ДОНЕЦЬКА АКАДЕМІЯ автомобільного транспорту

# Вісник Донецької академії автомобільного транспорту

№ 1
2011

*Науковий журнал*

**Засновник:**
Донецька академія
автомобільного транспорту

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

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

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

Матеріали номера друкуються мовою оригіналу

Видання виходить 4 рази на рік
Видається з січня 2004 року

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

Рекомендовано до друку вченою радою Донецької академії автомобільного транспорту.
Протокол № 5 від 28.03.2011 р.

**Редакційна колегія:**

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

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

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

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

**Коректор**
***Задунайська О.В.***

**Технічний редактор**
***Пахно О.Є.***

ВІСНИК ДОНЕЦЬКОЇ АКАДЕМІЇ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

Науковий журнал

**Засновник**:
Донецька академія автомобільного транспорту.

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

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

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

Матеріали номера друкуються мовою оригіналу.

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

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

Рекомендовано до друку вченою радою Донецької академії автомобільного транспорту.
Протокол № 5 від 28.03.2011 р.

**Свідоцтво про державну реєстрацію:** серія КВ № 15936 –4408 ПР від 02.12.2009 р., видане Міністерством юстиції України.
«Вісник Донецької академії автомобільного транспорту» включений до Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (постанова президії ВАК України від 10 лютого 2010 р. № 1–05/1).

**ISSN 2219-8180**

Підписано до друку 28.03.2011 р. Формат6 0 × 84/8. Папір офсетний.
Ум. друк. арк. 4,6. 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

Бандура А.І., Григоришин О.М. **Стохастична модель виробничої системи підприємства автосервісу** . . . . . 4

Грицай С.В., Трушевський В.Е. **Особливості визначення тривалості елементів циклу світлофорного регулювання з розщепленою фазою** . . . . . 10

Доля В.К. **Логістичні центри і їх вплив на технології вантажних перевезень** . . . . . 14

Доля О.Є. **Щодо прогнозування вірогідності реалізації інвестиційного проекту з закупівлі автомобільних транспортних засобів на маршрути загального користування** . . . 17

Доля В.К., Фалецкая Г.И. **Закономерности изменения времени ожидания транспортного средства в зависимости от интенсивности подхода пассажиров к остановочному пункту** . . . . . 25

Енглезі І.П., Калінін О.В. **Аналіз технічних розробок транспортних засобів для перевезення партіоних тарно-штучних вантажів з метою підвищення ефективності їх використання** . . . . . 30

Кузькін О.Ф., Мовчан А.Е. **Статистичний аналіз маршрутної мережі громадського транспорту Запоріжжя** . . . . . 34

Лаврухін О.В., Доценко Ю.В. **Удосконалення системи оперативного планування при вирішенні задачі поїздоутворення в умовах нечіткої вихідної інформації** . . . . . 42

Овчинников С.С., Єрмак О.М., Сумець А.І. **Щодо визначення ймовірності виникнення ДТП на вулично-дорожній мережі міста з урахуванням людського фактору** . . . . . 50

Харченко В.Ф., Санько Я.В. **Вплив інформаційних потоків на витрати логістичної системи** . . . . . 55

Устенко О.В. **Модель технічної експлуатації рухомого складу локомотивного депо** . . . . . 59

Федоров Е. Е., Слесорайтите И. **Методика нейро-нечеткой диагностики состояния глаза для системы интеллектуального управления автомобилем** . . . . . 64

## Транспорт і двигуни внутрішнього згоряння

Костенко А.В., Вербицький В.Г., Белевцова Н.Л. **Аналіз стійкості стаціонарних станів руху легкового автомобіля з урахуванням тягових зусиль** . . . . . 73

Подригало М. А., Назаров В.И. **Влияние распределения тормозных сил между осями на фазы процесса торможения автомобиля при эксплуатации** . . . . . 77

## Проектування, будівництво та експлуатація автомобільних доріг

Базовая И.В. **Влияние погодных и экологических условий на надежность и безопасность сельских дорог** . . . . . 88

**Автори номера** . . . . . 95

**Правила подання та оформлення статей** . . . . . 97

*УДК 629.113.004.67*

***БАНДУРА А.І., к. ф.-м. н.; ГРИГОРИШИН О.М., к. ф.-м. н.,***
***Прикарпатський юридичний інститут***
***Львівського державного університету внутрішніх справ***

# СТОХАСТИЧНА МОДЕЛЬ ВИРОБНИЧОЇ СИСТЕМИ ПІДПРИЄМСТВА АВТОСЕРВІСУ

*Побудовано математичну модель функціонування виробничої системи підприємства автосервісу у вигляді багатокритеріальної одноетапної задачі стохастичного програмування.*

## Вступ

Зростання рівня автомобілізації України спричинило збільшення кількості підприємств, які надають різноманітні сервісні послуги власникам транспортних засобів. Оскільки такі підприємства ставлять за мету отримання максимального прибутку, то цілком природно розглядати різноманітні економіко-математичні моделі, які дозволяють максимізувати цей прибуток у довгостроковому та короткостроковому періодах. Зокрема, актуальною є задача вивчення функціонування виробничої системи цих підприємств з метою розробки методики управління їх виробничими параметрами.

## Постановка проблеми та аналіз публікацій

В Україні розпочались інтенсивні дослідження функціонування виробничої системи підприємства автосервісу (далі — ПАС) з метою побудови її математичної моделі [1], яка б дозволила максимізувати прибуток за умов мінімізації цін на сервісні послуги, а також за умов оптимізації використання виробничих потужностей та персонал цих підприємств для уникнення надмірних простоїв. У [1] зроблено спробу побудувати математичну модель виробничої системи підприємства автосервісу. Однак автори при цьому зосередилися на окремих складових функції витрат та прибутків цього підприємства й обґрунтували формули для обчислення доходів від продажу послуг, запчастин, експлуатаційних матеріалів, агрегатів, а також сукупного доходу, використовуючи при цьому методи математичної економіки [2].

## Мета дослідження

Метою нашої статті є продовження досліджень авторів [1]. При цьому нами використовуються підходи стохастичного програмування. Зокрема, побудовано багатокритеріальну задачу математичного програмування для оптимізації прибутку підприємства, вказано можливі цільові функції для оптимізації, вигляд яких залежить від того, яку величину оптимізуємо — витрати, доходи, рентабельність, тощо. А також запропоновано ймовірнісний підхід до побудови відповідної математичної моделі виробничої системи підприємства автосервісу. Оскільки, попит і ціна зазвичай залежать від різноманітних випадкових факторів, то у статті вони розглядаються як випадкові величини.

## Основний розділ

Вихідні припущення при побудові моделі вибираємо як у [1]. Зокрема, вважаємо, що при наданні послуг з технічного обслуговування та ремонту автомобілів використовується переважно ручна праця, а обслуговування в автосервісі супроводжується наданням за окрему

плату та використанням запасних частин, експлуатаційних матеріалів і агрегатів автомобіля. Тоді дохід ПАС визначатиметься як сума доходів, отриманих від продажу робочої сили та матеріальних складових послуги — запасних частин (ЗЧ), експлуатаційних матеріалів (ЕМ), а також агрегатів (АГР) або запасних частин до них.

Дотримуючись результатів роботи [1], а саме із формул (1)–(29) отримуємо співвідношення для функції прибутку ПАС у вигляді:

$$П=Д-B=\sum_{i=1}^{n}d_i-\sum_{i=1}^{n}b_i-B_{зг}=\sum_{i=1}^{n}d_{рс,i}+\sum_{i=1}^{n}d_{зч,i}+\sum_{i=1}^{n}d_{агр,i}+\sum_{i=1}^{n}d_{ем,i}-\sum_{i=1}^{n}b_i-B_{зг}=$$

$$=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{k}P_{рс,j}(n)\cdot t_{ij}+\sum_{i=1}^{n}d_{зч,i}+\sum_{i=1}^{n}d_{агр,i}+\sum_{i=1}^{n}d_{ем,i}-\sum_{i=1}^{n}b_i-B_{зг}=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{k}(a_{рс,j}-b_{рс,j}\times$$

$$\times n_j)\cdot t_{ij}+\sum_{i=1}^{g_n}\sum_{h=1}^{r_i}p_{ih}(g_n)+\sum_{i=1}^{n}d_{агр,i}+\sum_{i=1}^{n}d_{ем,i}-\sum_{i=1}^{n}b_i-B_{зг}=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{k}(a_{рс,j}-b_{рс,j}\cdot n_j)\cdot t_{ij}+$$

$$+\sum_{h=1}^{q(g_n)}p_h(g_n)\cdot z_h(g_n)+\sum_{i=1}^{n}d_{агр,i}+\sum_{i=1}^{n}d_{ем,i}-\sum_{i=1}^{n}b_i-B_{зг}=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{k}(a_{рс,j}-b_{рс,j}\cdot n_j)\cdot t_{ij}+$$

$$+\sum_{h=1}^{q(g_n')}(a_{з,h}-b_{з,h}\cdot g_n')\cdot z_h(g_n')+\sum_{i=1}^{n}d_{агр,i}-\sum_{i=1}^{n}b_i-B_{зг}=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{k}(a_{рс,j}-b_{рс,j}\cdot n_j)\cdot t_{ij}+$$

$$+\sum_{h=1}^{q(g_n')}(a_{з,h}-b_{з,h}\cdot g_n')\cdot z_h(g_n')+\sum_{i=1}^{n_{агр}}\min\{p_{рс,i}^{зам}\cdot t_{агр,i}^{зам}+P_{агр,i}^{нов}-P_{агр,i}^{ст},p_{рс,i}^{рем}\cdot t_{агр,i}^{рем}+\sum_{h=1}^{r_i}P_{зч,h}^{агр}\}-$$

$$-\sum_{i=1}^{n}b_i-B_{зг}=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{k}(a_{рс,j}-b_{рс,j}\cdot n_j)\cdot t_{ij}+\sum_{h=1}^{q(g_n')}(a_{з,h}-b_{з,h}\cdot g_n')\cdot z_h(g_n')+$$

$$+\sum_{i=1}^{n_{агр}}\min\{(a_{рс,i}^{зам}-b_{рс,i}^{зам}\cdot n_{агр}^{зам})\cdot t_{агр,i}^{зам}+P_{агр,i}^{нов}-P_{агр,i}^{ст},(a_{рс,i}^{рем}-b_{рс,i}^{рем}\cdot n_{агр}^{рем})\cdot t_{агр,i}^{рем}+\sum_{h=1}^{r_i}P_{зч,h}^{агр}\}-$$

$$-\sum_{i=1}^{n}b_i-B_{зг}=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{k}(a_{рс,j}-b_{рс,j}\cdot n_j)\cdot t_{ij}+\sum_{h=1}^{q(g_n')}(a_{з,h}-b_{з,h}\cdot g_n')\cdot z_h(g_n')+$$

$$+\sum_{i=1}^{n_{агр}}\min\{(a_{рс,i}^{зам}-b_{рс,i}^{зам}\cdot n_{агр}^{зам})\cdot t_{агр,i}^{зам}+P_{агр,i}^{нов}-P_{агр,i}^{ст},(a_{рс,i}^{рем}-b_{рс,i}^{рем}\cdot n_{агр}^{рем})\cdot t_{агр,i}^{рем}+\sum_{h=1}^{r_i}P_{зч,h}^{агр}\}-$$

$$-\sum_{i=1}^{n}b_{рс,i}-\sum_{i=1}^{n}b_{зч,i}-\sum_{i=1}^{n}b_{агр,i}-\sum_{i=1}^{n}b_{ем,i}-B_{зг}=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{k}(a_{рс,j}-b_{рс,j}\cdot n_j)\cdot t_{ij}+$$

$$+\sum_{h=1}^{q(g'_n)}(a_{з,h}-b_{з,h}\cdot g'_n)\cdot z_h(g'_n)+\sum_{i=1}^{n_{агр}}\min\{(a_{рс,i}^{зам}-b_{рс,i}^{зам}\cdot n_{агр}^{зам})\cdot t_{агр,i}^{зам}+P_{агр,i}^{нов}-P_{агр,i}^{ст},$$

$$(a_{рс,i}^{рем}-b_{рс,i}^{рем}\cdot n_{агр}^{рем})\cdot t_{агр,i}^{рем}+\sum_{h=1}^{r_i}P_{зч,h}^{агр}\}-(1+H_{фзп})\left(\sum_{j=1}^{p_г}c_{p_г,j}^{пог}\cdot\Phi_{p,j}+\sum_{i=1}^{n_в}c_{p_г,i}^{нг}\cdot t_i\right)-$$

$$-\sum_{h=1}^{q}b_{зч,агр,ем,h}^{куп}-\sum_{h=1}^{q}b_{зч,агр,ем,h}^{транс}-\sum_{h=1}^{q}b_{зч,\ агр,\ ем,h}^{збер}-B_{зг}=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{k}(a_{рс,j}-b_{рс,j}\cdot n_j)\cdot t_{ij}+$$

$$+\sum_{h=1}^{q(g'_n)}(a_{з,h}-b_{з,h}\cdot g'_n)\cdot z_h(g'_n)+\sum_{i=1}^{n_{агр}}\min\{(a_{рс,i}^{зам}-b_{рс,i}^{зам}\cdot n_{агр}^{зам})\cdot t_{агр,i}^{зам}+P_{агр,i}^{нов}-P_{агр,i}^{ст},$$

$$(a_{рс,i}^{рем}-b_{рс,i}^{рем}\cdot n_{агр}^{рем})\cdot t_{агр,i}^{рем}+\sum_{h=1}^{r_i}P_{зч,h}^{агр}\}-(1+H_{фзп})\left(\sum_{j=1}^{p_г}c_{p_г,j}^{пог}\cdot\Phi_{p,j}+\sum_{i=1}^{n_в}c_{p_г,i}^{нг}\cdot t_i\right)-$$

$$-\sum_{h=1}^{q_{зч}}c_{зч,h}\cdot z_{зч,h}-\sum_{h=1}^{q_{агр}}c_{агр,h}\cdot z_{агр,h}-\sum_{h=1}^{q_{ем}}c_{ем,h}\cdot z_{ем,h}-\sum_{h=1}^{q}b_{зч,агр,ем,h}^{транс}-\sum_{h=1}^{q}b_{зч,агр,ем,h}^{збер}-B_о-$$

$$-A_{сп}-\Phi_{зпсп}-\sum H_{зпсп}+B_{рес}+П_{етз}+ЗГ,$$

де згідно позначень прийнятих у [1] П — прибуток підприємства автосервісу (всюди далі — ПАС), Д — дохід, В — витрати, $d_i$ та $b_i$ — відповідно дохід та витрати від виконання $i$-го замовлення, $d_{рс,i}$, $d_{зч,i}$, $d_{агр,i}$, $d_{ем,i}$ — відповідно прибуток від виконання послуг з техогляду та ремонту автомобілів, продажу запчастин, агрегатів, експлуатаційних матеріалів, $B_{зг}$ — загальногосподарські витрати на забезпечення функціонування підприємства, $n$ — кількість замовлень, $k$ — кількість груп робіт з різними вартостями нормо-годин, $P_{рс,j}(n)$ — вартість нормо-години в групі робіт, для яких $P_{рс,j}(n)\equiv\text{const}$, $t_{ij}$ — нормований час виконання $i$-ої роботи в $j$-ій групі робіт, $a_{рс,j}$, $b_{рс,j}$ — коефіцієнти, що визначаються експериментально шляхом дослідження ринку для кожної групи робіт з однаковою вартістю нормо-години, $n_j$ — кількість замовлень в групі робіт з однаковою вартістю нормо-години, $g_n$ — кількість замовлень, в яких використовуються запчастини, придбані в цьому ПАС, $r_i$ — кількість запчастин різного виду, що використовуються при виконанні $i$-го замовлення, $p_{ih}(g_n)$ — вартість $h$-ої запчастини при виконанні $i$-го замовлення, $q(g_n)$ — кількість найменувань запчастин (номенклатура), що використані при виконанні $g_n$ замовлень, $p_h(g_n)$ — вартість запчастин виду $h$, що складають номенклатуру $q(g_n)$, $z_h(g_n)$ — кількість запчастин кожного виду, що використані при виконанні $g_n$ замовлень, $g'_n$ — кількість замовлень, в яких використовуються запчастини та експлуатаційні матеріали, придбані в цьому ПАС, $q(g'_n)$ — кількість найменувань запчастин (номенклатура) та експлуатаційних матеріалів, що використані при виконанні $g'_n$ замовлень, $a_{з,h}$, $b_{з,h}$ — коефіцієнти,

що визначаються експериментально шляхом дослідження ринку з метою визначення характеристики попиту на запчастини та експлуатаційні матеріали конкретного ПАС, $z_h(g'_n)$ — кількість запчастин та експлуатаційних матеріалів кожного виду, що використані при виконанні $g'_n$ замовлень, $n_{\text{агр}}$ — кількість замовлень із заміною або ремонтом агрегатів, $p^{\text{зам}}_{\text{рс},i}$ — вартість нормо-години роботи механіка при заміні $i$-го агрегату, $t^{\text{зам}}_{\text{агр},i}$ — нормовані витрати часу на заміну $i$-го агрегату, $p^{\text{нов}}_{\text{агр},i}$ — вартість продажу клієнту нового $i$-го агрегату, $p^{\text{ст}}_{\text{агр},i}$ — повернута клієнту вартість утилізації ПАС старого $i$-го агрегату, $p^{\text{рем}}_{\text{рс},i}$ — вартість нормо-години роботи механіка при ремонті $i$-го агрегату, $t^{\text{рем}}_{\text{агр},i}$ — нормовані витрати часу на ремонт $i$-го агрегату, $r_i$ — кількість запчастин, які використані для ремонту $i$-го агрегату, $\sum_{h=1}^{r_i} p^{\text{агр}}_{\text{зч},h}$ — вартість запчастин, які використані для ремонту $i$-го агрегату, $a^{\text{зам}}_{\text{рс},i}$, $b^{\text{зам}}_{\text{рс},i}$ — коефіцієнти, що визначаються експериментально для конкретного ПАС шляхом дослідження ринку з метою визначення характеристики попиту на заміну агрегату, $a^{\text{рем}}_{\text{рс},i}$, $b^{\text{рем}}_{\text{рс},i}$ — коефіцієнти, що визначаються експериментально для конкретного ПАС шляхом дослідження ринку з метою визначення характеристики попиту на ремонт агрегату, $n^{\text{зам}}_{\text{агр}}$, $n^{\text{рем}}_{\text{агр}}$ — кількість замовлень відповідно із заміною чи ремонтом агрегатів (зауважимо, що $n_{\text{агр}} = n^{\text{зам}}_{\text{агр}} + n^{\text{рем}}_{\text{агр}}$), $b_{\text{рс},i}$, $b_{\text{зч},i}$, $b_{\text{агр},i}$, $b_{\text{ем},i}$ — відповідно вектори витрат на робочу силу, запасні частини, агрегати та експлуатаційні матеріали, $H_{\text{фзп}}$ — сукупна ставка нарахувань на фонд заробітної плати, $p_{\text{г}}$ — кількість працівників, що працюють за погодинною формою оплати, $c^{\text{пог}}_{p_{\text{г}},j}$, $c^{\text{нг}}_{pг,i}$ — відповідно погодинна ставка заробітної плати працівників при погодинній формі оплати, та відрядна розцінка за виконану нормо-годину роботи механіків при відрядній формі оплати за $i$-ту роботу; $n_{\text{в}}$ — кількість робіт, які виконуватимуться механіками, що працюють на відрядній формі оплати праці; $\Phi_{p,j}$ — фонд робочого часу $j$-го працівника ПАС при погодинній формі оплати за певний період часу, $t_i$ — час виконання $i$-го замовлення, $\sum_{i=1}^{n} b^{\text{куп}}_{\text{зч,агр,ем},h}$, $\sum_{i=1}^{n} b^{\text{транс}}_{\text{зч,агр,ем},h}$, $\sum_{i=1}^{n} b^{\text{збер}}_{\text{зч,агр,ем},h}$ — сукупні витрати, відповідно, на закупівлю, транспортування та зберігання запасних частин, агрегатів та експлуатаційних матеріалів (як слушно зауважено у [1] витрати на транспортування та зберігання ЗЧ, АГР та ЕМ в певних межах не залежать від їх кількості ЗЧ, АГР та ЕМ, тому ці витрати можна вважати постійними), $c_{\text{зч},h}$, $c_{\text{агр},h}$, $c_{\text{ем},h}$ — ціна закупівлі відповідно $h$-ої запчастини, $h$-ого агрегату, $h$-ої одиниці виміру експлуатаційних матеріалів, $z_{\text{зч},h}$, $z_{\text{агр},h}$, $z_{\text{ем},h}$ — кількість, відповідно, запасних частин, агрегатів, експлуатаційних матеріалів одного найменування, $q_{\text{зч}}$, $q_{агр}$, $q_{\text{ем}}$ — номенклатура (кількість видів), відповідно, запасних частин, агрегатів, експлуатаційних матеріалів, $B_{\text{о}}$ — витрати на оренду приміщень та майданчика для стоянки автомобілів (за умови їх оренди) та (або) плата за землю (при наявності власних будівель та споруд), $A_{\text{сп}}$ — амортизація будівель, споруд та обладнання, $\Phi_{\text{зпсп}}$ — фонд заробітної плати апарату управління, $\sum H_{\text{зпсп}}$ — нарахування на заробітну плату апарату управління, $B_{\text{рес}}$ — витрати ресурсів на експлуатацію обладнання, виробничих та адміністративних приміщень, $\Pi_{\text{етз}}$ — податок з власників транспортних засобів (при їх наявності), ЗГ — інші загальногосподарські витрати.

Зробимо деякі перепозначення деяких параметрів, а саме: виробничі фактори — робоча сила (кількість працівників з погодинною та відрядною оплатою праці) $p_{\text{г}} \equiv x_1$, запасні частини $z_{\text{зч},h} \equiv x_{2,h}$, агрегати $z_{\text{агр},h} \equiv x_{3,h}$, експлуатаційні матеріали $z_{\text{ем},h} \equiv x_{4,h}$. Стосовно решти виробничих факторів, то будемо припускати, що споживання енергоносіїв залежить від замовлень і становить деяку середню величину, встановлену експериментально. Тому витрати на енергоносії потраплять до загальногосподарських витрат (ЗГ). Витрати на утримання будівель, споруд, технологічного обладнання також вважатимемо як незмінний технологічний фактор для ПАС і відповідно їх включатимемо до загальногосподарських витрат (ЗГ).

Зауважимо, що значна частина параметрів, введених вище, залежить від випадкових факторів і їхні значення можуть набувати деяких величин з певними ймовірностями, тому природно припускати, що $a_{\text{рс},j} = a_{\text{рс},j}(\xi)$, $b_{\text{рс},j} = b_{\text{рс},j}(\xi)$, $a_{\text{з},h} = a_{\text{з},h}(\xi)$, $b_{\text{з},h} = b_{\text{з},h}(\xi)$, $a^{\text{зам}}_{\text{рс},i} = a^{\text{зам}}_{\text{рс},i}(\xi)$, $b^{\text{зам}}_{\text{рс},i} = b^{\text{зам}}_{\text{рс},i}(\xi)$, $a^{\text{рем}}_{\text{рс},i} = a^{\text{рем}}_{\text{рс},i}(\xi)$, $b^{\text{рем}}_{\text{рс},i} = b^{\text{рем}}_{\text{рс},i}(\xi)$, $n = n(\xi)$, $g'_n = g'_n(\xi)$, $q(g'_n) = q(g'_n(\xi))$, $n_{\text{агр}} = n_{\text{агр}}(\xi)$, $n_j = n_j(\xi)$, $n^{\text{рем}}_{\text{агр}} = n^{\text{рем}}_{\text{агр}}(\xi)$, $n^{\text{зам}}_{\text{агр}} = n^{\text{зам}}_{\text{агр}}(\xi)$, $r_i = r_i(\xi)$, $p^{\text{агр}}_{\text{зч},h} = p^{\text{агр}}_{\text{зч},h}(\xi)$, $n_{\text{в}} = n_{\text{в}}(\xi)$, $z_h(g'_n) = z_h(g'_n)(\xi)$, де $\xi$ — випадковий вектор. Усі інші величини вважатимемо сталими у короткостроковому періоді (наприклад, модель за місяць).

