной частью корпуса установки:

а — схема устройства; б — вид устройства

Реализация новых, дополнительных устройств, для задания вертикальной нагрузки на колесо и возможность непрерывной регистрации этой нагрузки, одновременно с регистрацией боковой силы, позволяют использовать нагрузочную балку 3 для крепления к ней отдельных частей транспортных средств, содержащих колесо с эластичной шиной, например, управляемой стойки микроавтомобиля (рис. 5).

Целесообразность проведения опытов с управляемой стойкой продиктована возможностью исследования устойчивости движения, регистрации автоколебаний и т. п. Представленная на рис. 5 управляемая стойка выполнена с возможностью изменения угла наклона поворотной оси в продольном и поперечном направлении, изменения «выноса», своего рода аналога понятию «плечо обкатки», и угла направления движения (схождения) и, таким образом, обеспечивать

«самоустанавливание» угла поворота управляемого колеса. Разнообразие варьирования параметрами, позволяет моделировать ситуацию, соответствующую потере устойчивости движения управляемого звена автомобиля, а также быстрее и точнее выбрать оптимальную конструкцию такого важнейшего звена как управляемая стойка.



Рис. 5. Исследование устойчивости управляемой стойки

Выводы

Разработанная концепция установки для экспериментальных исследований характеристик увода эластичных шин позволяет расширить функциональные возможности существующего стенда, ассортимент исследуемых шин, диапазон варьирования углов установки колеса и, таким образом, моделировать критические режимы движения. При этом достигается повышение точности измерений с одновременным упрощением конструкции.

Список источников

1. Тураев Х.Т. Методика определения кинематических параметров и коэффициентов упругости пневматика // Известия вузов» («Радиофизика»), т. XIV, 1971, № 11.

2. Неймарк Ю.И. и др. // Бюллетень открытий, изобретений, промышленных образцов и товарных знаков.— 1971.—№ 12.

3. Дугельный В.Н. Улучшение показателей курсовой устойчивости легкового автомобиля с учетом силовой неоднородности его шин / Дис. к.т.н..— К., Национальный транспортный университет, 2006.— 136 с.

4. Петров О.В. Поліпшення показників курсовоі стійкості руху транспортних засобів з урахуванням технічного стану іх шин / Дис. к.т.н.— К., Національний транспортний університет, 2008.— 147 с.

5. Макаров В.А., Дугельний В.М., Петров О.В., Поляниченко Д.І. Експериментальне дослідження характеристики бічного відведення автомобільного колеса // Автошляховик України.— 2007.— № 4.— С. 7–13.

6. Испытания автомобилей / В.Б. Цимбалин, В.Н. Кравец, С.М. Кудрявцев и др.— Машиностроение.— 1978.—199 с.

Анотація. *Розглянуто питання модернізації лабораторної установки шодо експериментального дослідження характеристик відведення еластичних шин з метою розширення його функціональних можливостей, підвишення точності вимірювань, спрощення конструкції та підвищення її надійності.*

Abstract. *It is considered the modernization of the laboratorial apparature for the experimental investigation of the lateral skid elastic tires characteristics with an aim expanding, improvement of measure exactness, construct simplification and enhancing of its reliability*

Стаття надійшла до редакції 18.02.2010 р.

УДК 629.113

БОНДАРЕНКО А.Є., ст. викл., КУПЛІНОВ А.В., ас., МОЙСЯ Д.Л., ст. викл.,
МАКІЙОВ М.М., ас., КОНДРАТЬЄВ В.В., ас.,
Донецька академія автомобільного транспорту

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ КУРСОВОЇ СТІЙКОСТІ РУХУ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО АВТОПОЇЗДА В СТАЛОМУ РУСІ

Представлений аналіз отриманих та оброблених результатів експериментального дослідження курсової стійкості стаціонарних режимів руху триланкового причіпного автопоїзда.

Вступ

У статті [1] були описані етапи проведеного експерименту, представлені значення параметрів, що вимірювались, а також методика та результати їх обробки. Отримані таким чином відомості продемонстрували адекватність отриманих даних та успішність експериментальних досліджень.

Мета статті

Метою даної статті є аналіз отриманих значень параметрів під час експериментального дослідження курсової стійкості руху триланкового автопоїзда (АП) та підтвердження адекватності математичної моделі.

Основний розділ

Відомі геометричні та масові параметри АП і значення коефіцієнтів опору відведення коліс K_{cpi}, отримані під час обробки результатів експериментального дослідження сталого руху АП по колу, дозволяють за допомогою математичної моделі отримати значення вихідних параметрів, що вимірювались під час експерименту. Порівняння цих даних дозволить судити про адекватність цієї моделі.

Динамічні рівняння руху моделі триланкового АП з жорстко керованим колісним модулем:

$$-m_2U + 2m_3U\cos(\varphi_1)^2 + Y_1\cos(\theta) - X_1\sin(\theta) + Y_2\cos(\theta_1) + X_2\sin(\theta_1) -$$
$$-Y_4\cos(\varphi_1)\cos(\varphi_2)\cos(\theta_3) - Y_4\cos(\varphi_1)\sin(\varphi_2)\sin(\theta_3) + X_4\cos(\varphi_1)\sin(\varphi_2)\cos(\theta_3) -$$
$$-X_4\cos(\varphi_1)\cos(\varphi_2)\sin(\theta_3) + m_2d_1\Omega\cos(\varphi_1) + m_2d_1PT_1\cos(\varphi_1) - X_4\sin(\varphi_1)\sin(\varphi_2)\sin(\theta_3) -$$
$$-m_2d_1\omega^2\sin(\varphi_1) - Y_4\sin(\varphi_1)\sin(\varphi_2)\cos(\theta_3) + Y_4\sin(\varphi_1)\cos(\varphi_2)\sin(\theta_3) - m_2d_1\Phi_1^2\sin(\varphi_1) -$$
$$-X_4\sin(\varphi_1)\cos(\varphi_2)\cos(\theta_3) - mU - m\omega v + X_3\cos(\varphi_1)\sin(\theta_2) + Y_3\cos(\varphi_1)\cos(\theta_2) +$$
$$+Y_3\sin(\varphi_1)\sin(\theta 2) - X_3\sin(\varphi_1)\cos(\theta_2) - m_3d_2\Phi_1^2\sin(\varphi_1)\cos(\varphi_2) - m_3d_2PT_2\cos(\varphi_1)\cos(\varphi_2) -$$
$$-2m_3\omega d_2\Phi_1\sin(\varphi_1)\cos(\varphi_2) + m_3d_2\omega^2\cos(\varphi_1)\sin(\varphi_2) + m_3d_2\Phi_1^2\cos(\varphi_1)\sin(\varphi_2) +$$
$$+m_3d_2\Phi_2^2\cos(\varphi_1)\sin(\varphi_2) - m_3d_2\Omega\cos(\varphi_1)\cos(\varphi_2) - m_3d_2PT_1\cos(\varphi_1)\cos(\varphi_2) +$$
$$+2m_3\omega d_2\Phi_1\cos(\varphi_1)\sin(\varphi_2) + 2m_3\omega d_2\Phi_2\cos(\varphi_1)\sin(\varphi_2) + 2m_3\Phi_1d_2\Phi_2\cos(\varphi_1)\sin(\varphi_2) - \quad (1)$$
$$-2m_2\omega d_1\Phi_1\sin(\varphi_1) - m_3d_2\omega^2\sin(\varphi_1)\cos(\varphi_2) - m_3d_2\Phi_2^2\sin(\varphi_1)\cos(\varphi_2) -$$
$$-m_3d_2\Omega\sin(\varphi_1)\sin(\varphi_2) - m_3d_2PT_1\sin(\varphi_1)\sin(\varphi_2) - m_3d_2PT_2\sin(\varphi_1)\sin(\varphi_2) -$$
$$-2m_3\omega d_2\Phi_2\sin(\varphi_1)\cos(\varphi_2) - 2m_3\Phi_1d_2\Phi_2\sin(\varphi_1)\cos(\varphi_2) + \Omega m_2c - m_2\omega v - m_3U -$$
$$-m_3d_1PT_1\cos(\varphi_1) - m_3d_1\Omega\cos(\varphi_1) - 2m_3c\Omega\cos(\varphi_1)^2 - m_3c_1\omega^2\sin(\varphi_1) + 2m_3\omega v\cos(\varphi_1)^2 -$$
$$-2m_3V\cos(\varphi_1)\sin(\varphi_1) - m_3c_1PT_1\cos(\varphi_1) - m_3c_1\Omega\cos(\varphi_1) - m_3d_1\omega^2\sin(\varphi_1) - m_3d_1\Phi_1^2\sin(\varphi_1) -$$
$$-m_3c_1\Phi_1^2\sin(\varphi_1) + m_3c\Omega - m_3\omega v + 2m_3\omega u\cos(\varphi_1)\sin(\varphi_1) - 2m_3\omega c_1\Phi_1\sin(\varphi_1) -$$
$$-2m_3\omega d_1\Phi_1\sin(\varphi_1) - 2m_3c\omega^2\cos(\varphi_1)\sin(\varphi_1) = 0;$$

$$2cm_3\omega d_1\Phi_1\sin(\varphi_1) + 2cm_3\omega c_1\Phi_1\sin(\varphi_1) + cm_3d_1\Omega\cos(\varphi_1) + cm_3c_1\Omega\cos(\varphi_1) +$$
$$+cm_3c_1\omega^2\sin(\varphi_1) + cm_3d_1PT_1\cos(\varphi_1) + cm_3c_1\Phi_1^2\sin(\varphi_1) + cm_3c_1PT_1\cos(\varphi_1) -$$
$$-2cm_3\omega v\cos(\varphi_1)^2 + cm_3d_1\omega^2\sin(\varphi_1) - 2cm_3\omega u\cos(\varphi_1)\sin(\varphi_1) + cm_3U + cm_2\omega v -$$
$$-J\Omega - cX_3\cos(\varphi_1)\sin(\theta_2) - cY_3\cos(\varphi_1)\cos(\theta_2) - cY_3\sin(\varphi_1)\sin(\theta_2) +$$
$$+cX_3\sin(\varphi_1)\cos(\theta_2) + cm_3d_2\Phi_1^2\sin(\varphi_1)\cos(\varphi_2) + cm_3d_2\omega^2\sin(\varphi_1)\cos(\varphi_2) +$$
$$+cm_3d_2\Phi_2^2\sin(\varphi_1)\cos(\varphi_2) + cm_3d_2\Omega\sin(\varphi_1)\sin(\varphi_2) + cm_3d_2PT_1\sin(\varphi_1)\sin(\varphi_2) +$$
$$+cm_3d_2PT_2\sin(\varphi_1)\sin(\varphi_2) + 2cm_3\omega d_2\Phi_2\sin(\varphi_1)\cos(\varphi_2) + 2cm_3\Phi_1d_2\Phi_2\sin(\varphi_1)\cos(\varphi_2) -$$
$$-cm_2d_1PT_1\cos(\varphi_1) + cX_4\sin(\varphi_1)\sin(\varphi_2)\sin(\theta_3) + cm_2d_1\omega^2\sin(\varphi_1) +$$
$$+cY_4\sin(\varphi_1)\sin(\varphi_2)\cos(\theta_3) + 2cm_3\omega d_2\Phi_1\sin(\varphi_1)\cos(\varphi_2) + cm_3d_2PT_2\cos(\varphi_1)\cos(\varphi_2) - \quad (2)$$
$$-cm_2d_1\Omega\cos(\varphi_1) - cY_4\sin(\varphi_1)\cos(\varphi_2)\sin(\theta_3) + cm_2d_1\Phi_1^2\sin(\varphi_1) +$$
$$+cX_4\sin(\varphi_1)\cos(\varphi_2)\cos(\theta_3) - cm_3d_2\omega^2\cos(\varphi_1)\sin(\varphi_2) - cm_3d_2\Phi_1^2\cos(\varphi_1)\sin(\varphi_2) -$$
$$-cm_3d_2\Phi_2^2\cos(\varphi_1)\sin(\varphi_2) + cm_3d_2\Omega\cos(\varphi_1)\cos(\varphi_2) + cm_3d_2PT_1\cos(\varphi_1)\cos(\varphi_2) -$$
$$-2cm_3\omega d_2\Phi_1\cos(\varphi_1)\sin(\varphi_2) - 2cm_3\omega d_2\Phi_2\cos(\varphi_1)\sin(\varphi_2) - 2cm_3\Phi_1d_2\Phi_2\cos(\varphi_1)\sin(\varphi_2) +$$
$$+2cm_2\omega d_1\Phi_1\sin(\varphi_1) + cY_4\cos(\varphi_1)\cos(\varphi_2)\cos(\theta_3) + cY_4\cos(\varphi_1)\sin(\varphi_2)\sin(\theta_3) -$$
$$-cX_4\cos(\varphi_1)\sin(\varphi_2)\cos(\theta_3) + cX_4\cos(\varphi_1)\cos(\varphi_2)\sin(\theta_3) + cm_2U - m_2c^2\Omega + cm_3\omega v +$$
$$+2m_3c^2\Omega\cos(\varphi_1)^2 - 2cm_3U\cos(\varphi_1)^2 - m_3c^2\Omega + cm_3d_1\Phi_1^2\sin(\varphi_1) + 2m_3c^2\omega^2\cos(\varphi_1)\sin(\varphi_1) +$$
$$+2cm_3V\cos(\varphi_1)\sin(\varphi_1) - bY_2\cos(\theta_1) - bX_2\sin(\theta_1) + aY_1\cos(\theta) - aX_1\sin(\theta) = 0;$$

$$
\begin{gathered}
c_1m_3d_2\omega^2\sin(\varphi_2)-d_1m_3\omega u\sin(\varphi_1)-c_1m_3d_2PT_1\cos(\varphi_2)-d_1m_3d_2\Phi_2^2\sin(\varphi_2)-cm_2d_1\omega^2\sin(\varphi_1)-\\
-c_1m_3d_2PT_2\cos(\varphi_2)-cm_2d_1\Omega\cos(\varphi_1)-cm_3c_1\Omega\cos(\varphi_1)+cm_3d_1\Omega\cos(\varphi_1)+cm_3d_1\omega^2\sin(\varphi_1)-\\
-cm_3c_1\omega^2\sin(\varphi_1)-m_2d_1^2PT_1-m_2d_1^2\Omega-d_1X_3\sin(\theta_2)-d_1Y_3\cos(\theta_2)-b_1Y_3\cos(\theta_2)-\\
-b_1X_3\sin(\theta_2)-J_2\Omega-J_2PT_1+d_1m_2U\cos(\varphi_1)-d_1m_2V\sin(\varphi_1)+d_1X_4\cos(\varphi_2)\sin(\theta_3)+\\
+d_1Y_4\sin(\varphi_2)\sin(\theta_3)+Y_4d_1\cos(\varphi_2)\cos(\theta_3)-d_1X_4\sin(\varphi_2)\cos(\theta_3)-c_1X_4\cos(\varphi_2)\sin(\theta_3)-\\
-c_1Y_4\sin(\varphi_2)\sin(\theta_3)-c_1Y_4\cos(\varphi_2)\cos(\theta_3)+c_1X_4\sin(\varphi_2)\cos(\theta_3)-d_1m_3d_2\Phi_1^2\sin(\varphi_2)+\\
+d_1m_2\omega v\cos(\varphi_1)+d_1m_2u\omega\sin(\varphi_1)-2d_1m_3\omega d_2\Phi_1\sin(\varphi_2)-2d_1m_3\omega d_2\Phi_2\sin(\varphi_2)-\\
-2d_1m_3\Phi_1d_2\Phi_2\sin(\varphi_2)-d_1m_3d_2\omega^2\sin(\varphi_2)+d_1m_3d_2\Omega\cos(\varphi_2)+d_1m_3d_2PT_1\cos(\varphi_2)+\\
+d_1cm_3d_2PT_2os(\varphi_2)+2c_1m_3\omega d_2\Phi_1\sin(\varphi_2)+2c_1m_3\omega d_2\Phi_2\sin(\varphi_2)+2c_1m_3\Phi_1d_2\Phi_2\sin(\varphi_2)+\\
+c_1m_3d_2\Phi_1^2\sin(\varphi_2)+c_1m_3d_2\Phi_2{}^2\sin(\varphi_2)-c_1m_3d_2\Omega\cos(\varphi_2)+m_3d_1^2\Omega+m_3d_1^2PT_1-\\
-m_3c_1^2\Omega-m_3c_1^2PT_1+c_1m_3U\cos(\varphi_1)+d_1m_3V\sin(\varphi_1)-c_1m_3V\sin(\varphi_1)-d_1m_3U\cos(\varphi_1)+\\
+c_1m_3\omega u\sin(\varphi_1)+c_1m_3\omega v\cos(\varphi_1)-d_1m_3\omega v\cos(\varphi_1)=0;
\end{gathered}
\tag{3}
$$

$$
\begin{gathered}
-c_1m_3d_2\omega^2\sin(\varphi_2)+d_2m_3U\cos(\varphi_2)\cos(\varphi_1)-d_2Y_4\cos(\theta_3)-c_1\cos(\varphi_2)d_2m_3PT_1-\\
-cd_2m_3\Omega\cos(\varphi_1)\cos(\varphi_2)-cd_2m_3\omega^2\cos(\varphi_1)\sin(\varphi_2)-cd_2m_3\omega^2\sin(\varphi_1)\cos(\varphi_2)+\\
+cd_2m_3\Omega\sin(\varphi_1)\sin(\varphi_2)-d_1d_2m_3\Phi_1^2\sin(\varphi_2)-2d_1d_2m_3\omega\Phi_1\sin(\varphi_2)-d_1d_2m_3\omega^2\sin(\varphi_2)-\\
-d_1d_2m_3\Omega\cos(\varphi_2)-d_1d_2m_3PT_1\cos(\varphi_2)-2c_1d_2m_3\omega\Phi_1\sin(\varphi_2)-c_1d_2m_3\Phi_1^2\sin(\varphi_2)-\\
-c_1d_2m_3\Omega\cos(\varphi_2)-b_2X_4\sin(\theta_3)-d_2{}^2m_3PT_1-d_2{}^2m_3\Omega-d_2{}^2m_3PT_2-d_2X_4\sin(\theta_3)-\\
-b_2Y_4\cos(\theta_3)-J_3\Omega-J_3PT_1-J_3PT_2-d_2m_3U\sin(\varphi_2)\sin(\varphi_1)-d_2m_3V\cos(\varphi_2)\sin(\varphi_1)-\\
-d_2m_3V\sin(\varphi_2)\cos(\varphi_1)-d_2m_3v\omega\sin(\varphi_2)\sin(\varphi_1)+d_2m_3\omega u\cos(\varphi_2)\sin(\varphi_1)+\\
+d_2m_3\omega v\cos(\varphi_2)\cos(\varphi_1)+d_2m_3\omega u\sin(\varphi_2)\cos(\varphi_1)=0.
\end{gathered}
\tag{4}
$$

Перше рівняння описує зміну поперечної складової швидкості центра мас тягача (теорема про зміну кількості руху в системі координат, жорстко пов'язаній з тягачем), у повздовжньому напрямку швидкість центра мас вважається сталою. Друге рівняння описує зміну кутової швидкості тягача відносно вертикальної осі, що проходить через центр мас тягача. Третє та четверте рівняння описує обертальний рух ланок навколо осей, що проходять через відповідні точки зчеплення.

Сили відведення на осях АП (Y_i), що входять у рівняння руху, визначаються відповідно гіпотези відведення Рокара. Повздовжня сила в п'яті контакту ведучої ланки X_2 в розглянуті рівняння руху не входить; $X_1=X_3=X_4=0$ — знехтували тертям кочення.

Інші перемінні, що входять до рівнянь:

v — повздовжня складова швидкості центра мас тягача, м/с;

u — поперечна складова швидкості центра мас тягача, м/с;

ω — кутова швидкість тягача відносно вертикальної осі, рад/с;

φ_1, φ_2 — кути складання ланок АП, рад;

Φ_1, Φ_2 — швидкість зміни кутів складання, рад/с^2;

V — прискорення центру мас тягача в повздовжньому напрямку, м/с^2, $V=0$;

U — прискорення центру мас тягача в поперечному напрямку, м/с^2;

Ω — кутове прискорення тягача відносно вертикальної осі, рад/с^2;

$PT1,2$ — кутове прискорення відносно вертикальної осі 1 та 2 причепа відповідно, рад/с^2;

θ — кут повороту керованих коліс тягача, рад.

Геометричні та масові параметри експериментального АП: $a=1.293$ м; $b=1.131$ м; $c=b+1.122$; $d_1=1.813$ м; $b_1=0$ м; $c_1=0.995$ м; $d_2=1.6$; $b_2=0$ м; $m=1084$ кг; $m_2=397$ кг; $m_3=347$ кг.

Розв'язання системи вище вказаних рівнянь були виконані за допомогою ПК у середовищі математичного пакету чисельно-аналітичних перетворень «Maple».