Отже, цільова функція прибутку для ПАС набуде наступного вигляду:

$$F_1(x,\xi) = \sum_{i=1}^{n(\xi)}\sum_{j=1}^{k}(a_{\text{рс},j}(\xi) - b_{\text{рс},j}(\xi)\cdot n_j(\xi))\cdot t_{ij} + \sum_{h=1}^{q(g'_n(\xi))}(a_{\text{з},h}(\xi) - b_{\text{з},h}(\xi)\cdot g'_n(\xi))\cdot z_h(g'_n(\xi)) +$$

$$+ \sum_{i=1}^{n_{\text{агр}}(\xi)} \min\{(a^{\text{зам}}_{\text{рс},i}(\xi) - b^{\text{зам}}_{\text{рс},i}(\xi)\cdot n^{\text{зам}}_{\text{агр},i}(\xi))\cdot t^{\text{зам}}_{\text{агр},i} + P^{\text{нов}}_{\text{агр},i} - P^{\text{ст}}_{\text{агр},i}, (a^{\text{рем}}_{\text{рс},i}(\xi) - b^{\text{рем}}_{\text{рс},i}(\xi)\cdot n^{\text{рем}}_{\text{агр},i})\cdot t^{\text{рем}}_{\text{агр},i} +$$

$$+ \sum_{h=1}^{r_i(\xi)} P^{\text{агр}}_{\text{зч},h}\} - (1 + H_{\text{фзп}})\left(\sum_{j=1}^{x_1} c^{\text{пог}}_{p_{\text{г}},j}\cdot \Phi_{p,j} + \sum_{i=1}^{n_{\text{в}}(\xi)} c^{\text{нг}}_{p_{\text{г}},i}\cdot t_i\right) - \sum_{h=1}^{q_{\text{зч}}} c_{\text{зч},h}\cdot x_{2,h} - \sum_{h=1}^{q_{\text{агр}}} c_{\text{агр},h}\cdot x_{3,h} -$$

$$- \sum_{h=1}^{q_{\text{ем}}} c_{\text{ем},h}\cdot x_{4,h} - \sum_{h=1}^{q} b^{\text{транс}}_{\text{зч,агр,ем},h} - \sum_{h=1}^{q} b^{\text{збер}}_{\text{зч, агр,ем},h} - B_{\text{о}} - A_{\text{сп}} - \Phi_{\text{зпсп}} - \sum H_{\text{зпсп}} + B_{\text{рес}} +$$

$$+ \Pi_{\text{етз}} + \text{ЗГ}. \qquad (1)$$

Зрозуміло, що сумарна кількість годин, витрачених на виконання замовлень, не повинна перевищувати фонду робочого часу, інакше ПАС не справлятиметься з потоком замовлень, тобто введемо таке обмеження:

$$\sum_{i=1}^{n(\xi)}\sum_{j=1}^{k} t_{ij} \le \sum_{j=1}^{x} \Phi_{p_{\text{г}},j} + \sum_{i=1}^{n_{\text{в}}(\xi)} t_i \qquad (2)$$

Крім того, кількість закуплених запчастин, експлуатаційних матеріалів та агрегатів підприємством автосервісу не повинна бути меншою за попит на цю продукцію з боку замовників, тобто одержуємо наступні обмеження:

$$z^{\text{зч}}_h(g'_n(\xi)) \le x_{2,h},\ h = 1,\ldots,q_{\text{зч}}, \qquad (3)$$

$$n^{\text{зам}}_{\text{агр},h}(\xi) \le x_{3,h},\ h = 1,\ldots,q_{\text{зам}}, \tag{4}$$

$$z^{\text{ем}}_h(g'_n(\xi)) \le x_{4,h},\ h = 1,\ldots,q_{\text{ем}}, \tag{5}$$

де $z^{\text{зч}}_h(g'_n(\xi))$, $z^{\text{ем}}_h(g'_n(\xi))$ — попит, відповідно, на запчастини та експлуатаційні матеріали виду $h$, при цьому $z^{\text{зч}}_h(g'_n(\xi)) + z^{\text{ем}}_h(g'_n(\xi)) = z_h(g'_n(\xi))$, $n^{\text{зам}}_{\text{агр},h}(\xi)$ — попит на заміну агрегатів виду $h$, при цьому $\sum_{h=1}^{q_{\text{агр}}} n^{\text{зам}}_{\text{агр},h}(\xi) = n^{\text{зам}}_{\text{агр}}(\xi)$.

Зауважимо, що для того, щоб ПАС успішно конкурувало, необхідно, мінімізувати ціни на його продукцію, тобто вартість послуг, запчастин, агрегатів та експлуатаційних матеріалів. У зв'язку з цим можна також додати такі цільові функції

$$F_2(x,\xi) = \min\{(a^{\text{зам}}_{\text{рс},i}(\xi) - b^{\text{зам}}_{\text{рс},i}(\xi)\cdot x_{3,h}), (a^{\text{рем}}_{\text{рс},i}(\xi) - b^{\text{рем}}_{\text{рс},i}(\xi)\cdot x_{3,h})\}, \tag{6}$$

$$F_3(x,\xi) = (a_{3,h}(\xi) - b_{3,h}(\xi)\cdot \max\{x_{2,h}, x_{4,h}\}), \tag{7}$$

де $h$ набуває відповідних значень, зазначених у обмеженнях (3) та (5).

Враховуючи той факт, що цільові функції містять випадкові величини, то для оптимізації необхідно використати їхні ймовірнісні характеристики. Із змісту задачі зрозуміло, що у зазначеній моделі слід оптимізувати математичне сподівання, тобто одержуємо таку багатокритеріальну одноетапну задачу стохастичного програмування:

$$MF_1(x,\xi) \to \max, \tag{8}$$

$$MF_2(x,\xi) \to \min, \tag{9}$$

$$MF_3(x,\xi) \to \min \tag{10}$$

за обмежень (2)–(5).

Зауважимо також, що задача (8)–(10) є нелінійною і частково цілочисловою, тому що змінні $x_1$, $x_{2,h}$, $x_{3,h}$ вважаються цілочисловими згідно змісту задачі (кількість працівників, кількість запчастин, кількість агрегатів), а $x_{4,h}$ — дійсною (кількість експлуатаційних матеріалів). Крім того, змінна $x_1$ входить у цільову функцію $F_1(x,\xi)$ нелінійно.

**Висновки та перспективи подальших досліджень**

Отримана математична модель відрізняється від моделі у [1] побудовою заданих цільових функцій, а також загальнішою постановкою завдяки введенню в розгляд випадкових величин. Крім того, для оптимізації нами використано декілька цільових функцій, а не одна, тобто побудована багатокритеріальна одноетапна задача стохастичного програмування, що дозволяє змоделювати реальну виробничу систему підприємства автосервісу.

На основі вище викладеного можна сформулювати такі проблемні питання:

– побудова комп'ютерної моделі на основі запропонованої математичної моделі, а також перевірка її на відповідність реальним умовам функціонування виробничої системи ПАС;

– есперимента льна оцінка розподілів випадкових величин у побудованій моделі;

– побудова математичної моделі з нечіткими параметрами замість випадкових величин;

– побудова математичної моделі, яка зводитиметься до багатокритеріальної двохетапної задачі стохастичного програмування, адже часто при плануванні роботи ПАС нам важко спрогнозувати попит на його послуги, тому спершу можна розробити попередній план роботи підприємства, а далі після виявлення еміричних закономірностей в результаті спостережень за ринком сервісних послуг для транспортних засобів внести зміни у план, тобто розробити план-компенсацію нев'язки.

### Список літератури

**1. Андрусенко С.І. Математична модель виробничої системи підприємства автосервісу/С.І. Андрусенко, О.С. Бугайчук // Вісник НТУ. — 2007. — Вип.14. — С.177 –184.**

**2. Пономаренко О.І. Основи математичної економіки / О.І. Пономаренко, М.О. Перестюк, В.М. Бурим. — К.: Інформатика, 1995. — 320 с.**

***Аннотация.*** *Построено математическую модель функционирования производственной системы предприятия автосервиса в виде многокритериальной одноэтапной задачи стохастического программирования.*

***Abstract.*** *We construct a mathematical model of production system of car service company as a single-stage multicriterial problem of stochastic programming.*

*Стаття надійшла до редакції 25.02.2011 р.*

***УДК 656.05***

***ГРИЦАЙ С.В., старший викладач; ТРУШЕВСЬКИЙ В.Е., старший викладач,***
***Запорізький національний технічний університет***

# ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ТРИВАЛОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ЦИКЛУ СВІТЛОФОРНОГО РЕГУЛЮВАННЯ З РОЗЩЕПЛЕНОЮ ФАЗОЮ

*Пропонується методика, що дозволить у разі можливості замінити введення додаткової фази до структури світлофорного циклу з метою пропуску лівого повороту фазоподібним інтервалом і визначити тривалість цього інтервалу.*

### Постановка проблеми

Збільшення інтенсивності дорожнього руху і, як наслідок, зростання ступенів завантаженості рухом підходів до регульованих перехресть вимагає більш повної адаптації режимів світлофорного регулювання до дорожньо-транспортної ситуації. Апаратура автоматизованих систем управління дорожнім рухом на сучасному етапі розвитку здатна забезпечити підвищення гнучкості світлофорного регулювання без суттєвого здороження обладнання [1]. Сучасні дорожні контролери дозволяють керувати сигнальними групами світлофорних об'єктів незалежно одна від одної, реалізуючи принцип відповідності тривалості дозволяючого сигналу регулювання ступеню завантаження підходу до перехрестя за цим напрямом регулювання. Крім того, на практиці набувають широкого застосування транспортні детектори, підключення яких до працюючих в автоматичному режимі дорожніх контролерів дозволяє визначати тривалості сигналів регулювання, виходячи з реальної дорожньо-транспортної ситуації [2].

**Аналіз останніх досліджень**

Проведені дослідження [3] дозволяють зробити висновок, що небезпека виконання певних маневрів транспортними засобами на регульованих перехрестях є високою, оскільки ці маневри пов'язані із виникненням небезпечних конфліктів між пішоходними і транспортними потоками, а також транспортних потоків між собою. До таких маневрів належить, зокрема, виконання повороту ліворуч. У [4] рекомендується при інтенсивності лівоповоротного маневру більшій за 120 зведених транспортних одиниць на годину забезпечити безконфліктність лівоповоротної траєкторії із зустрічним потоком.

Виконання цієї вимоги призводить, як правило, при формуванні структури світлофорного циклу методом поєднання неконфліктних напрямів регулювання [5], до введення в структуру циклу додаткової фази регулювання. У випадку, коли інтенсивність лівоповоротного транспортного потоку незначно перевищує величину 120 одиниць за годину, величина фазового коефіцієнту додаткової фази регулювання, призначеної для пропуску лівоповоротного потоку, буде порівняно невеликою. Це може призвести до того, що значення тривалості основного такту фази, що включає лівоповоротний напрям при розрахунку тривалості циклу світлофорного регулювання за формулою Вебстера [4] буде менше 7с. При виконанні корекції основних тактів необхідно буде збільшити всі тривалості основних тактів, що призведе до невиправданого збільшення тривалості циклу світлофорного регулювання та, як наслідок, збільшення тривалості затримок транспортних засобів перед лініями регулювання.

**Мета статті**

Пропонується перевірити можливість заміни фази регулювання, що містить лівоповоротний напрям фазоподібним інтервалом, наявність якого в структурі світлофорного циклу забезпечить збільшення тривалості дозволяючого світлофорного сигналу з того підходу, з якого виконується поворот ліворуч по відношенню до тривалості дозволяючого сигналу зустрічного напряму.

З метою забезпечення можливості застосування такого методу при пофазному принципі управління світлофорною сигналізацію при розрахунку тривалостей елементів циклу регулювання за формулою Вебстера пропонується кілька формальних ходів.

**Основний розділ**

Припустимо, що лівоповоротний потік з інтенсивністю руху $N_л$ більше 120 одиниць за годину рухається з першого напряму регулювання. При формуванні першої фази регулювання будемо вважати, що інтенсивність лівого повороту за першим напрямом регулювання складає 119 зведених одиниць за годину. Таке припущення дає нам можливість включити зустрічні напрями 1 та 2 в першу фазу регулювання, а разом з ними додати до цієї фази пішохідні напрями, якими рухаються пішоходи, що переходять проїзні частини, на які транспортні засоби виконують повороти. Частина потоку лівоповоротних транспортних засобів, що за годину наблизиться до 119 зведених одиниць зможе виконати поворот ліворуч упродовж першої фази регулювання. Частина потоку, що складає надмірну над 119 одиниць за годину інтенсивність $N_{над}$, буде залишатися перед стоп-лінією напряму 1 в очікуванні наступного дозволяючого сигналу. Значення цієї інтенсивності можна встановити за формулою, од/год:

$$N_{над} = N_л - 119 \qquad (1)$$

Для пропуску цієї інтенсивності пропонується виділити псевдонапрям регулювання 5, що може входити до структури світлофорного циклу, проте не відповідає жодному зеленому сигналу на світлофорах перехрестя. Цей псевдонапрям лівого повороту пропонується безконфліктно

ввести у наступну фазу регулювання для забезпечення максимальної пропускної спроможності для надмірної інтенсивності. Таким чином, складається формальна схема пофазового роз'їзду, в другу фазу якої включається безконфліктний псевдонапрям 5 та повністю неконфліктні з ним напрями 1 та 12 (конфліктні точки з напрямом 5 відсутні). В третю фазу включаються транспортні та пішохідні напрями з підходів іншої вулиці (рис. 1).

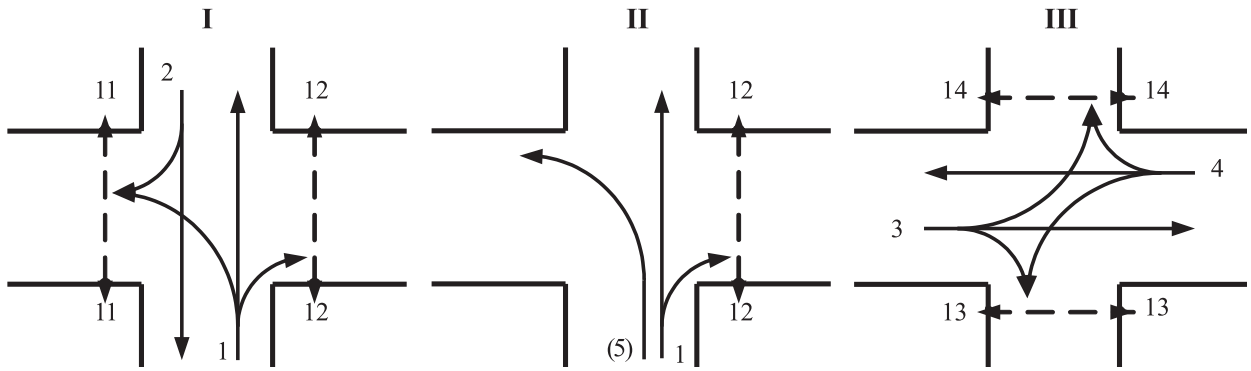



**Рис. 1. Формальна схема пофазового роз'їзду**

Потік насичення для напряму 1 в першій фазі регулювання пропонується визначати з урахуванням наявності повороту ліворуч з крайньої лівої смуги. У другій фазі регулювання напрям регулювання 1 вже не буде рухатися крайньою лівою смугою, оскільки для кожного напряму регулювання слід виділяти як мінімум одну смугу руху [4], і крайня ліва смуга буде виділена для напряму 5. З цієї смуги поворот буде виконуватися безконфліктно і лише в одному напрямку, тому відповідно до [4], потік насичення цього напрямку буде визначатися в залежності від радіуса поворотної траєкторії.

Зважаючи на те, що псевдонапрям регулювання не має відповідного йому зеленого сигналу на світлофорі, реальна схема пофазового роз'їзду буде мати вигляд, наведений на рис. 2.

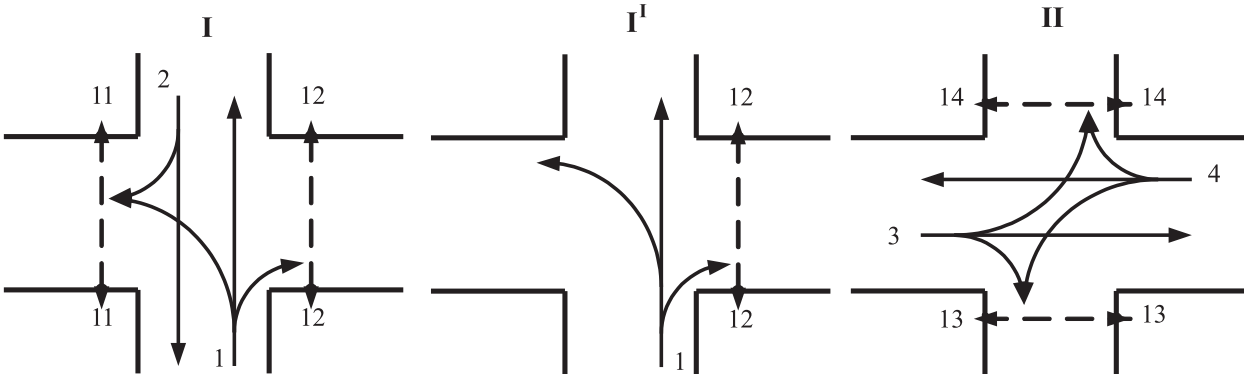



**Рис. 2. Реальна схема пофазового роз'їзду**

Розглядаючи цю схему, можна зробити висновок, що фаза $I^I$ не містить напрямів регулювання, що включені лише до неї. Таким чином, її застосування призводить до збільшення тривалості дозволяючого сигналу у напрямі 1 відносно дозволяючого сигналу у зустрічному напрямі регулювання 2. Це збільшення складатиметься з часу, необхідного для виїзду з перехрестя транспортних засобів, що завершують рух у першій фазі за напрямом 2 (напрями 2 і 5 конфліктні, отже, між їх включенням необхідна наявність додаткового такту), а також часу, протягом якого

лівоповоротний потік надмірної інтенсивності, що в середньому доводиться на один цикл регулювання, минає стоп-лінію та виїздить з перехрестя. Крім того, немає необхідності у проведенні перевірки тривалості основного такту цієї фази на мінімум 7с. При проведенні такої перевірки для напряму 1 слід враховувати, що тривалість дозволяючого сигналу цього напряму складається з тривалості першої фази регулювання та основного такту другої фази регулювання [6].

При зміні порядку чергування фаз регулювання у світлофорному циклі можливе переміщення у часі фазоподібного інтервалу, призначеного для виконання повороту ліворуч відносно фази регулювання, до якої включено прямий і зустрічний напрями по вулиці, з якої виконується поворот ліворуч з інтенсивністю транспортного потоку, більшою за 120 зведених одиниць за годину. При цьому можливі два варіанти розташування фазоподібного інтервалу: зелений додатковий та ранній старт, що показано відповідно на рис. 2 і 3.

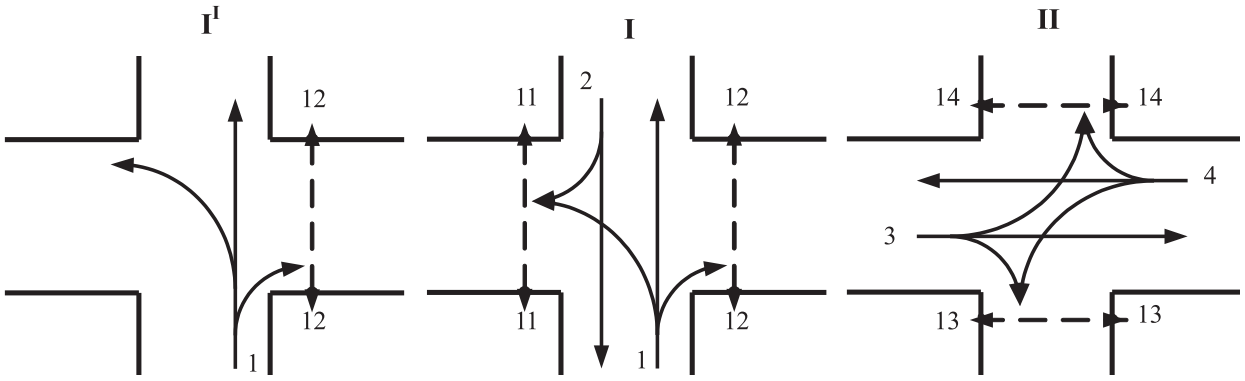



**Рис. 3. Схема пофазового роз'їзду з введенням раннього старту**

Зміна структури циклу в такому випадку, як і зазвичай, може призводити до зміни значення його тривалості за рахунок оптимізації перехідних інтервалів, а також до зміни параметрів графіків координованого регулювання за рахунок переміщення стрічок безперервного часу. Однак, на практиці застосування раннього старту є менш розповсюдженим, ніж зеленого додаткового, оскільки небезпечним моментом є час переходу з фази $I^I$ на фазу I, про який водії, що повертають ліворуч за напрямом 1 ніяк не інформуються, хоча з моменту початку першої фази регулювання втрачають перевагу в русі.

## Висновки

Застосування означених формальних ходів дозволить у разі можливості замінити введення додаткової фази до структури світлофорного циклу з метою пропуску лівого повороту фазоподібним інтервалом і визначити тривалість цього інтервалу з урахуванням надлишкової інтенсивності лівого повороту, що створює небезпечний конфлікт із зустрічним потоком, а також мінімального часу, необхідного для виїзду з перехрестя зустрічного потоку перед початком руху лівоповоротного потоку з надмірною інтенсивністю.

## Список літератури

**1. К вопросу о современном состоянии автоматизации управления дорожным движением [Електронний ресурс]/Е.Г. Ногова. — Режим доступа:h ttp://asud.narod.ru/ASUD/intr.htm.**

**2. Основные итоги работы ГУ ЦОДД в 2010 году. [Електронний ресурс]. http://www.gucodd.ru/news/11/01/27/itogi. — Назва з екрана.**

**3. Полозенко П.М. Щодо питання оптимізації режимів світлофорного регулювання на перехрестях вулично-дорожньої мережі / П.М. Полозенко // Безпека дорожнього руху України: науково-технічний вісник. — 1998 р. — № 1. — С.90 –97.**

**4. Кременец Ю.А. Технические средства организации дорожного движения/Ю.А. Кременец. — М.: Транспорт, 1990. — 255 с.**

**5. Левашев А.Г. Проектирование регулируемых пересечений/А.Г. Левашев, А.Ю. Михайлов, И.М. Головных. — Иркутск: ИрГТУ, 2007. — 208 с.**

**6. Совершенствование организации движения при выполнении левых поворотов. [Електронний ресурс]: (материалы XI международной (четырнадцатой Екатеринбургской) научно-практической конференции)/А.А. Цариков. — Режим доступа: h ttp://waksman.ru/Russian/Konference/Konferen.htm.**

***Аннотация.*** *Предлагается методика, которая позволит в случае возможности заменить введение дополнительной фазы к структуре светофорного цикла с целью пропуска левого поворота фазоподобным интервалом и определить длительность этого интервала.*

***Abstract.*** *A method which will allow in the case of possibility to replace introduction of additional phase to the structure of traffic-light cycle with the purpose of admission of the left turn a faze interval and to define duration of this interval is offered.*

*Стаття надійшла до редакції 28.02.2011 р.*

***УДК 347.763***

***ДОЛЯ В.К., д.т.н., професор,***
***Харківська національна академія міського господарства***

# ЛОГІСТИЧНІ ЦЕНТРИ І ЇХ ВПЛИВ НА ТЕХНОЛОГІЇ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

*Запропоновано визначення поняття «логістичний центр», розглянуті можливі принципи взаємодії різних матеріальних потоків, що формують вимоги до транспортних технологій їх обслуговування.*

## Вступ

Якщо прийняти до уваги, що логістика — це наука про матеріальні та сукупні їм потоки [1], то можна стверджувати, що логістична система поєднує у собі транспортну, фінансову, інформаційну і будь-яку в винятковому випадку (наприклад, охоронну, екологічну, геофізичну і т.і.) іншу, специфічну для конкретної ситуації, підсистему. Спираючись на те, що система — це організована безліч структурних елементів, пов'язаних і виконуючих певні функції [2], можна стверджувати, що основною функцією логістичної системи є переміщення матеріального потоку, що має обумовлені якісні властивості, від місця його (матеріального потоку) формування, до місця його переходу в іншу якість шляхом розщеплення або поєднання.

На шляху пересунення матеріального потоку часто є логістичний центр, в якому, не змінюючи якості, матеріальний потік часто трансформується. Частіше за все відбувається його накопичення і перевантаження на інший транспортний засіб. Дослідження процесів, що відбуваються в логістичній системі завдяки наявності логістичних центрів є вельми цікаво для сучасної науки.

## Аналіз літературних джерел

Дослідження закономірностей функціонування логістичних систем [1,3,4] приділяли увагу стану різноманітних логістичних систем у тому числі і з проміжними розподільчими складами або центрами. Разом з цим теоретичних підходів до закономірностей впливу логістичного центру на інші складові системи і навпаки, ще не в повній мірі розглянуто.

**Мета дослідження**

Метою даної роботи є виявлення закономірностей і доцільності функціонування розподільчих центрів у різноманітних ланцюгах руху матеріальних потоків.

**Основна частина**

При розгляді типового ланцюга руху будь-якого матеріального потоку (рис.1) можна виділити складові: відправник, транспортувальник (транспортувальники), посередник або склад, споживач.




**Рис. 1. Схема руху матеріального потоку**

В цьому випадку ефективність системи залежить від параметрів функціонування всіх ланок ланцюга.

В багатьох випадках існує схема руху сукупності матеріальних потоків крізь одного посередника (складу). Коли посередник збирає, зберігає і готує партії відправок різних матеріальних потоків до якогось окремого споживача, використовується схема руху сукупності матеріальних потоків (рис.2).