Значення лінійної швидкості та кута повороту керованих коліс використовувались ті самі, що були виміряні під час чотирьох експериментів: *theta*: $=\Theta_i \cdot 0.0175$, рад; *v:* $=v_i/3.6$, м/с.

Визначені чисельним інтегруванням залежності фазових змінних математичної моделі як функції часу кути складання $\varphi_i = \varphi_i(t)$ наведені на рис. 1 та у табл. 1, де вони порівнюються з відповідними значеннями отриманими в експерименті.

Таблиця 1

Результати отриманих значень кутів складання ланок АП за математичною моделлю φ_i та виміряних у експерименті φ_{0i} та їх порівняння

№ з /п	θ, °	V, км/год	φ_1, рад	φ_{01}, рад	$\Delta\varphi_1$, рад	$\Delta\varphi_1$, %	φ_2, рад	φ_{02}, рад	$\Delta\varphi_2$, рад	$\Delta\varphi_2$, %
1	6° 10′	34	–0,1420	–0,1298	0,0122	9,37	–0,0998	–0,1070	–0,0072	6,74
2	9° 20′	25	–0,2141	–0,1978	0,0164	8,28	–0,1571	–0,1689	–0,1173	6,95
3	18° 30′	23	–0,4303	–0,3978	0,0325	8,17	–0,3245	–0,3462	–0,0217	6,26
4	27° 50′	20,5	–0,6670	–0.6163	0,0508	8,23	–0,5283	0,5541	–0,0259	4,67

З визначеними чисельним інтегруванням залежностями фазових змінних як функції часу кутами складання $\varphi_i=\varphi_i(t)$; поперечною складовою швидкості центра мас тягача $u=u(t)$ та кутовою швидкістю тягача $\omega=\omega(t)$ пов'язані з ними похідні поперечні u_i та поздовжні v_i складові лінійної швидкості центрів мас першого та другого причепів.

Для першого причепу:

$$u_2 = -v\sin(\varphi_1) + (u - c\cdot\omega)\cos(\varphi_1) - d_1\omega_2\,; \tag{5}$$

$$v_2 = v\cos(\varphi_1) + (u - c\cdot\omega)\sin(\varphi_1)\,. \tag{6}$$

Для другого причепу:

$$u_3 = -v_2\sin(\varphi_2) + (u_2 - c_1\cdot\omega_2)\cos(\varphi_2) - d_2\omega_3\,; \tag{7}$$

$$v_3 = v_2\cos(\varphi_2) + (u_2 - c_1\cdot\omega_2)\sin(\varphi_2)\,. \tag{8}$$

При цьому усталені значення кутових швидкостей (відповідають стаціонарному руху по колу) усіх ланок АП: $\omega = \omega_1 = \omega_2$.

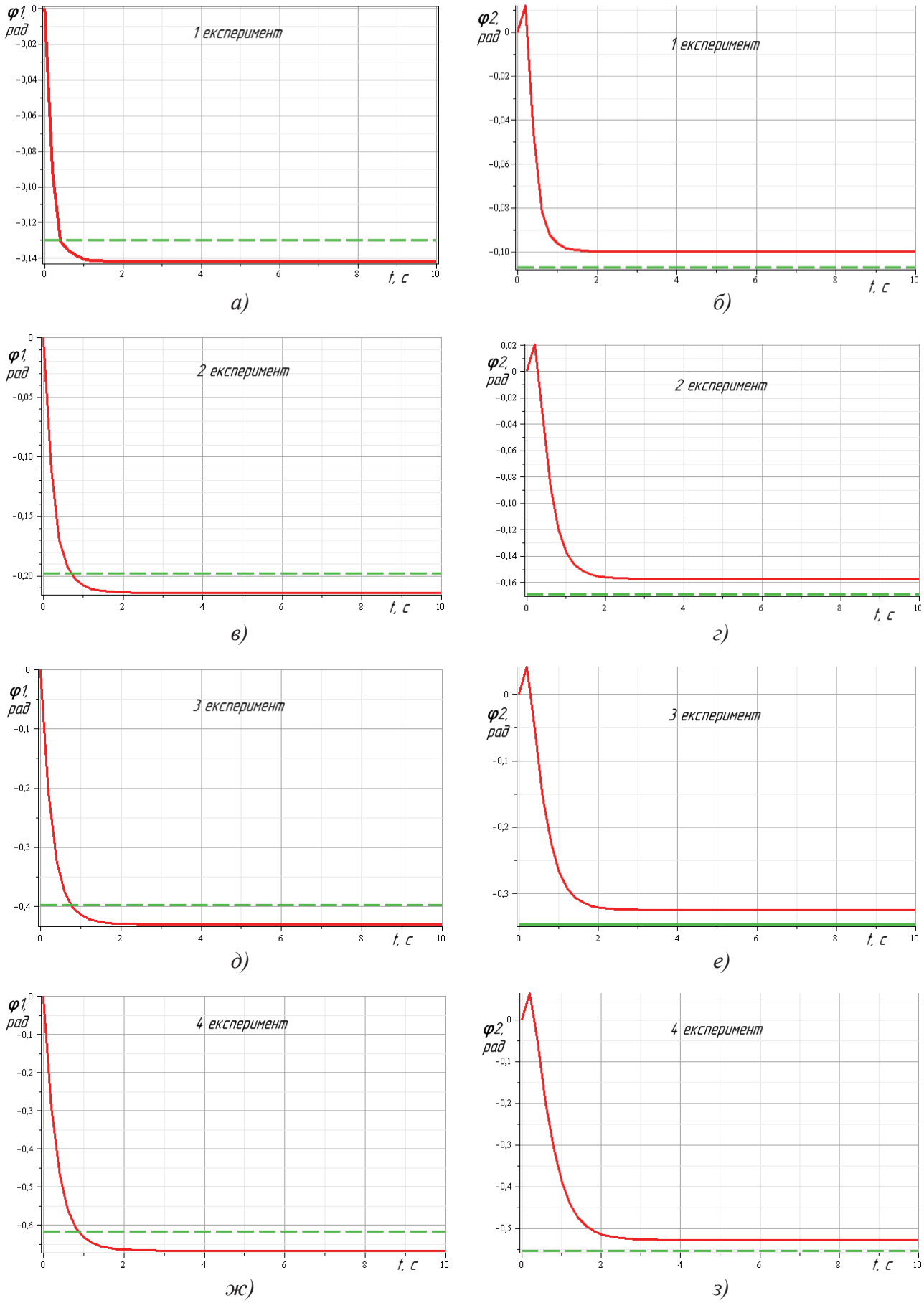


Рис. 1. Зміна кутів складання ланок АП $\varphi_i=\varphi_i(t)$:

– – – – – – дані, що отримані під час експерименту; ———— математичне моделювання

Таблиця 2

Результати визначення параметрів руху АП в експерименті «Рух по колу» за математичною моделлю

№ з /п	ω, рад/с	u, м/с	u_2, м/с	v_2, м/с	u_3, м/с	v_3, м/с
1	0,405	0,345	0,039	9,430	–0,071	9,420
2	0,461	0,452	0,067	6,911	–0,043	6,887
3	0,859	0,862	0,133	6,254	–0,064	6,158
4	1,198	1,234	0,199	5,380	–0,062	5,147

Нижче вводяться геометричні параметри, що визначають відносне положення ланок до траєкторії характерних точок D, D_1, D_2, відповідно тягача, 1 причепа та 2 причепа, що не мають поперечної складової швидкості. З кожною із цих точок пов'язані дві геометричні характеристики еквівалентні кінематичним параметрам відповідної ланки v, u, ω, v_2, u_2, v_3, u_3 і визначають положення кожної ланки відносно відповідної характерної точки (див. рис. 2):

– радіус відносно центра повороту

$$RD=\frac{v}{\omega};$$

$$RD_1=\frac{v_2}{\omega_2};$$

$$RD_2=\frac{v_3}{\omega_3};$$

– відстані до відповідних центрів мас

$$LCD=\frac{u}{\omega};$$

$$LC_1D_1=\frac{u_2}{\omega_2};$$

$$LC_2D_2=\frac{u_3}{\omega_3}$$

Радіуси точок, що належать центрам осей АП:

$$R_1=\sqrt{RD^2+\left(a+LCD\right)^2};$$

$$R_2=\sqrt{RD^2+\left(b\text{-}LCD\right)^2};$$

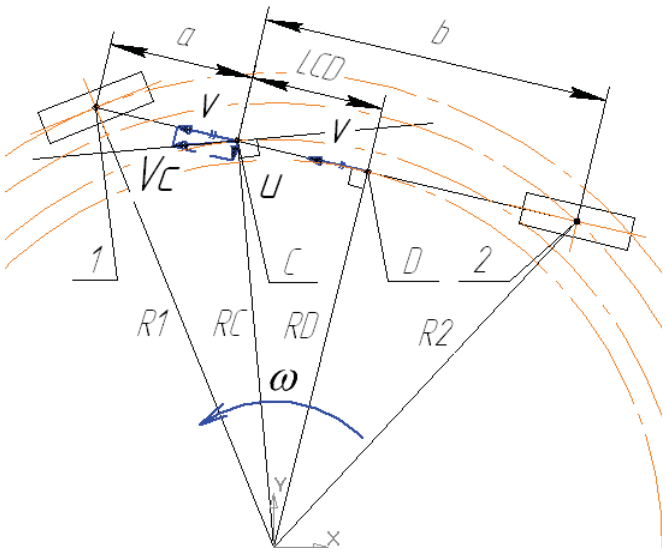


Рис. 2. Кінематична схема визначення відносного положення ланок до траєкторії характерних точок

$$R_3 = \sqrt{RD_1^2 + LC_1D_1^2};$$

$$R_4 = \sqrt{RD_2^2 + LC_2D_2^2};$$

Нижче наведена повна геометрична картина відносного положення АП до траєкторій характерних точок (див. рис. 3), що пов'язує геометричні параметри, знайдені на підставі експерименту та геометричні параметри, визначені на підставі теоретичної моделі.

Таблиця 3

Результати визначення радіусів руху центральних точок осей АП в експерименті «Рух по колу» за математичною моделлю та порівняння з експериментальними даними

№ з/п	RD	RD_1	RD_2	LCD	LC_1D_1	LC_2D_2	R_1, м / R_{1e}, м	$\lvert\Delta\rvert$,м / Δ, %	R_2, м / R_{2e}, м	$\lvert\Delta\rvert$,м / Δ, %	R_3, м / R_{3e}, м	$\lvert\Delta\rvert$,м / Δ, %	R_4, м / R_{4e}, м	$\lvert\Delta\rvert$,м / Δ, %
1	23,304	23,268	23,242	0,852	0,097	–0,18	23,403 / 23,79	0,39 / 1,62	23,306 / 23,690	0,38 / 1,62	23,269 / 23,67	0,40 / 1,70	23,243 / 23,660	0,42 / 1,76
2	15,068	14,994	14,942	0,980	0,145	–0,09	15,238 / 15,38	0,14 / 0,92	15,068 / 15,210	0,14 / 0,93	14,995 / 15,160	0,17 / 1,09	14,943 / 15,130	0,19 / 1,24
3	7,439	7,282	7,170	1,003	0,155	–0,07	7,785 / 7,85	0,06 / 0,82	7,440 / 7,500	0,06 / 0,80	7,284 / 7,390	0,11 / 1,44	7,170 / 7,310	0,14 / 1,91
4	4,753	4,491	4,296	1,030	0,167	–0,05	5,290 / 5,32	0,03 / 0,56	4,754 / 4,790	0,04 / 0,75	4,494 / 4,610	0,12 / 2,52	4,296 / 4,470	0,17 / 3,88

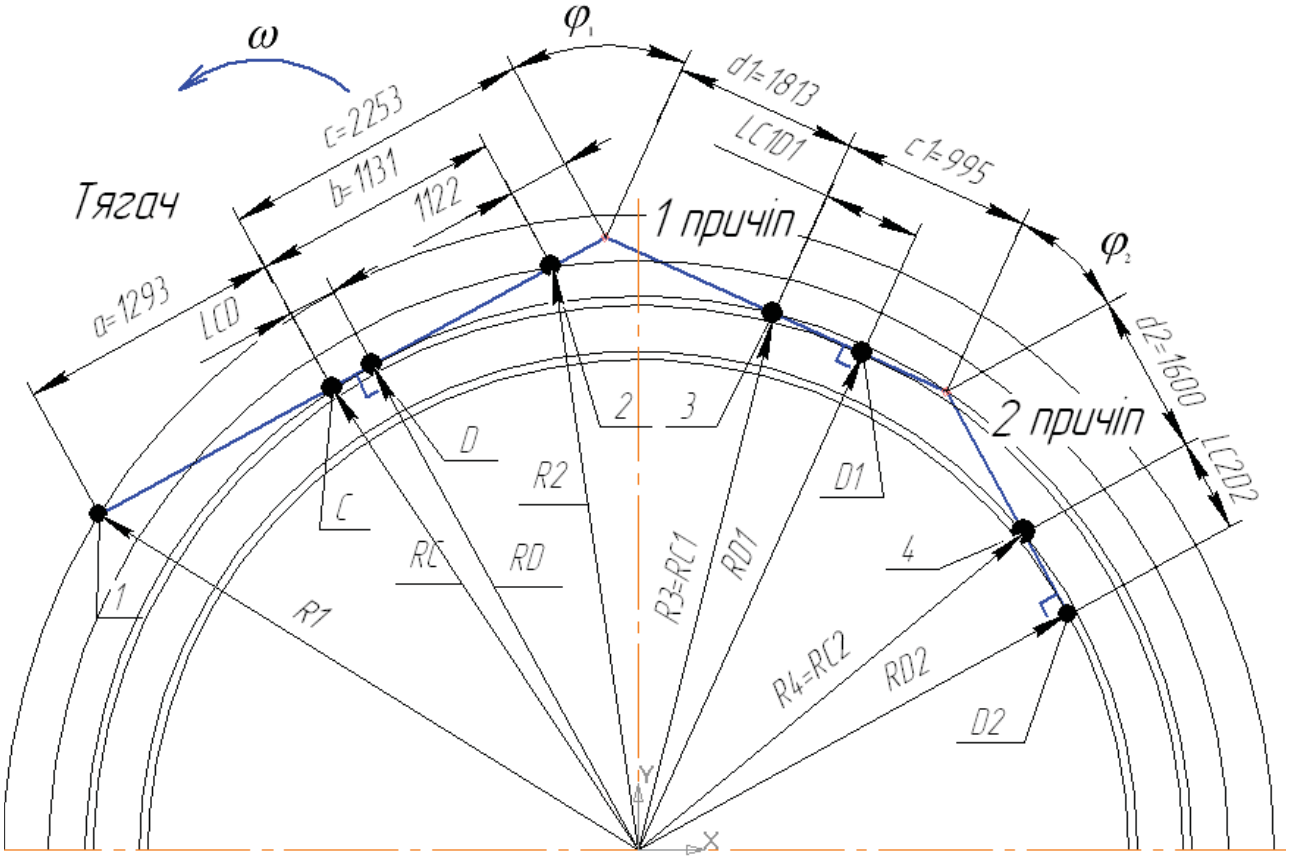


Рис. 3. Конфігурація АП в стаціонарному русі по колу

Результати розрахунків наведені в табл. 3. (підкреслені значення радіусів R_i, м відносяться до визначених теоретично, R_{ie}, м — експериментально).

Абсолютна похибка співставлення по радіусу R1 не перевищує |Δ|=0,39 м, що в процентному відношенні складає $\Delta=1,62\%$; для R_2 -$|\Delta|=0,38$ м, $\Delta=1,62\%$; для R_3 -$|\Delta|=0,4$ м, $\Delta=1,7\%$, для R_4 -$|\Delta| = 0,42$ м, $\Delta= 1,76\%$ відповідно. Незначне відхилення відносної похибки в кожному експерименті та для всіх радіусів вказує на однорідність засобів та методики експериментальних вимірювань. Абсолютна похибка ($|\Delta|$ max $=0,42$ м) може бути пояснена певною неточністю визначення положення центрів мас ланок. В експерименті причепи навантажувались таким чином, щоб центр мас лежав на осі причепа, тому в теоретичній моделі вважалось, що відповідні параметри $b_1 = b_2 = 0$. Як показали теоретичні розрахунки модель виявилась чутливою до варіації цих параметрів (рис. 4).

Висновок

Аналіз отриманих результатів та порівняння їх з експериментальними даними усталеного руху свідчить про адекватність розробленої математичної моделі (максимальна відносна похибка параметрів, що вимірювались, не перевищує 10%). Це дозволить у подальшому використовувати математичку модель для проведення порівняльного аналізу експериментальних даних у неусталених режимах руху («поворот на 180º» та «переставка»).

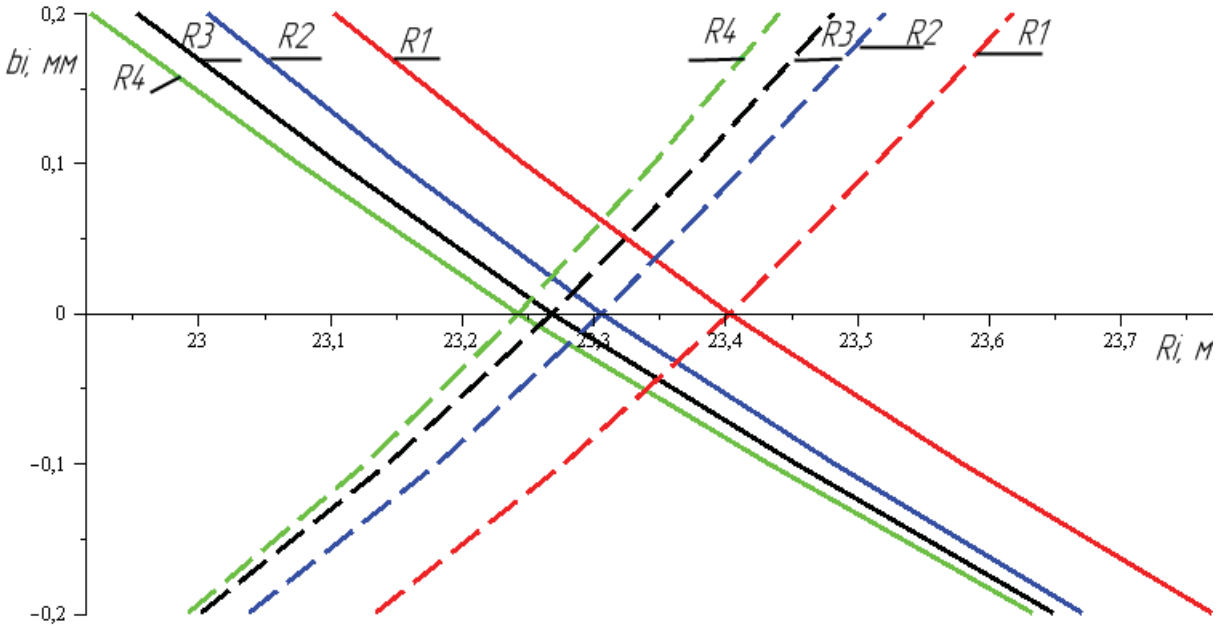


Рис. 4. Залежності радіусів повороту R_i, м від зміни параметрів b_1 та b_2 для першого експерименту:

– – – – – – при зафіксованому значені $b_1 = 0$ м; ——— при зафіксованому значені $b_2 = 0$ м

Список літератури

1. А.Є. Бондаренко, Ю.М Стрільник, А.В. Куплінов, Д.Л. Мойся, М.М. Макійов. Експериментальний автопоїзд для дослідження курсової стійкості руху // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту.— 2010.— Вип. 1.— С. 48–58.

2. В.Г. Вербицький, А.Є. Бондаренко, А.В. Куплінов, Ю.М. Стрільник, М.М. Макійов. Результати дослідження курсової стійкості руху експериментального автопоїзда (Будет напечатана в мае 2010)

Аннотация. *Представлен анализ полученных и обработанных результатов экспериментального исследования курсовой устойчивости стационарных режимов движения трехзвенного прицепного автопоезда.*

Аннотация. *An analysis of the received and processed the results of experimental studies of exchange rate stability of stationary regimes of motion of three-tier autotrain.*

Стаття надійшла до редакції 17.05.2010 р.

УДК 629.113

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

ДО ПИТАННЯ ПРО ВПЛИВ СТАБІЛІЗУЮЧИХ МОМЕНТІВ ШИН НА КУРСОВУ СТІЙКІСТЬ РУХУ АВТОМОБІЛЯ

Розглянуто стабілізуючі моменти, що діють на автомобільні шини. Визначені причини їх появи. Розглянуто стабілізуючий момент шини, що спричиняється бічним відведенням, та залежить від характеристик шини. Наведено графіки, що характеризують вплив на стабілізуючий момент шини різних факторів.

Вступ

Курсова стійкість руху (КСР) — це властивість автомобіля зберігати заданий водієм напрямок руху автомобіля, протидіючи збурюючим впливам. Вона залежить від характеристик шин, оскільки останні є з`єднувальним елементом між автомобілем та дорогою.