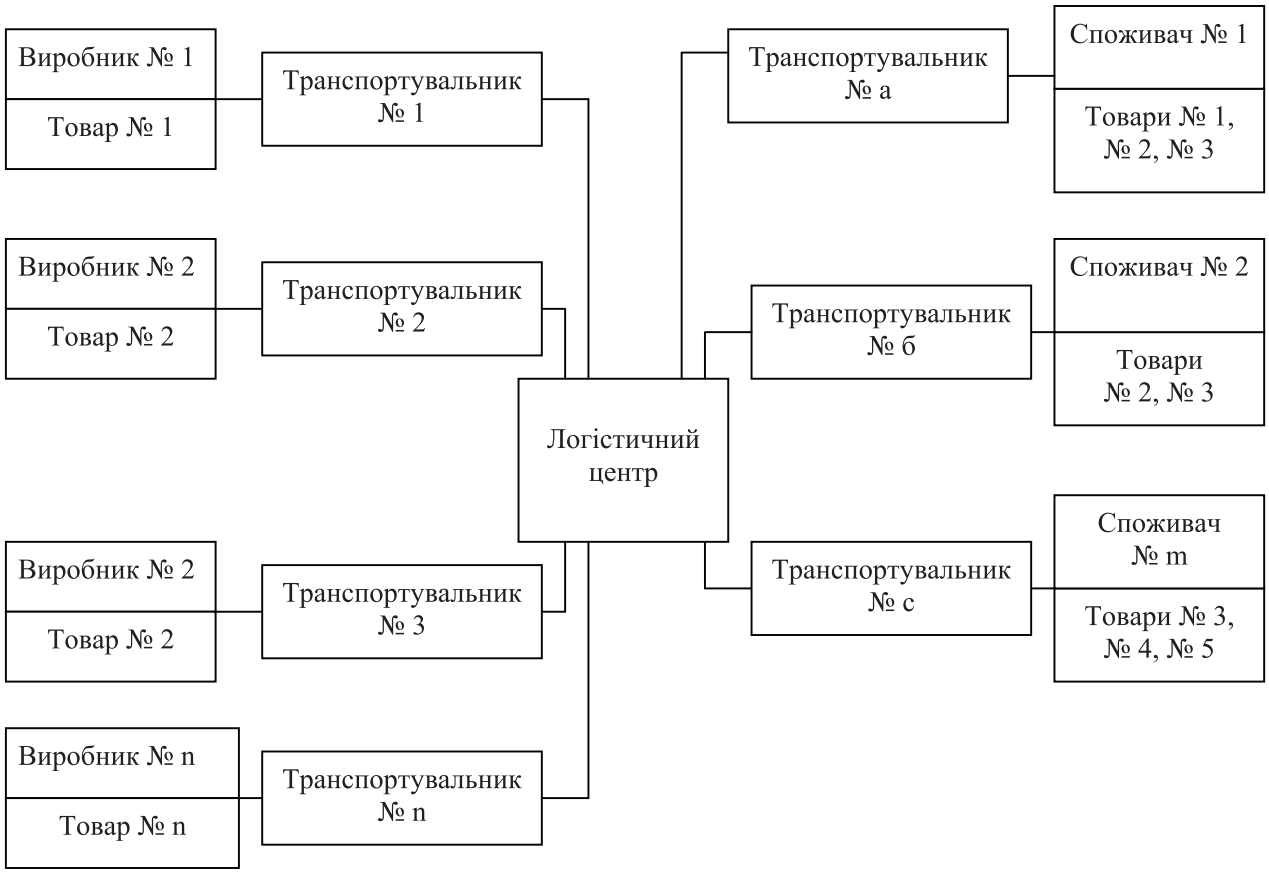



**Рис. 2. Схема руху сукупності матеріальних потоків**

Робота різних виробників і різних споживачів крізь логістичний центр дозволяє:

– оптимізувати в логістичному центрі запаси товарів з метою безперебійного їх постачання з мінімальними витратами на зберігання;

– максимально використовувати вантажомісткість транспортних засобів;

– використовувати новітні технології зберігання товарів і формування партій поставок;

– застосовувати ефективні транспортні технології.

Наприклад, якщо обсяг поставок товарів від n виробників до m споживачів коливаються протягом року (рис.3), то очевидно, що і використання кожного окремого ланцюга постачань буде мати свій коефіцієнт нерівномірності.

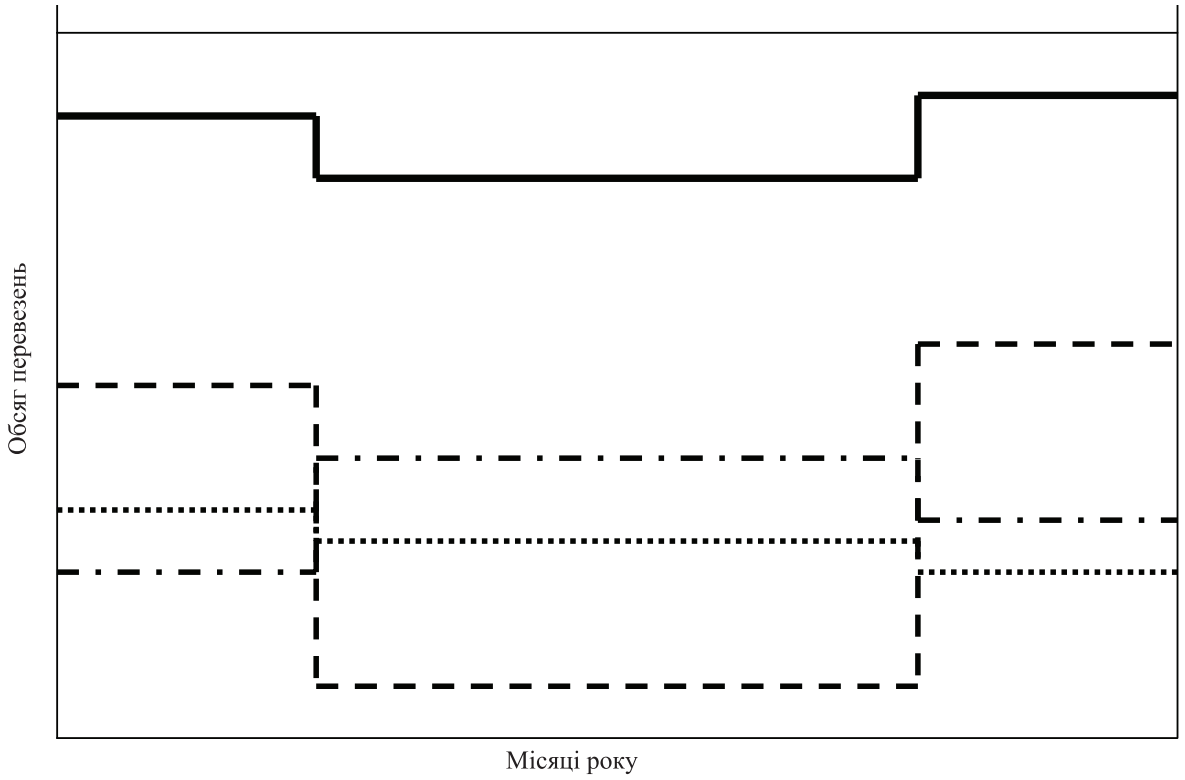



**Рис. 3. Обсяги потоків по місяцях року:**

*— загальний обсяг постачань;*

*— обсяг постачань товарів першого виробника;*

*— обсяг постачань товарів другого виробника;*

*— обсяг постачань товарів третього виробника*

Логістичний центр приймає і розподіляє матеріальні потоки без зміни їх якості на відміну від виробничого підрозділу (рис. 4), який приймає інтегровані матеріальні потоки і змінює їх в іншу якість.




**Рис. 4. Схема інтегрованих матеріальних потоків:**

*а — матеріальний потік складової а; б — матеріальний потік складової б; в — матеріальний потік складової а;*

*⇨ — матеріальний потік виробленої продукції $П_р$*

Відомо, що ефективність використання потужності складів і транспортних засобів при роботі окремо кожного ланцюга постачань значно менше ніж їх сумісного обслуговування. Аналогічно і коефіцієнт ефективності використання транспортних засобів тим більше, чим менше нерівномірність коливань вантажопотоку, а він у випадку сумісного обслуговування ланцюгів постачань більш рівномірний.

### Висновки

Логістичні центри сприяють підвищенню ефективності використання складських приміщень і транспортних засобів.

Концентрація різних матеріальних потоків крізь логістичний центр може сприяти зниженню питомої ваги витрат на інформаційну складову загальних витрат ланцюга в цілому.

### Список літератури

**1. Доля В.К. Логістика у сфері пізнання / В.К. Доля // Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту, 2009. — №1. — С.87 –92.**

**2. Гаврилов Е.В. Основи теорії систем і управління / Е.В. Гаврилов, М.Ф. Дмитриченко, В.К. Доля. — К.: Знання України, 2005. — 344с.**

**3. Крикавський Є.В. Логістичне управління / Є.В. Крикавський. — Львів: вид-во. «Львівська політехніка», 2005. — 684 с.**

**4. Сергеев В.И. Логистика в бизнесе / В.И. Сергеев. — М.: ИНФРА — М, 2001. — 608с.**

***Аннотация.*** *Предложено определение понятия «Логистический центр», рассмотрены возможные принципы взаимодействия разных материальных потоков, которые формируют требования к транспортным технологиям их обслуживания.*

***Abstract.*** *Proposed definition of "logistics center", are considered possible guidelines for the interaction of different material flows, which form the requirements for the transport technologies of their service*

*Стаття надійшла до редакції 02.03.2011 р.*

***УДК 629.113.004.67:38***

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

# ЩОДО ПРОГНОЗУВАННЯ ВІРОГІДНОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПРОЕКТУ З ЗАКУПІВЛІ АВТОМОБІЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА МАРШРУТИ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ

*Запропоновано проводити рахунки інвестиційного проекту з закупівлі транспортних засобів з врахуванням встановлення закономірностей коливань добового об'єму перевезень пасажирів.*

### Вступ

Сучасний досвід в реалізації інвестиційних проектів із закупівлі автобусів автомобільними перевізниками доводить суттєві відхилення в грошових потоках між отриманими в процесі реалізації проекту п оказниками з розрахунковими кількісними показниками, отриманими при його плануванні.

В результаті отриманого досвіду стало відомо, що в період реалізації інвестиційного проекту можливі зміни в розрахункових грошових потоках, пов'язані зі зміною основних та поточних витрат й коливанням отриманого доходу підприємства. Зазначені зміни в грошових потоках виникають з підстав впливу інфляції на вартість паливно—мастильних речовин, запасних частин, зміни заробітної платні, купівельної спроможності населення та коливань об'єму перевезень пасажирів.

Зазначене доводить необхідність врахування можливості настання коливань вихідних даних при проведенні попередніх проекту маркетингових дослідженнях, використовуваних при розрахунку проекту.

**Постановка проблеми**

Проблематика даного проекту полягає у недостатності механізму розрахунку інвестиційного проекту з урахуванням можливості відхилення основних вихідних даних від їх отриманих кількісних показників на початок проведення розрахунків.

Попередньо встановлено [3], що вплив похибки при зборі показників об'єму перевезень сягає до 10% й може призвести до зміни періоду окупності на значний час.

Досвід в реалізації інвестиційних проектів змушує автомобільного перевізника до інтуїтивного прийняття рішення щодо доцільності реалізації проекту та вибору оптимальної марки рухомого складу. Часто перевізники використовують досвід своїх колег для вибору марки транспортного засобу, але не враховують, що особливості характеристик їх маршруту може призвести до небажаних наслідків.

**Аналіз останніх досліджень**

Дослідниками не в повній мірі розроблено методику урахування можливих статистичних відхилень обраних для розрахунку вихідних даних інвестиційного проекту. Таке призводить до прогнозування настання моменту окупності проектів у чітко зазначений час [2]

Опираючись на встановлення можливості коливання періоду окупності проекту, існує наявна потреба в урахуванні даного факту при прийнятті рішення щодо самої доцільності впровадження проекту, а проведені розрахунки мають надавати відображення впливу зазначених коливань на чисельні показники оцінки ефективності проекту.

Одночасно слід зазначити, що коливання граничних термінів реалізації проекту відображатимуть не тільки вірогідність настання зменшення періоду окупності й збільшення чистого приведеного прибутку, а й можливість отримання протилежних результатів. Так, на даний момент, дослідниками в певній мірі розроблено засоби надання оцінки ризику при інвестуванні проектів даної галузі. За даних обставин неможливо надати реальні кількісні характеристики таких проектів, а, отже, їх прогнозування не є різнобічно розглянутим.

**Мета роботи**

Метою роботи є розробка наукових підходів до врахування коливань доходу підприємства від надання послуг з маршрутних перевезень пасажирів на маршрутах загального користування.

Для забезпечення врахування зазначеного впливу пропонується провести аналіз коливань добового пасажиропотоку пасажирів на маршруті, зазначені фактори впливу на пасажиропотік, встановлені параметри та характеристики коливання пасажиропотоку.

За результатами проведених досліджень встановлені настання граничних та проміжних кількісних показників об'єму перевезень на маршруті для проведення розрахунку інвестиційного проекту із урахуванням прогнозованих доходів підприємства.

**Основний розділ**

На кількість перевезених пасажирів впливає значна кількість факторів, такі як: погода, пора року, опади, настання святкового та вихідного дня, кількість «безквиткових» пасажирів, кількість альтернативних маршрутів пересування, відношення вартості проїзду на маршруті до вартості проїзду на альтернативних маршрутах, час доби, середній дохід населення та інше [3].

Раніше [3] доведено, що кількість перевезених пасажирів є відображенням впливу багатьох факторів, які в свою чергу також є випадковими та знаходяться під впливом низки причин, не залежних від інших. Яким би законам розподілу не підпорядковувались ці окремо взяті випадкові фактори, при одночасному впливі великої кількості їх загальний вплив може підпорядковуватися закону, близькому до нормального [1].

Для проведення підтвердження виставленої гіпотези зібрано на автотранспортних підприємствах інформацію щодо об'єму перевезень на маршруті впродовж різноманітних періодів. Для збору інформації було обрано квитково-облікові дані з десяти маршрутів різних перевізників. Отримані дані зведено в табл. 1.

Таблиця 1

**Відомості щодо кількості перевезених пасажирів за маршрутом загального користування**

| Номер маршруту | Кількість випадків перевезень пасажирів в діапазоні (пасажирів за добу) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 5000–5500 | 5501–6000 | 6001–6500 | 6501–7000 | 7001–7500 | 7501–8000 | 8001–8500 | 8501–9000 | 9001–9500 | 9501–10 000 | 10 001–10 500 | 10 501–11 000 |
| 1 | 1 | 3 | 6 | 8 | 3 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 2 | 3 | 5 | 7 | 5 | 3 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 3 | 4 | 6 | 7 | 6 | 4 | 3 | 1 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 5 | 1 | 2 | 5 | 7 | 7 | 5 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | 4 | 6 | 6 | 4 | 3 | 2 | 0 |
| 7 | 1 | 3 | 3 | 5 | 6 | 5 | 3 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 | 5 | 7 | 5 | 3 | 2 | 1 | 1 |
| 9 | 2 | 3 | 4 | 6 | 6 | 4 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 4 | 6 | 7 | 6 | 5 | 1 |

Для того, щоб встановити підпорядкування отриманих даних будь-якому закону розподілу використаємо графічний метод. Для цього побудуємо графіки, в яких на осі абсцис відкладемо середні значення інтервалів — $Q_i$, а на вісі ординат відносні накопичені частості у відсотках — $p_i$ [1].

Отримані графіки зведемо в рис. 1 та рис. 2.

Підрахуємо відносні накопичені частоти настання успішних опитів в інтервалах, у відсотках, та зведемо отримані дані в табл. 2.

Аналогічно встановлено такі взаємозвязки на інших маршрутах.

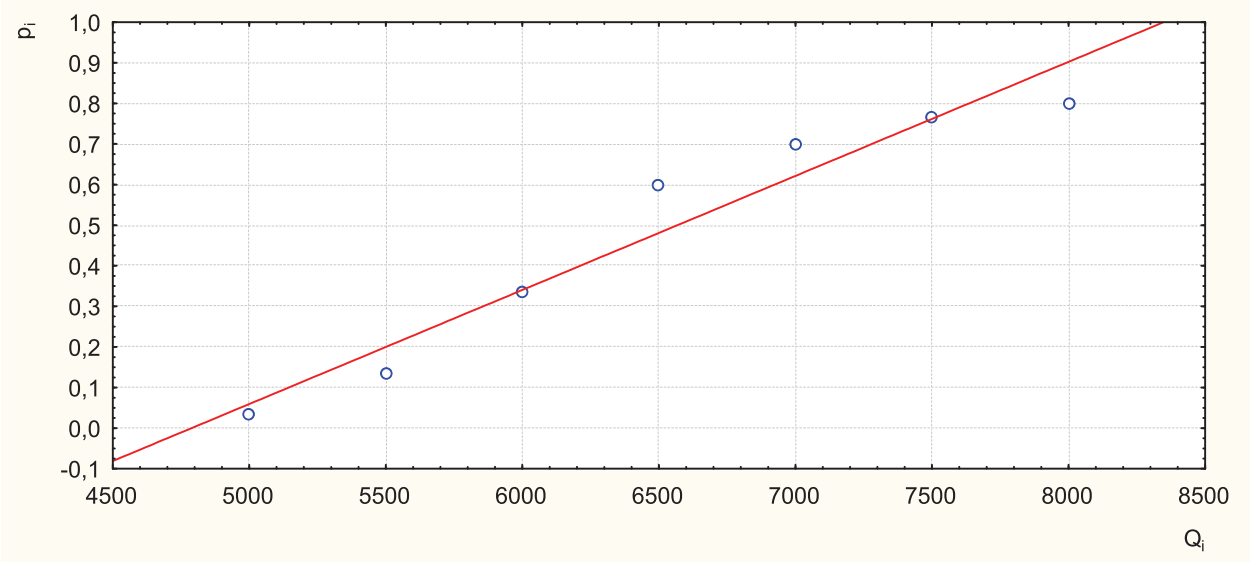



**Рис. 1. Взаємозв'язок між добовими об'ємом перевезень — *Q* та накопиченою частотою їх виникнення — *p* на першому маршруті**

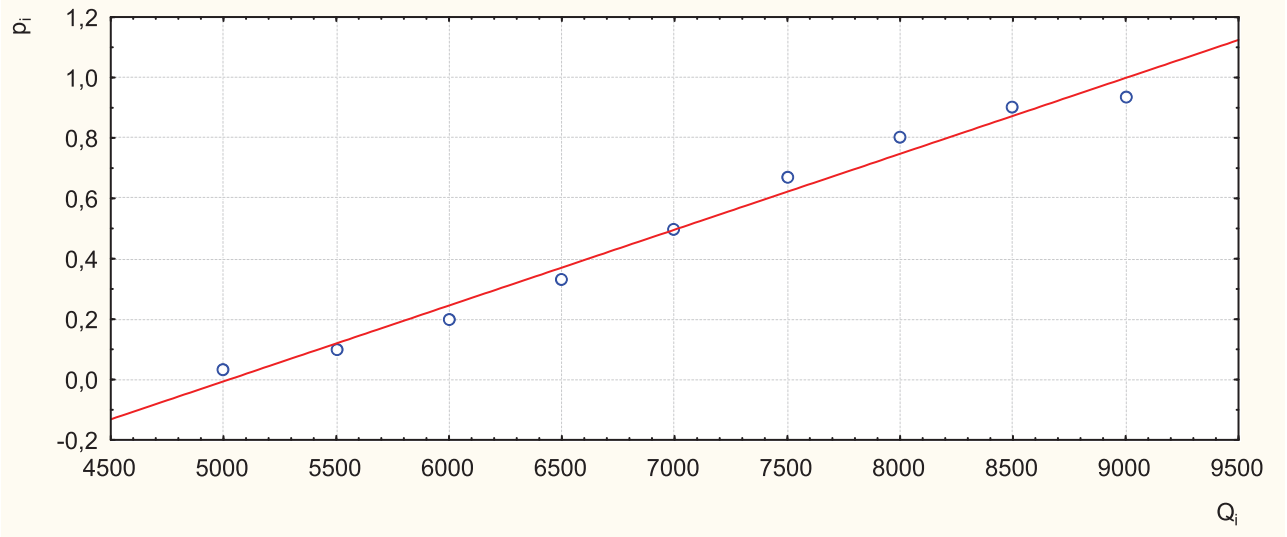



**Рис. 2. Взаємозв'язок між добовими об'ємом перевезень — *Q* та накопиченою частотою їх виникнення — *p* на четвертому маршруті**

Оскільки графіки являють собою майже прямі, можна вважати, що пасажиропотік на маршрутах є випадковою величиною, яка підпорядкована за законом нормального розподілу [1].

Нормальний закон розподілу характеризується наступною функцією щільністю вірогідності — $f(t)$ [1]:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{(t_i - a)^2}{2\sigma^2}} \qquad (1)$$

де $\sigma$ — середнє квадратичне відхилення;

$a$ — математичне очікування випадкової величини;

$t_i$ — середина $i$ інтервалу.

Таблиця 2

**Відносні накопичені частості настання успішних опитів в інтервалах**

| Номер маршруту | Відносні накопичені частості настання успішних опитів в інтервалах, у відсотках | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 5000–5500 | 5501–6000 | 6001–6500 | 6501–7000 | 7001–7500 | 7501–8000 | 8001–8500 | 8501–9000 | 9001–9500 | 9501–10 000 | 10 001–10 500 | 10 501–11 000 |
| 1 | 0,03 | 0,10 | 0,20 | 0,27 | 0,10 | 0,07 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 0,03 | 0,07 | 0,10 | 0,17 | 0,23 | 0,17 | 0,10 | 0,07 | 0,03 | 0,03 | 0,00 | 0,00 |
| 3 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 0,13 | 0,20 | 0,23 | 0,20 | 0,13 | 0,10 | 0,03 | 0,00 | 0,00 |
| 4 | 0,00 | 0,03 | 0,07 | 0,10 | 0,13 | 0,17 | 0,17 | 0,13 | 0,10 | 0,07 | 0,03 | 0,00 |
| 5 | 0,03 | 0,07 | 0,17 | 0,23 | 0,23 | 0,17 | 0,07 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,10 | 0,13 | 0,20 | 0,20 | 0,13 | 0,10 | 0,07 | 0,00 |
| 7 | 0,03 | 0,10 | 0,10 | 0,17 | 0,20 | 0,17 | 0,10 | 0,10 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 8 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,07 | 0,10 | 0,17 | 0,23 | 0,17 | 0,10 | 0,07 | 0,03 | 0,03 |
| 9 | 0,07 | 0,10 | 0,13 | 0,20 | 0,20 | 0,13 | 0,10 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,13 | 0,20 | 0,23 | 0,20 | 0,17 | 0,03 |

Тобто в даному випадку а є математичним очікуванням кількісного відображення пасажиропотоку $q$, $f(t)$ — вірогідність настання очікуваного об'єму перевезень, а $t_i$ — $Q_i$ середина розрахункового інтервалу об'єму перевезень. Застосуємо дане в подальшому й зазначимо замість $t$ — $Q$.

Побудуємо криву щільності розподілу пасажиропотоку за нормальним законом й зобразимо її на рис. 3.

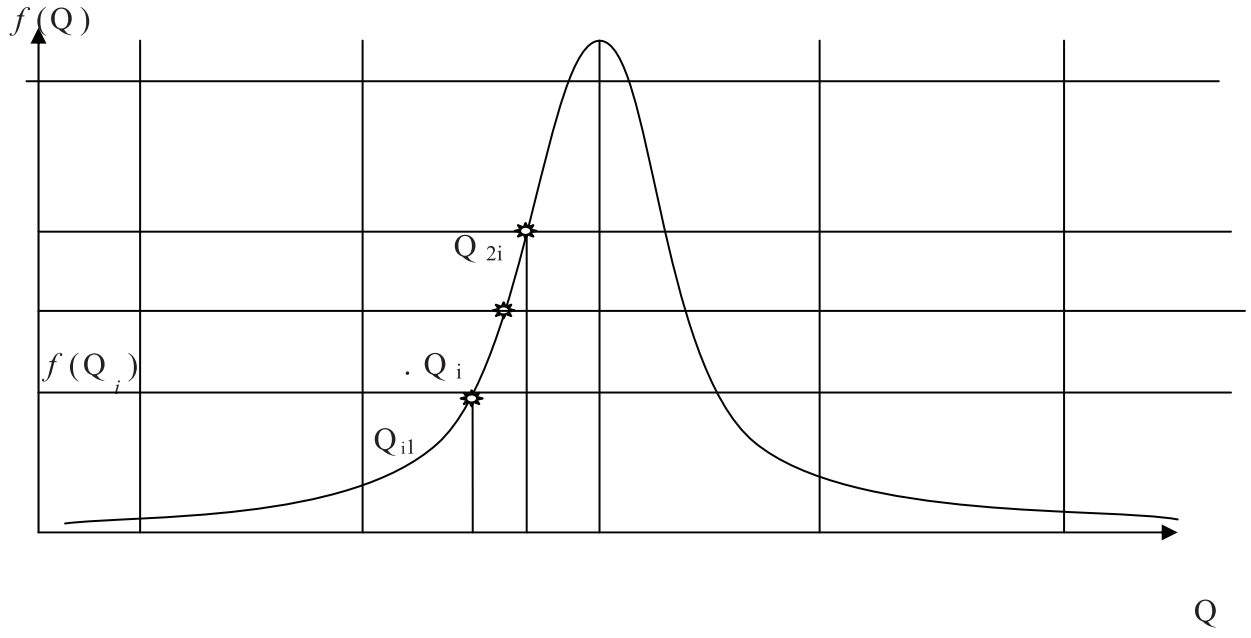



**Рис. 3. Крива щільності розподілу пасажиропотоку за нормальним законом розподілу**

Середнє квадратичне відхилення $\sigma$ визначається дисперсією випадкової величини — $D$.

$$\sigma = \sqrt{D} \tag{2}$$

$$D = \sum_{i=1}^{i=n} (\mathrm{Q}_i - a)^2 * p_i \ , \tag{3}$$

де $p_i$ — частість настання успішного опиту $i$-му інтервалі.

$$p_i = \frac{Mi}{n} \ , \tag{4}$$

де $Mi$ — кількість успішних опитів в $i$-му інтервалі;
$n$ — загальна кількість опитів.

$$\mathrm{Q}_i = \frac{\mathrm{Q}_{i1} - \mathrm{Q}_{i2}}{2} \ , \tag{5}$$

де $\mathrm{Q}_{i1}, \mathrm{Q}_{i2}$ — граничні значення пасажиропотоку на $i$-му інтервалі.

$$a = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{Q_{i1} + Q_{i2}}{2} * \frac{Mn}{n} \ . \tag{6}$$

Враховуючі рівняння 2, 3, 4, 5 та 6 запишемо формулу 1 в наступному вигляді.