Сучасний стан автомобілебудування та підвищення вимог щодо безпеки руху вимагають від дослідників більш точного врахування сил та моментів, що діють в контакті колеса з дорогою. Важливою характеристикою є бічне відведення, що суттєво впливає на параметри руху.

При русі автомобіля його колеса можуть відхилятись від заданого водієм напрямку руху, що призводить до погіршення КСР та появи нестійких режимів руху. Це спричиняється силами, що діють на колеса. Стабілізація керованих коліс — здатність повертати колеса в нейтральне положення без участі водія — призначена для зменшення збурюючих сил, що негативно впливають на положення керованих коліс.

Отже, стабілізація керованих коліс сприяє покращенню КСР. В свою чергу, вона залежить від стабілізуючого моменту, що виникає в контакті колеса з дорогою при його коченні із бічним відведенням.

Мета статті

Виконати аналіз літератури щодо стабілізуючого моменту шини.

Основна частина

В літературі розрізняється три складові загального стабілізуючого моменту шини:

– ваговий стабілізуючий момент M_{CTG};

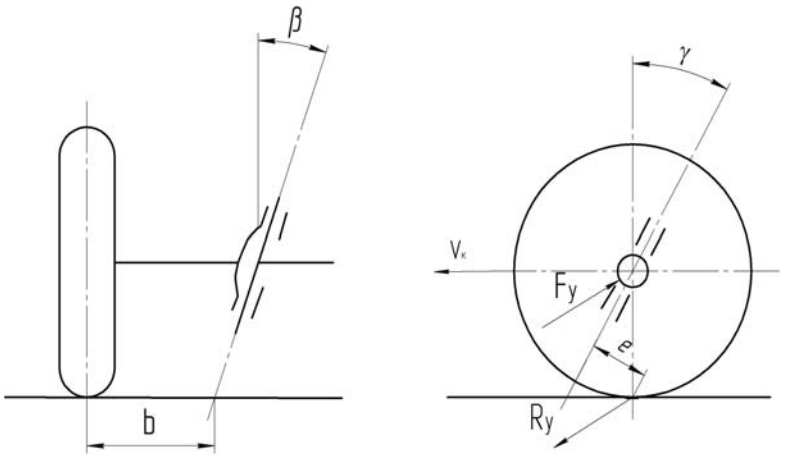
– швидкісний стабілізуючий момент M_{CTV};

– стабілізуючий момент шини $M_{CT\delta}$.

Як відомо, поперечний нахил шворня на кут β (рис. 1, а) спричиняє підйом передньої частини автомобіля при повороті колеса.

В результаті виникає момент M_{CTG}, що прагне повернути колесо в нейтральне положення. Величина цього моменту залежить від маси автомобіля (частини повної маси, що припадає на передню вісь), від кута нахилу шворня β, плеча обкатки b та кута повороту коліс. Тому цей момент має назву вагового стабілізуючого моменту. Він досягає значної величини при великих кутах повороту коліс, що має місце при невеликих швидкостях.

Величину й напрямок моменту M_{CTG} необхідно знати при проектуванні механізмів рульових керувань автомобілів, оскільки він є складовою частиною моменту опору повороту коліс як на місці, так і при русі, а також при дослідженні коливань керованих коліс, оскільки при коливанні колеса повертаються навколо вісей шворнів [1].



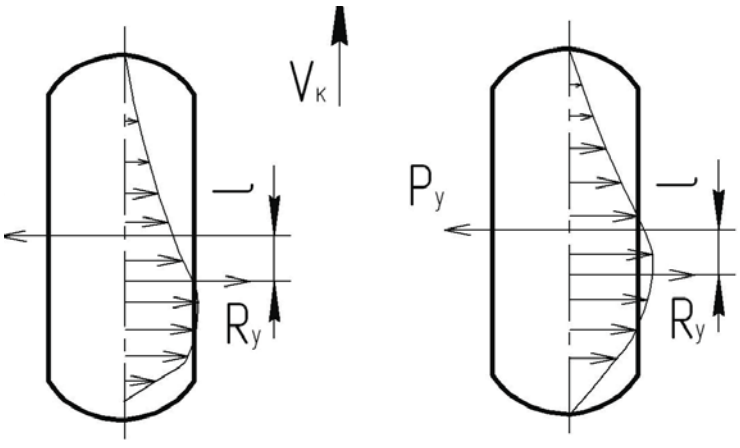
а) *б)*

Рис. 1. Схеми стабілізації керованого колеса при поперечному (а) та подовжньому кутах (б) нахилу шворня

Для забезпечення стабілізації керованих коліс при великих швидкостях шворні в подовжній площині встановлюють із нахилом під кутом γ (рис. 1, б), в результаті бічні сили на плечі e створюють момент, що має назву швидкісного стабілізуючого моменту M_{CTV}, оскільки його величина залежить від величини кута подовжнього нахилу шворня та швидкості автомобіля. При малій швидкості M_{CTV} невеликий, але при зростанні швидкості момент значно збільшується [2].

Стабілізуючий момент шини $M_{CT\delta}$ залежить від пружних властивостей шини та обумовлений бічним відведенням шини. Цей момент залежить від параметрів шини, характеристик взаємодії колеса і дороги.

При коченні автомобільного колеса із відведенням (рис. 2), епюра елементарних бічних реакцій у контакті колеса із дорогою при наявності бічної сили, у випадку, коли ковзанням елементів шини щодо опорної поверхні можна зневажати, близька до трикутника, а при ковзанні частини елементів має вигляд трапеції. Бічна реакція R_y, що є рівнодіючою елементарних бічних реакцій, прикладена на відстані l від центра контактної площадки й створює стабілізуючий момент шини $M_{CT\delta}$.



а) *б)*

Рис. 2. Схема виникнення пружнього стабілізуючого моменту шини:

а — епюри бічних реакцій при відведенні без ковзання;
б — епюри бічних реакцій при відведенні із частковим ковзанням.

Таким чином, загальний стабілізуючий момент можна представити як суму трьох складових:

$$M_{CT} = M_{CTG} + M_{CTV} + M_{CT\delta} \quad (1)$$

Врахування моментів стабілізації, що викликані кутами нахилу шворня досліджені доволі докладно та отримані математичні залежності для їх врахування [3, 4].

На сьогодні існує проблема визначення стабілізуючого моменту шини $M_{CT\delta}$ та його врахування при дослідженнях курсової стійкості руху автомобілів.

Момент $M_{CT\delta}$ спочатку збільшується при зростанні δ (рис. 3), потім, досягнувши максимального значення при $\delta = 3-6°$, починає зменшуватися. Це пояснюється тим, що при збільшенні δ (а, відповідно й R_y) зростає площа контакту, в якій відбувається ковзання, в результаті чого зменшується плече l (див. рис. 2) [5].

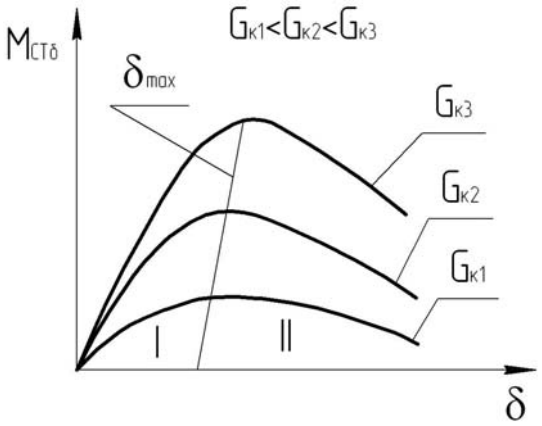


Рис. 3. Графік залежності стабілізуючого моменту шини від кута відведення для різних випадків вертикального навантаження на шину G_k

Для дуже великих кутів відведення момент $M_{CT\delta}$ приймає негативне значення, діючи в напрямку, що збільшує кут повороту [6]. Співвідношення між бічним навантаженням і стабілізуючим моментом показано на рис. 4. Після того, як крива стабілізуючого моменту досягла максимального позитивного значення, вона змінює напрямок і досягає максимального негативного значення.

Зі збільшенням кута відведення бічна сила зростає доти, поки не досягне значення δ_{max}, при якому починається занос. Слід зауважити, що водій середньої кваліфікації може керувати автомобілем при кутах відведення до $5°$ (ділянка I, рис. 4), високої кваліфікації — при кутах відведення до $12°$ (ділянка II, рис. 4). При автомобільних перегонах (ділянка III, рис. 4) кути відведення іноді настільки зростають, що викликають момент, який діє вбік збільшення кута повороту коліс, і водій на крутому повороті повертає кермове колесо в бік, протилежний напрямку дороги.

На стабілізуючий момент впливає внутрішній тиск у шині й вертикальне навантаження на неї, оскільки від цих факторів залежить форма плями контакту шини. Зі збільшенням навантаження й зменшенням внутрішнього тиску в шині площа контакту й плече l (див. рис. 2) збільшуються, в результаті чого стабілізуючий момент стає більше (рис. 5).

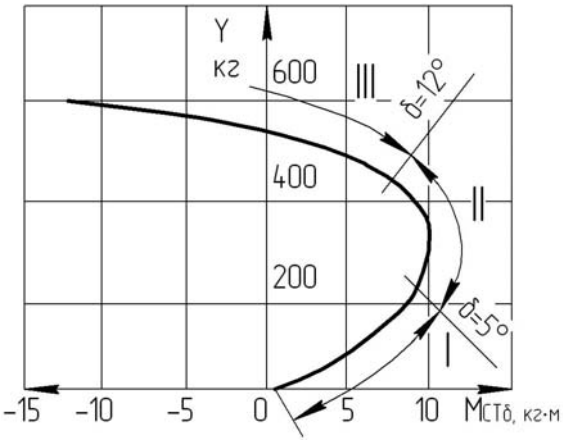


Рис. 4. Співвідношення між бічною силою Y та стабілізуючим моментом $M_{CT\delta}$.

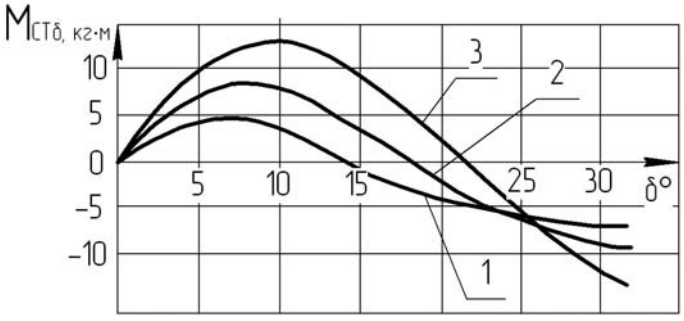


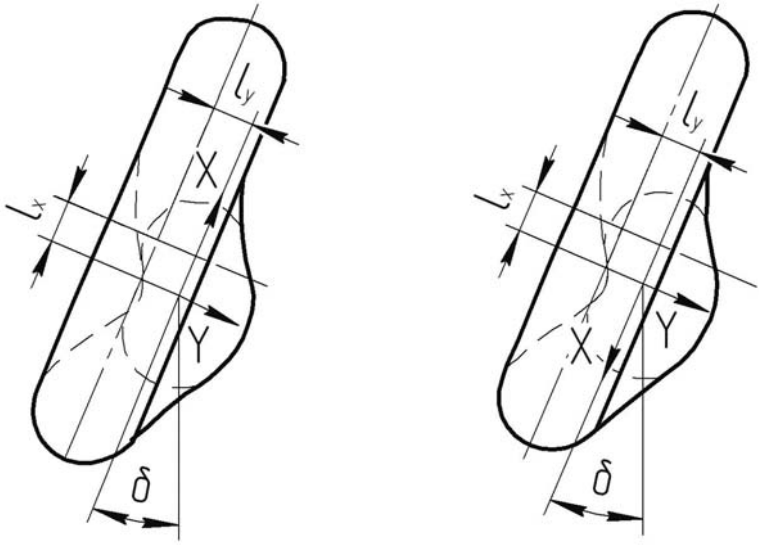
Рис. 5. Залежність стабілізуючого моменту $M_{CT\delta}$ від кута відведення δ:

1 — 70% номінального значення навантаження або 150% номінального значення внутрішнього тиску в шині; 2 — номінальні умови; 3 – 130% номінального значення навантаження або 50% номінального значення внутрішнього тиску в шині.

Якщо колесо рухається в тяговому або гальмівному режимі, то діє подовжня сила. В цьому випадку стабілізуючий момент $M_{CT\delta}$ створюється двома силами (рис. 6) — поперечною та подовжньою (тяговою або гальмівною).

Оскільки визначальний вплив на величину кута відведення здійснює бічна сила, то в теорії автомобіля, як правило, не розрізняють стабілізуючі моменти, викликані окремо бічними й поздовжніми силами [7]. Хоча, при цьому, сумарний стабілізуючий момент при роботі колеса в ведучому режимі має більшу величину, ніж при роботі в гальмівному режимі, через зміну напрямку дії подовжньої сили [8].

В роботах [9, 10] при дослідженнях КСР було використано також стабілізуючий момент шини, хоча використовувалася назва «п`ятковий момент». В цих роботах відзначається позитивний вплив п`яткового моменту на КСР, що проявляється в ефективному гасінні автоколивань керованого модуля.



а) *б)*

Рис. 6. Схема виникнення стабілізуючого моменту шини:
а — тяговий режим кочення; б — гальмівний режим кочення.

Слід зауважити, що стабілізуючі моменти, які викликані кутами нахилу шворня, будуть діяти тільки на керовані колеса. Оскільки в автомобілях частіше керованими колесами є передні, то такі моменти будуть діяти тільки на передні колеса. У випадку, якщо всі колеса керовані, моменти будуть діяти на всіх колесах. На відміну від швидкісного та вагового стабілізуючих моментів, момент $M_{CT\delta}$ буде діяти не тільки на керованих, а також і на некерованих колесах, що обов`язково слід враховувати при дослідженнях КСР.

Оскільки шина є неоднорідною за властивостями, то в однакових шин, можуть розрізнятись величини стабілізуючих моментів, наприклад, в роботі [11] вказується, що на ранній стадії виробництва шин зі сталевим радіальним кордом відмічалася зміна бічної сили та стабілізуючого моменту по периметру шини (рис. 7). Причому, ці зміни різні при різних напрямках обертання шини.

Висновки

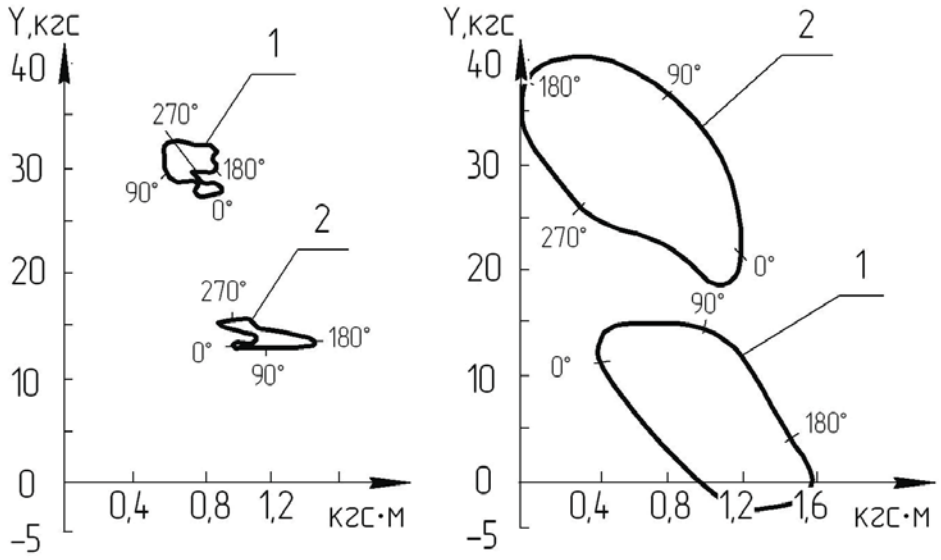
На керовані шини діють три стабілізуючі моменти: ваговий стабілізуючий момент M_{CTG}, швидкісний стабілізуючий момент M_{CTV}, стабілізуючий момент шини $M_{CT\delta}$. На некеровані (ведучі) колеса автомобіля діє стабілізуючий момент шини $M_{CT\delta}$. Наявність цих моментів позитивно впливає на стійкість руху автомобіля.

Момент $M_{CT\delta}$ залежить безпосередньо від характеристик шин і, як вже було зазначено вище, на сьогодні є проблема щодо визначення стабілізуючого моменту шини $M_{CT\delta}$ та способу його врахування при дослідженнях курсової стійкості руху автомобілів, тому слід продовжити дослідження теоретичного і практичного аспектів означеного питання.

Список літератури

1. Солтус А.П. Теория эксплуатационных свойств автомобиля: Учебное пособие для вузов.— К.: Аристей, 2004.— 188 с.

2. Тарасик В.П. Теория движения автомобиля: Учебник для вузов.— СПб.: БХВ — Петербург, 2006.— 478 с.



а) *б)*

Рис. 7. Характерні залежності зміни бічної сили і стабілізуючого моменту шини з радіальним кордом, що котиться по прямій:

а — малі зміни; б — великі зміни;
1 — колесо обертається проти годинної стрілки;
2 — колесо обертається за годинною стрілкою.

3. Определение упругого стабилизирующего момента управляемых колес самоходной машины/Михайлин И.А.: Материалы научно-технической конференции Ассоциации автомобильных инженеров (ААИ).— Книга 1 — Москва, МГТУ «МАМИ», 2009.— С. 402–408.

4. Иларионов В.А. Стабилизация управляемых колес.— М.: Транспорт, 1966.— 167 с.

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

6. Таборек Я. Механіка автомобіля. Пер. с англ.— М.: Машгіз, 1960.— 208 с.

7. Литвинов Л.С. Управляемость и устойчивость автомобиля.— М.: Машиностроение, 1971.— 416с.

8. Макаров В.А. Врахування стабілізації керованих коліс при моделюванні руху автомобіля, Збірник наукових праць НТУ № 17, 2008.— С. 91–95.

9. Лобас Л.Г. Об устойчивости движения транспортных машин с учетом колебаний управляющего колесного модуля/Л.Г. Лобас, В.Г Вербицкий // Прикладная механика.— 1995.— № 4.— С. 86–93.

10. Макаров В.А. Забезпечення курсової стійкості руху легкового автомобіля шляхом регулювання кута розвалу керованих коліс // Вісник Північного наукового центру ТАУ.— 2003.— Вип. 6.— С. 121–124.

11. Эллис Д.Р. Управляемость автомобиля: Пер. с англ.— М.: Машиностроение, 1975.— 216 с.

Аннотация. *Рассмотрены стабилизирующие моменты, которые действуют на автомобильные шины. Определены причины их появления. Рассмотрен стабилизирующий момент шины, который возникает из-за бокового увода и зависит от характеристик шины. Приведены графики, которые характеризуют влияние на стабилизирующий момент шины различных факторов.*

Abstract. *Antihunt moments which operate on motor-car tires are considered. Reasons of their appearance are certain. The antihunt moment of tire, which arises up from a lateral withdrawal, and depends on descriptions of tire, is considered. Charts over, which characterize influence on the antihunt moment of tire of different factors, are brought.*

Стаття надійшла до редакції 03.02.2010 р.

УДК 629.113

САХНО В. П., д. т. н., професор, ЖАРОВ К. С., аспірант,
Національний транспортний університет

ВПЛИВ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ АВТОПОЇЗДА НА ЙОГО ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЕКОНОМІЧНІСТЬ

Виконана порівняльна оцінка дво- та триланкових автопоїздів. Показано, що збільшення вантажопідйомності та обсягу перевезень за одну їздку зменшує технічну швидкість і підвищує середню витрату палива на маршруті, але водночас, покращує продуктивність та економічність. Використання триланкових автопоїздів у порівнянні з дволанковими може призвести до збільшення продуктивності майже вдвічі та скорочення витрат на перевезення на 20–30%.

Постановка проблеми

Підвищення продуктивності та економічності рухомого складу завжди було пріоритетом підприємств, діяльність яких пов'язана з перевезеннями пасажирів та вантажів. Очевидно, що ці властивості є одними з найважливіших при плануванні та аналізі діяльності таких підприємств, оскільки вони безпосередньо впливають на їхню прибутковість: продуктивність пов'язана із обсягом послуг, а економічність — із собівартістю послуг.