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} \left(\frac{Q_{i1} + Q_{i2}}{2} - \sum_{i=1}^{i=n} \frac{Q_{i1} + Q_{i2}}{2} * \frac{Mn}{n}\right)^2 * \frac{Mi}{n}} \sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{\left(Q_i - \sum_{i=1}^{i=n} \frac{Q_{i1} + Q_{i2}}{2} * \frac{Mn}{n}\right)^2}{2 \sum_{i=1}^{i=n} \left(t_i - \sum_{i=1}^{i=n} \frac{Q_{i1} + Q_{i2}}{2} * \frac{Mn}{n}\right)^2 * \left(\frac{Mn}{n}\right)^2}} \tag{7}$$

Наведемо криву щільності розподілу вірогідності на рис. 4 й розіб'ємо лінію $OQ$ на чотири рівних відрізки $Q_1Q_2$, $Q_2Q_3$, $Q_3Q_4$ та $Q_4Q_5$ відносно лінії $f(Q_{\max})$ $Q_3$.

Правомірно ствердження, що вірогідність настання об'єму перевезень в центрі інтервалу $Q_1Q_2$ дорівнює вірогідності настання пасажиропотоку в інтервалі $Q_4Q_5$. Така ж сама рівність вірогідності настання об'єму перевезень точки $Q_2$ із точкою $Q_3$.

Розглянемо на рис. 4 інтервал $Q_1 — Q_5$. Відповідно до зазначеного в інтервалі можна стверджувати, що для розрахунку інвестиційного проекту можна використовувати значення пасажиропотоків відповідні до $Q_1$ та $Q_4$, стверджуючи їх рівновірогідне настання. Аналогічне можна стверджувати й для $Q_2$ та $Q_3$. Проте значення відповідних пасажиропотоків для даних середин інтервалів значно різняться.

Такі висновки дають можливість стверджувати, що при розрахунку інвестиційного проекту для кількісного показника пасажиропотоку відповідному $Q_i$, отримані дані економічної доцільності, матимуть місце з вірогідністю $f(Q_i)$. Дані результати призводять до необхідності проведення окремих розрахунків для кожного з інтервалів.

За результатами проведення декількох розрахунків інвестиційного проекту отримаємо відповідну кількість можливих варіантів економічних показників проекту. Дане призведе

до ствердження, що проект окупиться в якийсь період з розрахунковою вірогідністю, такі ж вірогідні характеристики відобразяться й на всіх інших грошових потоках проекту.

Враховуючи властивості нормального закону в точці $f(Q_{\max})$ є середній очікуваний об'єм перевезень, бо крива симетрична відносно вісі $f(Q_{\max})\ Q_з$.

Зі ствердження $f(Q_{\max}) = Q_{сер}$ випливає, найбільше вірогідно виникнення $Q_{сер}$ [1].

Проведемо розрахунок допустимих відхилень qcep, для цього приведемо формулу 2 до наступного вигляду:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} \left(\frac{Q_{i1} + Q_{i2}}{2} - \sum_{i=1}^{i=n} \frac{Q_{i1}+Q_{i2}}{2} * \frac{Mn}{n}\right)^2 * \frac{Mi}{n}}, \qquad (8)$$

де $Q_{i1}, Q_{i2}$ — граничні значення пасажиропотоку на *i*-му інтервалі;

$Mi$ — кількість успішних опитів в *i*-му інтервалі;

$n$ — загальна кількість опитів.

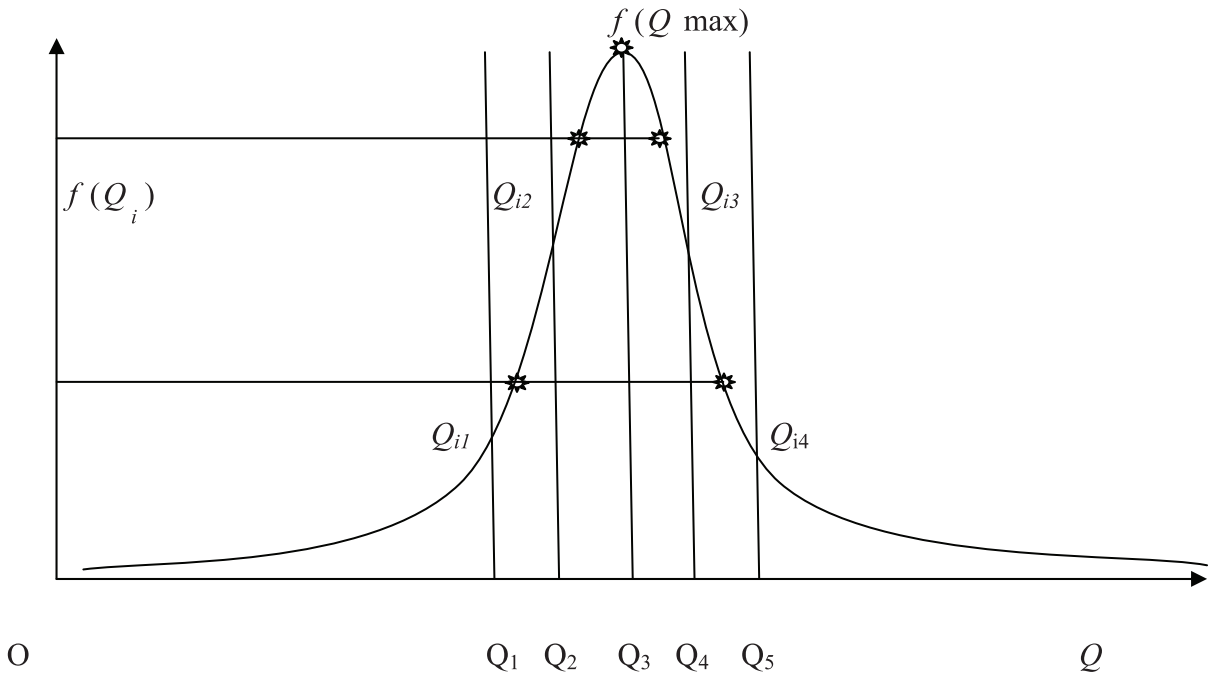



**Рис. 4. Крива щільності розподілу вірогідності**

З установленого можна стверджувати, що максимально очікуваний обсяг перевезень на маршруті — $Q_{очік\max}$, можна спрогнозувати за формулою.

Для перевірки можливості застосування закону нормального розподілу випадковості показників пасажиропотоку застосуємо критерій Пірсона та Колмогорова ($X^2$) [1].

$$X^2 = \sum_i \frac{(M_i - nP_i)^2}{nP_i}, \qquad (9)$$

де $P_i$ — емперича щільність.

$$P_i = \frac{Mi}{h_i}, \tag{10}$$

де $h_i$ — ширина в $i$-ого інтервалу.

З'ясуємо кількість ступенів свободи $r$:

$$r = k - S - 1, \tag{11}$$

де $k$ — кількість накладених інтервалів;

$S$ — кількість зв'язків, для нормального закону розподілу $S=2$.

Проведемо розрахунок $X^2$ та r для отриманих попередньо даних й зведемо їх в табл. 3.

За проведеними розрахунками скористаємось розробленими попередньо таблицями та встановимо $p$ для його порівняння з кількісним показником 0,05.

Таблиця 3

**Розрахункові кількісні показники $X^2$, r та табличні $p$.**

| | Номер маршруту | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| $X^2$ | 0,936 | 0,787 | 1,132 | 0,531 | 1,127 | 0,744 | 0,680 | 0,787 | 0,744 | 1,141 |
| $r$ | 4,00 | 7,00 | 5,00 | 7,00 | 5,00 | 5,00 | 6,00 | 7,00 | 5,00 | 4,00 |
| $p$ | ≈1,06 | ≈1,23 | ≈1,14 | ≈1,23 | ≈1,14 | ≈1,14 | ≈0,87 | ≈1,23 | ≈1,14 | ≈0,29 |

Всі отриманні значення $p$ більше ніж 0,05, що стверджує про допустимість застосування закону нормального розподілу випадкової величини, до коливань пасажиропотоку на маршруті [1].

## Висновок

Добові об'єми перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту мають стахостичний характер та описуються нормальним законом розподілу.

## Список літератури

**1. Галушко В.Г. Вероятносно — статистические методы на автотранспорте / В.Г. Галушко. — Издательское объединение «Вища школа» — 1976. — 232 с.**

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

**3. Доля В.К. Організація пасажирських перевезень у містах / Учбове видання. — Х, 2002 / Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, що навчаються за напрямкам «Транспортні технології». Х. — Нове слово. — 2002. — 140 с.**

***Аннотация.*** *Предложено проводить счета инвестиционного проекта по закупке транспортных средств с учетом установления закономерностей колебаний суточного объема перевозок пассажиров.*

***Abstract.*** *Proposed bill to carry out an investment project for the purchase of vehicles with a view to establish patterns of circadian oscillation of passenger transportation.*

*Стаття надійшла до редакції 02.03.2011 р.*

*УДК 656.027*

***ДОЛЯ В.К., д.т.н., профессор; ФАЛЕЦКАЯ Г.И.,***
***Харьковская национальная академия городского хозяйства***

# ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ВРЕМЕНИ ОЖИДАНИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИНТЕНСИВНОСТИ ПОДХОДА ПАССАЖИРОВ К ОСТАНОВОЧНОМУ ПУНКТУ

*Рассмотрены закономерности изменения вероятности отказа пассажиру в посадке и времени ожидания в зависимости от интенсивности подхода пассажиров к остановочному пункту при различных параметрах работы транспортных средств на маршруте.*

## Постановка проблемы

Транспортную систему городских пассажирских перевозок, можно отнести к разряду сложных и постоянно развивающихся. Это обусловлено изменением спроса на пассажирские перевозки, как в пространстве, так и во времени. Данные изменения обусловлены совокупностью социально-экономических факторов, характеризующих развитие города, подвижности населения и др. Эти обстоятельства требуют изменения характеристик маршрутной сети, параметров работы отдельных маршрутов, открытия новых. Основным средством обоснования управляющих воздействий в сфере пассажирских перевозок является моделирование формирования и распределения пассажиропотоков по маршрутной сети.

## Анализ последних исследований и публикаций

В общем случае моделирование пассажиропотоков на сети городского пассажирского транспорта включает в себя два этапа. На первом проводится расчет матрицы межрайонных корреспонденций. На втором этапе моделируется распределение корреспонденций пассажиров на транспортной сети. Для получения адекватных результатов следует учитывать особенности поведения пользователей системы, т.е. пассажиров. Важным условием, которое должно быть учтено в модели является факт снижения характеристик (привлекательности) пути передвижения для пассажиров при увеличении величины спроса на его использование [1, 2].

В качестве показателей спроса могут быть выделены следующие: интенсивность подхода пассажиров к остановочному пункту и величина пассажиропотока на перегонах маршрутов. Изменение указанных показателей влияет на такие параметры передвижения как: вероятность отказа в посадке и степень заполнения салона транспортного средства. В результате изменяется время ожидания пассажирами транспортного средства и состояние организма пассажира при осуществлении передвижения [3].

Для определения вероятности отказа пассажиру в посадке используются различные зависимости, анализ которых представлен в работе [4]. Наиболее полной, которая учитывает вероятностный характер прибытия пассажиров к остановочному пункту и отклонение транспортных средств от расписания движения, является зависимость, предложенная Долей В.К. и Давидичем Ю.А. [3, 4].

## Цель статьи

Целью исследования является выявление закономерностей изменения времени ожидания транспортного средства в зависимости от интенсивности подхода пассажиров к остановочному пункту.

**Основной материал**

Интенсивность подхода пассажиров к остановочному пункту $p$ маршрута $m$ можно определить по формуле

$$\lambda_{on\,p}^{m} = \frac{\sum_{q=p+1}^{n_{on}^{m}} h_{pq}^{m}}{\tau},\ p = \overline{1, n_{on}^{m}}, \tag{1}$$

где $h_{pq}^{m}$ — величина корреспонденции между остановочным пунктами $p$ и $q$ маршрута $m$, пас.;

$n_{on}^{m}$ — количество остановочных пунктов на маршруте $m$, ед.;

$\tau$ — расчетный период, мин.

Величину маршрутной корреспонденции определяем

$$h_{pq}^{m} = \sum_{i=1}^{n_c}\sum_{j=1}^{n_c}\sum_{k=1}^{n_n} h_{ij}^{k},\ m \in k,\ pq \in m, \tag{2}$$

где $h_{ij}^{k}$ — величина корреспонденции, реализуемая по пути передвижения $k$ между транспортными районами $i$ отправления и $j$ назначения, пас.;

$n_n$ — количество вариантов пути передвижения между транспортными районами $i$ отправления и $j$ назначения, для которых выполняется условие $\Delta C_{nepij}^{k} \le A$;

$A$ — константа, определяющая область сглаживания, %;

$n_c$ — количество транспортных районов в сети, ед.;

$\Delta C_{nepij}^{k}$ — отклонение величины обобщенных затрат для $k$-го варианта пути передвижения от минимального (критического), % [5]:

$$\Delta C_{nepij}^{k} = \frac{C_{nepij}^{k} - C_{nepij}^{\min}}{C_{nepij}^{\min}} 100\%, \tag{3}$$

где $C_{nepij}^{\min}$, $C_{nepij}^{k}$ — соответственно величина обобщенных затрат на передвижение по критическому и $k$-му варианту пути, грн.

Величина корреспонденции, реализуемая по пути передвижения $k$ между транспортными районами $i$ отправления и $j$ назначения, определяется

$$h_{ij}^{k} = H_{ij} P_{ij}^{k}, \tag{4}$$

где $H_{ij}$ — величина корреспонденции между транспортными районами $i$ отправления и $j$ назначения, пас.;

$P_{ij}^{k}$ — вероятность выбора пассажирами $k$-го пути передвижения между $i$ и $j$ [5]:

$$P_{ij}^{k} = \frac{\left[1 + \left(\frac{\Delta C_{nepij}^{k}}{F}\right)^{G}\right]^{-\frac{E}{G}}}{\sum_{k=1}^{n_n}\left[1 + \left(\frac{\Delta C_{nepij}^{k}}{F}\right)^{G}\right]^{-\frac{E}{G}}}, \tag{5}$$

где $E$, $F$, $G$ — параметры функции.

С учетом формул (1)–(5) интенсивность подхода пассажиров к остановочному пункту может быть определена по зависимости

$$\lambda^{z}_{on\,p} = \frac{\sum\limits_{q=p+1}^{n^m_{on}} \sum\limits_{i=1}^{n_c} \sum\limits_{j=1}^{n_c} \sum\limits_{k=1}^{n_n} H_{ij} \left(1+\left(\frac{\Delta C^k_{nepij}}{F}\right)^G\right)^{-\frac{E}{G}} \Big/ \sum\limits_{k=1}^{n_n}\left(1+\left(\frac{\Delta C^k_{nepij}}{F}\right)^G\right)^{-\frac{E}{G}}}{\tau},\ z \in k,\ pq \in z,\ p=\overline{1,n^m_{on}}. \qquad (6)$$

Формула для определения вероятности отказа пассажиру в посадке, представленная в работах [3, 4], принимает следующий вид:

$$P^m_{\text{отк}_p} = \sum_{\Delta I_Z=-I^{\text{m}}_{\text{ср}}}^{I^{\text{m}}_{\text{ср}}} \left[ \left( \sum_{K=\omega^m_p+1}^{M} \frac{\left(\frac{1}{\tau}\sum\limits_{q=p+1}^{n^m_{on}} h^m_{pq}\left(I^{\text{m}}_{\text{ср}}+\Delta I_Z\right)\right)^K}{K!} e^{-\left(\frac{1}{\tau}\sum\limits_{q=p+1}^{n^m_{on}} h^m_{pq}\left(I^{\text{m}}_{\text{ср}}+\Delta I_Z\right)\right)} \frac{K-\omega^m_p}{K} \right) \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_m} e^{-\frac{\Delta I_Z{}^2}{2\sigma^2_m}} T \right], \qquad (7)$$

где $K$ — количество пассажиров, поступающих на остановочный пункт, пас;

$\omega^m_p$ — количество свободных мест в транспортном средстве на остановочном пункте $p$ маршрута $m$, пас.;

$I^{\text{m}}_{\text{ср}}$ — математическое ожидание интервала движения, $I^{\text{m}}_{\text{ср}} = T^m_{\text{об}} / A^m$, мин.;

$T^m_{\text{об}}$ — время оборотного рейса на маршруте $m$, мин.;

$A^m$ — количество транспортных средств, работающих на маршруте $m$, ед.;

M — максимально возможное количество пассажиров, подошедших к остановочному пункту, пас.;

$\sigma_m$ — среднее квадратическое отклонение интервала движения, $0 \le I \le 2\,I^{\text{m}}_{\text{ср}}$, мин.;

$T$ — шаг изменения интервала, $T = 2I^{\text{m}}_{\text{ср}} / n$, мин.

Формула для определения среднего времени ожидания пассажирами транспортного средства [3, 4] с учетом проведенных преобразований принимает вид:

$$\bar{T}_{\text{ож}\,p} = \frac{I^{\text{m}}_{\text{ср}}}{2} + \frac{\sigma^2_m}{2I^{\text{m}}_{\text{ср}}} + \frac{\sum\limits_{\Delta I_Z=-I^{\text{m}}_{\text{ср}}}^{I^{\text{m}}_{\text{ср}}} \left[ \left( \sum\limits_{K=\omega^m_p+1}^{M} \frac{\left(\frac{1}{\tau}\sum\limits_{q=p+1}^{n^m_{on}} h^m_{pq}\left(I^{\text{m}}_{\text{ср}}+\Delta I_Z\right)\right)^K}{K!} e^{-\left(\frac{1}{\tau}\sum\limits_{q=p+1}^{n^m_{on}} h^m_{pq}\left(I^{\text{m}}_{\text{ср}}+\Delta I_Z\right)\right)} \frac{K-\omega^m_p}{K} \right) \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_m} e^{\frac{\Delta I_Z{}^2}{2\sigma^2_m}} T \right]}{1 - \sum\limits_{\Delta I_Z=-I^{\text{m}}_{\text{ср}}}^{I^{\text{m}}_{\text{ср}}} \left[ \left( \sum\limits_{K=\omega^m_p+1}^{M} \frac{\left(\frac{1}{\tau}\sum\limits_{q=p+1}^{n^m_{on}} h^m_{pq}\left(I^{\text{m}}_{\text{ср}}+\Delta I_Z\right)\right)^K}{K!} e^{-\left(\frac{1}{\tau}\sum\limits_{q=p+1}^{n^m_{on}} h^m_{pq}\left(I^{\text{m}}_{\text{ср}}+\Delta I_Z\right)\right)} \frac{K-\omega^m_p}{K} \right) \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_m} e^{-\frac{\Delta I_Z{}^2}{2\sigma^2_m}} T \right]} I^{\text{m}}_{\text{ср}}. \qquad (8)$$

Анализ влияния интенсивности подхода пассажиров к остановочному пункту на время ожидания транспортного средства проведем на примере одного остановочного пункта, основываясь на следующих данных. Посадка пассажиров осуществляется на конечном остановочном пункте. При этом количество свободных мест определяется пассажировместимостью транспортных средств. В качестве постоянных величин были приняты: пассажировместимость

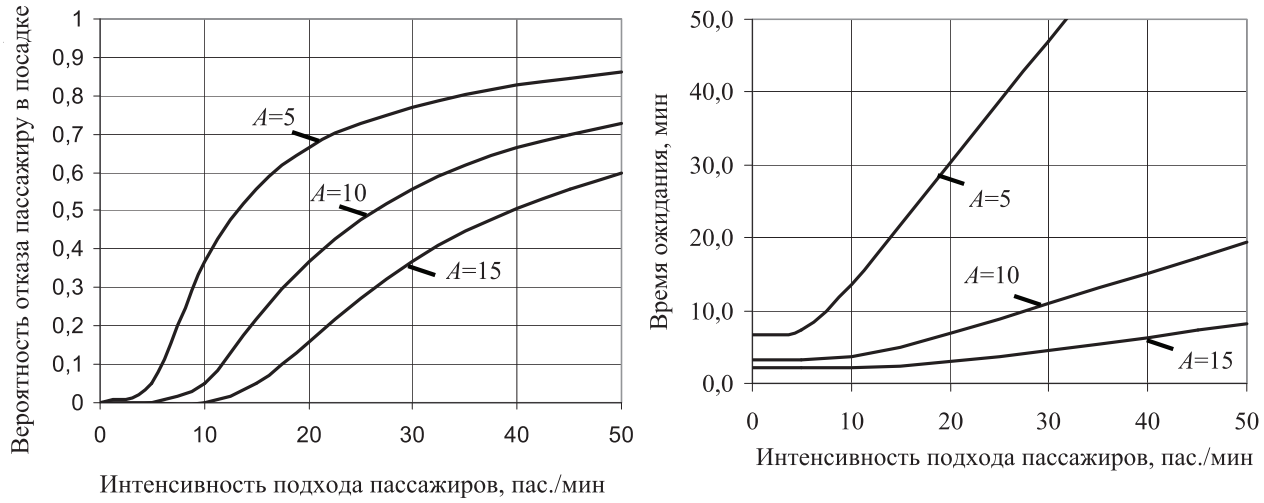
транспортного средства ($q_н = 70$ пас.) и время оборота ($t_{об} = 1$ ч). Интенсивность подхода пассажиров к остановочному пункту изменялась от 0 до 50 пас./мин. Расчеты проводились при различном количестве транспортных средств, работающих на маршруте (табл. 1).

Таблица 1

**Результаты расчета вероятности отказа пассажиру в посадке и времени ожидания на остановочном пункте**

| Интенсивность подхода пассажиров, пас./мин | Количество транспортных средств | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $A$=5 | | $A$=10 | | $A$=15 | |
| | $P_{отк}$ | $T_{ож}$, мин | $P_{отк}$ | $T_{ож}$, мин | $P_{отк}$ | $T_{ож}$, мин |
| 0 | 0,000 | 6,7 | 0,000 | 3,3 | 0,000 | 2,2 |
| 5 | 0,049 | 7,3 | 0,000 | 3,3 | 0,000 | 2,2 |
| 10 | 0,368 | 13,7 | 0,049 | 3,6 | 0,002 | 2,2 |
| 15 | 0,558 | 21,8 | 0,216 | 5,0 | 0,049 | 2,4 |
| 20 | 0,664 | 30,4 | 0,368 | 6,8 | 0,157 | 3,0 |
| 25 | 0,728 | 38,8 | 0,479 | 8,8 | 0,272 | 3,7 |
| 30 | 0,771 | 47,1 | 0,558 | 10,9 | 0,368 | 4,6 |
| 35 | 0,803 | 55,6 | 0,618 | 13,0 | 0,447 | 5,5 |
| 40 | 0,827 | 64,0 | 0,664 | 15,2 | 0,508 | 6,4 |
| 45 | 0,846 | 72,6 | 0,699 | 17,3 | 0,558 | 7,3 |
| 50 | 0,861 | 81,0 | 0,728 | 19,4 | 0,600 | 8,2 |

На основании данных табл. 1 были построены графики, представленные на рис.1.




*а)* *б)*

**Рис. 1. Изменение вероятности отказа пассажиру в посадке (*а*) и времени ожидания транспортного средства (*б*) в зависимости от интенсивности подхода пассажиров к остановочному пункту и количества транспортных средств работающих на маршруте**

Как видно из графика (рис. 1, а) взаимосвязь между интенсивностью подхода пассажиров к остановочному пункту и вероятностью отказа в посадке носит нелинейный характер. Кроме того, характер кривой изменяется в зависимости от количества транспортных средств, работающих на маршруте (А). Это обусловлено тем, что количество транспортных средств (при $t_{об}$ =const) определяет интервал движения и количество предоставляемых пассажиро-мест в единицу времени.

При малых значениях интенсивность подхода не оказывает влияния на время ожидания пассажирами транспортного средства (рис. 1, б). Это обусловлено тем, что отказа в посадке не возникает и пассажиры имеют возможность совершить поездку в первом транспортном средстве подошедшим к остановочному пункту. В дальнейшем, с увеличением интенсивности подхода, вероятность отказа пассажиру в посадке возрастает, и время ожидания увеличивается практически по линейной зависимости. Причем влияние вероятности отказа на время ожидания тем значительнее, чем больше интервал движения, т.е. меньшее количество транспортных средств работает на маршруте.

## Выводы и перспективы дальнейших исследований

Таким образом, проведенные исследования позволили выявить характер влияния интенсивности подхода пассажиров к остановочному пункту на время ожидания транспортного средства. Одним из основных факторов, определяющих вероятность отказа пассажиру в посадке, а следовательно и время ожидания, является количество транспортных средств, работающих на маршруте. Влияние интенсивности подхода пассажиров тем больше сказывается на времени ожидания, чем больше интервал движения транспортных средств на маршруте.

Направлением дальнейших исследований является учет закономерностей изменения времени ожидания транспортного средства в зависимости от интенсивности подхода пассажиров к остановочному пункту при моделировании распределения пассажиропотоков в городах.

## Список литературы

**1. Макаров И.П. Автоматизация управления городским транспортом / И.П. Макаров, В.З. Ямпольский.— М.: Транспорт, 1 981. — 152 с.**

**2. Брайловский Н.О. Моделирование транспортных систем / Н.О. Брайловский, Б.И. Грановский. — М.: Транспорт, 1978 . — 125 с.**

**3. Доля В.К. Методы организации перевозок пассажиров в городах / В.К. Доля. — Х.: Изд-во «Основа», 1992. — 144 с.**

**4. Давидич Ю.А. Разработка мероприятий по сокращению времени ожидания пассажирами городских маршрутных автобусов: Дис… канд. техн. наук 05.22.01, 1993. — 180 с.**

**5. Фалецкая Г.И. Вероятность выбора пассажирами пути следования при городских пассажирских перевозках / Г.И. Фалецкая // Коммунальное хозяйство городов. — 2008. — Вып. 81. — С.316 –321.**

***Анотація.*** *Розглянуто закономірності зміни імовірності відмови пасажиру в посадці і часу очікування в залежності від інтенсивності підходу пасажирів до зупиночного пункту при різних параметрах роботи транспортних засобів на маршруті.*

***Abstract.*** *Laws of change of probability of refusal to the passenger in landing and a waiting time are considered depending on intensity of the approach of passengers to stopping item at various parameters of work of vehicles on a route.*

*Стаття надійшла до редакції 02.03.2011 р.*

*УДК 347.763 (656.135)*

***ЕНГЛЕЗІ І. П., к.т.н.; КАЛІНІН О. В., ст. викладач,***
***Донецька академія автомобільного транспорту***

# АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ РОЗРОБОК ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАРТІОНИХ ТАРНО-ШТУЧНИХ ВАНТАЖІВ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ

*Проведено аналіз існуючих технічних розробок транспортних засобівля перевезення партіоних тарно-штучних вантажів. З метою підвищення якості перевезень і продуктивності роботи транспортних засобів запропоноване нове технічне розв'язання.*

**Постановка проблеми**

Удосконалення технологічного процесу перевезень і підвищення якості транспортного обслуговування нерозривно пов'язані із широким впровадженням прогресивних технологій в організації транспортного процесу. Для оцінки ефективності технологічних процесів необхідно проводити аналіз і атестацію використовуваних технологій. Прогресивні технологічні процеси повинні ґрунтуватися на практичному застосуванні спеціалізованих транспортних засобів, у тому числі універсальних контейнерів і спеціалізованих фургонів з використанням додаткового устаткування. Удосконалення технічних можливостей транспортних засобів, спрямоване на підвищення їх продуктивності в транспортному процесі під час перевезення вантажів, а також підвищення якості транспортного обслуговування учасників логістичномго ланцюга за рахунок підвищення продуктивності роботи транспортних засобів і схоронності вантажу.

Впровадження й використання ефективних спеціалізованих транспортних засобів, є актуальним завданням у транспортній галузі, особливо в процесі перевезень вантажів з низьким коефіцієнтом використання вантажопідйомності. Використання спеціалізованих транспортних засобів для перевезення партіоних тарно-штучних вантажів, що дозволяють збільшити фактичне завантаження, тим самим підвищити продуктивність, є основою ефективного планування перевезень [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Застосування спеціалізованих транспортних засобів, пристосованих для перевезення легковагових партіоних тарно-штучних вантажів, дозволяє більш ефективно організувати транспортний процес, а саме зменшити кількісні й якісні втрати вантажу в процесі перевезення, а також зменшити змінні витрати на перевезення [2, 3].

Враховуючи той фактор, що партіоні пакетовані тарно-штучні вантажі, в основному, мають низький коефіцієнт використання вантажопідйомності в перевізному процесі, перевізники прагнуть використовувати додаткове устаткування й технічні засоби, що дозволяють максимізувати фактичне завантаження транспортних засобів. Дані заходи спрямовані на зниження собівартості перевезень і збільшення продуктивності.

Отже, до партіоних відносяться перевезення партій вантажів, розмір яких менше вантажопідйомності найбільш ефективних транспортних засобів, що допускаються граничними осьовими навантаженнями й габаритними регламентаціями на дорогах [2, 3].

Найбільш важко розв'язуваним завданням, особливо під час перевезення партіоних тарно-штучних вантажів з низьким коефіцієнтом використання вантажопідйомності, є переміщення й укладання їх у кузові автомобіля з максимальним фактичним завантаженням. Але технологія

проведення цих операцій тісно взаємозалежна з технологіями проведення операцій навантаження й розвантаження тари-устаткування в кузов автомобіля й з нього [1].

Відоме застосування в даних цілях спеціалізованих кузовів-фургонів для перевезення пакетованих вантажів, що містять розміщене у два яруси напрямне обладнання для горизонтального переміщення вантажу [4] і кузова-фургони з обладнаннями для горизонтального переміщення вантажу по напрямних при використанні силових циліндрів для вертикального переміщення [5,6]. Недоліками даних обладнань є їхня значна складність, трудомісткість виготовлення, матеріалоємність, дорожнеча, а також неефективність використання корисної місткості рухомого складу, відносно великий час навантажування-розвантаження й відсутність фіксуючих обладнань для рухливих контейнерів при транспортуванні.

Відоме застосування контейнерів [7] з використанням опорного майданчика у вигляді трьох шарнірно-з'єднаних частин, які, переміщаючись горизонтально, мають можливість розкладатися. Недоліком даної конструкції є можливість застосування на малотоннажних контейнерах для обмеженого списку вантажів.

Також відомий винахід [8], яке ставиться до додаткового устаткування в контейнерах для транспортування й складування дрібноштучних, пакетованих вантажів на піддонах.

З метою забезпечення схоронності вантажу й підвищення фактичного завантаження в 1,5–2 рази (але не більше) пропонується використовувати спеціалізовані транспортні засоби, що дозволяють здійснювати максимальне фактичне завантаження за рахунок можливості навантаження у два яруси. У контейнері встановлюється кілька складних полиць із обліком його внутрішніх і зовнішніх геометричних параметрів. Вантаж укладається у два яруси, по два піддони з вантажем на ярус. Сам контейнер розташований у напівпричепі, перевезеним тягачем. Складні полки повинні бути досить міцними для того, щоб витримувати пакети вагою до 1200 кг. Високої міцності полиць буде відповідати їхня маса, а відповідно й зниження вантажопідйомності автомобіля.

**Мета дослідження**

Розглянути особливості й відмінності конструктивних особливостей спеціалізованих транспортних засобів, що дозволяють збільшити фактичне завантаження кузова. Вивчити гідності й недоліки існуючих конструкцій транспортних засобів, і запропонувати нові, що дозволять підвищити продуктивність транспортних засобів для перевезення партіоних тарно-штучних вантажів.

**Основний розділ**

Для розв'язання проблеми підвищення продуктивності транспортних засобів під час перевезення тарно-штучних вантажів необхідно більш детально вивчати параметри транспортного процесу.

Досить часто автори [1–9] підтверджують той факт, що збільшення фактичного завантаження автомобіля, в першу чергу, впливає на збільшення продуктивності. Збільшення продуктивності роботи транспортного засобу можна досягнути за рахунок більш повного використання його номінальної вантажопідйомності, а також за допомогою застосування додаткового обладнення або його модернізації. Реалізація технічних розв'язків у модернізації конструкції транспортного засобу особливо актуально при перевезенні пакетованих тарно-штучних вантажів. Тарно-штучні вантажі мають свою особливість в технології перевезень. А саме, середній показник коефіцієнта використання вантажопідйомності настільки низький, що в цьому випадку фактичне завантаження кузова становить лише 20–30% як від загального обсягу кузова, так і від загального значення номінальної вантажопідйомності транспортного засобу. Технічні розв'язки в питанні збільшення завантаження кузова, дозволили б розв'язати завдання, як збільшення провізної

здатності транспортного засобу, так і скорочення строків доставки запланованого обсягу вантажу із забезпеченням їх максимальної схоронності в шляху проходження.

Як відомо, номінальна вантажопідйомність є не тільки одним з основних параметрів автомобілів і автопоїздів, але й однією найважливішою складової продуктивності роботи [2,9]. Дійсно, залежно від величини номінальної вантажопідйомності згідно нормативних значень прейскуранта 13-01-02, до 1994 р. розраховувалися норми часу на виконання вантажно-розвантажувальних робіт [10]. При розрахунках собівартості перевезень також ураховується як номінальна вантажопідйомність транспортного засобу, так і коефіцієнт використання вантажопідйомності [9].

З'являються такі види вантажів, перевозити які необхідно тільки на універсальних спеціалізованих транспортних засобах, з метою підвищення якості доставки до кінцевого споживача з високою продуктивністю й оптимальною собівартістю перевезень. Аналіз закордонних літературних джерел показує [9], що в міру більш повного насичення країн вантажними автомобілями все більший розвиток одержують спеціалізовані автомобілі й автопоїзда. Пояснюється таке положення тим фактом, що параметри й конструкції спеціалізованих автомобілів і автопоїздів найбільшою мірою відповідають надзвичайно різноманітним умовам експлуатації, враховуючи при цьому інтереси відправників вантажу й вантажоодержувачів [9].

У вивченні ефективності використання автотранспортних засобів, з погляду техніко-експлуатаційних показників роботи автомобільного транспорту, їх розділяють на два види: особливості конструкції рухомого складу (експлуатаційно-технічні показники) й організація технічної експлуатації транспортного засобу (транспортно-експлуатаційні показники).

При аналізі ефективності використання транспортного засобу в перевезенні окремих видів вантажу, що залежить тільки від особливостей конструкції, метою досліджень є найбільш оптимальне вдосконалення конструкцій кузовів у напрямку спеціалізації й загального підвищення їх ефективності.

У якості підсумкових показників оцінки ефективності використання транспортного засобу, прихильники цього напрямку приймають за інструмент, продуктивність і собівартість перевезень.

Застосування раціонального транспортного засобу для кожного виду перевезень, що відповідає по своїх конструктивних параметрах у конкретних дорожніх умовах перевезень, забезпечує зниження транспортних витрат на їхнє виконання й підвищення продуктивності праці в транспортній галузі [9]. Для вдосконалення технологічного процесу перевезень партіоних тарно-штучних вантажів пропонується виконати за рахунок застосування універсальних контейнерів зі складними полками [8]. Пропонований винахід ставиться до транспортної техніки, зокрема до універсальних контейнерів для транспортування, зберігання й схоронності штучних вантажів, переважно легковагових, пакетованих (на плоских піддонах) у напівжорсткій тарі (у тому числі картонних ящиках). Підвищення продуктивності технологічних перевезень продукції можна досягнути за рахунок більш повного використання вантажопідйомності рухомого складу, шляхом застосування пропонованого спеціалізованого транспортного засобу зі складними полками для перевезення партіоних тарно-штучних вантажів (наприклад — кондитерські вироби в гафрокартонній тарі). Складні полки виконані досить міцними для того, щоб витримати пакети вагою до 1000 кг. У пропонованому контейнері були вирішені наступні технічні завдання: забезпечення зручного розміщення, схоронності вантажів і більш повного використання ємності контейнера зі збереженням його універсальності, а також полегшення підготовчо-заключних робіт при зручності й простоті навантаження-розвантаження. Пропонований контейнер виконаний на базі універсального великотоннажного контейнера 1 АА (ДЕРЖСТАНДАРТ 18477–79), номінальною вантажопідйомністю 30 тонн, посиленого додатковим каркасом для забезпечення міцності конструкції й можливості кріплення елементів полиці. У даному контейнері стаціонарно

встановлені складні полиці. У контейнері встановлюється кілька складних полиць із урахуванням довжини контейнера. Вантаж, наприклад, пакетований на піддонах, укладається у два яруси, по два піддони на ярус. Загальний вид контейнера зі складними полками представлено на малюнках 1 і 2.

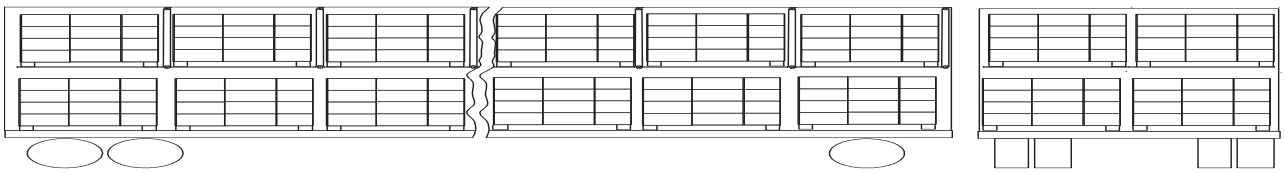


**Рис. 1. Схема розташування вантажів у пропонованому транспортному засобі**

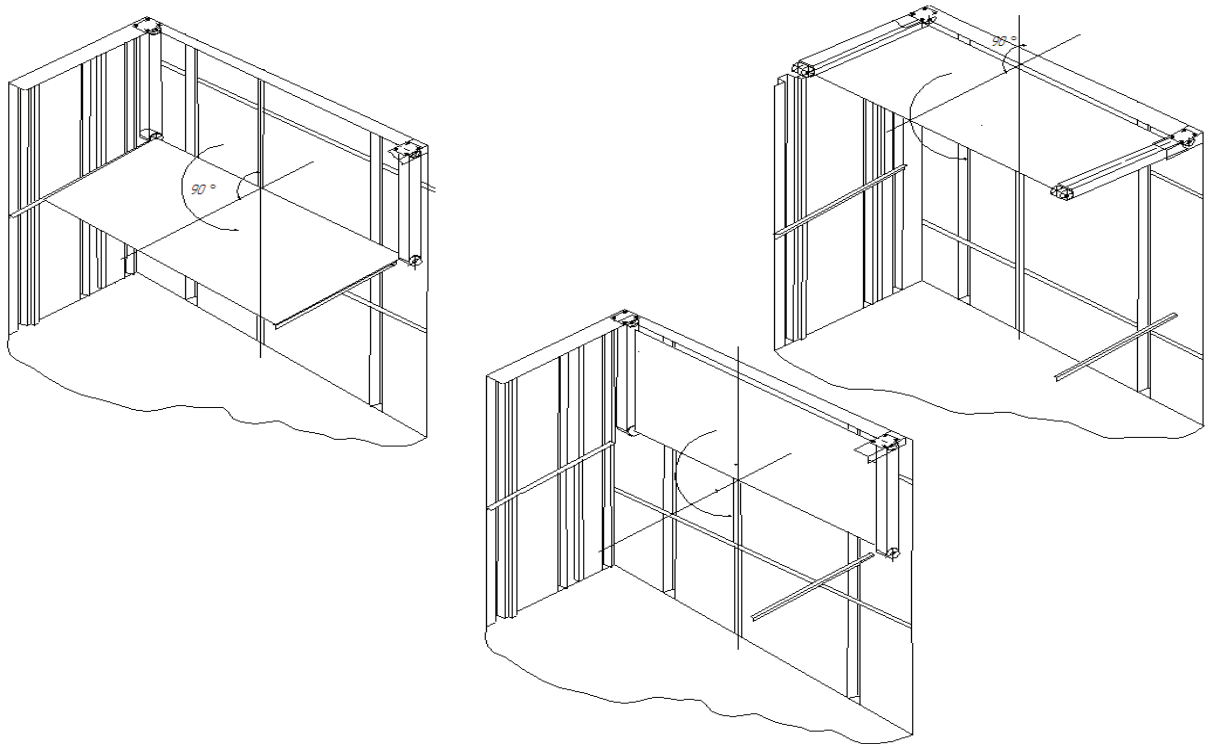



**Рис. 2. Стадії переміщення полки пропонованої конструкції транспортного засобу**

Недоліками даної конструкції є зниження вантажопідйомності (приблизно на 1500 кг для контейнера 1АА), підвищення центру ваги напівпричепа з контейнером, зменшення внутрішнього обсягу контейнера (близько 5%).

Перевагою даної конструкції є можливість здійснювати перевезення вантажу у два рівні. Розглядаючи модель продуктивності транспортного засобу [8] з обліком застосування додаткового устаткування на маятникових маршрутах можна виділити такі основні параметри перевізного процесу як фактичне завантаження автомобіля й час навантаження-розвантаження.

**Висновки**

Виявлені переваги й недоліки існуючих конструкцій спеціалізованих транспортних засобів, запропонована нова конструкція, що дозволяє підвищити їх продуктивність при перевезенні тарно-штучних партіоних вантажів.

## Список літератури

**1. Проблемы совершенствования перевозок грузов и механизации погрузочно-разгрузочных работ: Сб.науч.тр./Гос.НИИавтомоб. трансп. (НИИАТ). — М., 1986. — 190 с.**

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

**3. Автомобильные перевозки / Афанасьев Л.Л. и др. — М.: изд-во «Транспорт, 1973. — 320 с.**

**4. Авторское свидетельство СССР № 510 399, кл. В 60 Р1 /24.**

**5. Авторское свидетельство СССР № 660 865, кл. В 60 Р1 /46.**

**6. Авторское свидетельство СССР № 806 494, кл. В 60 Р1 /44, В 60 Р3 /00**

**7. Авторское свидетельство СССР № 574 361, кл. В 65 D 19/02 Авторское свидетельство СССР № 806 494. кл. В 60 Р1 /44.**

**8. Авторское свидетельство Украины № 81 681.**

**9. Чеботаев А.А. Специализированные автотранспортные средства: выбор и эффективность применения / А.А. Чеботаев — М.: Транспорт, 1988. — 159 с.**

**10. Прейскурант № 13-01-02 «Тарифы на перевозку грузов и другие услуги выполняемые автомобильным транспортом». — К., 1989.**



***Аннотация.*** *Проведен анализ существующих технических разработок транспортных средств для перевозки партионных тарно-штучных грузов. С целью повышения качества перевозок и производительности роботы транспортных средств предложено новое техническое решение.*

***Abstract.*** *The analysis of existing technical workings out of vehicles for transportation piece cargoes is carried out. For the purpose of improvement of quality of transportations and productivity robots of vehicles the new technical decision is offered.*


*Стаття надійшла до редакції 04.03.2011 р.*

***УДК 004.942:656.02***

***КУЗЬКІН О. Ф., к.т.н.; МОВЧАН А. Е.,***
***Запорізький національний технічний університет***

# СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ МАРШРУТНОЇ МЕРЕЖІ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ ЗАПОРІЖЖЯ

*Виконано статистичний аналіз мережі міського маршрутного транспорту загального користування м. Запоріжжя з позиції теорії комплексних мереж. Розраховані основні статистичні показники маршрутної мережі у різних топологічних представленнях і зроблено їх змістовний аналіз. Подано порівняння результатів дослідження з аналогічними, виконаними для інших подібних міст. Результати аналізу можуть бути використані для моделювання маршрутних мереж транспорту загального користування у великих містах.*

## Постановка проблеми

Маршрутна мережа транспорту загального користування (ММТЗК) сучасного великого міста є динамічною й розвивається одночасно з обслуговуваним нею містом внаслідок об'єктивної необхідності його мешканців у пересуваннях. Структура і властивості ММТЗК мають значний вплив на міське планування, є визначальними факторами якості надання транспортних послуг кінцевим споживачам і передумовою економічної ефективності функціонування транспортних підприємств, які забезпечують перевезення пасажирів на маршрутах.

Розвиток міських маршрутних мереж транспорту загального користування відбувається під впливом об'єктивних соціальних і економічних чинників, які важко піддаються прогнозуванню. У сучасних умовах використовуване у більшості попередніх досліджень положення про вторинність

міської маршрутної мережі відносно пасажирських кореспонденцій у містах не відповідає дійсності, оскільки рівень її розвиненості на деякій ділянці міської території визначає привабливість утворення на ній об'єктів тяжіння пасажирів (житлова забудова, великі торгівельні об'єкти, розважальні та соціально-побутові заклади тощо). Це призводить одночасно до змін як пасажирських кореспонденцій, так і маршрутної мережі. Таким чином, прогнозування і моделювання динаміки розвитку міської ММТЗК є актуальною і важливою задачею планування міської транспортної інфраструктури.

**Аналіз досліджень і публікацій**

Останні роки активно розвивається теорія комплексних мереж — відносно нова, міждисциплінарна область знань, предметом якої є вивчення об'єктивно існуючих у природі мереж, яким властиві нетривіальні топологічні властивості безвідносно до природи походження цих мереж, причому ці топологічні властивості є визначальними у їх функціонуванні. Такі мережі досліджуються у різних галузях знань (математика, фізика, біологія, хімія, соціологія тощо), а прикладами таких мереж є соціальні мережі, мережі співпраці, технологічні мережі. До останніх відносяться і міські ММТЗК.

Статистичний аналіз і моделювання ММТЗК виконано у низці наукових праць. У роботі [1] виконано статистичний аналіз мереж маршрутного транспорту у 22 польських містах з населенням 77–1615 тис. мешканців і кількістю зупинок ММТЗК 152–1530. У роботі [2] на підставі статистичного аналізу маршрутних мереж 14 великих міст світу (Берлін, Даллас, Дюссельдорф, Гамбург, Гонконг, Стамбул, Лондон, Лос-Анджелес, Москва, Париж, Рим, Сан-Паулу, Сідней та Тайбей) з населенням 600–11 100 тис. мешканців і кількістю зупинок ММТЗК 1494–44 629. Аналогічні дослідження були проведені у роботі [3] для маршрутної мережі Сінгапуру (4,86 млн. мешканців, понад 4000 зупинок).

У всіх роботах розраховані статистичні показники мереж і виявлені певні статистичні закономірності в залежності від їх розміру, зокрема встановлений ступеневий закон розподілу ступенів вершин мережі, що вказує на їх безмасштабність. Однак за визнанням авторів досліджень, брак наявного статистичного матеріалу не дає можливості у повній мірі розповсюдити їх результати на будь-яке довільне місто та його ММТЗК. Крім того, як свідчать публікації, відповідних досліджень не було проведено для жодного з міст України.

**Мета статті**

Проведення статистичного аналізу міської маршрутної мережі транспорту загального користування м. Запоріжжя (Україна) з метою порівняння результатів з результатами, отриманими попередніми дослідниками для подібних міст та отримання вихідних даних для подальшого моделювання динаміки розвитку й аналізу надійності міських ММТЗК великих міст України.

**Основний розділ**

**Загальна характеристика міста Запоріжжя та його міської маршрутної мережі**

Місто Запоріжжя є обласним центром Запорізької області України і згідно ДБН 360–92** «Містобудування, Планування і забудова міських і сільських поселень» відноситься до групи крупних міських поселень. Площа міста у адміністративних границях складає 334 км², населення на початок 2011 року становить близько 777 тис. осіб. Місто адміністративно поділене на 7 районів. Міська ММТЗК представлена автобусним (з маршрутним таксі включно), тролейбусним і трамвайним видами транспорту. У місті діють 113 автобусних маршрутів загальною довжиною 1904,4 км, 12 тролейбусних маршрутів загальною довжиною 163,14 км і 10 трамвайних маршрутів загальною довжиною 96,13 км. Довжина маршрутної мережі складає близько 315 км. Щільність маршрутної мережі по місту складає 0,91 км/км² і коливається по районах міста у межах 0,65–1,41 км/км². Маршрутний коефіцієнт в середньому по всіх видах транспорту дорівнює 6,82

з коливаннями по районах у межах 2,45–11,40. Загалом на маршрутній мережі розташовані 883 зупинки. За роки незалежності України маршрутна мережа міста перетерпіла значних змін. За практично незмінної площі міста кількість автобусних маршрутів збільшилась більш ніж удвічі, у той час як кількість маршрутів електричного транспорту зменшилась приблизно на третину.

**Топологія міської маршрутної мережі та способи її подання**

Мережею у широкому розумінні називається сукупність вузлів (вершин), які з'єднані між собою зв'язками (ребрами). Таким чином, будь-яка мережа може бути подана у вигляді графа, вершинам і ребрам якого надається певне значення відносно до специфіки досліджуваного об'єкта. Це у повній мірі стосується і міських ММТЗК. Однак, аналіз статистичних властивостей ММТЗК можна виконувати з використанням різних способів представлення такого графу, тобто, у різних просторах [4]. На рис. 1 наведений фрагмент маршрутної мережі, який складається з дев'яти зупинок 1–9, що обслуговуються трьома маршрутами А – С та представлення графу цієї мережі у різних просторах.

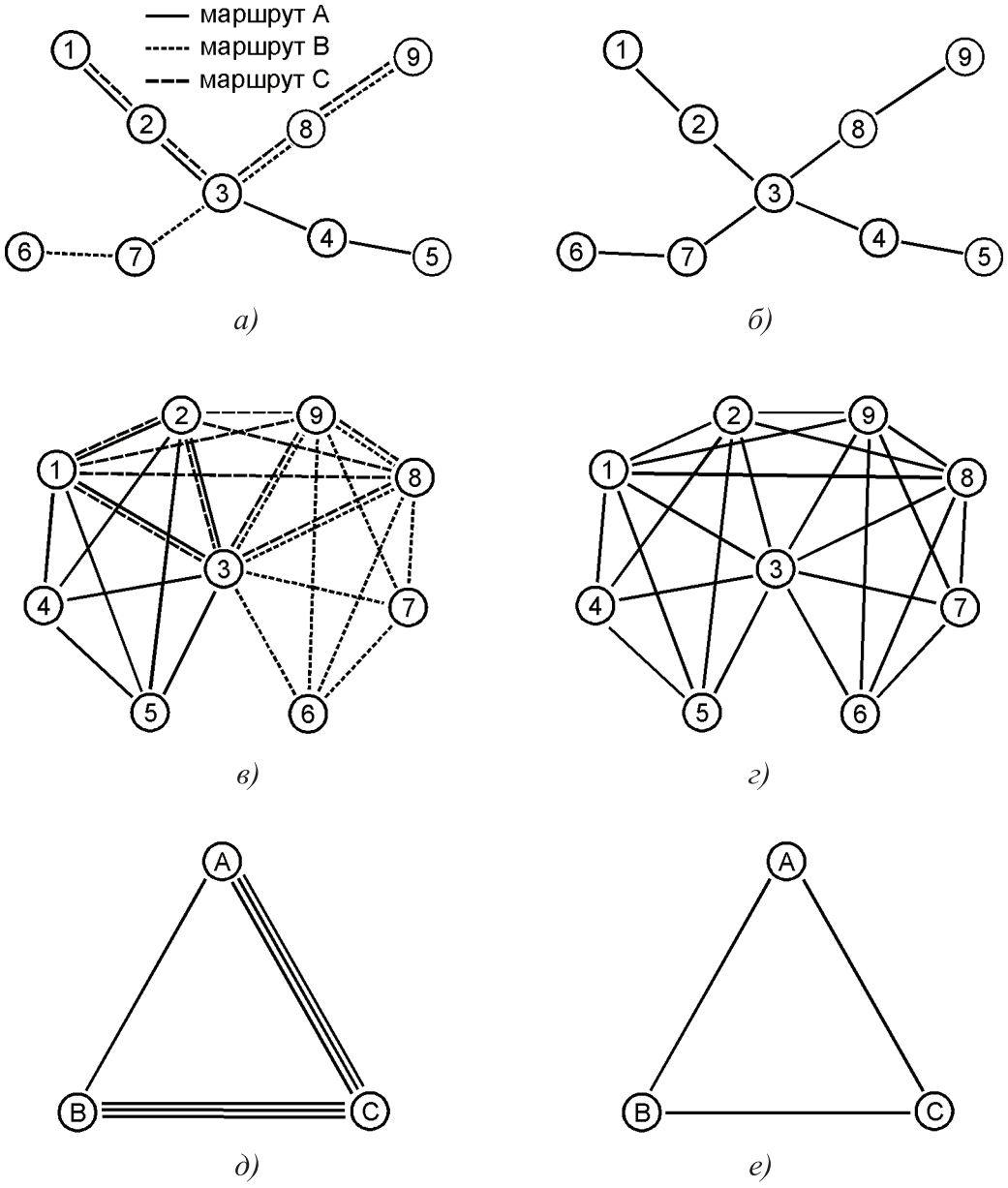



**Рис. 1. Простори зображення міської маршрутної мережі**

Простір зупинок або L — простір (рис. 1 *б*) представляє собою простий граф, вершинами якого є зупинки (зупинки з однойменною назвою, які розташовані по різних боках однієї й тієї ж вулиці та відрізняються лише напрямком руху, вважаються однією вершиною). Вершини зв'язуються ребром у випадку, якщо відповідні йому зупинки є суміжними (послідовними) хоча б на одному з маршрутів. Простір зупинок може бути розширений шляхом припущення між вершинами кратних ребер, кількість яких дорівнює кількості маршрутів, для яких відповідні зупинки є суміжними, в результаті чого отримуємо мультиграф, який представляє $L^{/}$–простір (рис. 1 *а*).