В Україні перевезення вантажів автомобільним транспортом на значні відстані (у міжрегіональному та міжнародному сполученні), що характеризуються постійним зростанням вантажообігу, потребують підвищення ефективності його роботи. Це, зокрема, випливає з інформації Державного комітету статистики України стосовно вантажних перевезень автомобільним транспортом (рис. 1) — за останні роки обсяг перевезень вантажів збільшився вдвічі. На підставі цього можна спрогнозувати, що перспектива подальшого розвитку галузі визначатиметься, перш за все, розвитком конструкції та раціональним застосуванням рухомого складу при одночасному зниженні витрат на перевезення. Дослідження впливу конструктивних параметрів на продуктивність та економічність рухомого складу є необхідною умовою удосконалення транспортних послуг. Правильне, обґрунтоване дослідженнями та досвідом поєднання параметрів автомобілів, напівпричепів та причепів на основі завдань, які стоять перед перевізником, умов експлуатації рухомого складу є потужним засобом підвищення його продуктивності та економічності.

Аналіз останніх досліджень

Продуктивність, як відомо, може визначатись як транспортна робота за одиницю часу, наприклад, за годину. В цьому випадку продуктивність залежить від номінальної вантажопідйомності автопоїзда, коефіцієнта використання вантажопідйомності, коефіцієнта використання пробігу, технічної швидкості, довжини їздки з вантажем та часу навантаження-розвантаження. В даній роботі досліджуватимуться сідельні автопоїзди з різними конструктивними параметрами, які здійснюють перевезення різної кількості вантажу на однакову, значну відстань. Отже, у подальшому час навантаження-розвантаження не розглядатимемо, а коефіцієнт використання пробігу приймемо рівним 1. Коефіцієнт використання вантажопідйомності в добутку з номінальною вантажопідйомністю дорівнюватиме масі вантажу, що перевозиться $M_в$. Технічна швидкість V_T являє собою середню швидкість за час руху. Продуктивність W визначатимемо за формулою:

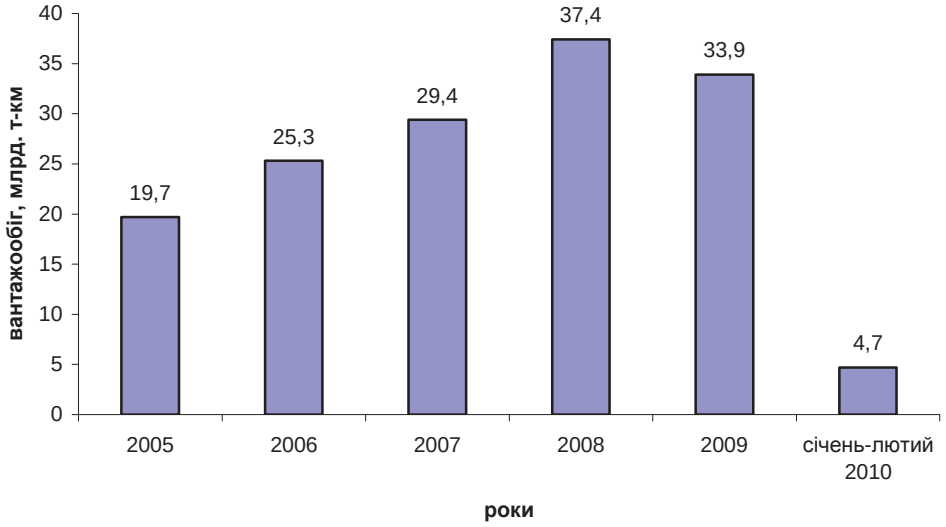


Рис. 1. Динаміка зростання вантажообігу за роками

$$W = Мв \cdot VT\ [т{\cdot}км/год] \qquad (1)$$

Паливну економічність автопоїздів визначатимемо через питому витрату палива $Q_п$, яка дорівнює відношенню середньої витрати палива $Q_{сер}$ до транспортної роботи. Для зручності подальшого аналізування в рамках даної роботи введемо величину, обернену до питомої витрати палива, позначимо через E та умовно назвемо її «Економічність». Ця назва відповідатиме дійсності тому, що зменшення питомої витрати палива означає покращення «економічності» і навпаки.

Мета роботи

Метою роботи є дослідження впливу варіації конструктивних параметрів автопоїздів на середню швидкість руху, середню витрату палива, продуктивність та економічність. Дослідження проводяться за допомогою імітаційної комп'ютерної моделі (ІКМ) руху автопоїзда, розробленою на кафедрі «Автомобілі» Національного транспортного університету. Дана модель описана у роботах [1, 2]. Суттєві для аналізу характеристики ланок автопоїздів наведені у табл. 1.

Крім того, для аналізу автопоїздів були використані наступні дані. Автомобілі DAF XF 105 (індекси ланок 1–3) оснащені стандартними 16-ступеневими коробками передач ZF 16S-1820; шини: 315/70R22,5; передаточні числа головних передач: 2,69; 2,93; 3,07; 3,31; 3,73; 4,1; 4,12; 4,46; 4,89; 5,12; 5,56; 6,1; 6,43; коефіцієнт опору кочення колеса: 0,01; ККД трансмісії: 0,9; фактори обтічності: 6,0; 7,5 Нс²/м² — відповідно для дволанкових та триланкових автопоїздів.

Склад досліджуваних автопоїздів наведений у табл. 2.

Аналіз експлуатаційних характеристик дев'яти вищенаведених автопоїздів проводиться при десяти різних обсягах перевезень з м. Києва до м. Одеси.

Головний розділ

Поздовжній профіль маршруту Київ-Одеса зображений на рис. 2. ІКМ імітує рух автопоїздів по даному маршруту, розбиваючи його на ділянки з постійними значеннями ухилів довжинами 500 та 1000 метрів (в залежності від рельєфу місцевості).

Таблиця 1

Характеристики ланок автопоїздів

Індекс ланки	Назва	Власна маса, т	Вантажо-підйомність, т	Повна маса, т	Двигун	
					Тип	Номінальна потужність, кВт
1	Сідельний тягач DAF XF 105.410	7,4			PACCRD MX 300	300
2	Сідельний тягач DAF XF 105.460	7,4			PACCRD MX 340	340
3	Сідельний тягач DAF XF 105.510	7,4			PACCRD MX 375	375
4	Напівпричіп KRONE SDP 27	6,2	32,8	39	—	—
5	Причіп KRONE AZP 18	4,0	14,0	18	—	—
6	Причіп KRONE ADP 27	5,5	18,5	24	—	—

Таблиця 2

Склад автопоїздів

Індекс автопоїзда	Індекси ланок	Власна маса, т	Вантажопідйомність, т	Загальна маса, т
АП1	1+4	13,6	32,8	46,4
АП2	2+4	13,6	32,8	46,4
АП3	3+4	13,6	32,8	46,4
АП4	1+4+5	17,6	46,8	64,6
АП5	2+4+5	17,6	46,8	64,6
АП6	3+4+5	17,6	46,8	64,6
АП7	1+4+6	19,1	51,3	70,4
АП8	2+4+6	19,1	51,3	70,4
АП9	3+4+6	19,1	51,3	70,4

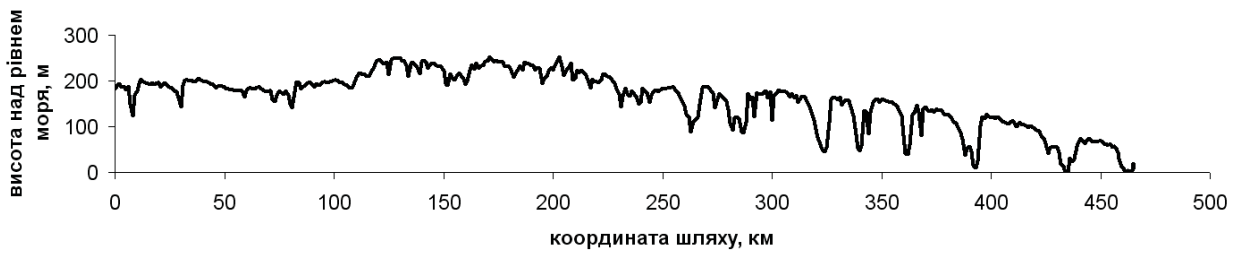


Рис. 2. Поздовжній профіль маршруту Київ — Одеса

Коротка характеристика маршруту. Довжина маршруту: 465,5 км; мінімальна висота над рівнем моря — 0; максимальна висота над рівнем моря — 253 м; мінімальне значення ухилу — мінус 6,3%; максимальне значення ухилу — 7,7%.

ІКМ визначає середні (технічні) швидкості та середні витрати палива автопоїздів на заданому маршруті при відомих фактичних масах автопоїздів. Визначимо ці маси для десяти різних обсягів перевезень (табл. 3).

Набір вищенаведених даних є достатнім для визначення продуктивності та економічності автопоїздів. Продуктивність визначатимемо за формулою (1); економічність, виходячи з вищевикладених міркувань, розраховуватимемо за такою формулою:

$$E = \frac{M_B}{Q_{сер}} \ [т \cdot км/л] \qquad (2)$$

Таблиця 3

Обсяги перевезень та фактичні маси автопоїздів

Маса вантажу, т	Коефіцієнт використання вантажопідйомності, %	Маса автопоїзда, т	Індекси автопоїздів
5,13	15,6	18,73	АП1; АП2; АП3
10,26	31,3	23,86	АП1; АП2; АП3
15,39	46,9	28,99	АП1; АП2; АП3
20,52	62,6	34,12	АП1; АП2; АП3
26,65	81,3	39,25	АП1; АП2; АП3
30,78	93,8	44,38	АП1; АП2; АП3
35,91	76,7	53,51	АП4; АП5; АП6
41,04	87,7	58,64	АП4; АП5; АП6
46,17	98,7	63,77	АП4; АП5; АП6
51,30	100,0	70,40	АП7; АП8; АП9

При дослідженні впливу передаточних чисел головної передачі автомобіля-тягача на продуктивність та економічність визначатимемо комплексний оціночний показник (КОП) [1,2], який узагальнює значення цих двох властивостей.

$$КОП_i = \frac{W_i - W_{\min}}{W_{\max} - W_{\min}} + \frac{E_i - E_{\min}}{E_{\max} - E_{\min}}, \qquad (3)$$

де W_{max}, W_{min}, E_{max}, E_{min} — мінімальні та максимальні значення продуктивностей та економічностей автопоїздів з усього діапазону передаточних чисел головної передачі при незмінних інших параметрах; W_i, E_i — значення цих величин для i-го передаточного числа ($K_{гп}$).

У табл. 4 та на рис. 3 наведено фрагмент результату дослідження на прикладі автопоїзда АП3 з масою вантажу $M_в$=30,78 т.

Цей приклад є характерним для всіх автопоїздів АП1-АП9 та всіх обсягів перевезень — $M_в$=5,13…51,3 т. Далі сформуємо залежності цих самих показників від маси автопоїзда для трьох значень передаточних чисел головної передачі (точки I, II, III на рис. 3). Перша точка відповідає $K_{гп}$=2,69 і характеризується максимальною продуктивністю та мінімальною економічністю.

Точка III відповідає $K_{гп}$=6,43 і характеризується максимальною економічністю та мінімальною продуктивністю. Точка II відповідає максимальному значенню КОП. Для різних автопоїздів АП1-АП9 та для різних обсягів перевезень в точці II $K_{гп}$ змінюється від 4,1 до 4,89. У табл. 5, 6, 7 наведені розраховані значення показників автопоїздів у відповідно у точках I, II та III.

Таблиця 4

Результати розрахунку оціночних показників автопоїзда АП3 при $M_в$=30,78 т

Передаточне число $K_{гп}$	Технічна швидкість V_T, км/год	Середня витрата палива $Q_{сер}$, л/100 км	Продуктивність W, т·км/год	Економічність E, т·км/л	КОП
2,69	106,0	77,0	3263	39,9	1
2,93	105,3	73,7	3240	41,8	1,047
3,07	104,2	70,5	3208	43,6	1,088
3,31	101,5	65,6	3123	46,9	1,141
3,73	95,5	59,0	2940	52,2	1,191
4,10	90,0	55,1	2769	56,0	1,197
4,12	89,7	55,0	2760	56,2	1,196
4,46	84,8	52,2	2610	58,9	1,181
4,89	79,1	49,8	2434	61,9	1,153
5,12	76,2	48,7	2346	63,2	1,133
5,56	71,2	47,2	2191	65,2	1,088
6,10	65,7	46,1	2023	66,9	1,021
6,43	62,7	45,1	1931	68,2	1

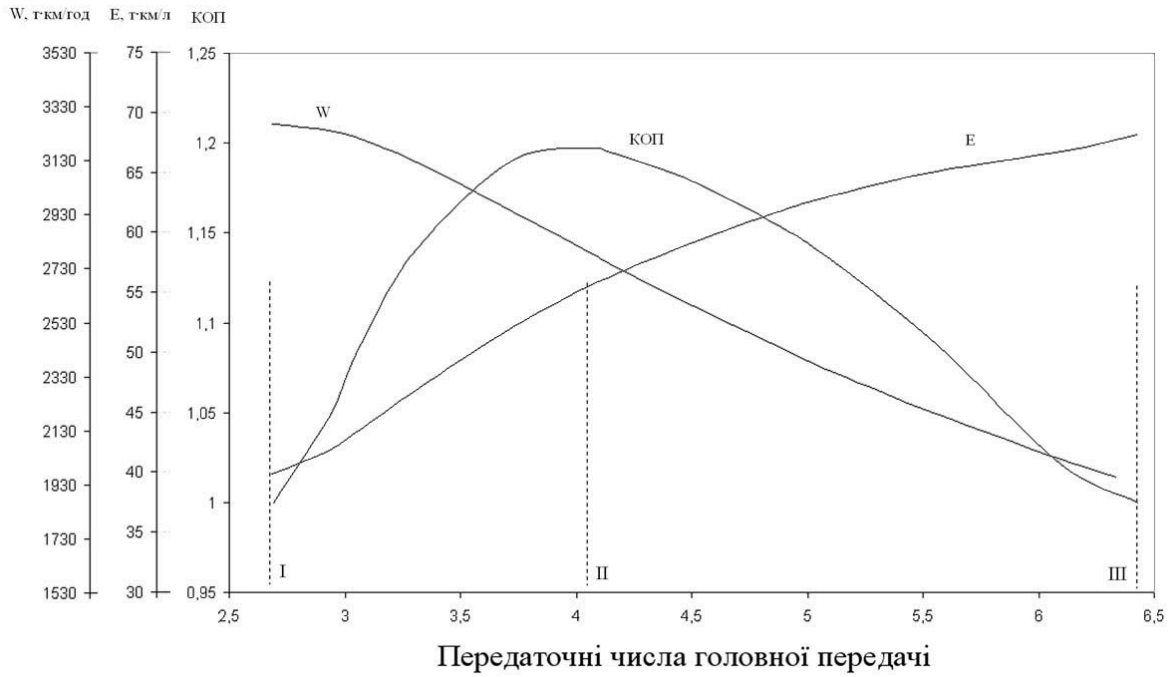


Рис. 3. Залежність оціночних показників автопоїзда від передаточного числа головної передачі

Таблиця 5

Оціночні показники автопоїздів у точці I (рис. 3)

Маса автопоїзда, т	Маса вантажу $M_в$, т	Технічна швидкість $V_т$, км/год	Середня витрата палива $Q_{сер}$, л/100 км	Продуктивність W, т·км/год	Економічність E, т·км/л	Індекс автопоїзда
18,73	5,13	128	40,2	657	12,8	АП1
23,86	10,26	121	48,4	1241	21,2	АП1
28,99	15,39	114	55,6	1753	27,7	АП1
34,12	20,52	107	60,6	2201	33,8	АП1
39,25	25,65	101	64,9	2601	39,6	АП1
44,38	30,78	96	69,2	2957	44,5	АП1
53,51	35,91	87,5	76,7	3142	46,9	АП4
58,64	41,04	83,7	80,2	3435	51,1	АП4
63,77	46,17	80,1	83,9	3696	55,0	АП4
70,40	51,30	76,2	88,6	3907	57,9	АП7
18,73	5,13	131,2	40,1	673	12,8	АП2
23,86	10,26	125,1	48,3	1283	21,2	АП2
28,99	15,39	119	56,4	1831	27,3	АП2
34,12	20,52	112,8	63,5	2314	32,3	АП2
39,25	25,65	106,9	68,5	2743	37,4	АП2
44,38	30,78	101,8	72,6	3134	42,3	АП2
53,51	35,91	93	81,1	3341	44,3	АП5
58,64	41,04	89,2	84,8	3659	48,4	АП5
63,77	46,17	85,7	88,3	3956	52,3	АП5
70,40	51,30	81,5	93,1	4181	55,1	АП8
18,73	5,13	133,4	40,5	684	12,7	АП3
23,86	10,26	127,8	48,8	1312	21,0	АП3
28,99	15,39	122,3	57,2	1882	26,9	АП3
34,12	20,52	116,7	65,6	2395	31,3	АП3
39,25	25,65	111,2	72,1	2852	35,6	АП3
44,38	30,78	106	77,0	3263	39,9	АП3
53,51	35,91	97,4	85,5	3498	42,0	АП6
58,64	41,04	93,5	89,7	3836	45,7	АП6
63,77	46,17	89,8	93,6	4144	49,3	АП6
70,40	51,30	85,7	98,3	4397	52,2	АП9

На рис. 4–7 наведені отримані за результатами розрахунків залежності технічної швидкості, середньої витрати палива, продуктивності та економічності автопоїздів з автомобілем-тягачем DAF XF 105.460 (АП2, АП5, АП8) в точках I, II та III. На цих графіках пунктирною лінією позначені ділянки залежностей, що не відповідають руху автопоїздів за Правилами дорожнього руху — перевищення допустимої швидкості або маси транспортного засобу.

Таблиця 6

Оціночні показники автопоїздів у точці II (рис. 3)

Маса автопоїзда, т	Маса вантажу $M_в$, т	Технічна швидкість $V_т$, км/год	Середня витрата палива $Q_{сер}$, л/100 км	Продуктивність W, т·км/год	Економічність E, т·км/л	Індекс автопоїзда
18,73	5,13	95,8	26,2	491	19,6	АП1
23,86	10,26	88,3	30,1	906	34,1	АП1
28,99	15,39	92,6	37,3	1425	41,3	АП1
34,12	20,52	90,3	42,7	1852	48,1	АП1
39,25	25,65	88,2	48,3	2261	53,1	АП1
44,38	30,78	86,0	53,8	2648	57,2	АП1
53,51	35,91	74,2	57,0	2664	63,0	АП4
58,64	41,04	76,7	65,2	3147	63,1	АП4
63,77	46,17	74,8	70,2	3453	65,8	АП4
70,40	51,30	72,3	76,6	3709	66,9	АП7
18,73	5,13	96,6	26,7	497	19,2	АП2
23,86	10,26	95,1	31,8	975	32,2	АП2
28,99	15,39	93,5	37,4	1440	41,2	АП2
34,12	20,52	92,2	43,0	1891	47,8	АП2
39,25	25,65	90,4	48,5	2318	52,9	АП2
44,38	30,78	88,2	53,9	2715	57,1	АП2
53,51	35,91	80,8	61,5	2902	58,4	АП5
58,64	41,04	74,7	62,1	3066	66,1	АП5
63,77	46,17	73,4	66,9	3390	69,1	АП5
70,40	51,30	71,7	73,2	3678	70,1	АП8
18,73	5,13	96,9	27,5	497	18,7	АП3
23,86	10,26	95,7	32,6	982	31,4	АП3
28,99	15,39	88,4	36,4	1361	42,3	АП3
34,12	20,52	92,9	43,7	1906	46,9	АП3
39,25	25,65	91,6	49,4	2350	52,0	АП3
44,38	30,78	90,0	55,0	2769	56,0	АП3
53,51	35,91	86,6	65,8	3109	54,6	АП6
58,64	41,04	85,0	71,8	3490	57,1	АП6
63,77	46,17	79,4	72,8	3666	63,4	АП6
70,40	51,30	77,5	79,0	3977	65,0	АП9

Висновки

На підставі проведених у даній роботі розрахунків можна зробити такі висновки щодо впливу конструкції на економічні показники рухомого складу:

– збільшення передаточного числа головної передачі покращує паливну економічність і навпаки, погіршує продуктивність;

– збільшення коефіцієнта використання вантажопідйомності, збільшення обсягу перевезень за одну їздку зменшує технічну швидкість та підвищує середню витрату палива на маршруті, але водночас, покращує продуктивність та економічність;

Таблиця 7

Оціночні показники автопоїздів у точці III (рис. 3)

Маса автопоїзда, т	Маса вантажу $M_в$, т	Технічна швидкість $V_т$, км/год	Середня витрата палива $Q_{сер}$, л/100 км	Продуктивність W, т·км/год	Економічність E, т·км/л	Індекс автопоїзда
18,73	5,13	64,1	23,3	329	22,0	АП1
23,86	10,26	63,8	27,2	655	37,8	АП1
28,99	15,39	63,4	31,1	975	49,5	АП1
34,12	20,52	62,9	35,3	1291	58,2	АП1
39,25	25,65	62,4	39,1	1599	65,5	АП1
44,38	30,78	61,7	43,5	1900	70,8	АП1
53,51	35,91	60,5	51,2	2174	70,1	АП4
58,64	41,04	59,8	55,7	2455	73,7	АП4
63,77	46,17	59,0	58,8	2726	78,6	АП4
70,40	51,30	58,0	65,0	2977	79,0	АП7
18,73	5,13	64,2	24,3	329	21,1	АП2
23,86	10,26	64,0	28,1	656	36,6	АП2
28,99	15,39	63,7	32,0	980	48,2	АП2
34,12	20,52	63,3	35,9	1298	57,1	АП2
39,25	25,65	62,8	40,1	1612	64,0	АП2
44,38	30,78	62,4	44,3	1919	69,4	АП2
53,51	35,91	61,4	51,9	2204	69,1	АП5
58,64	41,04	60,8	55,9	2494	73,4	АП5
63,77	46,17	60,1	59,9	2776	77,1	АП5
70,40	51,30	59,3	65,6	3041	78,2	АП8
18,73	5,13	64,2	25,6	330	20,0	АП3
23,86	10,26	64,1	29,4	657	35,0	АП3
28,99	15,39	63,8	33,3	982	46,3	АП3
34,12	20,52	63,5	37,2	1303	55,1	АП3
39,25	25,65	63,1	41,3	1619	62,1	АП3
44,38	30,78	62,7	45,1	1931	68,2	АП3
53,51	35,91	61,9	53,2	2223	67,5	АП6
58,64	41,04	61,4	57,5	2519	71,3	АП6
63,77	46,17	60,8	61,5	2809	75,1	АП6
70,40	51,30	60,1	66,8	3083	76,8	АП9

– використання триланкових автопоїздів у порівнянні з дволанковими може призвести до збільшення продуктивності майже вдвічі та скороченню витрат на перевезення на 20–30%.

Подальший розвиток

Розрахунок показників продуктивності та паливної економічності автопоїздів, який проводився за допомогою ІКМ на маршруті Київ-Одеса, виконувався на основі характеристик поздовжнього профілю дороги та дозволеної швидкості руху на ньому. При цьому не враховувались реальні умови руху (обмеження швидкості в населених пунктах, щільність транспортного потоку тощо). Для отримання більш об'єктивних результатів потрібно визначити параметри їздових циклів автопоїздів на даному маршруті.

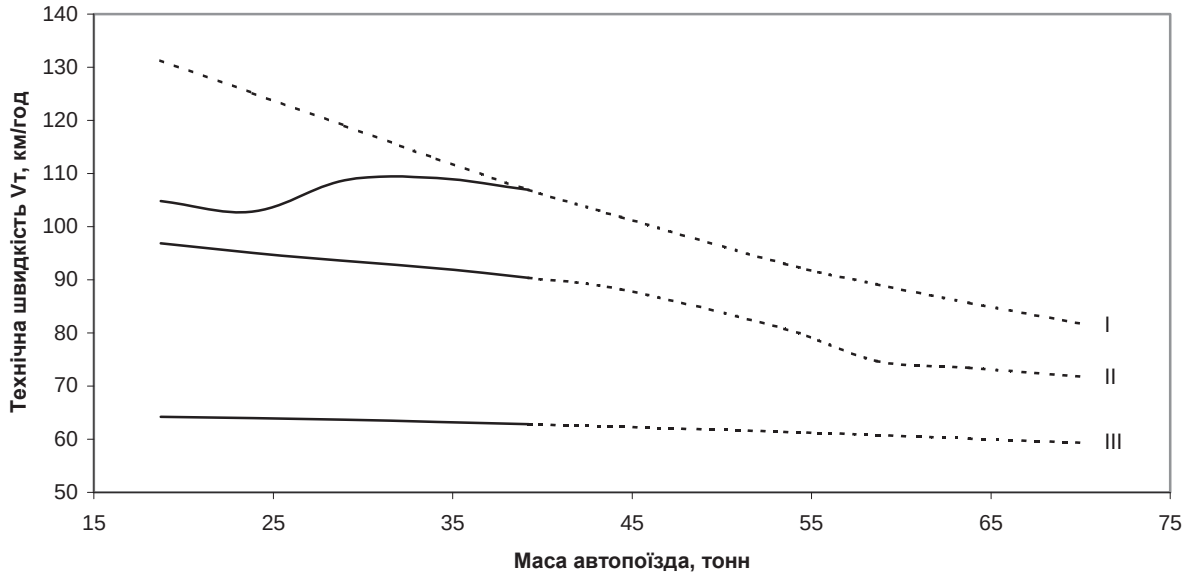


Рис. 4. Залежність технічної швидкості від маси автопоїзда

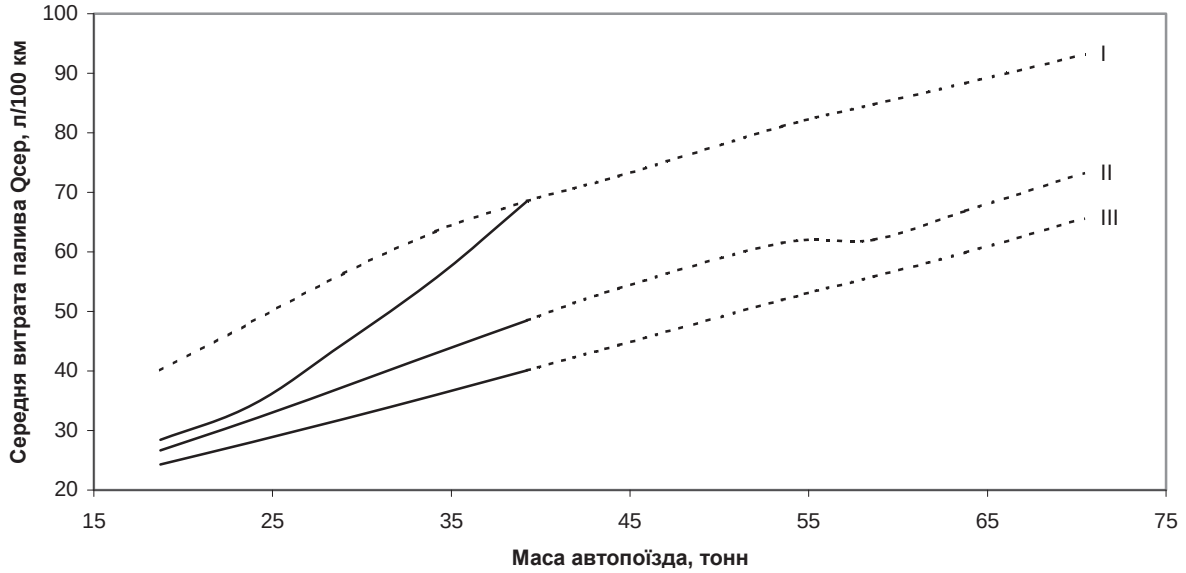


Рис. 5. Залежність середньої витрати палива від маси автопоїзда

Список літератури

1. Сахно В.П. Порівняльний аналіз та оптимізація конструкцій тягачів триланкових автопоїздів/В.П. Сахно, К.С. Жаров // Автошляховик України. Окремий випуск. Вісник Центрального наукового центру Транспортної академії України — 2008.— № 11.— С. 125–134.

2. Жаров К.С. До вибору типу автомобіля-тягача триланкового автопоїзда за показниками паливної економічності/К.С. Жаров // Автошляховик України.—2008.— № 4 (204).— С. 17–21.

3. The DAF XF 105. Edition 2009. DAF Trucks N.V., Нідерланди.

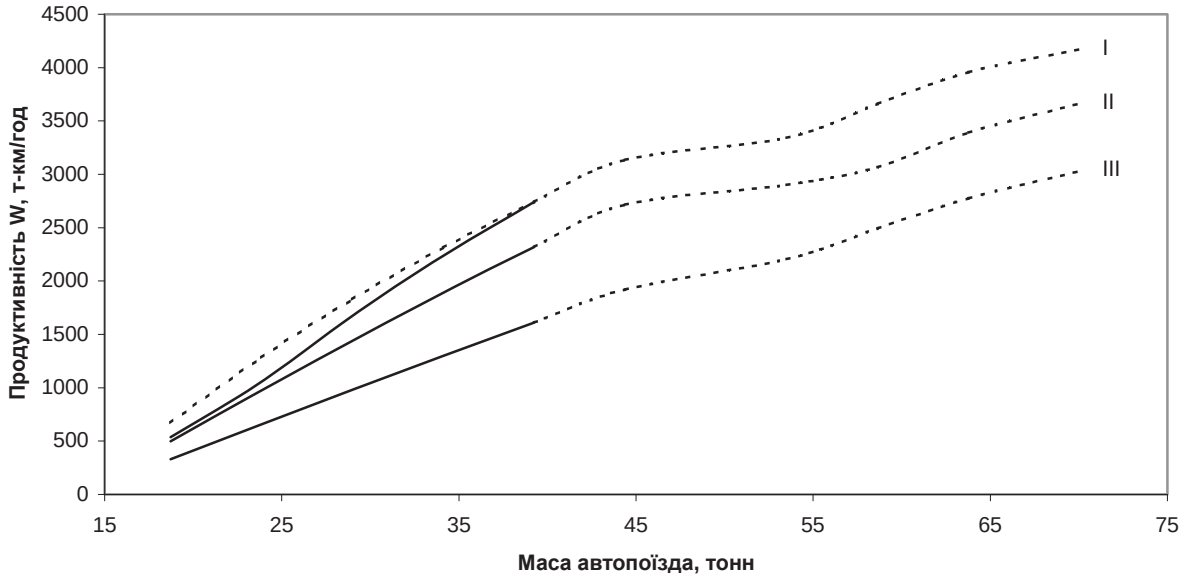


Рис. 6. Залежність продуктивності від маси автопоїзда

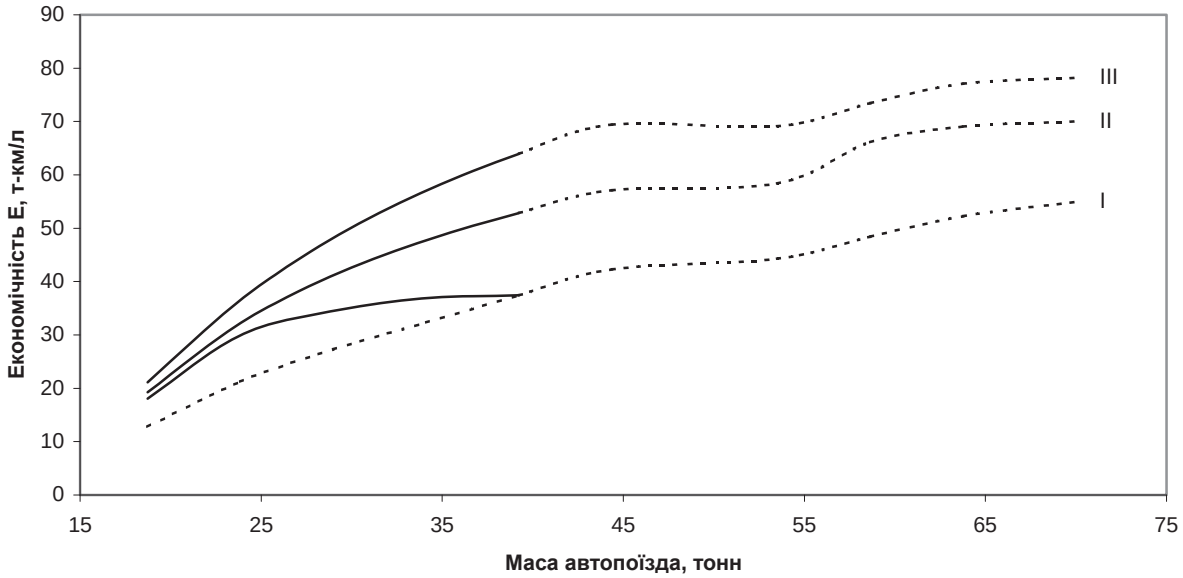


Рис. 7. Залежність економічності від маси автопоїзда

Аннотация. *Выполнена сравнительная оценка двух—и трехзвенных автопоездов. Показано, что увеличение грузоподъемности, объема перевозок на одну ездку уменьшает техическую скорость и увеличивает средний расход топлива на маршруте, но вместе с тем улучшает производительность и экономичность. Использование трехзвенных автопоездов в сравнении с двухзвенными может привести к увеличению производительности почти вдвое и сокращению затрат на перевозки на 20–30%.*

Abstract. *The comparative estimation of two—and threelink lorry convoys is executed. The increase in carrying capacity is shown, that, volume of transportations by one trip reduces technical*

speed and increases the average charge of fuel on a route, but at the same time improves productivity and profitability. Use threelink lorry convoys in comparison with twolink can result in increase in productivity almost twice and reduction expenses for transportations for 20-30 %.

Стаття надійшла до редакції 05.05.2010 р.

УДК 621.43

ЧЕРНЫШЕВ С.А., доцент, к. т. н., ПЕТРОВ А.В., к.т.н.,
Донецкая академия автомобильного транспорта

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ В КАЧЕСТВЕ ПРИВОДА ВОЗДУШНОГО ТЕПЛОВОГО НАСОСА

Предложена конструкция теплового насоса для отопления помещений. Выполнен сравнительный анализ различных компоновочных схем. Рассчитана эффективность применения тепловых насосов.

Введение

В настоящее время отопление жилых зданий в осенне-зимний период производится в основном за счет сжигания природного газа. По последним данным Кабинета министров на эти цели Украина расходует около 10 миллиардов кубометров газа, затрачивая на его приобретение около трех миллиардов долларов.

В большинстве случаев используется центральное отопление. Газ сжигается в водяных котлах с КПД не более 92%. Полученное тепло в виде горячей воды транспортируется по замкнутым теплотрассам к потребителю. Налицо низкий КПД преобразования химической энергии газа в тепловую и большие потери на рассеивание тепла теплотрассами (от 15 до 30%). В то же время известны термодинамические способы преобразования энергии в тепловую с температурой до 100 °С с тепловым коэффициентом $K_T = 2\ldots4$ (отношение полученной тепловой энергии к затраченной). Такие преобразователи называются тепловыми насосами (ТН). Они получили широкое распространение (порядка 75%) в европейских странах в качестве генераторов тепла для отопления жилья. Так как в качестве ТН используются установки с отбором тепла от конденсирующегося рабочего тела — хладона, то минимальная температура атмосферного воздуха не должна быть ниже –8 °С. При снижении температуры ниже –8 °С переходят на прямой электронагрев.

Постановка задачи

Цель данной статьи — анализ эффективности применения теплового насоса с приводом от автомобильного двигателя, работающего на газе, для отопления помещений.

Основная часть

Любой ТН является холодильной установкой, работающей по обратному циклу. Мы предлагаем создать ТН на базе воздушной холодильной установки. К ее достоинствам относится использование в качестве рабочего тела атмосферного воздуха, что позволяет использовать разорванный цикл и отказаться от испарительного теплообменника. Кроме того, можно отказаться от дорогостоящей герметизации системы «хладон-двигатель».

Основным недостатком воздушных ТН являются большие габариты и металлоемкость конструкции, обусловленные необходимостью перекачки большого количества воздуха. Однако, отсутствие испарительного, а, в некоторых случаях, и конденсационного теплообменника, делают металлоемкость предлагаемой установки сравнимой с конденсационными ТН.

Нами проведены теоретические исследования рабочих циклов воздушных ТН. Были предложены 4 схемы компоновки воздушных ТН с традиционным электроприводом и приводом от автомобильного двигателя, работающего на газообразном топливе (рис. 1).

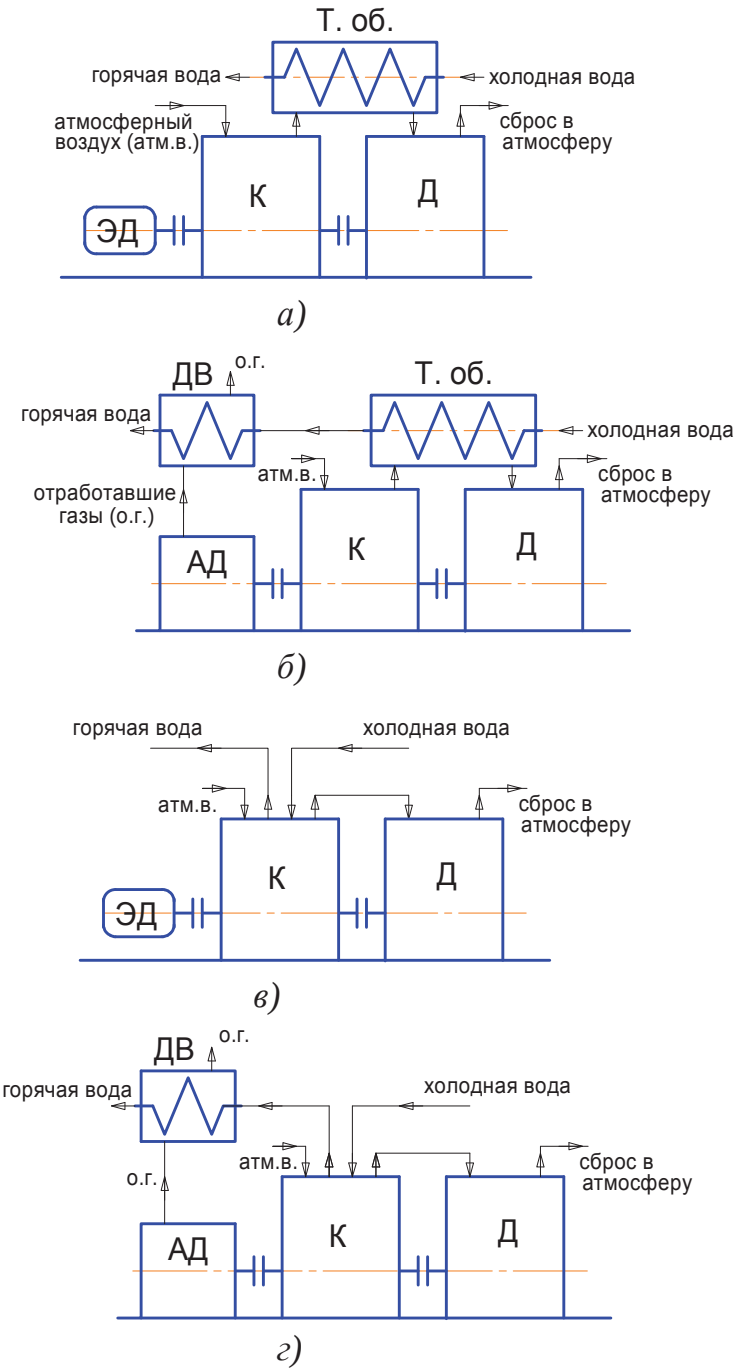


Рис. 1. Компоновочные схемы тепловых насосов:

а — компоновка «электродвигатель (ЭД) — компрессор (К) — детандер (Д) — промежуточный теплообменник «сжатый воздух — вода» (Т. об.)»; б — компоновка «автомобильный двигатель (АД) — компрессор — детандер — догреватель воды отработавшими газами (ДВ)»; в — компоновка «электродвигатель — компрессор с водяным впрыском — детандер»; г — компоновка «автомобильный двигатель — компрессор с водяным впрыском — детандер — догреватель воды отработавшими газами»

На рис. 2 в координатах *P-v* показан разорванный цикл I работы воздушного ТН (1-2-3-4) с отбором тепла в конце сжатия для компоновочных схем *а* и *б* (см. рис. 1) и разомкнутый цикл II (1-3-4) с применением компрессора с впрыском воды (см. рис. 1 *в* и *г*).

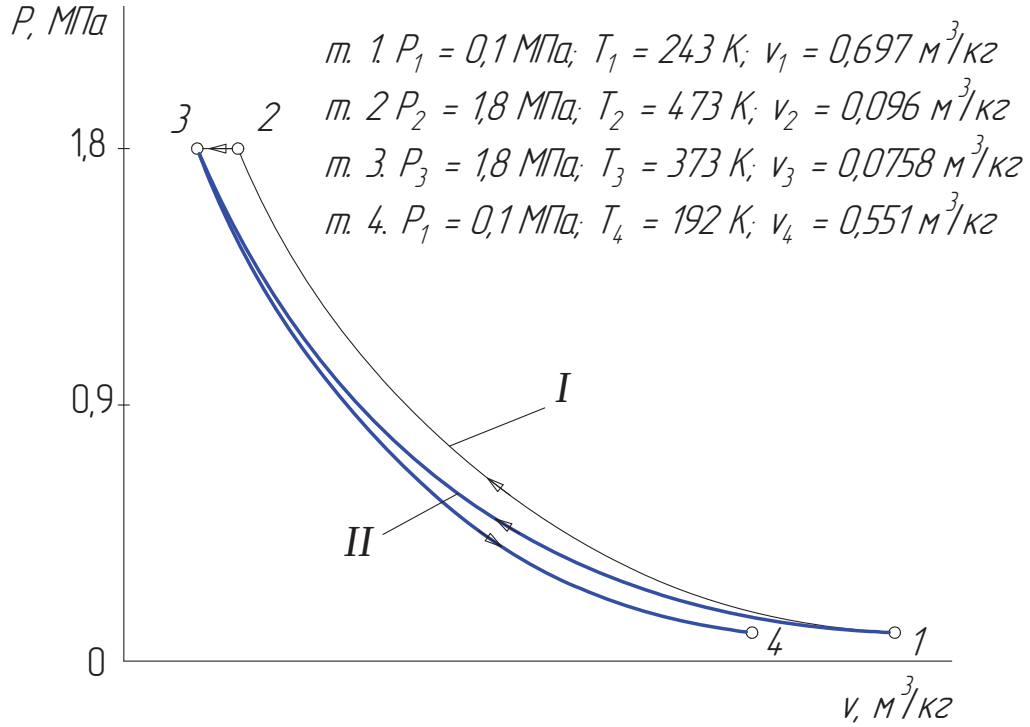


Рис. 2. График рабочего цикла воздушного теплового насоса

Для исследования рабочего цикла I воздушного ТН были приняты допущения, что температура сжатия в точке $2 - T_2 = const = 473$ *К* и температура охлаждения в точке $3 - T_3 = const = 373$ *К*. В качестве переменного параметра принималась температура окружающей среды T_1 в пределах от –30 до 0 °С (243…273 К).