*Простір пересаджень* або P — простір (рис. 1 *г*) є простим графом, вершинами якого є зупинки, які зв'язуються ребром у тому випадку, якщо відповідні їм зупинки належать одночасно хоча б одному з маршрутів. Простір пересаджень також може бути розширений до $P^{/}$–простору введенням кратних ребер, кількість яких відповідає кількості маршрутів, до яких одночасно належать дані зупинки (рис. 1 *в*).

*Простір маршрутів* або C — простір (рис. 1 *е*) є простим графом, вершинами якого є маршрути. Вершини зв'язуються ребром, якщо відповідні їм маршрути мають хоча б одну спільну зупинку. Розширення простору маршрутів введенням кратних ребер утворює $C^{/}$ — простір, у мультиграфі якого кількість ребер між вершинами дорівнює кількості зупинок, що є спільними для відповідної пари маршрутів (рис. 1 *д*).

**Аналіз розподілів степенів вершин**

Розподіл степенів вершин мережі $p(k)$ є однією з її найважливіших характеристик. На рис 2 наведені графіки розподілів степенів вершин мережі у різних просторах. Графіки розподілу у просторах L, $L^{/}$, P та $P^{/}$подані у логарифмічно-лінійній системі координат. Для згладжування флуктуацій для просторів $L^{/}$, P та $P^{/}$використана кумулята розподілу у відповідності до формули

$$P(k) = \int_{k}^{k_{\max}} p(k)dk \,. \qquad (1)$$

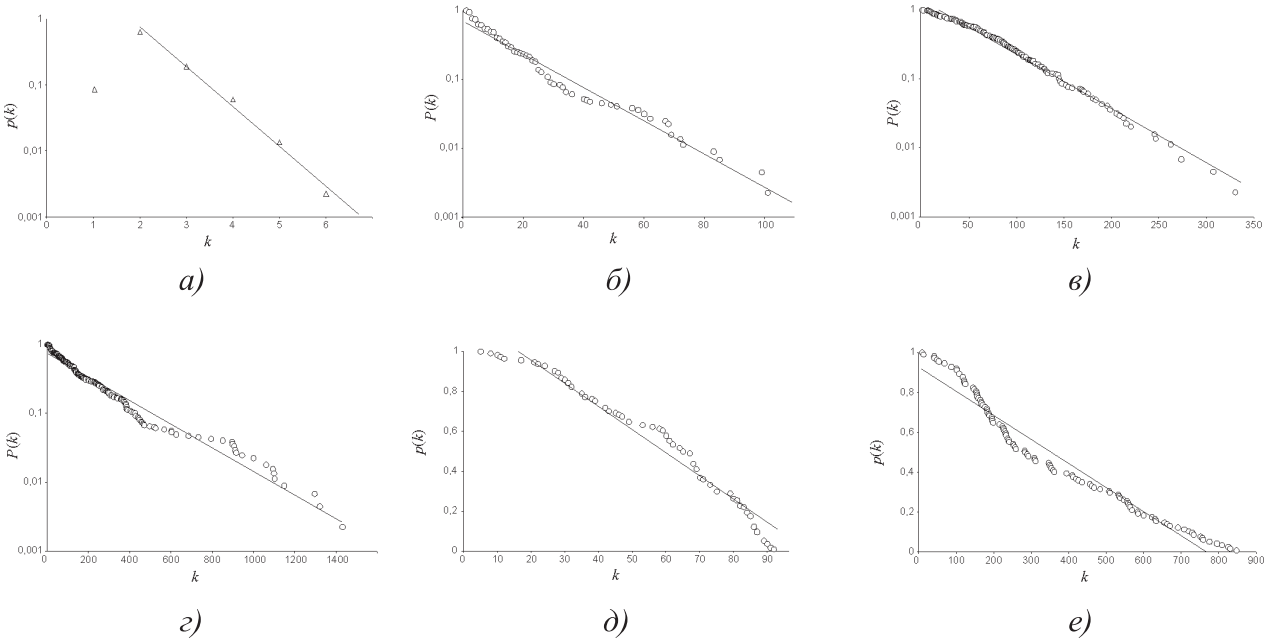



**Рис. 2. Розподіл ступенів вершин ММТЗК у різних просторах**

Як показав статистичний аналіз, характер розподілу степенів вершин у просторах L, L′, P та P′є близьким до експоненціального

$$p(k) = Ae^{-\pm k} \text{ або } P(k) = Ae^{-\pm k}, \quad (2)$$

а у просторах C та C′розподілу характерне лінійне спадання вигляду

$$p(k) = A(B - k). \quad (3)$$

Дані про кількість вершин $N$ та ребер мережі $M$, результати розрахунків середньої степені вершини мережі $\langle k \rangle$, її стандартного відхилення $\langle k^2 \rangle$ та параметрів розподілів (2)–(3) наведені у табл. 1.

Таблиця 1

**Результати аналізу розподілу степенів вершин**

| Показник | Значення показника для просторів | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | L | L′ | P | P′ | C | C′ |
| $N$ | 442 | | 442 | | 114 | |
| $M$ | 502 | 5503 | 16 202 | 41 088 | 3346 | 20 140 |
| $\langle k \rangle$ | 2,27 | 18,94 | 73,31 | 185,92 | 58,70 | 353,32 |
| $\langle k^2 \rangle$ | 0,80 | 129,96 | 55,49 | 229,34 | 23,55 | 230,97 |
| ± | 1,3933 | –0,0553 | –0,0182 | –0,0039 | — | — |
| $A$ | 12,379 | 0,6999 | 1,4291 | 0,7389 | 0,0116 | 0,0012 |
| $B$ | — | — | — | — | 102,28 | 774,08 |

Експоненціальний характер розподілу степенів вершин свідчить про те, що мережа може еволюціонувати шляхом переважно випадкового приєднання вершин. Аналогічний характер розподілу степенів вершин мережі за даними інших дослідників мають такі міста, як Берлін, Дюссельдорф, Гонконг, Москва та Тайбей [4]. Лінійне ж спадання розподілу ступенів вершин міської ММТЗК у різних просторах (що свідчить про рівномірний розподіл ступенів вершин) не було виявлене у жодному з досліджуваних міст.

**Властивості найкоротших шляхів та їх розподіл**

Якщо $\tilde{l}_{ij}$ — довжина найкоротшого шляху між вершинами $i$ та $j$ у даному просторі, то середній найкоротший шлях між вершинами визначається як [2]

$$\langle l \rangle = \frac{2}{N(N-1)} \sum_{\substack{j=1 \\ i>j}}^{N} \tilde{l}_{ij}. \quad (4)$$

Очевидно, якщо покласти довжину всіх ребер мережі рівною одиниці, довжина найкоротшого шляху між деякою парою вершин буде виражена цілим числом, яке показує, яку найменшу кількість ребер мережі слід подолати, щоб досягти з однієї вершини в іншу і навпаки. Відповідно, у L — просторі величина $\langle l \rangle$ визначає середню довжину шляху між двома випадково обраними

зупинками на мережі, у P — просторі — середню кількість пересадок на такому шляху, у C — просторі — середню кількість пересадок при поїздці з використанням двох випадково обраних маршрутів. На рис. 3 наведені графіки розподілу довжини найкоротшого шляху на мережі у L, P та C просторах (кратність ребер мережі не впливає на довжину найкоротшого шляху, тому інші простори не розглядаємо).

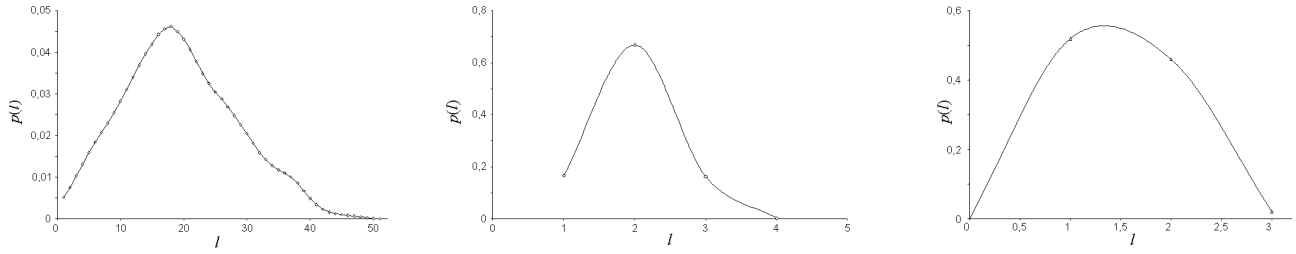



**Рис. 3. Розподіл довжини найкоротших шляхів ММТЗК у різних просторах**

Як видно з рис. 3, розподіли довжини найкоротших шляхів є унімодальним та асиметричним, зсунутим ліворуч. Криві розподілів добре описуються рівнянням, отриманими у попередніх дослідженнях[ 1–3]

$$P(l) = Al\,\mathrm{e}^{-Bl^2+Cl}, \qquad (5)$$

де $A$, $B$ та $C$ — постійні коефіцієнти, які можуть бути отримані шляхом підгонки за методом нелінійного оцінювання.

У табл. 2 наведені результати розрахунку максимального $l_{\max}$ та середнього $\langle l \rangle$ найкоротших шляхів міської ММТЗК м. Запоріжжя у різних просторах, а також отримані для них значення коефіцієнтів рівняння (5).

Таблиця 2

**Результати аналізу розподілу довжини найкоротших шляхів**

| Показник | Значення показника для просторів | | |
|---|---|---|---|
| | L | P | C |
| $l_{\max}$ | 51 | 4 | 3 |
| $\langle l \rangle$ | 18,94 | 2,00 | 1,50 |
| $A$, × 10–3 | 2,231 | 6,697 | 80,733 |
| $B$ | 0,0036 | 1,257 | 1,339 |
| $C$ | 0,0672 | 4,469 | 3,200 |

Таким чином, випадкова мережна поїздка у м. Запоріжжі має довжину $\langle l_{\mathrm{L}} \rangle \approx 19$ перегонів і потребує в середньому $\langle l_{\mathrm{P}} \rangle - 1 = 1$ пересадку з одного маршруту на інший. Отримані дані узгоджуються з результатами, отриманими для подібних міст Польщі [1] (для Кракова з населенням 738 тис. мешканців $\langle l_{\mathrm{L}} \rangle \approx 21{,}52$, $\langle l_{\mathrm{P}} \rangle = 2{,}71$; для Лодзі з населенням 800 тис. мешканців $\langle l_{\mathrm{L}} \rangle \approx 17{,}1$, $\langle l_{\mathrm{P}} \rangle = 2{,}45$).

**Кластерний коефіцієнт та коефіцієнт асортативності**

У табл. 3 наведені результати розрахунку кластерного коефіцієнту і коефіцієнту асортативносі міської ММТЗК м. Запоріжжя у різних просторах.

Таблиця 3

**Результати розрахунку кластерних коефіцієнтів і коефіцієнтів асортативності**

| Показник | Значення показника для просторів | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | L | L/ | P | P/ | C | C/ |
| *C* | 0,0308 | 0,0328 | 0,5399 | 0,5399 | 0,7555 | 0,7555 |
| *r* | 0,0183 | –0,0002 | 0,0170 | 0,0026 | –0,0033 | –0,0012 |

Кластерний коефіцієнт для комплексної мережі визначає імовірність того, що дві випадково обрані вершини, суміжні деякій вершині, зв'язані ребром. Кластерний коефіцієнт кожної окремої вершини визначається за формулою [2]

$$C_i = \frac{2E_i}{k_i(k_i - 1)}, \tag{6}$$

де $E_i$ — кількість ребер між $k_i$ суміжними вершинами вершини $i$. Кластерний коефіцієнт мережі в цілому визначається як середнє арифметичне кластерних коефіцієнтів її вершин

$$C = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\frac{2E_i}{k_i(k_i - 1)}. \tag{7}$$

Значення кластерного коефіцієнту характеризує розвиток маршрутної мережі та маршрутної системи. Чим він більший, тим більше у пасажира альтернативних шляхів прямування на мережі (L та L/— простір) та альтернатив у виборі маршрутів для пересування (для P, P/, C, C/–просторів).

Іншою важливою характеристикою комплексної мережі є коефіцієнт кореляції між степенями сусідніх її вершин, який називається коефіцієнтом асортативності [5] та розраховується за формулою

$$r = \frac{M\sum_{m=1}^{M} i_m j_m - \left[\sum_{m=1}^{M} i_m\right]^2}{M\sum_{m=1}^{M} i_m^2 - \left[\sum_{m=1}^{M} i_m\right]^2}, \tag{8}$$

де $i_m$ та $j_m$ — степені вершин, що інцидентні ребру $m$. Таким чином, додатне значення коефіцієнту асортативності (асортативні мережі) вказує на переважне з'єднання вершин з однаковими степенями між собою. Від'ємне значення коефіцієнту асортативності (дизасортативні мережі) свідчить про переважне приєднання вершин з малими значеннями ступенів вершин до вершин з великими значеннями ступенів. Як видно з табл. 3, коефіцієнти асортативності досліджуваної мережі у різних просторах близькі до нуля, що можна пояснити таким чином. На мережі існують вузли з великими степенями вершин, які суміжні у рівній мірі як вершинам з великими, так і вершинам із малими степенями вершин.

У табл. 4 наведені порівняльні результати аналізу деяких отриманих статистичних показників комплексної мережі міського транспорту загального користування Запоріжжя з іншими подібними містами, отриманими іншими дослідниками[ 1–3].

Таблиця 4

**Результати статистичного аналізу мереж громадського транспорту деяких міст світу**

| Показник | Значення показника для міста | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Запоріжжя | Краків | Лодзь | Дюссельдорф |
| Площа міста, км² | 334 | 327 | 294 | 217 |
| Населення, тис. мешканців | 777 | 738 | 800 | 600 |
| $\langle k_L \rangle$ | 2,27 | 2,52 | 2,83 | 2,57 |
| $\langle k_P \rangle$ | 73,31 | 47,53 | 59,79 | 59,01 |
| $\langle k_C \rangle$ | 58,70 | — | — | 32,18 |
| $l_{L\max}$ | 51 | — | — | 48 |
| $l_{P\max}$ | 4 | — | — | 5 |
| $l_{C\max}$ | 3 | — | — | 4 |
| $\langle l_L \rangle$ | 18,94 | 21,52 | 17,10 | 12,5 |
| $\langle l_P \rangle$ | 2,00 | 2,71 | 2,45 | 2,60 |
| $\langle l_C \rangle$ | 1,50 | — | — | 1,80 |
| $C_L$ | 0,0308 | 0,106 | 0,065 | 0,0420 |
| $C_P$ | 0,5399 | 0,779 | 0,721 | 0,7781 |
| $C_C$ | 0,7555 | — | — | 0,5787 |
| $r_L$ | 0,0183 | 0,266 | 0,070 | 0,083 |
| $r_P$ | 0,0170 | 0,212 | 0,073 | 0,041 |
| $r_C$ | –0,0033 | — | — | 0,244 |

У табл. 4 індекси при відповідних показниках позначають простір, у якому вони розраховувались. Таким чином, отримані результати аналізу міської ММТЗК свідчать про їх добру узгодженість з результатами попередніх досліджень, отриманих для інших подібних міст світу.

**Висновки**

Результати статистичного аналізу маршрутної мережі транспорту загального користування м. Запоріжжя та його порівняння з аналогічними результатами для інших подібних міст світу показав, що міські ММТЗК великих міст є асортативними мережами з ефектом «тісного світу». У таких мережах середня найкоротша відстань між вершинами зростає пропорційно логарифму їх кількості. Одночасно, ММТЗК мають достатньо великі значення кластерного коефіцієнту у просторах пересаджень і маршрутів, та невеликі у просторі зупинок. У той же час, аналіз показав, що міська ММТЗК м. Запоріжжя не є безмасштабною (з степеневим розподілом степенів вершин), а має експоненціальний та рівномірний розподіли степенів вершин. Таким чином, досліджувана мережа посідає проміжне місце між класичним випадковим графом Ердоша-Рені та безмасштабним графом.

Отримані результати будуть використані для моделювання еволюції та розвитку маршрутної мережі м. Запоріжжя та проведення аналізу зв'язків між статистичними та техніко-експлуатаційними показниками мереж маршрутного транспорту загального користування у містах.

### Список літератури

**1. Sienkiewicz J Statistical analysis of 22 public transport networks in Poland [електронний ресурс]/J. Sienkiewicz, J.A. Holyst. — режим доступу: h ttp://arxiv.org/PS_cache/physics/pdf/0506/0 506074v2.p df**

**2. Von Ferber C Public transport networks: empirical analysis and modeling [електронний ресурс]/C. von Ferber, T. Holovatch, Y. Holovatch, V. Palchykov. — режим доступу: http://arxiv.org/PS_cache/arxiv/pdf/0803/0803.3514v1.pdf**

**3. Soh H Weighted complex network analysis of travel routes on the Singapore public transportation system [електронний ресурс]/H Soh, S. Lim, T. Zhang, X. Fu, G. Lee, T. Hung, P. Di, S. Prakasam, L. Wong. — режим доступу: h ttp://www.comp.nus.edu.sg/~wongls/psZ/xiuju-lta10.pdf**

**4. Головач Ю. Складні мережі /Ю. Головач, О. Олємской, К. фон Фербер, Т. Головач, О. Мриглод, І. Олємской, В. Пальчиков // Журнал фізичних досліджень. — 2006. — т.10, — № 4. — С.247 –289.**

**5. Newman M.E. J. The structure and function of complex networks [електронний ресурс]/M.E. J. Newman. — режим доступу: h ttp://arxiv.org/PS_cache/cond-mat/pdf/0303/0 303516v1.p df**

***Аннотация.*** *Выполнен статистический анализ сети городского маршрутного транспорта общего пользования г. Запорожья с позиций теории комплексных сетей. Рассчитаны основные статистические показатели маршрутной сети в различных топологических представлениях и сделан их содержательный анализ. Дано сравнение результатов исследования с аналогичными, выполненными для других подобных городов. Результаты анализа могут быть использованы для моделирования маршрутных сетей транспорта общего пользования в крупных городах.*

***Abstract.*** *A statistical analysis of a urban public transport network Zaporizhzhya from the viewpoint of complex networks is carried out. Calculate the main statistical indicators of the route network in different topological representations, and made them meaningful analysis. A comparison of results with similar studies performed for other similar cities. The analysis can be used to model route networks of public transport in large cities.*

*Стаття надійшла до редакції 10.03.2011 р.*

***УДК 656.222.6:656.212***

***ЛАВРУХІН О.В., к.т.н., доцент; ДОЦЕНКО Ю.В., к.т.н., старший викладач,***
***Українська державна академія залізничного транспорту***

# УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ ПРИ ВИРІШЕННІ ЗАДАЧІ ПОЇЗДОУТВОРЕННЯ В УМОВАХ НЕЧІТКОЇ ВИХІДНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

*Сформовано математичну модель визначення кількості транзитних та дільничних поїздів, які підлягають відправленню з технічної станції, як основу удосконалення системи оперативного планування при вирішенні задачі поїздоутворення в умовах нечіткої вихідної інформації.*

### Вступ

Робота залізничного транспорту базується на дотриманні встановлених нормативів та виконання заданих кількісних та якісних показників експлуатаційної роботи. Для визначення цих обсягів та характеру роботи на залізницях впроваджена багаторівнева система планування.

**Аналіз існуючої системи планування**

Конкретні потреби підприємств і організацій в перевезенні вантажів визначаються оперативними планами — квартальними з розподіленням по місяцях, місячними, декадними, добовими і змінними [1, 2]. Оперативні плани розробляють і затверджують підприємства залізничного транспорту. Квартальні плани враховують зміни в перевезеннях, які викликані сезонним фактором протягом року. В місячних планах встановлюються не тільки обсяги навантаження, але й призначення вантажів та тип рухомого складу для кожного роду вантажу. Декадні плани розробляються з метою своєчасного задоволення вантажовідправників у перевізних засобах — розробляються на основі місячних планів (розгорнутих). Безпосереднє виконання всіх зазначених видів плану здійснюється на базі розробки і виконання оперативного плану поїзної і вантажної роботи, основою якого є змінній і добовий плани роботи станцій, дирекцій по залізничним перевезенням, залізниць і Укрзалізниці в цілому (рис. 1).

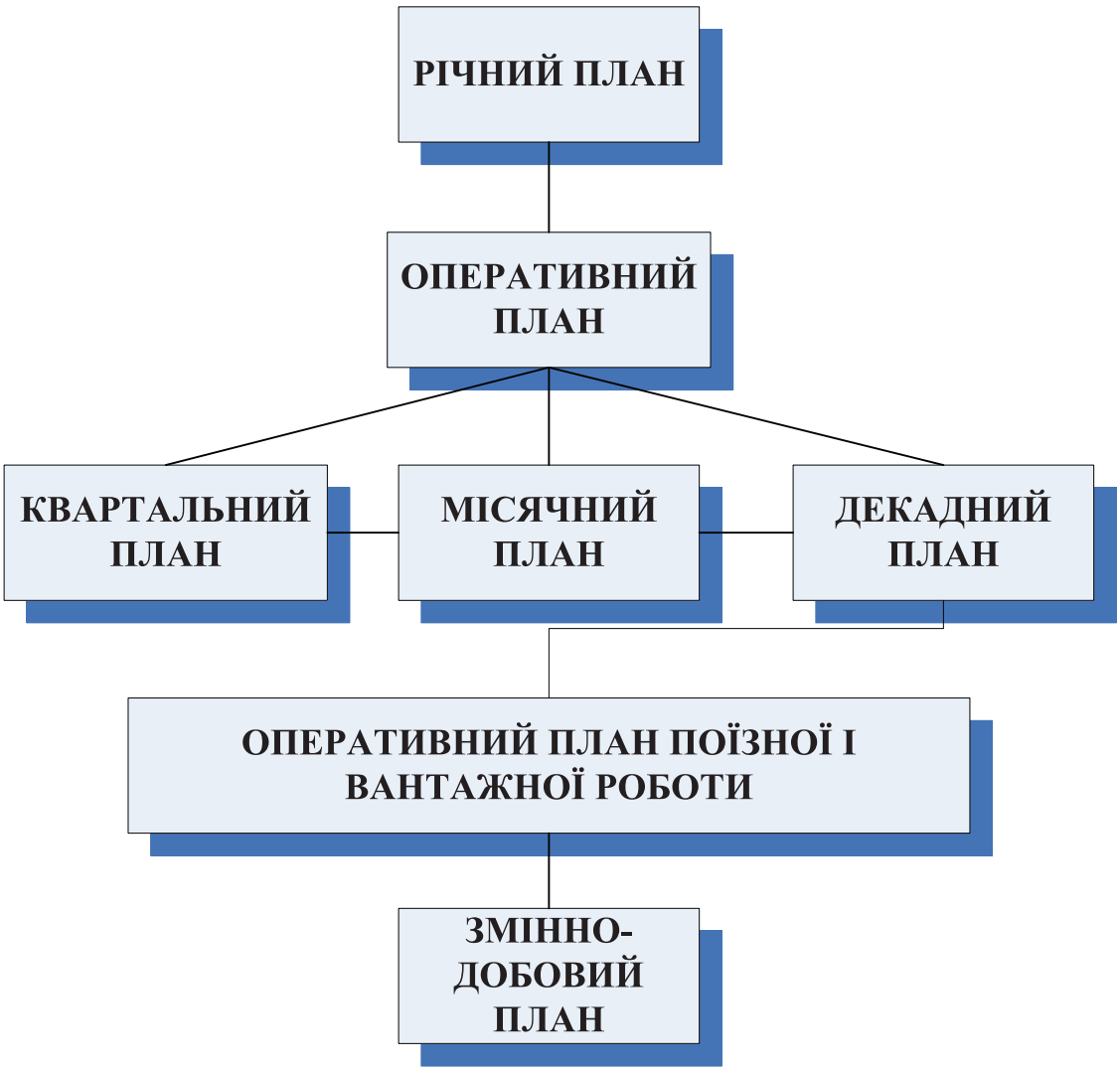



**Рис. 1. Ієрархія системи планування перевезень вантажів**

Таким чином, подальше дослідження доцільно спрямувати на детальний аналіз технології оперативного планування поїзної й вантажної роботи, яка є основою виконання всіх видів плану, зазначених на рис. 1.