Необходимая работа привода $\Delta L_{пр}$ [кДж/кг] определялась путем суммирования работы сжатия $L_{сж}$, охлаждения $L_{охл}$ и расширения $L_{рас}$:

$$\Delta L_{пр} = L_{сж} - L_{охл} + L_{рас},$$

где $L_{сж} = \frac{R}{n-1}(T_2 - T_1)$; $L_{охл} = R(T_2 - T_3)$; $L_{рас} = \frac{R}{n-1}(T_3 - T_4)$;

$R = 0{,}287$ кДж/кг — газовая постоянная для воздуха;

$n = 1{,}3$ — показатель политропы сжатия, по которой работает компрессор, для воздуха.

Тепловой коэффициент определяется по формулам

$$K_{TI} = \frac{\Delta q}{\Delta L_I} \text{ и } K_{TII} = \frac{Dq}{DL_{II}},$$

где $\Delta q = mC_pT_2 - mC_pT_3$, кДж/кг;

$\Delta L_I = L_{сж} + L_{охл} - L_{рас}$, кДж/кг;

$\Delta L_{II} = L_{сж} - L_{рас}$, кДж/кг.

Расчетный тепловой коэффициент по циклу 1-2-3-4 при изменении температуры окружающей среды от –30 до 0 °С лежит в пределах

$$K_{TI} = 1{,}34\ldots1{,}73.$$

Для цикла сжатия с впрыском воды при таком же изменении температуры окружающей среды

$$К_{тп} = 2{,}16…3{,}26.$$

Другими словами, если отапливать помещение при помощи ТН, при использовании электропривода расход электроэнергии в цикле 1-2-3-4 уменьшается в пределах 1,34…1,73 раза, а в цикле 1-3-4 — в 2,16…3,26 раза по сравнению с прямым электрическим обогревом.

Если использовать для отопления воздушный ТН с приводом от автомобильного двигателя, работающего на природном газе с низшей теплотой сгорания 35 000 кДж/м³, то расход газа уменьшается в цикле 1-2-3-4 в 1,21…1,56 раза, а в цикле 1-3-4 — в 1,52…1,94 раза.

Если принять среднюю температуру за отопительный сезон –2,7 °С по данным коммунальной службы Донецкой области, то расход газа за сезон можно снизить в 1,85 раза, что уменьшит расход газа по Украине до 10 000 000 тыс. м³/1,85 = 5 405 405 тыс. м³. Это составит экономию в денежном выражении

Э = 10 000 000–540 405 = 4 594 594 тыс. м3 × 330 $ = 1,5 миллиарда долларов.

Подобная экономия равносильна снижению стоимости газа до 178,4 $ за 1000 м³.

Полученные данные сравнивались с реальным потреблением тепловой энергии N [кВт] и адекватным расходом газа B [м³/час] типовым пятиэтажным домом с обогреваемой площадью 2920 м². Полученные данные сведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчета расхода энергии и газа на отопление помещения

t, °С	Энергия, необходимая для обогрева здания площадью 2920 м²							
	Электро-энергия N, кВт	Природный газ В, м³/час	ТН по циклу I			ТН по циклу II		
			N, кВт	В, м³/час	$К_т$	N, кВт	В, м³/час	$К_т$
–30	146	16,30	108,9	13,42	1,340	67,60	10,68	2,16
–20	117	13,08	83,7	10,56	1,398	50,65	8,25	2,31
–10	87,6	9,79	61,0	7,82	1,435	36,20	6,0	2,42
0	58,4	6,52	33,7	4,78	1,730	17,90	3,35	3,26

Из табл. 1 видно, что гораздо выгоднее сжигать газ в цилиндре автомобильного двигателя, чем в топке водяного котла, т. к. теплотворная способность газа увеличивается на 35% при –30°С и до 49% при 0°С. Кроме этого, используется практически 100% неиспользованного двигателем тепла для дополнительного подогрева горячей воды.

Для получения более точных данных по экономии газа необходимо провести исследования модели или опытного образца предлагаемой установки.

Выводы

Наладив выпуск и внедрение в эксплуатацию воздушных ТН с приводом от автомобильного двигателя, работающего на газовом топливе, можно экономить 85% необходимого для отопления природного газа.

Список литературы

1. Розенфельд Л.М., Ткачев А.Г. Холодильные машины и аппараты — М.: Государственное издательство торговой литературы, 1955.— 584 с.

2. Колчин А.И., Демидов В.П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей: Учеб. пособие для вузов.— 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Высш. школа, 1980.— 400 с.

Анотація. *Запропонована конструкція теплового насосу для опалення приміщення. Виконаний порівняльний аналіз різних компонувальних схем. Розрахована эфективність використання теплових насосів.*

Abstract. *The design of the heat pump for space heating. A comparative analysis of various design schemes. Calculate the effective use of heat pumps.*

Стаття надійшла до редакції 10.02.2010 р.

УДК 625.768.5:330.15

СТОЛЯРОВА Н.А., к. т. н., СТОЛЯРОВ К.А., инженер, УШАКОВ С.А., студент,
Автомобильно-дорожный институт
Донецкого национального технического университета
ЛИХОШЕРСТ Р.В., ассистент,
Донецкая академия автомобильного транспорта

УЧЕТ ДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПРИ ОЦЕНКЕ СРОКА СЛУЖБЫ ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Представлены результаты исследования динамического воздействия транспортных средств на дорожные конструкции на основе наблюдений на стационарных пунктах. Установлено, что основными факторами, приводящими к увеличению динамического воздействия транспорта в процессе эксплуатации дороги, являются снижение ровности дорожного покрытия и увеличение скоростных режимов движения.

Постановка проблемы

В условиях современного интенсивного высокоскоростного движения дорожные конструкции подвергаются многократному приложению динамических нагрузок от транспортных средств, что является одним из основных факторов снижения транспортно-эксплуатационного состояния дорожных покрытий, их разрушения.

Анализ последних исследований

Экспериментальные исследования работы дорожных конструкций под действием подвижных нагрузок были выполнены Б.С. Радовским, А.М. Кривисским, Д.З. Ермаковичем, А.Г. Малофеевым [1–3].

Ими были получены следующие закономерности поведения дорожных одежд при движении транспортных средств:

– скорость движения транспортных средств является одним из основных факторов, определяющих напряженно-деформированное состояние дорожной одежды;

– для всех конструкций дорожных одежд характерно монотонное снижение величины прогибов и увеличение скорости прогибов с ростом скорости движения нагрузки (рис. 1);

– увеличение скорости движения нагрузки приводит к снижению давления на грунт земляного полотна.

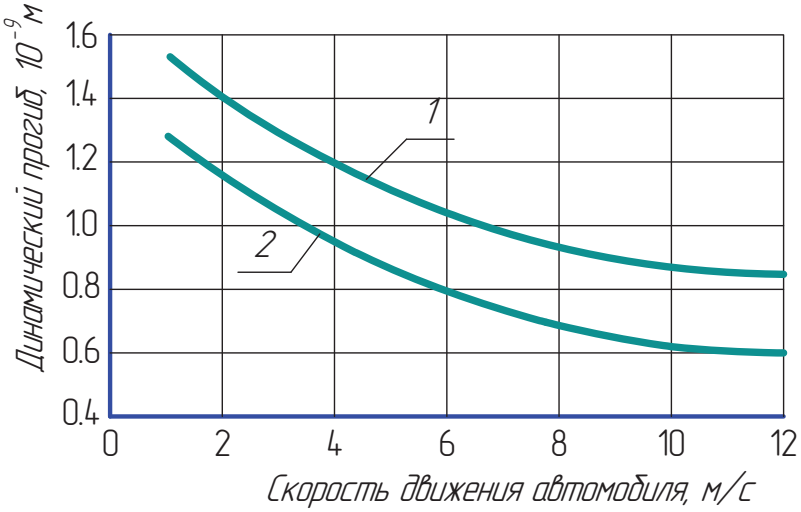


Рис. 1. Зависимость динамических прогибов (а) и скоростей прогибов (б) от скорости движения автомобиля:

1 — заднее колесо, P=40,2 кН; 2 — переднее колесо, P=16,7 кН

Уменьшение прогибов дорожной одежды по мере увеличения скорости движения автомобиля порождает мнение, будто напряженное состояние дорожных одежд под воздействием подвижных нагрузок имеет меньшую величину и менее опасно, чем при статическом нагружении [4]. Однако, хотя прогибы дорожной одежды и уменьшаются, напряжения при этом превосходят величину растягивающих напряжений, возникающих при статическом нагружении. Так, движущаяся нагрузка создает в монолитном слое растягивающие напряжения, значительно превосходящие величину напряжений, возникающих при статическом нагружении (до 1,5 раз при ровном покрытии и до 2,3 раза при неровном), что является следствием проявления реологических свойств материалов дорожных одежд и в первую очередь в верхних слоях, содержащих органические вяжущие (рис. 2). Следовательно, подвижная нагрузка производит большее воздействие на дорожное покрытие, чем статическая, и со временем (с возрастанием неровностей покрытия) ее действие еще больше возрастает, сокращая срок службы дорожной одежды.

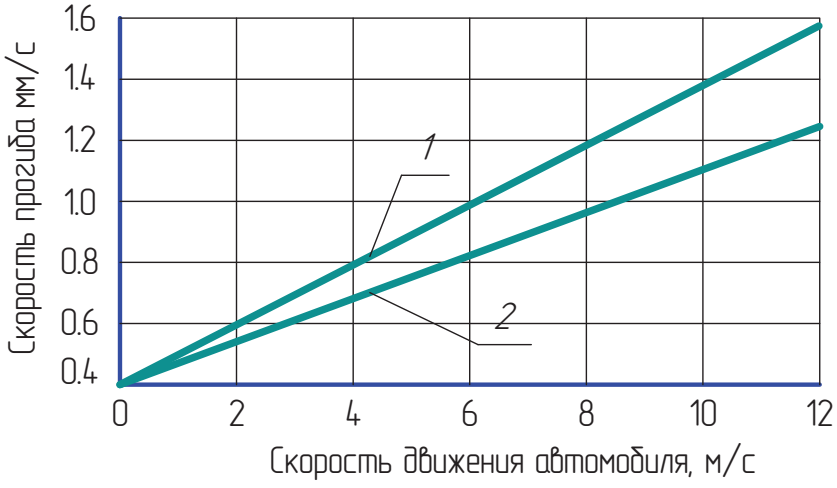


Рис. 2. Зависимость растягивающих напряжений при изгибе монолитных слоев дорожной одежды от скорости движения нагрузки P=40 кН:

1 — ровное покрытие; 2 — неровное покрытие

Полученные зависимости напряженно-деформированного состояния дорожных одежд от скорости движения нагрузки свидетельствуют о следующем. Увеличение скорости движения, с одной стороны, снижает время воздействия транспортных средств, что приводит к уменьшению нагрузки на грунт земляного полотна, но, с другой стороны, при этом значительно возрастают растягивающие напряжения в асфальтобетонном покрытии.

Таким образом, появление большого количества современных скоростных автомобилей с улучшенными динамическими характеристиками способствует значительному росту растягивающих напряжений в дорожном покрытии, приводящих к усталостному разрушению монолитных слоев асфальтобетонного покрытия.

Цель статьи

Показать необходимость учета увеличения динамичности воздействия транспортного потока на дорожные конструкции в методике проектирования дорожных одежд.

Основная часть

В ВБН В. 2.3-218-186-2004 [5] дано определение срока службы дорожной одежды как периода времени, в пределах которого происходит снижение прочности и надежности дорожной одежды до расчетного уровня, предельно допустимого по условиям движения. В качестве обобщающего критерия прочности используют модуль упругости дорожной конструкции. Для определения расчетного срока службы дорожной одежды используют зависимость, полученную на основе критерия обратимого прогиба

$$T_p = \frac{1}{\lg q} \cdot \lg\left[\frac{10^x \cdot (q-1)}{\gamma \cdot w \cdot N_\phi \cdot q} + 1\right], \qquad (1)$$

где N_ϕ — фактическая интенсивность движения, приведенная к расчетному автомобилю, авт./сут;

q — показатель роста интенсивности движения;

w — коэффициент, учитывающий агрессивность воздействия расчетного автомобиля в различных погодно-климатических условиях;

γ — параметр, принимаемый в зависимости от типа дорожной одежды;

$$x = (E_\phi \cdot x_i / \sum K_j - A) / B + 1, \qquad (2)$$

где E_ϕ фактический модуль упругости, МПа;

A, B — эмпирические коэффициенты;

x_i — параметр проектной надежности дорожной одежды;

K_j — сумма коэффициентов, учитывающих эксплуатационные условия дорожной одежды.

Процесс изменения модуля упругости дорожной одежды можно разделить на три этапа (рис. 3) [6]. Первый этап — формирование дорожной одежды. Второй этап — постепенное снижение прочности дорожной одежды, связанное с усталостными процессами и снижением распределяющей способности конструктивных слоев дорожных одежд, появлением трещин и износом покрытия. Третий этап — резкое снижение модуля упругости дорожной одежды, появление значительных деформаций на покрытии и в конструктивных слоях, разрушение дорожной конструкции.

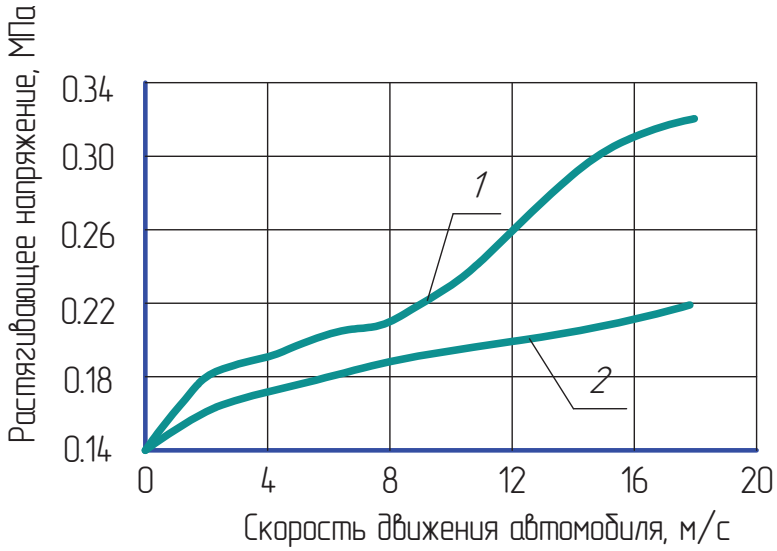


Рис. 3. Кривая, описывающая изменение модуля упругости дорожной конструкции в процессе эксплуатации

Исходя из современных представлений, основной причиной снижения общего модуля упругости за нормативный период срока службы является усталостное растрескивание монолитных слоев, работающих на изгиб [7]. Модули нижележащих слоев (главным образом грунта) испытывают сезонные колебания. Под действием циклического приложения нагрузок от движущихся транспортных средств в подошве пакета битумосвязных слоев зарождаются усталостные трещины, прорастающие вверх и в длину с каждым проходом колеса автомобиля. Рост трещин и увеличение их количества приводят к снижению модуля упругости дорожного покрытия, а следовательно, и всей дорожной конструкции.

Таким образом, повысить срок службы дорожных конструкций, т. е. отдалить наступление третьего этапа, возможно за счет увеличения продолжительности второго этапа, связанного с накоплением усталостных повреждений.

Следует отметить, что в ряде стран при оценке долговечности дорожных конструкций основными критериями являются относительная деформация растяжения в подошве пакета монолитных слоев или радиус кривизны покрытия, т. е. показатели, определяющие интенсивность усталостного разрушения.

Информативность указанных показателей для прогнозирования срока службы дорожных конструкций была подтверждена в ходе экспериментальных испытаний при многократном динамическом воздействии [8]. Результаты испытаний показали, что значения упругой деформации (обратимого прогиба) практически не меняются вплоть до начала интенсивного разрушения конструкции (рис. 4).

При этом значения радиуса кривизны чаши прогиба, а следовательно, и растягивающие напряжения в асфальтобетонном покрытии, изменяются более чем в 2 раза. Таким образом, снижение радиуса кривизны покрытия в процессе эксплуатации в большей степени, чем изменение величины упругой деформации, отражает усталостные процессы, протекающие в дорожной конструкции на втором этапе.

В ряде стран для выработки экономически рациональной стратегии сохранности, содержания и ремонта дорог используются системы управления состоянием дорог HDM III, HDM IV, Rosy PMS/BMS, ROMAPS [9–12], в которых одним из основных этапов является прогнозирование изменения состояния и развития разрушений дорожных одежд. При этом прогнозиру-

ются образование и развитие трещин, выкрашивание материала покрытия, выбоины и колеи, что в совокупности определяет показатель неровности покрытия. Однако практически во всех моделях прогнозирования состояния дорожных одежд не учитывается возрастающий с каждым годом уровень динамического воздействия транспортных средств, что не позволяет учитывать реальное воздействие транспортного потока на дорожные конструкции.

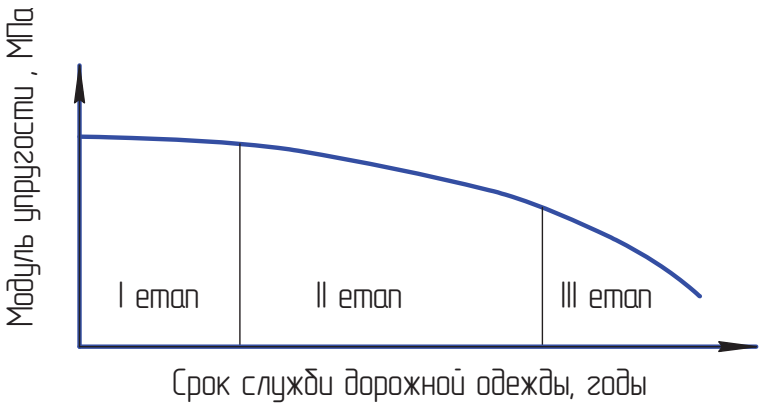


Рис. 4. Зависимость упругой деформации (1) дорожной одежды и радиуса кривизны покрытия (2) от количества циклов нагружения

Выводы

Учитывая вышеприведенные результаты исследований по увеличению динамического воздействия транспортных средств на асфальтобетонные покрытия в условиях высокоскоростного интенсивного движения, необходимо при конструировании дорожных одежд и разработке ремонтных мероприятий особое внимание уделять вопросам замедления усталостных разрушений монолитных слоев.

Разработка и выполнение конструктивных, материаловедческих мероприятий, направленных на повышение усталостной долговечности асфальтобетонных покрытий, позволит обеспечить нормативные сроки службы дорожных одежд.

Список литературы

1. Кривисский А.М. Принципы назначения конструкций одежд нежесткого типа на магистральных автомобильных дорогах: дис. … доктора техн. наук: 05.22.10/Александр Михайлович Кривисский.— Л., 1962.— 345 с.

2. Ермакович Д.З. Экспериментальные исследования напряжений и деформаций в дорожных одеждах при воздействии движущегося колеса/Д.З. Ермакович– Харьков: Сборник трудов ХАДИ, 1961.— 148 с.

3. Радовский Б.С. Проблемы механики дорожно-строительных материалов и дорожных одежд/Б.С. Радовский — Киев: ООО «ПолиграфКонсалтинг», 2003.— 240 с.

4. Малофеев А.Г. Исследование динамического воздействия автомобиля на нежесткие дорожные одежды в процессе эксплуатации дорог: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.22.10 — «Автомобильные дороги и аэродромы»/А.Г. Малофеев.— Омск, 1978.— 22 с.

5. Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу: ВБН В. 2.3-218-186-2004.— [Чинний від 2005-01-01].— К.: Укравтодор, 2004.— 151 с. (Національний стандарт України).