Оперативне планування поїзної і вантажної роботи на залізницях України є важливою складовою системи організації перевізного процесу і повинно забезпечувати виконання норм навантаження, вивантаження, передачі поїздів і вагонів на суміжні з Україною залізниці інших держав, між залізницями і дирекціями, здавання порожніх вагонів в регулювання, виконання технічних норм використання рухомого складу, нормативів графіка руху [3].

Основними задачами оперативного планування є розробка добових і змінних планів роботи Укрзалізниці, залізниць, дирекцій залізничних перевезень та станцій з метою виконання завдань з приймання та відправлення поїздів і вагонів, в тому числі порожніх вагонів у регулювання, навантаження і вивантаження, передачі і сортування вагонів і вантажів, а також виконання графіка руху і плану формування поїздів і основних якісних показників роботи.

Першоджерелом інформації про стан навантаження, вивантаження, закінчення формування і відправлення поїздів є залізнична станція. Ця інформація є вихідною для розробки загального оперативного плану поїзної і вантажної роботи Укрзалізниці. Зазначена інформація передається в дирекцію залізничних перевезень з метою її систематизації і виявлення загальної картини виконання вантажної і поїзної роботи в межах полігону. На рівні дирекції формується проект оперативного плану роботи і передається в оперативно-розпорядчий відділ служби перевезень залізниці. На цьому рівні формується проект оперативного плану роботи залізниці, який узагальнює в собі роботу дирекцій і передається в оперативно-розпорядчий відділ Укрзалізниці, де начальник цього відділу спільно з начальником відділу з організації вантажної роботи на мережі залізниць України і начальником відділу з організації роботи прикордонних сухопутних та морських переходів формують остаточний оперативний план поїзної і вантажної роботи. Далі цей план передається у зворотному порядку на підрозділи з виділенням кожним вищестоящим з них змінних завдань підрозділам, які знаходяться на нижніх сходинках ієрархії (рис. 2).

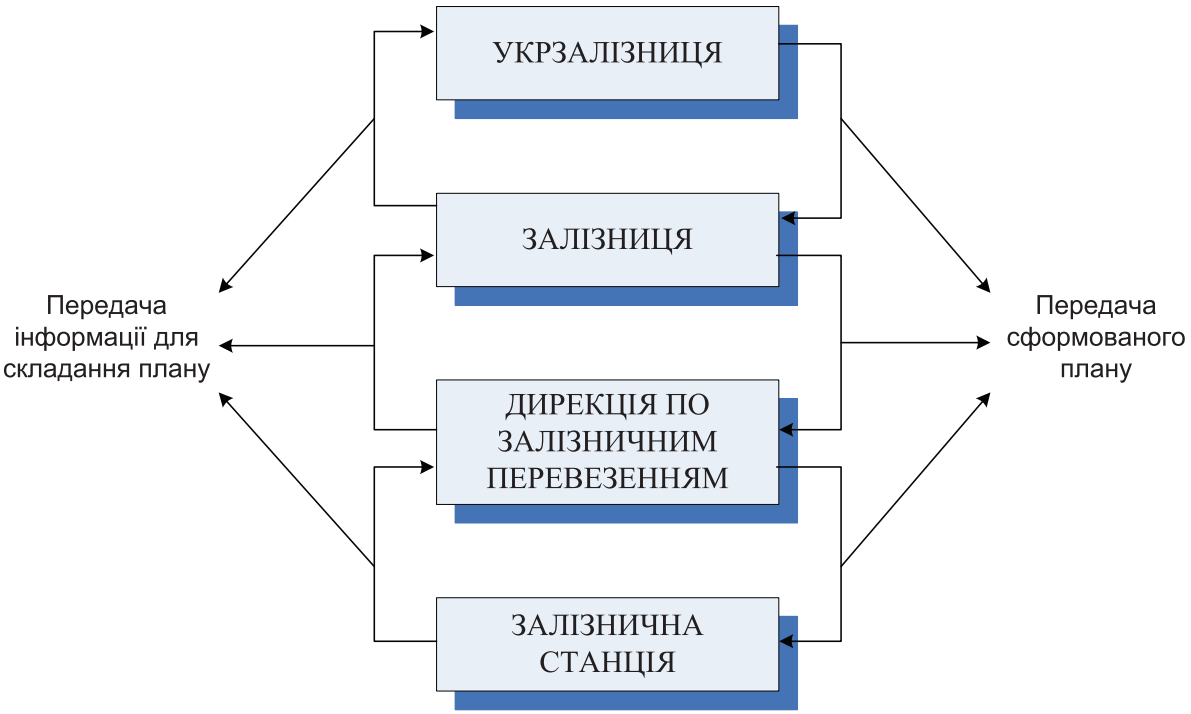



**Рис. 2. Ієрархія формування оперативного плану поїзної і вантажної роботи**

Передача планової інформації базується на аналізі наступних документів та даних, які передаються в електронному вигляді: натурні листи поїздів; дані про наявність і призначення

составів, що находяться на коліях парків прибуття, відправлення і транзитних; дані про місцеві вагони; дані про наявність і час готовності локомотивів і бригад на передбачуваний період планування; план підводу поїздів і локомотивів до станції призначення або відміна розкладу відправлення поїздів [3].

**Постановка задачі дослідження**

Оскільки на даний момент передача практично всіх планових даних здійснюється за допомогою телефонних засобів зв'язку, що негативно впливає на оперативність передачі інформації, то фактично після передачі розробленого плану оперативна ситуація на полігоні може суттєво змінитися. Для вирішення цієї проблеми використовується спосіб 4–6-годинного аналізування й корегування оперативних планів, але і в цьому випадку втрачається об'єктивність одержаних даних за рахунок значного інтервалу між настанням події і до прийняття управлінського рішення [4]. Низька об'єктивність даних також обумовлена тим фактом, що всі рішення приймаються лише на основі досвіду людини без виконання певних розрахунків засобами автоматизації.

**Розробка математичної моделі визначення кількості транзитних та дільничних поїздів, які підлягають відправленню з технічної (вантажної) станції**

Для подальшого дослідження необхідно визначити нечітку змінну $x_1$ — «Час до відправлення поїзду зі станції формування». Таким чином, вирішення даної задачі буде заключатися не тільки у визначенні впевненості у відправленні поїзда і станції, а також слід визначити час до відправлення.

Час відправлення поїзду і впевненість у його відправленні в планову добу зі станції залежить від певних параметрів, які слід покласти в основу моделі:

– загальна кількість вагонів одного призначення, яка знаходиться на станції (в тому числі вагони на коліях сортувального парку, вагони в поїздах, які знаходяться в парку прибуття, вагони, які знаходяться під вантажними операціями) — $m_в^n$;

– час до закінчення операцій по формуванню поїзду ($f$) (в тому числі час на розформування поїздів в яких знаходяться вагони певного призначення ($t_{р-ф} \cdot n$), час на закінчення вантажних операцій і операцій з подавання прибирання ($t_{во}^{пп}$)). Зазначені параметри обираються згідно технологічного процесу роботи станції.

$$f = \begin{cases} t_{р-ф} \cdot n + \Delta \\ Д = t_{во}^{пп} - t_{р-ф} \cdot n \\ якщо \ \ \Delta > 0 \\ t_{р-ф} \cdot n + \Delta \\ якщо \ \ \Delta < 0 \\ t_{р-ф} \cdot n + 0 \end{cases}, \qquad (1)$$

Значення $f$ відповідають значенням $x_1$ у випадку, якщо на станції формування або на підходах до неї знаходиться необхідна кількість вагонів для формування поїзда згідно плану формування вантажних поїздів (ПФП), в іншому випадку-впевненість у прибутті даного поїзду на станцію призначення буде низькою. Згідно з цим, вираз (1) інтерпретується наступним чином:

$$x_1 = f = \begin{Bmatrix} t_{р-ф} \cdot n + \Delta \\ \Delta = \mathrm{t}_{во}^{пп} - t_{р-ф} \cdot n \\ якщо \ \ \Delta > 0 \\ t_{р-ф} \cdot n + \Delta \\ якщо \ \ \Delta < 0 \\ t_{р-ф} \cdot n + 0 \end{Bmatrix} \text{ при } m_в^n \geq m_{скл}, \qquad (2)$$

де $m_{скл}$ — кількість вагонів у складі поїзду згідно встановлених норм та плану формування вантажних поїздів, ваг.

Для вирішення задачі знаходження впевненості у відправленні поїзда зі станції формування в планову добу необхідно визначити наступні лінгвістичні змінні у вигляді: $\langle m,T,U \rangle$, $\langle f,T,U \rangle$.

Безпосередньо переходячи до формалізації визначених лінгвістичних змінних одержано [5]:

– $\langle$"Кількість вагонів",{"група вагонів","поїзд"},$[0,50]\rangle$;

– $\langle$"Час до закінчення формування",{"не відправиться","відправиться"},$[0,24]\rangle$.

На наступному етапі необхідно навести графічний вид функцій приналежності відповідних нечітких лінгвістичних змінних. Так, на рис. 3 відображено графічну інтерпретацію побудови функції приналежності лінгвістичної змінної «Кількість вагонів», яка має граничні значення [0;50]. В даному випадку верхньою межею було взято 50 вагонів. На практиці розмір составу обирається у відповідності для кожного варіанту плану формування поїздів.

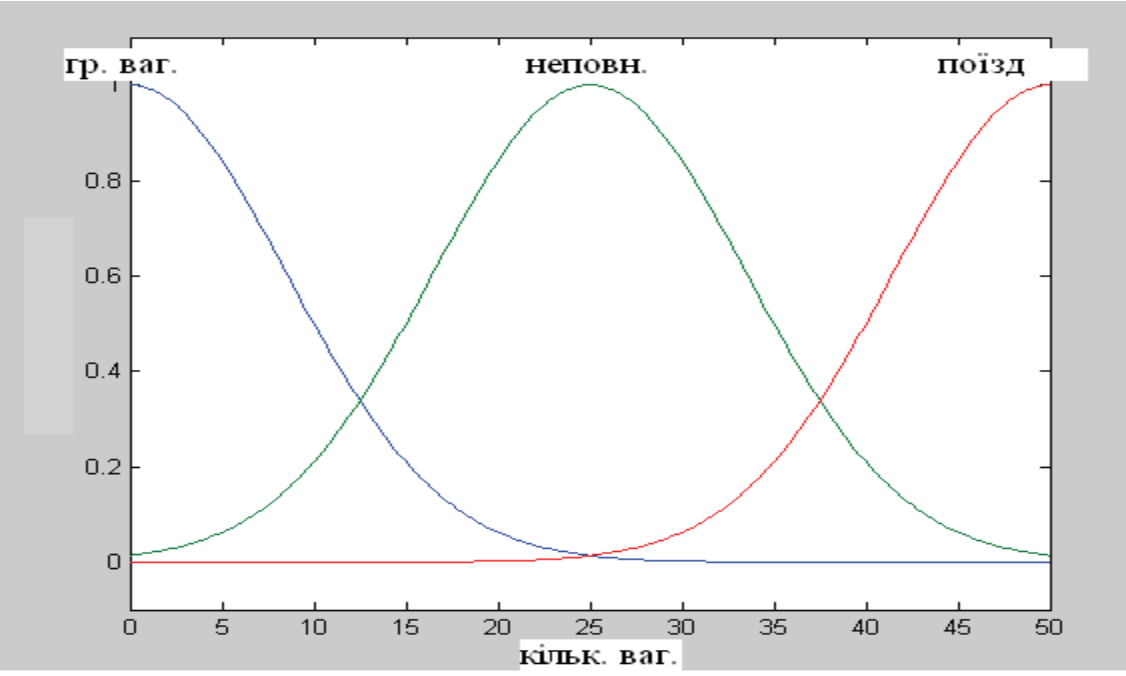



**Рис. 3. Функції приналежності лінгвістичної змінної $\mu_{\alpha_j^{kv}}$ — «Кількість вагонів»**

На рис. 4 відображено графічну інтерпретацію побудови функції приналежності лінгвістичної змінної «Час до закінчення формування», яка має граничні значення [0;24]. В даному випадку верхньою межею було взято 24 години, оскільки такими є параметри добового плану.

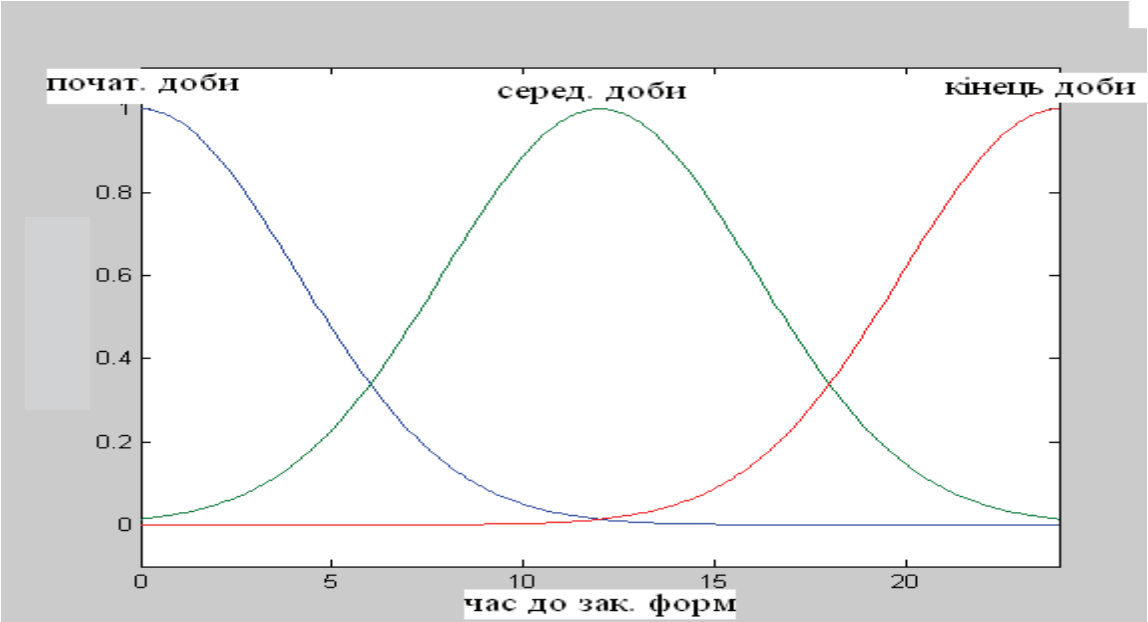



**Рис. 4. Функції приналежності лінгвістичної змінної «Час до закінчення формування»**

Далі необхідно сформувати правила нечіткої бази знань, по яких буде відбуватися ідентифікація вхідних даних (рис. 5) [6].

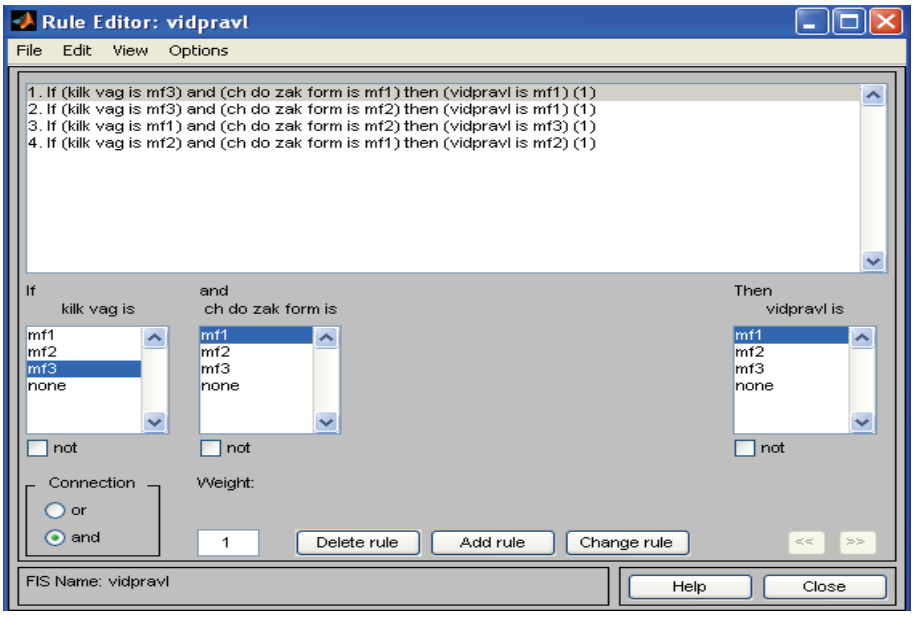



**Рис. 5. Формування нечіткої бази знань**

Для подальших досліджень необхідно визначити межі впевненості у настанні події, область визначення якої знаходиться в межах [0;1]. При умові підвищення впевненості виникнення події необхідно задати поріг включення $t_{inc} \in [0{,}8;1]$ [5].

**Результати моделювання**

На рис. 6 наведено приклад отримання висновку про відправлення поїзда зі станції формування з параметрами, які логічно свідчать про відправлення поїзда протягом планової доби:

$$\left.\begin{array}{l}\langle\text{"Кількість вагонів",50 вагонів}\rangle \to \text{"поїзд"} \\ \langle\text{"Час до закінчення формування",3 години}\rangle \to \text{"початок доби"}\end{array}\right\}$$

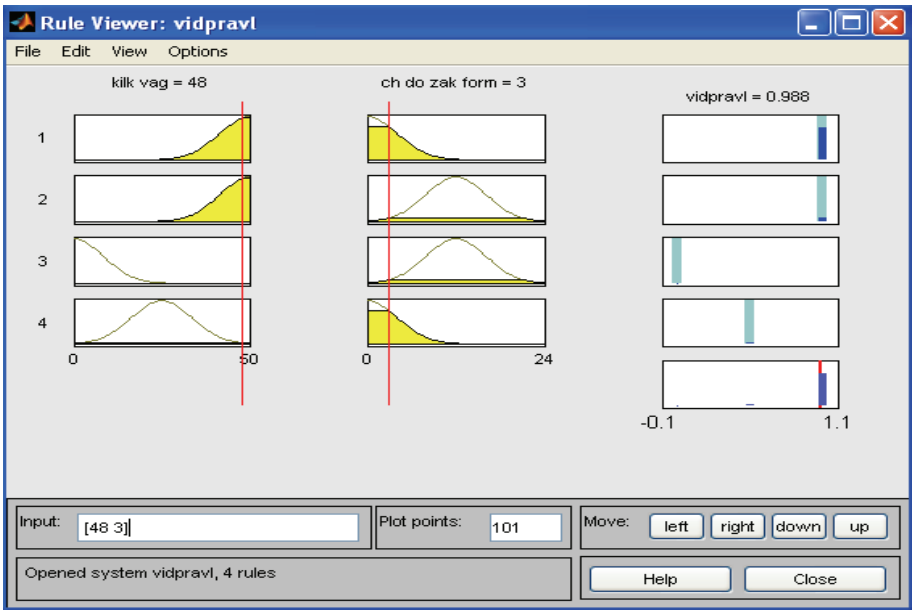



**Рис. 6. Одержання висновку про відправлення поїзду**

Як видно з рис. 6 при заданих параметрах впевненість у відправленні поїзду зі станції практично дорівнює одиниці, а саме 0,988, що відповідає умові включення $t_{inc} \in [0{,}8;1]$.

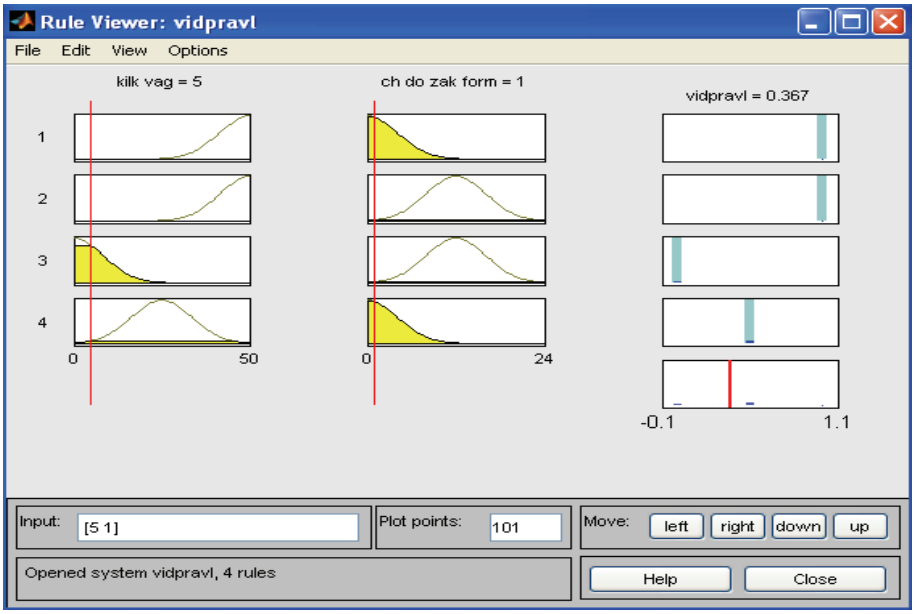



**Рис. 7. Одержання висновку про не відправлення поїзду**

Необхідно перевірити розроблену модель на параметрах, які логічно свідчать про ситуацію, при якій поїзд не відправиться зі станції у планову добу (рис. 7):

$$\left.\begin{array}{l}\langle \text{"Кількість вагонів", 5 вагонів}\rangle \rightarrow \text{"група"} \\ \langle \text{"Час до закінчення формування",1 година}\rangle \rightarrow \text{"початок доби"}\end{array}\right\}$$

Таким чином, з рис. 7 видно, що при заданих параметрах, які свідчать про неможливість відправлення поїзду в планову добу вихід моделі склав 0,367, що не відповідає умові включення $t_{inc} \in [0{,}8;1]$.

На рис. 8 відображено поверхню відгуку нечітких змінних «кількість вагонів» і «час до закінчення формування», яка відображує залежність цих змінних між собою і який вплив вони мають на формування нечіткого виводу «Впевненість у відправленні поїзда зі станції формування». Вона свідчить про переважний вплив кількості вагонів, які знаходяться на станції і на підходах до неї у порівнянні із часом на виконання операцій по розформуванню-формуванню, що відповідає дійсності.

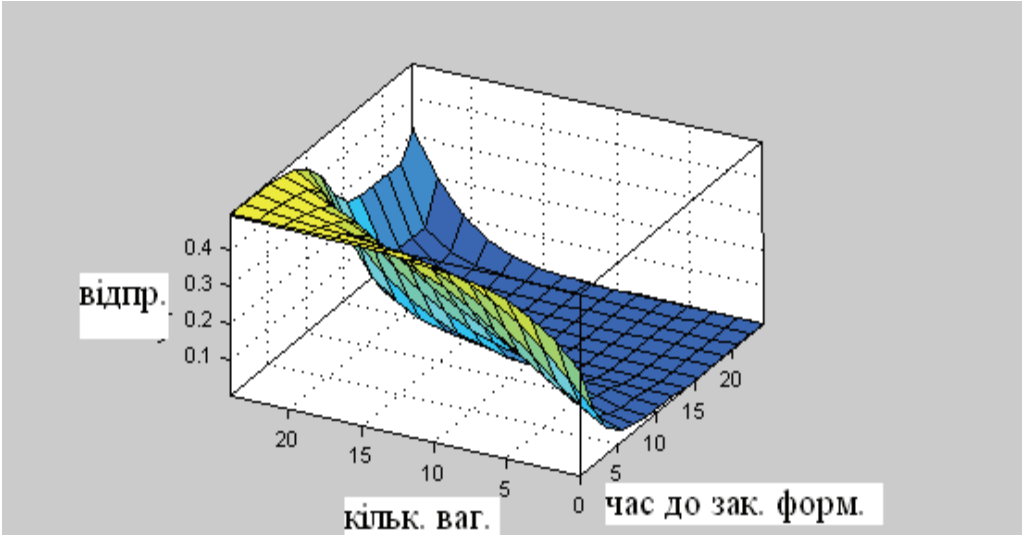



**Рис. 8. Поверхня відгуку нечітких змінних «кількість вагонів» і «час до закінчення формування»**

## Висновки

В результаті реалізації розробленої моделі одержано можливість визначати, ще до початку планової доби, відправиться певний поїзд зі станції чи ні, а також впевненість у виникненні такої події. У подальшому для формування оперативного плану ці дані будуть додаватися і виводитися загальна кількість поїздів, яку необхідно буде відправити протягом планової доби.