6. Красиков О.А. Технико-экономическое обоснование норм ровности и межремонтных сроков службы дорожных покрытий/О.А. Красиков.— М.: Союздорнии, 1986.— 95 с.

7. Бахрах Г.С. Расчет усиления дорожных одежд нежесткого типа по критерию усталостного растрескивания/Г.С. Бахрах // Наука и техника в дорожной отрасли.— 1999.— № 2.— С. 18–21.

8. Лейвак В.А. Исследование параметров, характеризующих прочность нежестких дорожных одежд при их испытаниях динамической нагрузкой: дис. … канд. техн. наук: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.22.10 «Автомобильные дороги и аэродромы»/В.А. Лейвак.— М., 1975.— 156 с.

9. Thawat Watanado. Clell G. Harral, William D.O. Paterson, Ashok M. hareshwar, Anil Bhandari, Koji Tsunokawa. Model HDM–III // The Highway Design and Maintenance Standards Model.— 1987.— Vol. 1.

10. Pavement Design Management Guide Transportation Association of Canada.— В кн.: National Project Team Ralph Haas.— 1997.

11. Rosy Road Systems // PBS/BMS Phonix Pavement Consultants.— 1996.

12. Paterson, William, Busby Attoh-Okine. Simplified Models of Paved Road Deterioration Based on HDM–III: 71st Annual Meeting // Transportation Research Board.— 1992.

Анотація. *Представлено результати дослідження динамічного впливу транспортних засобів на дорожні конструкції на основі спостережень на стаціонарних пунктах. Встановлено, що основними факторами, що приводять до збільшення динамічної дії транспорта в процесі експлуатації дороги, є зниження рівності дорожнього покриття та збільшення швидкісних режимів руху.*

Abstract. *The results of research of dynamic influence of transport vehicles are presented on travelling constructions on the basis of supervisions on stationary points. It is set that basic factors, resulting in the increase of dynamic influence of transport in the process of exploitation of road, are a decline of evenness of travelling coverage and increase of the speed modes of motion.*

Стаття надійшла до редакції 22.01.2010 р.

УДК 621.332.3

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

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИБОТЕХНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТРИБОСИСТЕМ ДИЗЕЛІВ У ПРОЦЕСІ ЇХ МОДИФІКУВАННЯ

Проведені експериментальні дослідження модифікованих поверхонь вирішальних трибосистем дизелів лазерним випромінюванням показали доцільність застосування вуглекислого газу та природного графіту з ніобієм у ролі модифікатора для зниження їх зносу.Триботехнічні властивості модифікованих зразків у 2…4 рази вищі в порівнянні із зразками в стані поставки.

Вступ

Одним із основних агрегатів залізничного, сільськогосподарського, автомобільного саморухомого складу є дизель, від ресурсу роботи якого суттєво залежить довговічність роботи машини в цілому.

Відомо [1, 2], що рухомий склад залізничного, сільськогосподарського та автомобільного транспорту експлуатується переважно в надважких умовах зі змінною питомою потужністю, яка підвищує теплове і механічне навантаження на деталі циліндро-поршневої групи (ЦПГ) та кривошипно-шатунного механізму (КШМ), що призводить до таких негативних наслідків, як зниження задиро- і зносостійкості робочих поверхонь трибосистем (ТС) в період обкатки та експлуатації дизелів; збільшення механічних втрат в ТС, і як наслідок, зростання витрат пального та оливи на угар; підвищення прориву газів у картер; зменшення терміну експлуатації дизелів.

Аналіз технологічних методів зміцнення вирішальних ТС дизелів [3, 4, 5] дав можливість обрати спосіб. Не дивлячись на високу вартість застосування було обрано лазерне випромінювання. Крім того, цей метод будемо використовувати для модифікування поверхонь ТС ЦПГ [6] та КШМ [7] з додаванням у зону лазерного випромінювання вуглекислого газу та природного графіту з модифікатором. У даному випадку обрано ніобій.

Аналіз досліджень модифікування поверхонь ТС дизелів

До основних недоліків легування і модифікування можна віднести підвищену витрату матеріалів, оскільки легуючий елемент розподіляється у всьому обсязі заготовки, а зносу піддається лише тонкий робочий шар металу на внутрішній поверхні гільзи циліндра. Для введення легуючих елементів у чавун потрібно здійснювати значний перегрів металу, який неможливий в умовах ваграночного виробництва, а при виплавці в електропечах, унаслідок високого перегріву, чавун має дрібнозернисту структуру, що негативно позначається на його зносостійкості.

При значній масі деталі й невеликих її граничних зносах, легування матеріалу деталі у всьому обсязі економічно нераціонально, оскільки зазначене приводить до великої витрати легуючих елементів. Більш ефективним, у порівнянні з об'ємним легуванням, є метод поверхневого (локального) легування, що веде до зниження загальної вартості виливків і дає можливість одержати зносостійкі робочі поверхні з поліпшеними властивостями, аналогічно, як при високому легуванні матеріалу деталі. До недоліків способу варто віднести малий припуск на механічну обробку і можливість повного видалення легованого шару при обробці. Спосіб вимагає точних методів виливки.

До числа нових процесів поверхневого легування заготовок після чорнової обробки відноситься лазерне легування. Високі можливості лазерів визначаються локалізацією термічного впливу і керування процесом у широкому діапазоні технологічних режимів.

До недоліків поверхневої термічної обробки, що полягає в загартуванні робочої поверхні деталі, слід віднести короблення деталі, а при високій твердості доведення поверхні можливе тільки хонінгуванням, що при значних величинах короблення сильно збільшують час і витрати на кінцеві роботи. Крім того, у загартованих гільзах циліндрів збільшується знос поршневих кілець.

Лазерна обробка робочої поверхні гільз циліндрів вимагає індивідуального підходу до кожного типорозміру виробу, з метою вибору оптимальних умов зміцнення, регулювання ширини зони загартування, кроку обробки і кута нахилу зміцненої доріжки стосовно верхнього бурту для виключення східчастого зносу в зоні ВМТ, а також повного усунення термічних деформацій деталей. Широке впровадження лазерного зміцнення гільз циліндрів та шийок колінчастого валу дизелів при масовому виробництві можливе, якщо врахувати тривалість періоду обробки і характеристики технологічного устаткування.

Метою роботи є проведення експериментальних досліджень триботехнічних властивостей вирішальних ТС дизелів після їх лазерного модифікування.

Результати досліджень

Для моделювання процесів зношування ТС «гільза — кільце» у лабораторних умовах було застосовано машину тертя 77 МТ-1. При цьому, випробуванню підлягали зразки, що вирізані із гільзи та кілець дизеля ЯМЗ-238. Всередині полозків під поверхнею, на якій закріплюється зразок гільзи, є електрична піч, яка дозволяє автоматично підтримувати температурний режим.

Для моделювання процесів зношування ТС «вкладиш — вал» у лабораторних умовах було використано машину тертя СМЦ-2, а зразками для досліджень були ролик та колодочка, що відповідали матеріалам колінчастого валу, корінним та шатунним вкладишам дизеля ЯМЗ-238,

які в реальності встановлені на дизелях залізничної, сільськогосподарської та автомобільної техніки.

Шорсткість поверхонь вирішальних ТС суттєво впливає на ресурс дизелів. Особливо, це виявляється на стадії припрацювання, коли від шорсткості поверхонь тертя сполучених елементів ТС дизелів залежить величина початкового спрацювання та наступна працездатність їх в експлуатації.

Для вимірювання шорсткості поверхні зразків, згідно ГОСТ 2786–73 використовували профілографи-профілометри «Тамсэрф-5» англійської фірми «Тэйлор Хобсон» та заводу «Калібр» (м. Москва) модель 21. Результати шорсткості поверхонь зразків наведені на рис. 1.

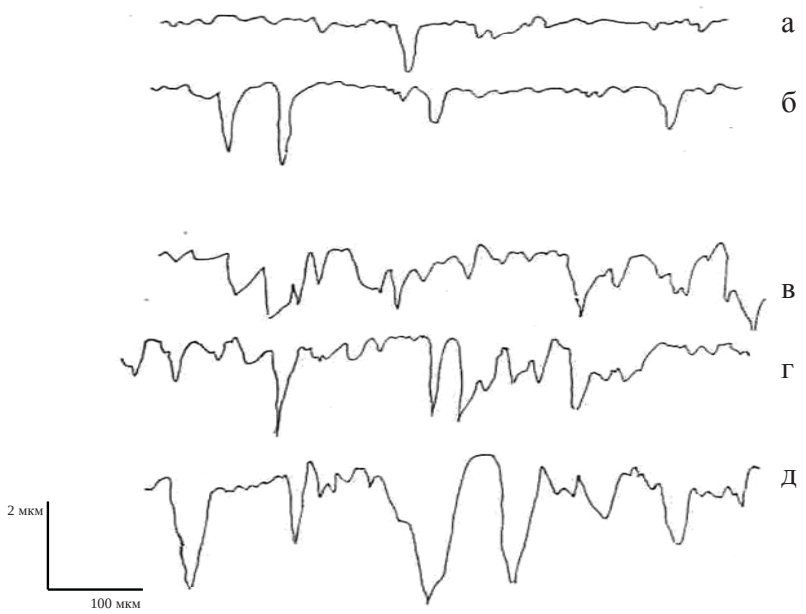


Рис. 1. Профілограми поверхонь зразків:

а — модифікованих гільз вуглекислим газом; б — модифікованих роликів вуглекислим газом; в — модифікованих гільз циліндрів природним графітом з модифікатором; г — модифікованих роликів природним графітом з модифікатором; д — гільз та роликів у стані поставки.

Збільшення навантаження або зменшення швидкості тертя можуть підсилювати процеси схоплювання, підвищувати інтенсивність зносу та сам знос при збільшенні коефіцієнта тертя.

Дослідження величини і характеру зношування зразків показали, що на ці процеси суттєвий вплив здійснюють величина питомого навантаження та тривалість роботи ТС (рис. 2). Дослідження залежності величини зношування зразків від сили навантаження тривали 40 хвилин. Сила навантаження була прийнята величиною 8 МПа при дослідженнях величини зношування зразків від тривалості випробувань.

Під час досліджень, експериментально доведено, що чим більша площа робочої поверхні зразків, тим більша інтенсивність зношування ТС. Крім цього виявлено, що зі зменшенням концентрації зануреного вуглецю у чавунні та стальні зразки — інтенсивність зношування ТС збільшується. Інтенсивність зношування ТС збільшується при проходженні врівноважених процесів у вторинних структурах (несформованих) і зменшується при проходженні неврівноважених процесів (сформованих).

Фізичний зміст зниження інтенсивності зношування при проходженні неврівноважених процесів на поверхнях тертя полягає в тому, що вони вимагають більших витрат енергії і відповідно до цього, знижується частка енергії тертя, яка йде на руйнування поверхні.

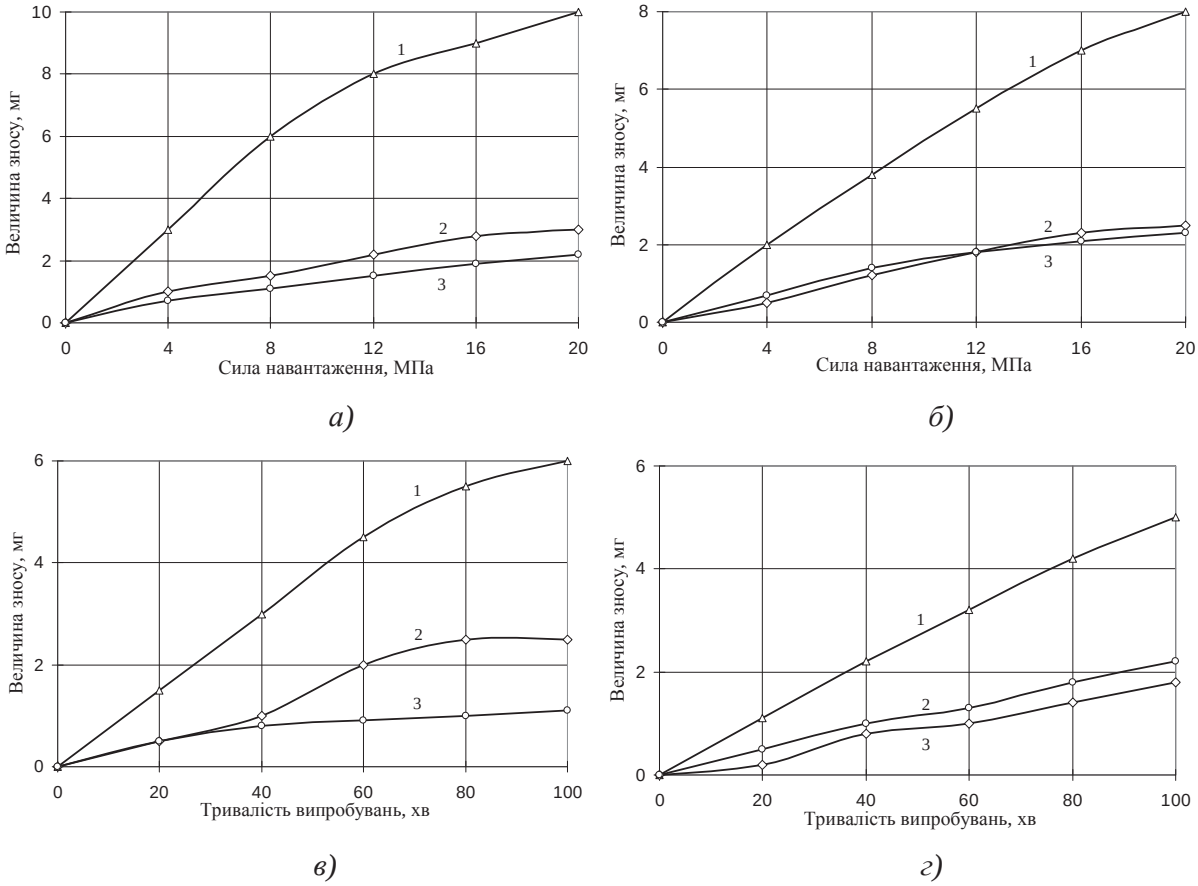


Рис. 2. Залежність величини зносу зразків гільз (а, в) та роликів (б, г) від тиску (а, б) в ТС та від тривалості випробувань (в, г):

1 — немодифікованих; 2 — модифікованих вуглекислим газом; 3 — модифікованих природнім графітом з ніобієм

Відомо, що чим нижче коефіцієнт тертя, тим менша сила тертя, а отже і величина зносу. В процесі випробувань фіксувався момент тертя на машинах тертя, який у визначений момент часу мав різні значення. Потім розраховували коефіцієнт тертя. Результати наведені у табл. 1, 2.

Момент припрацювання поверхонь тертя експериментально також фіксували за стабілізацією моменту сили тертя.

Характеристика процесу припрацювання і періодичності процесу зовнішнього тертя, пов'язані з формуванням і руйнуванням вторинних структур. Це можна спостерігати по зміні моменту сили тертя і коефіцієнта тертя від тривалості випробувань (табл. 1, 2).

Характер зміни моменту сили тертя в процесі припрацювання свідчить про наявність своєчинного теплофізичного процесу, що виникає на початку тертя.

Висновки

Проведені експериментальні дослідження триботехнічних властивостей модифікованих поверхонь вирішальних ТС дизелів лазерним випромінюванням з використанням вуглекислого газу та природного графіту свідчать про наступне. Шорсткість поверхонь модифікованих зразків у 2…8 разів вище у порівнянні зі зразками у стані поставки. Момент та коефіцієнт тертя модифікованих зразків в 1,8…2,5 рази нижче у порівнянні зі зразками у стані поставки. Величина зносу модифікованих зразків гільз циліндрів у 2,4…6 разів, роликів — у 2,2…3,6 разів нижче у порівнянні зі зразками у стані поставки.

Таблиця 1

Момент сили тертя в залежності від тривалості випробувань (P = 8 Н, n = 35 с — 1)

Тривалість випробувань, хв	Момент сили тертя, Н×м					
	немодифіковані зразки		модифіковані вуглекислим газом		модифіковані природнім графітом	
	СМЦ-2	77 МТ-1	СМЦ-2	77 МТ-1	СМЦ-2	77 МТ-1
10	0,70	2,20	0,52	1,40	0,44	1,20
20	0,83	2,75	0,70	2,00	0,60	1,50
30	0,92	2,90	0,80	1,80	0,60	1,50
40	0,97	2,85	0,86	1,80	0,70	1,60
50	1,00	2,80	0,91	1,80	0,70	1,70
60	0,92	2,75	0,80	1,70	0,60	1,50
70	0,92	2,70	0,75	1,60	0,55	1,30
80	0,88	2,65	0,70	1,40	0,50	1,20
90	0,86	2,60	0,66	1,40	0,50	1,00
100	0,80	2,55	0,64	1,30	0,50	1,00

Таблиця 2

Коефіцієнт тертя в залежності від тривалості випробувань (P=8 Н, n=35 с — 1)

Тривалість випробувань, хв	Коефіцієнт тертя					
	немодифіковані зразки		модифіковані вуглекислим газом		модифіковані природнім графітом	
	СМЦ-2	77 МТ-1	СМЦ-2	77 МТ-1	СМЦ-2	77 МТ-1
10	0,09	0,28	0,06	0,18	0,05	0,15
20	0,10	0,35	0,09	0,25	0,07	0,19
30	0,11	0,37	0,10	0,23	0,07	0,19
40	0,12	0,36	0,11	0,23	0,09	0,20
50	0,13	0,36	0,12	0,23	0,09	0,21
60	0,12	0,35	0,10	0,21	0,07	0,19
70	0,12	0,34	0,09	0,20	0,07	0,16
80	0,12	0,34	0,08	0,18	0,06	0,15
90	0,11	0,33	0,08	0,18	0,06	0,13
100	0,11	0,32	0,08	0,16	0,06	0,13

Список літератури

1. Биргер И.А. Техническая диагностика.— М.: Машиностроение.— 1978.— 240с.

2. Барановський Д.М. Загальний підхід до оцінки та прогнозування ресурсу дизелів засобів транспорту // Восточно-Европейский журнал передовых технологий.— 2009.— № 4/10 (40).— С. 49–52.3.

3. Геринг Г.И., Калистратова Н.П., Полещенко К.Н. Механизмы модификации структуры твёрдых сплавов // Вестник Омского университета.— 1987.— Вып. 2.— С. 29–31.

4. Стормс Э. Тугоплавкие карбиды.— М.: Атомиздат, 1970.— 304 с.

5. Самсонов Г.В., Упадхая Г.М., Нешпор В.С. Физическое материаловедение карбидов.— К.: Наукова думка, 1974.— 454 с.

6. Патент № 14 678. Спосіб модифікування поверхні деталей // В.В. Аулін, В.М. Бобрицький, Д.М. Барановський, В.Б. Батєхін, С.М. Лізунов, В.О. Дубовик.— 2007.— Бюл. № 7.

7. Патент № 30 081. Спосіб термічної обробки виробів типу вал із сталі і чавуну // В.В. Аулін, С.М. Лізунов, В.М. Бобрицький, Д.М. Барановський, С.В. Лисенко, О.Ю. Жулай.— 2008.— Бюл. № 3.

Аннотация. *Проведенные экспериментальные исследования модифицированных поверхностей решающих трибосистем дизелей лазерным излучением показали целесообразность применения углекислого газа и природного графита с ниобием в роли модификатора для снижения их сноса. Триботехнические свойства модифицированных образцов в 2…4 раза выше в сравнении с образцами в состоянии поставки.*

Abstract. *The conducted experimental researches of the modified surfaces of deciding tribosystem diesels showed expedience of application of carbon dioxide and natural graphite the laser radiation with niobium in a role of modifier for the decline of their tearing down. Tribotechnical properties of the modified standards in 2…4 times are higher by comparison to standards in a state of delivery.*

Стаття надійшла до редакції 27.01.2010 р.

УДК 621.891

ДМИТРИЧЕНКО М.Ф., д. т. н, проф., МІЛАНЕНКО О.А., к. т. н., докторант,
Національний транспортний університет,
КУЧЕР О.Г., д. т. н., проф.,
Національний авіаційний університет

РОЗВ'ЯЗАННЯ ЕГД-ЗАДАЧІ ДЛЯ ТОЧКОВОГО КОНТАКТУ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕОМ ДЛЯ РЯСНОГО МАЩЕННЯ

Для змістовного аналізу опрацьованих експериментально-теоретичних результатів по розв'язанню ЕГД-задачі використовувався метод багаторядної селекції й апроксимації моделей товщини мастильного шару, який дав змогу крім оцінювання параметрів рівнянь добирати вид функціональних залежностей і визначати рівень значущості кожного незалежного фактора. Метод реалізовував задачі синтезу оптимальних моделей шляхом здійснення спрямованого перебирання можливих часткових функціональних описань вихідних процесів і, таким чином, було отримано загальну формулу центральної товщини мастильного шару для умов рясного мащення. Порівняльний аналіз розв'язання ЕГД-задачі з результатами робіт різних авторів показав задовільну узгодженість.

Постановка проблеми

Розв'язання ЕГД-задачі для точкового контакту, утвореного, наприклад, притиснутою до платівки кулею, вважалося першими дослідниками менш важливим. Додаткова розмірність точкової геометрії, що з'являється внаслідок кінцевої ширини уздовж перпендикуляра до напрямку кочення, висувала до ЕОМ такі вимоги, які не були забезпечені на початку 50-х років. Кінцева ширина контакту спонукала багатьох перших дослідників думати, що боковий витік оливи повинен виключати існування будь-якої помітної товщини плівки.

Експериментально доведено, що повна товщина ЕГД-плівки існує й у важко навантажених точкових контактах. Підвищення в'язкості оливи з тиском призводить до запобігання витоку оливи по боках контакту в достатній для формування ЕГД-плівки кількості. Крім того, є багато випадків реального існування точкових контактів на практиці, наприклад, для неконформних вузлів.

Автори [1,5] представили розв'язання задачі для точкового ЕГД-контакту в 1966 р., яке було узагальнено автором [2] в 1970 р. для еліптичного контакту із довільним параметром еліптичності.

Розв'язання, що стало загальновизнаним, опубліковане авторами в статтях [3, 4]. Автори [4] дослідили ізотермічний точковий ЕГД-контакт для 34 комбінацій безрозмірних параметрів навантаження, швидкості, матеріалів і різної еліптичності з метою одержання формули для мінімальної і центральної товщини мастильного шару.

Але до теперішнього часу є дуже мало робіт по визначенню товщини мастильного шару для точкового (колового) контакту в умовах рясного мащення для олив за реологічною ознакою.

Мета досліджень

Метою проведених досліджень було вирішено на базі отриманих співвідношень залежності безрозмірних величин центральної товщини мастильного шару H_0 від швидкості U, навантаження W і матеріалів G, які були отримані раніше [6] за рахунок проведених експериментально-теоретичних досліджень, отримати загальне чисельне розв'язання ЕГД-задачі по визначенню центральної товщини мастильного шару за реологічною ознакою для умов рясного мащення та здійснити порівняльний аналіз з результатами робіт інших авторів на предмет відповідності.

Основна частина

Усі розв'язання ЕГД-задачі, представлені різними авторами [1–5], полягають в знаходженні центральної товщини мастильного шару H_0, яка узагальнена як функція зміни трьох безрозмірних параметрів швидкості U, навантаження W і властивостей матеріалів G:

$$H_0 = k \cdot U^a \cdot W^b \cdot G^c \qquad (1)$$

де k, a, b, c — константи.

Емпірична залежність (1) представлена для умов рясного мащення, тобто зануреного повністю в мастильне середовище.

Вирази пропорційності, що показують ступінь впливу безрозмірних параметрів швидкості, навантаження і матеріалів на безрозмірний параметр товщини, дозволили на базі експериментально-теоретичних досліджень отримати формули для центральної товщини плівки для умов рясного мащення, в ізотермічному ЕГД — точковому контакті для олив за реологічною ознакою [6].

Для змістовного аналізу опрацьованих експериментально-теоретичних результатів був використаний метод багаторядної селекції (БС) й апроксимації моделей товщини мастильного шару, який дав змогу крім оцінювання параметрів рівнянь добирати вид функціональних залежностей і визначати рівень значущості кожного незалежного фактора. Метод полягав у послідовній генерації моделей зростаючої складності, оцінюванні їхніх параметрів і селективному виборі кращих моделей за спеціальними критеріями. Метод реалізовував задачі синтезу оптимальних моделей шляхом здійснення спрямованого підбору можливих часткових функціональних описань вихідних процесів. У результаті цієї процедури формувалися оптимальні математичні описання.

На базі експериментально-теоретичних результатів (співвідношень) для пошуку оптимальної моделі використовувалися спеціальні методи спрямованої селекції. У першому — модель формувалася додаванням функціональних елементів, починаючи з моделі мінімальної довжини

(«знизу»), в другому — шляхом виключення функціональних елементів, які найменше впливають на похибку моделі, починаючи з моделі максимальної довжини («зверху»).

У даній роботі розглядався метод спрямованого підбору «знизу». Спочатку формувалася модель мінімальної довжини для заданої кількості відібраних координатних функцій, число яких може дорівнюватися нулю. Далі до цієї моделі додавалися одна за одною координатні функції із заданого набору функцій і здійснювалася їхня апроксимація за вихідним даними. Після цього за критерієм мінімуму середньоквадратичного відхилення з отриманого списку моделей формувався вибір оптимальної моделі першого (і далі поточного) порядку. Потім за вихідну модель мінімальної довжини приймалася отримана оптимальна модель і процес повторювався. При цьому формувалися моделі другого (наступного) порядку тощо. У результаті цієї процедури формувалися оптимальні математичні описання як функції *n*-змінних і моделі *k*-го порядку вихідних показників.

Обрана модель 4-го порядку зі списку оптимальних моделей мала критерій мінімуму середньоквадратичного відхилення (ST, рис. 1), достатній для формування оптимального математичного описання, що підтверджується графічною інтерпретацією результатів для моделі 4-го порядку.

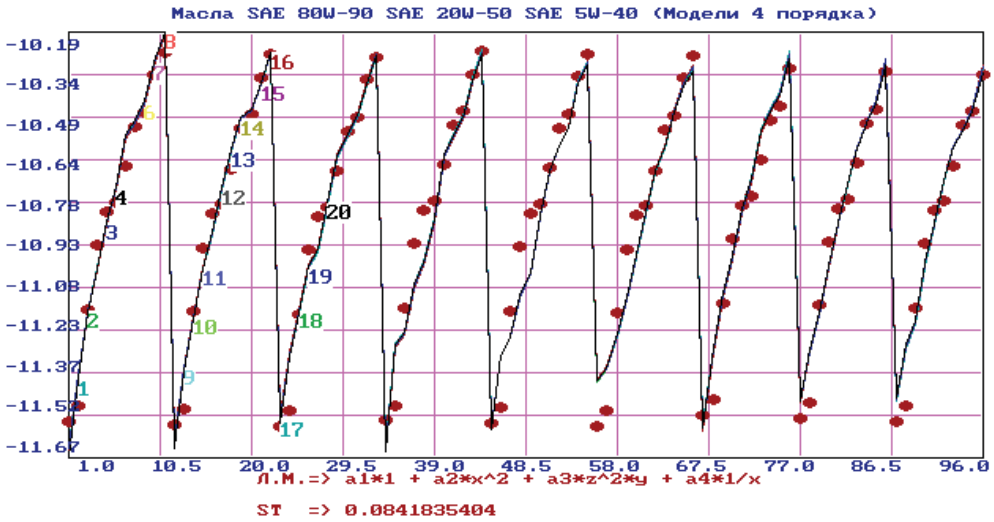


Рис. 1. Результати БС центральної товщини мастильного шару для моделі 4-го порядку

Після процедури дробово-лінійної апроксимації та проведення кореляційного оцінювання результатів було отримано загальну формулу по визначенню центральної товщини мастильного шару для умов рясного мащення:

$$H_0 = 3{,}49 \cdot U^{0{,}75} \cdot W^{-0{,}206} \cdot G^{0{,}426} \qquad (2)$$

Для отримання відповідної формули використовувалося 33 різних поєднання безрозмірних параметрів швидкості та навантаження з урахуванням диференційованого підходу добору олив за реологічною ознакою. Зі зменшенням в'язкості вплив швидкості та навантаження на центральну товщину мастильного шару знижувався.

У табл. 1 проаналізовано вплив зміни значень констант у безрозмірній формулі з визначення центральної товщини мастильного шару точкового ЕГД-контакту в умовах рясного мащення згідно формули (1) різних авторів.

Таблиця 1

Зміна значень констант у безрозмірній формулі (1) по визначенню центральної товщини мастильного шару точкового ЕГД-контакту в умовах рясного мащення різних авторів

Автор(и) формули	Джерело	Значення констант у безрозмірній формулі (1)			
		k	*a*	*b*	*c*
Cameron A., Gohar R.	[1]	3,00	1,00	–0,330	1,000
Чанг	[2]	1,69	0,725	–0,058	0,725
Ranger A., Ettles C.	[3]	1,44	0,57	0,035	0,460
Хемрок, Доусон	[4]	1,90	0,67	–0,067	0,530
Archard J.F., Cowking E.W.	[5]	1,40	0,74	–0,074	0,740
Автори	Формула (2)	3,49	0,75	–0,206	0,426

На рис. 2, а–в представлено порівняльні аналізи центральної товщини мастильного шару H_0, отримані за формулою (2), з результатами робіт різних авторів (див. табл. 1) залежно від безрозмірних параметрів швидкості U, навантаження W і матеріалів G.

Залежності $H_0 = f(U)$ та $H_0 = f(W)$ (див. рис. 2 а, б) свідчать про узгодження, що підтверджують результати робіт [1, 5]. Але занижені показники товщини мастильного шару в порівнянні з результатами робіт [2, 4].

Результати показують, що у формулі (2) роль параметра навантаження W незначна, однак чутливість навантаження до товщини мастильного шару більш істотна в порівнянні з впливом навантаження в інших авторів [2, 4, 5], за винятком роботи [1], де вплив навантаження більш значний.

Залежність $H_0 = f(G)$ (див. рис. 2, в) свідчить про деякі розбіжності розрахункових кривих. Це пов'язано з тим, що на розрахункову товщину мастильного шару впливає точність експериментального визначення робочих умов і зокрема таких характеристик оливи, як п'єзокоефіцієнт в'язкості й динамічна в'язкість.

Однак диференційований підхід до визначення товщини мастильного шару за реологічною ознакою [6] з наступною обробкою експериментальних результатів методом БС вірогідність формули (2) щодо відповідності впливу параметра властивостей матеріалів на центральну товщину мастильного шару не викликає сумніву.

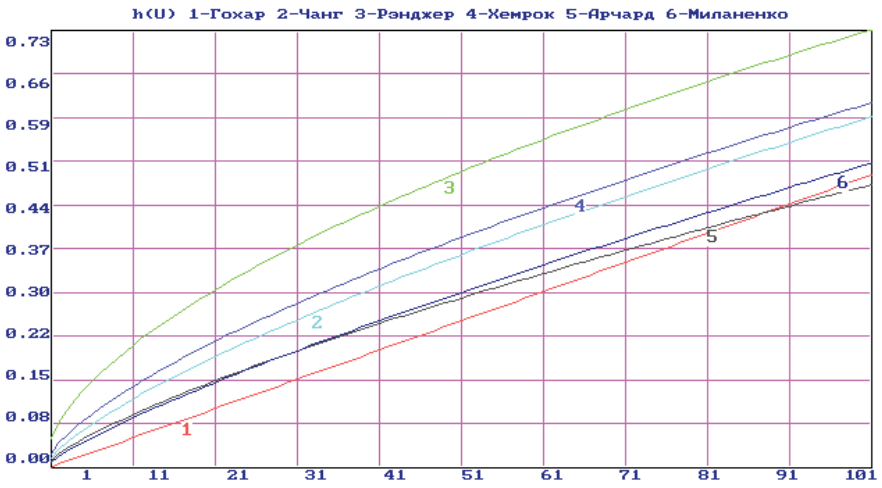
Висновки

Представлені результати дозволяють визначити загальні закономірності тертя для умов рясного мащення ЕГД-контакту таким чином:

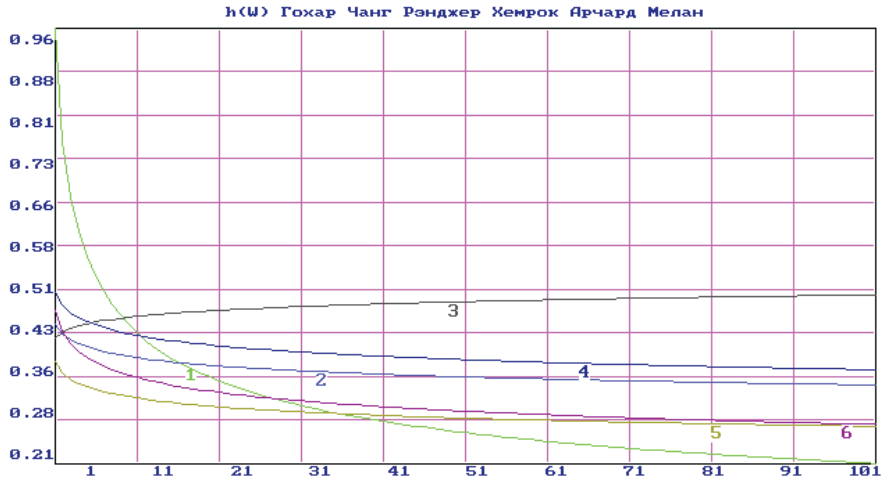
– зі зменшенням в'язкості вплив швидкості та навантаження на центральну товщину мастильного шару знижується в режимі рясного ЕГД мащення;

– вплив параметра матеріалів G на товщину мастильного шару H_0 того ж порядку, що й вплив параметра швидкості U; оскільки діапазон змін параметра матеріалів G на практиці невеликий, параметр швидкості U є домінуючою змінною;

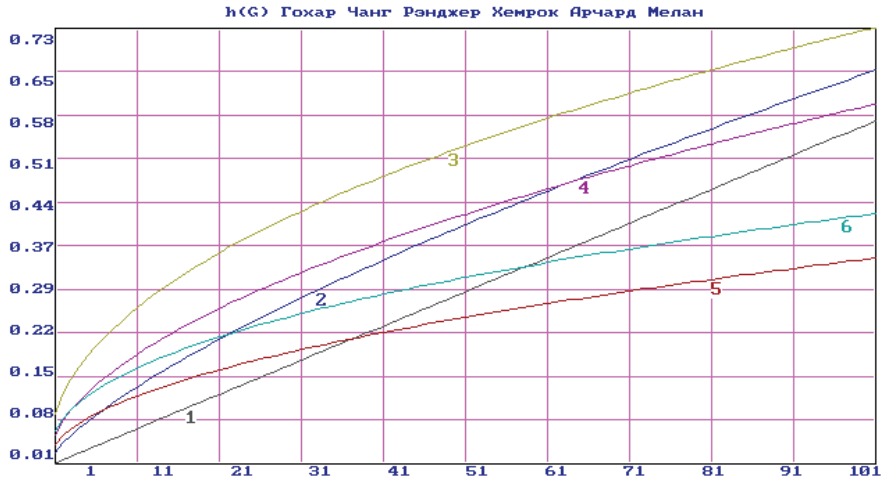
– в діапазоні пружних деформацій поверхонь товщина ЕГД-мастильного шару в центральній зоні контакту зменшується зі збільшенням фактичного навантаження (параметра W), однак є більш чутливою до навантаження в порівнянні з результатами робіт інших авторів.



а)



б)



в)

Рис. 2. Графіки порівняння результатів авторів згідно формули (2) з результатами інших джерел [1–5]: залежності центральної товщини мастильного шару $f(f=\ln H_0)$ від параметра швидкості U, де $U=10^{-12}\cdot i$ (а), від параметра навантаження W, де $W=3{,}8\cdot10^{-8}\cdot i$ (б) та від параметра матеріалів G, де $G=41{,}72\cdot i$ (в)

Список літератури

1. Cameron A., Gohar R. Theoretical and Experimental Studies of the Oil Film in Lubricated Point Contacts //Proc. Roy. Soc.— 1966.— Series A, vol. 291.— P. 520–536.

2. Чанг. Численное определение толщины упругогидродинамической пленки при эллиптическом контакте // Труды Амер. общ. инж.-мех.: Проблемы трения и смазки.— 1970.— № 1.— С. 178–186.

3. Ranger A., Ettles C., Cameron A. The Solution of the Point Contact Elastohydrodynamic Problem // Proc. Roy. Soc. London.— 1975.— Ser. A., vol. 346.— P. 227–244.

4. Хэмрок, Даусон. Изотермическая упругогидродинамическая смазка точечных контактов. Часть III.— Обильная смазка // Труды Амер. общ. инж.-мех.: Проблемы трения и смазки.— 1977.— № 2.— С. 130–140.

5. Archard J.F., Cowking E.W. Elastohydrodynamic Lubrication of Point Contacts // Proc. Institution Mech. Engrs.: Symposium on EHD Lub.— 1965–1966.— Vol. 180.— P. 47–56.

6. Дмитриченко Н. Ф., Миланенко А. А., Мнацаканов Р. Г., Данилюк С. Эмпирическое решение изотермической эластогидродинамической задачи для точечного контакта трения в условиях обильной смазки // Трение и износ, Гомель.— 1999.— т. 21, № 3.— С. 313–317.

Аннотация. *Для содержательного анализа проработанных экспериментально-теоретических результатов по решению ЭГД-задачи использовался метод многорядной селекции и аппроксимации моделей толщины смазочного слоя, который дал возможность кроме оценки параметров уравнений выбирать вид функциональных зависимостей и определять уровень значимости каждого независимого фактора. Метод реализовывал задачи синтеза оптимальных моделей путем осуществления направленной переборки возможных частичных функциональных описаний исходных процессов и, таким образом, была получена общая формула центральной толщины смазочного слоя для условий обильной смазки. Сравнительный анализ решения ЭГД-задачи с результатами работ разных авторов показал удовлетворительную согласованность.*

Abstract. *For the rich in content analysis of the worked out experimentally-theoretical results on the decision of EHD the method of multi-row selection was used approximations of models of thickness of lubricating layer which enabled except for the evaluation of parameters of equalizations to gather additionally the type of functional dependences and determine the level of meaningfulness of every independent factor. A method realized the tasks of synthesis of optimal models by realization of the directed sorting out of possible partial behavioral descriptions of initial processes and the general formula of central thickness of lubricating layer was thus got for the terms of fully flooded. The comparative analysis of decision of EHD with the results of works of different authors showed satisfactory convergence.*

Стаття надійшла до редакції 23.04.2010 р.

АВТОРИ НОМЕРА

1. Банніков В.О., Донецька академія автомобільного транспорту
2. Барановський Д.М., Кременчуцький державний університет імені Михайла Остроградського
3. Бондаренко А.Є., Донецька академія автомобільного транспорту
4. Бурко Д.Л. Харківська національна академія міського господарства
5. Дмитриченко М.Ф., Національний транспортний університет
6. Дугельний В.М., Автомобільно-дорожній інститут ДВНЗ «ДонНТУ»
7. Єфименко А.М., Донецька академія автомобільного транспорту
8. Жаров К.С., Національний транспортний університет
9. Загороднов М.І., Донецька академія автомобільного транспорту
10. Калюжний М.В., Донецька академія автомобільного транспорту
11. Кондратьєв В.В., Донецька академія автомобільного транспорту
12. Костенко А.В., Донецька академія автомобільного транспорту
13. Кузічкіна О.Ю. Державний університет інформатики і штучного інтелекту
14. Куниця А.В., Автомобільно-дорожній інститут ДВНЗ «ДонНТУ»
15. Куплінов А.В., Донецька академія автомобільного транспорту
16. Кучер О.Г., Національний авіаційний університет
17. Кучеренко Н.М., Державна академія житлово-комунального господарства
18. Лихошерст Р.В., Донецька академія автомобільного транспорту
19. Лобашов О.О., Харківська національна академія міського господарства
20. Макійов М.М., Донецька академія автомобільного транспорту
21. Міланенко О.А., Національний транспортний університет
22. Мойся Д.Л., Донецька академія автомобільного транспорту
23. Нікульшин С.В., Автомобільно-дорожній інститут ДВНЗ «ДонНТУ»
24. Обіщенко В.Г., Автомобільно-дорожній інститут ДВНЗ «ДонНТУ»
25. Петров О.В., Донецька академія автомобільного транспорту
26. Рейцен Є.О., Київський національний університет будівництва та архітектури
27. Савенок Д.В., Автомобільно-дорожній інститут ДВНЗ «ДонНТУ»
28. Сахно В.П., Національний транспортний університет
29. Столяров К.А., Автомобільно-дорожній інститут ДВНЗ «ДонНТУ»
30. Столярова Н.А., Автомобільно-дорожній інститут ДВНЗ «ДонНТУ»
31. Ушаков С.А. Автомобільно-дорожній інститут ДВНЗ «ДонНТУ»
32. Федоров Є.Є., Донецька академія автомобільного транспорту
33. Чернишев С.О., Донецька академія автомобільного транспорту
34. Шушура О.М. Державний університет інформатики і штучного інтелекту

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 ГОСТ 7.1-84 «Бібліографічний опис документа. Загальні вимоги й правила укладання» та в порядку посилання.

Текст рукопису повинен містити такі розділи, як:

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

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

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

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

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

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

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

– відстань до знаку — 60%;

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

Нумерація формул дається арабськими цифрами в круглих дужках праворуч.

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

Наприкінці статті розташовуються анотації двома іншими мовами.

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