## Список літератури

**1. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте / под ред. П.С. Грунтова — М.: Транспорт, 1994. — 543 с.**

**2. Управління експлуатаційною роботою і якістю перевезень на залізничному транспорті: Навчальний посібник / М.І. Данько, Т.В. Бутько, О.В. Березань, В.М. Кулешов, В.В. Кулешов, Т.Ю. Калашникова, О.А. Малахова, О.В. Лаврухін, Г.М. Сіконенко; За ред. М.І. Данька. — Х.: УкрДАЗТ, 2008. — 174 с.**

**3. Інструкція з оперативного планування поїзної і вантажної роботи на залізницях України. ЦД 0052. — К., 2004.**

**4. Бутько Т.В. Удосконалення управління процесом просування поїздопотоків на основі стабілізації обігу вантажного вагону/Т.В. Бутько, О.В. Лаврухін, Ю.В. Доценко // Зб.наук.праць/ДонІЗТ УкрДАЗТ, 2010. — Вип.22. — С.18–26.**

**5. Мелехов А.Н. Ситуационные советующие системы с нечёткой логикой/Мелехов А.Н., Бернштейн Л.С., Коровин С.Я. — М., Наука. — 1990.**

**6.h ttp://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/1_7.php.**

***Аннотация.*** *Сформирована математическая модель определения количества транзитных и участковых поездов, которые подлежат отправлению с технической станции, как основу усовершенствования системы оперативного планирования при решении задачи поездообразования в условиях нечеткой исходной информации.*

***Abstract.*** *The mathematical model of definition of quantity of transit and local trains which are subject to departure from technical station, as a basis of improvement of system of operational planning at the problem decision collection are considered in the conditions of the indistinct initial information is generated.*

*Стаття надійшла до редакції 16.03.2011 р.*

***УДК 656.13***

***ОВЧИННИКОВ С.С., д. т. н., професор; ЄРМАК О.М., к. т. н.; СУМЕЦЬ А.І., студент,***
***Харківська національна академія міського господарства***

# ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ЙМОВІРНОСТІ ВИНИКНЕННЯ ДТП НА ВУЛИЧНО-ДОРОЖНІЙ МЕРЕЖІ МІСТА З УРАХУВАННЯМ ЛЮДСЬКОГО ФАКТОРУ

*Проведено аналіз причинно-наслідкових зв'язків виникнення дорожньо-транспортних пригод. Результатом досліджень є визначення показника відносної оцінки впливу порушення ПДР, що може призвести до виникнення ДТП.*

## Постановка проблеми

Дорожньо-транспортною пригодою (ДТП) називають подію, що порушила нормальний процес дорожнього руху та викликала поранення, загибель людей та пошкодження транспортних засобів та споруд. Як правило, обставини виникнення дорожньо-транспортних пригод дуже різні. Однак аналіз цих обставин дозволив виявити деякі їх спільні риси, що надало можливість розробити класифікацію дорожньо-транспортних пригод, а саме: зіткнення, перекидання, наїзд на нерухомі перешкоди, наїзд на пішохода, наїзд на велосипедиста, наїзд на нерухомий транспортний засіб, наїзд на гужовий транспорт, наїзд на тварин та інше [1].

## Аналіз останніх досліджень і публікацій

Серед вчених, які займалися вивченням питань дорожньо-транспортних пригод треба відмітити Ф. Рейнгольда, В.Ф. Бабкова, О.А. Дівочкіна, А.П. Васильєва, Р.В. Ротенберга, М.С. Фішельсона, Ф. Раппопорта, Є.М. Лобанова [2–6]. Але всі вчені, які займалися вивченням питань дорожньо-транспортних пригод недостатньо визначали ймовірність виникнення ДТП внаслідок їх причин.

**Мета статті**

Метою проведення досліджень є визначення ймовірності виникнення ДТП в місцях їх концентрації на вулично-дорожній мережі міста, враховуючи причини дорожньо-транспортних пригод.

**Основний розділ**

Поняттям транспортного конфлікту служить дорожньо-транспортна пригода. Важливим кроком вперед у вивченні транспортних конфліктів можна вважати введенні поняття показника тяжкості наслідків, яке запропонував у 1938 році Ф. Рейнгольд [3]:

$$U = \sum_{i=1}^{n} P_i \cdot n_i , \qquad (1)$$

де $U$ — показник аварійності (небезпеки);

$P_i$ — коефіцієнти тяжкості наслідків;

$n_i$ — кількість пригод кожного типу.

Причин, які викликають виникнення ДТП існує дуже багато та ступінь їх впливу на важкість наслідків ДТП визначити неможливо, але деякі виникають частіше, а деякі вкрай рідко [4].

Аналіз причин ДТП дозволяє звести їх в наступні однорідні по характеру групи:

- порушення правил маневрування;
- перевищення безпечної швидкості руху;
- недодержання дистанції;
- перевищення встановленої швидкості;
- порушення правил проїзду перехресть;
- керування в нетверезому стані;
- виїзд на смугу зустрічного руху;
- порушення надання безперешкодного проїзду;
- порушення правил обгону;
- невиконання вимог сигналів регулювання;
- інші.

Як показують обстеження, приблизно в однакових дорожніх та погодних умовах рівень дорожньо-транспортних пригод пропорційний інтенсивності руху. Але при значному погіршенню дорожніх умов, можливе непропорційне інтенсивності руху збільшення числа ДТП. Одним з таких несприятливих сполучень є зменшення коефіцієнту зчеплення коліс транспортного засобу з поверхнею дорожнього покриття на не освітленій дорозі в темний час доби.

В.Ф. Бабков використовує метод коефіцієнтів аварійності — гарний інструмент для розуміння значення якості проектування та експлуатації дороги на її безпечність [6]:

$$K_{ав} = \sum_{i=1}^{n} k_i , \qquad (2)$$

де $K_{ав}$ — підсумковий коефіцієнт аварійності;

$k_i$ — коефіцієнти, що відображають відношення числа пригод при тому або іншому розмірі елементу плану або профілю в порівнянні з еталонною горизонтальною прямою ділянкою дороги, з проїжджою частиною шириною 7,5 метрів, з укріпленими узбіччями для якого $k = 1$;

$n$ — кількість коефіцієнтів.

Коефіцієнти аварійності залежать від інтенсивності руху, кількості смуг руху, ширини проїжджої частини, ширини узбіч, повздовжнього ухилу, радіусу кривих у плані та багатьох інших ознак.

Але метод коефіцієнтів аварійності має ряд недоліків, тому що для визначення підсумкового коефіцієнту аварійності треба отримати великий добуток можливих показників, а при цьому можливість помилки зростає у багато разів. Також цей метод не враховує значимість окремих факторів, які впливають в окремих умовах, та лише наближено враховує складні умови безпеки руху в містах [6].

З метою найбільш точного визначення небезпеки вулиць та доріг запропоновані модифіковані варіанти коефіцієнтів аварійності. О.А. Дівочкіним пропонується вводити коефіцієнти тяжкості, а А.П. Васильєвим — коефіцієнти сезонної аварійності [3].

Р.В. Ротенберг пропонує оцінювати вірогідність виникнення ДТП шляхом показника надійності дорожнього руху. ДТП в такому випадку — відмова одного або декількох елементів системи «водій-автомобіль-дорога-середовище» [2]. Показник надійності залежить від довжини спостережень, прийнятих методів звіту, визначення тяжкості ДТП. Надійність виражається показником числа ДТП на загальний пробіг транспорту. Поняття надійності дозволяє легше порівнювати різні причини ДТП.

Загальний недолік методів, заснованих на обробці даних ДТП полягає в тому, що їх важко використовувати для оцінки нових оригінальних рішень. Тому намагаються оцінювати вірогідність виникнення ДТП за допомогою попередніх спостережень, оцінок [7].

М.С. Фішельсоном на основі раніше відпрацьованого методу Ф. Раппопорта був запропонований метод оцінки за взаємним контактом транспортних потоків. Під цим методом розуміється оцінка контактів автомобілів в транспортних вузлах. За допомогою таких контактів передбачалося оцінювати складність транспортного вузла, перехрестя [4]:

$$M = \sum_{i=1}^{n} k_i \cdot n_i \,, \qquad (3)$$

де $M$ — показник оцінки складності транспортного вузла;

$k_i$ — коефіцієнт складності конфлікту;

$n_i$ — кількість контактних точок.

Виділялось три види контактів: відгалуження $k_в = 1$, злиття $k_з = 3$ та перетинання $k_п = 5$. За допомогою показника $M$ оцінювали складність транспортних вузлів:

- якщо $M \le 10$ — дуже простий;
- якщо $M = 10 - 25$ — легкий;
- якщо $M = 25 - 55$ — середньої складності;
- якщо $M > 55$ — складний.

Недолік цього методу у тому, що враховується тільки кількість теоретично можливих конфліктних точок, не залежно від фактичних потоків та їх підрозділів по типу маневрів; крім того, не враховуються контакти та конфлікти між транспортом та пішоходами [8].

Є.М. Лобанов запропонував небезпечність кожної конфліктної точки оцінювати за допомогою показника відносної аварійності, тобто числу ДТП, що приходиться на 10 млн. автомобілів, які пройшли через даний перетин доріг [5].

Аналізуючи статистичні дані Головного управління ДАІ МВС в Харківській області було виявлено, що основними причинами ДТП, які були скоєні протягом 2010 року, є порушення правил маневрування, перевищення безпечної швидкості руху, недодержання дистанції, перевищення встановленої швидкості, порушення правил проїзду перехресть, керування транспортним засобом у нетверезому стані та інші (рис. 1).

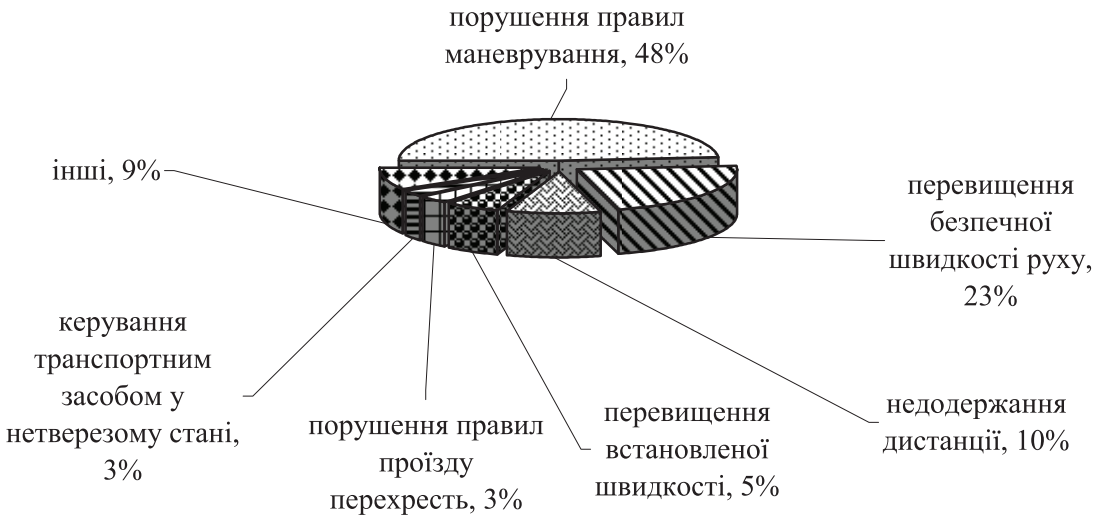



**Рис. 1. Основні причини ДТП, які були скоєні протягом 2010 року в м. Харкові**

При цьому основними причинами ДТП з постраждалими, які були скоєні протягом 2010 року, є перевищення безпечної швидкості руху, порушення правил маневрування, перевищення встановленої швидкості, керування транспортним засобом у нетверезому стані, порушення правил проїзду перехресть та інші (рис. 2).

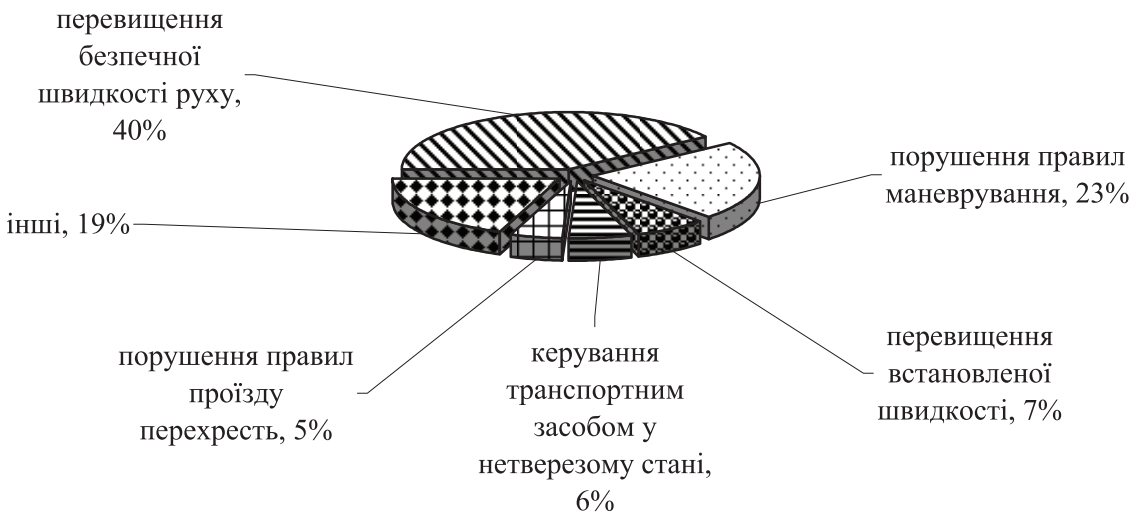



**Рис. 2. Основні причини ДТП з постраждалими, які були скоєні протягом 2010 року в м. Харкові**

Характеризуючи отримані дані по кількості ДТП в залежності від їх причин видно, що спостерігається деяке об'єднання причин так при керуванні транспортним засобом у нетверезому стані можливе і перевищення безпечної швидкості руху, й порушення правил маневрування, й перевищення встановленої швидкості, й порушення правил проїзду перехресть. Тому необхідно провести оцінку кількості зафіксованих працівниками ДАІ порушень Правил дорожнього руху (ПДР). Так, за 2010 рік працівниками ДАІ виявлено та задокументовано 180 964 порушення Правил дорожнього руху, з них:

- керування транспортним засобом у нетверезому стані — 7158 протоколів;
- порушення швидкісного режиму — 46 383 протоколи;
- порушення правил проїзду світлофорних об'єктів — 2872 протоколи;

– порушення правил проїзду перехресть — 3788 протоколів.

Для визначення впливу основних причин виникнення ДТП на скоєння дорожньо-транспортної пригоди розрахуємо відповідне відношення за залежністю:

$$J_i = \frac{N_{ПДР_i}}{N_{ДТП_i}}, \quad (4)$$

де $J_i$ — показник відносної оцінки $i$-го виду порушення ПДР;

$N_{ПДР_i}$ — кількість порушень ПДР, що може призвести до $i$-ої причини ДТП;

$N_{ДТП_i}$ — кількість ДТП, що скоєна по $i$-ій причині.

Розрахувавши показник відносної оцінки порушення ПДР, що може призвести до виникнення ДТП, було отримано наступні значення:

– для керування транспортним засобом у нетверезому стані кожне 35 порушення може призвести до ДТП, а кожне 64 порушення може призвести до ДТП з постраждалими;

– для порушення швидкісного режиму кожне 21 порушення може призвести до ДТП, а кожне 55 порушення може призвести до ДТП з постраждалими;

– для порушення правил проїзду перехресть кожне 26 порушення може призвести до ДТП, а кожне 75 порушення може призвести до ДТП з постраждалими.

## Висновки

Проведений аналіз причинно-наслідкових зв'язків причини виникнення ДТП на сам факт скоєння дорожньо-транспортної пригоди показав, що існує велика ймовірність скоєння ДТП учасниками дорожнього руху внаслідок порушень ПДР. Для подальших досліджень необхідно провести натурні спостереження порушень ПДР на елементах вулично-дорожньої мережі з виявленням їх причин.

## Список літератури

**1. Клинковштейн Г.И. Организация дорожного движения / Г.И. Клинковштейн — М.: Транспорт, 1982. — 240 с.**

**2. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управления ими / Д. Дрю. — М.: Транспорт, 1972. — 424 с.**

**3. Кременец Ю.А. Технические средства организации дорожного движения / Ю.А. Кременец // Учебник для вузов. — М.: Транспорт, 1990. — 255 с.**

**4. Иносэ Х. Управление дорожным движением / Х. Иносэ, Г. Хамада. /пер. с англ./под ред. М.Я. Блинкина. — М.: Транспорт, 1983. — 248 с.**

**5. Лобанов Е.М. Транспортная планировка городов / Е.М. Лобанов. — М.: Транспорт, 1990. — 240 с.**

**6. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения / В.Ф. Бабков // Учебник для вузов. — М.: Транспорт, 1993. — 271 с.**

**7. Шестокас В.В. Конфликтные ситуации и безопасность движения в городах / В.В. Шестокас, Д.С. Самойлов — М.: Транспорт, 1987. — 207 с.**

**8. Коноплянко В.И. Организация и безопасность дорожного движения / В.И. Коноплянко // Учебник для вузов. — М.: Транспорт, 1991. — 183 с.**

***Аннотация.*** *Проведен анализ причинно-следственных связей возникновения дорожно-транспортных происшествий. Результатом исследований является определение показателя относительной оценки влияния нарушения ПДД, что может привести к возникновению ДТП.*

***Abstract.*** *The analysis of causation of road traffic accidents is conducted. Result of the research is to determine the relative index of assessing the impact of traffic violations that could lead to accidents.*

*Стаття надійшла до редакції 21.03.2011 р.*

*УДК 347.7*

***ХАРЧЕНКО В. Ф., д.т.н., професор; САНЬКО Я. В., к.т.н.,***
***Харківська національна академія міського господарства***

# ВПЛИВ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ НА ВИТРАТИ ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ

*Проведено аналіз впливу затримки інформаційних потоків на витрати учасників логістичної системи при використанні системи керування запасами з фіксованим розміром замовлення та фіксованим інтервалом між замовленнями.*

## Постановка проблеми

Всі процеси, що відбуваються в логістичній системі, характеризуються тісним зв'язком матеріальних, фінансових і інформаційних потоків. Інформація завжди виникає при виконанні різних логістичних операцій і супроводжує матеріальний потік на всіх етапах його просування. Інформація неодмінно використовується логістичною системою при виробленні й прийнятті управлінських рішень. При цьому у логістичній системі виникають численні види витрат, які в загальному вигляді можна визначити як витрати на інформаційні потоки. Але недоліком традиційної класифікації витрат логістичної системи є те, що вона поширюється лише на матеріальні витрати, пов'язані з безпосередньою діяльністю системи. При цьому не береться до уваги, що логістична система здійснює свою діяльність, споживаючи великі потоки інформації й використовуючи інформаційну інфраструктуру, інформаційні інститути та інформаційні технології.

## Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питання визначення витрат логістичної системи та управління ними знайшли найбільш повне відображення в працях Ю.М. Ельдештейна, Т.В. Алесинської, А.Г. Кальченко, А.М. Гаджинського, Р.Р. Ларіної, Б.А. Анікіна, Т.А. Родкіної, Є.В. Крикавського [1–7]. Але, незважаючи на це, не існує єдиного підходу до визначення та класифікації логістичних витрат, яка б дозволяла ідентифікувати логістичні витрати відповідно до національних положень (стандартів) та практики ведення обліку в Україні.

В цілому аналіз літературних джерел показав, що більшість науковців розглядають склад логістичних витрат за логістичними функціями. Але всі процеси, що відбуваються в логістичній системі, характеризуються тісним зв'язком матеріальних і інформаційних потоків. Інформація завжди супроводжує матеріальний потік. При цьому виникають численні види витрат, які в загальному вигляді можна визначити як витрати на інформаційні потоки.

## Мета статті

Метою проведення досліджень є визначення впливу витрат на інформаційні потоки у загальній структурі витрат логістичної системи.

## Основний розділ

Ефективність логістичної системи характеризується такими економічними показниками, як: очікуваний фінансовий результат, доходи, витрати й втрати учасників логістичної системи. Науковцями було розроблено математичні залежності, які дозволяють визначити конкретні значення наведених показників. Але за даними залежностями не можливо виявити вплив витрат на інформаційні потоки в загальній структурі витрат логістичної системи та на очікувані фінансові результати її учасників.

Тому необхідно дослідити вплив затримки інформаційних потоків на діяльність логістичної системи. Адже будь-який збій у функціонуванні інформаційних потоків у логістичній системі може призвести до численних фінансових втрат її учасників.

Інформаційний потік завжди супроводжує матеріальний потік на всіх етапах його просування від виробника до кінцевого споживача. Інформаційним потоком поступають дані про досягнення матеріальним потоком кінцевого пункту призначення, він може містити відомості про замовлення, про кількісні й якісні параметри матеріального потоку тощо. При цьому існують три варіанти взаємодії матеріального й інформаційного потоку:

– інформаційний потік випереджає матеріальний;
– інформація супроводжує матеріальний потік, рухається одночасно з ним;
– інформаційний потік відстає від матеріального потоку.

У зв'язку з даними особливостями функціонування інформаційних потоків у логістичній системі підприємства можуть виникати численні види витрат, пов'язаних з передачею інформації про матеріальні потоки.

Проаналізувавши можливий вплив інформаційних потоків на основні підсистеми логістичної системи, можна зробити висновок, що нестача або затримка інформації найбільш негативно впливає на підсистеми збуту, запасів та фінансів учасників логістичної системи. Це пояснюється наступним:

– затримка інформаційного потоку від споживача може понести за собою недопоставку продукції, що негативно позначиться на діяльності збутового органу постачальника і може спричинити додаткові витрати — штрафні санкції, пов'язані з несвоєчасним постачанням продукції;

– збій у наданні інформації збільшує витрати підприємства, пов'язані зі збереженням виготовленої продукції, так як продукція вчасно не була відвантажена зі складу для доставки споживачеві;

– також затримка інформації про матеріальний потік може спричинити фінансові втрати підприємства від іммобілізації коштів — відбувається тимчасове відволікання обігових коштів у банківські установи, тоді як їх можна було б вкласти за цільовим призначенням.

Саме на ці аспекти у роботі пропонується звернути найбільшу увагу.

Для того, щоб дослідити вартісні показники впливу інформаційних потоків, необхідно визначитися, який з їх проявів підлягає аналізу. Найбільш осяжною для вивчення є та ситуація, коли інформаційним потоком поступають відомості про оплату замовлення споживачем продукції. В оптимальному варіанті у даній ситуації інформаційний потік повинен випереджати матеріальний, але можуть виникнути різні непередбачувані обставини. І саме від того, яка система управління запасами використовується на підприємстві, вплив інформаційного потоку на діяльність підприємства може мати різний фінансовий результат.

Спочатку проаналізуємо ситуацію на прикладі підприємства-посередника. А саме те, що до виробника не дійшли відомості про оплату продукції посередником і ця затримка тривала протягом 15 днів. Графічно поповнення і витрати запасів продукції у виробника відображені на рис. 1. На ньому також показаний вплив можливої затримки у постачанні, яка пов'язана з несвоєчасним надходженням інформаційного потоку до виробника.

Як видно на графіку, вже після першого дня затримки інформаційного потоку запаси у виробника перевищують граничний рівень. Це несе за собою додаткові фінансові витрати виробника.

Графічно поповнення і витрати запасів продукції у посередника відображені на рис. 2. На даному графіку також показаний вплив можливої затримки у постачанні продукції підприємству-посереднику, яка пов'язана з несвоєчасним надходженням інформаційного потоку до виробника.

Як видно на графіку, вже після другого дня затримки у постачанні запаси продукції у підприємства-посередника дорівнюють нулю. Це несе за собою фінансові втрати виробника.

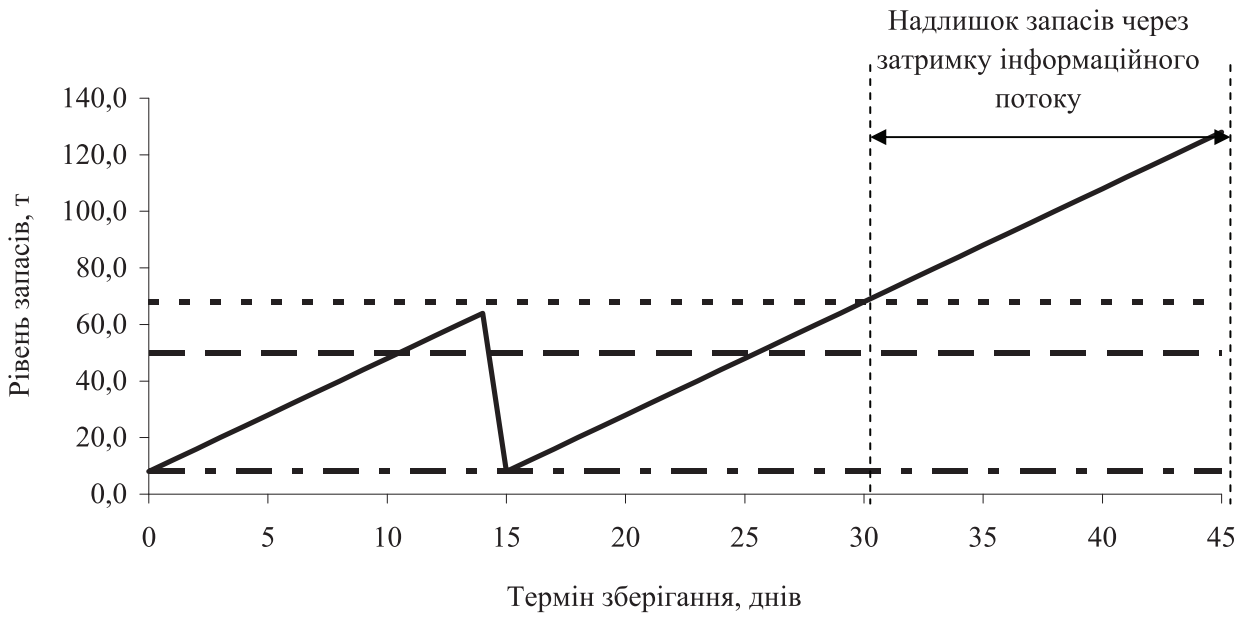



**Рис. 1. Зміна рівня запасів продукції у виробника в залежності від графіку постачань підприємству-посереднику:**

*— максимальний бажаний запас;*
*— граничний рівень запасу;*
*— гарантійний запас;*
*— рівень запасів*

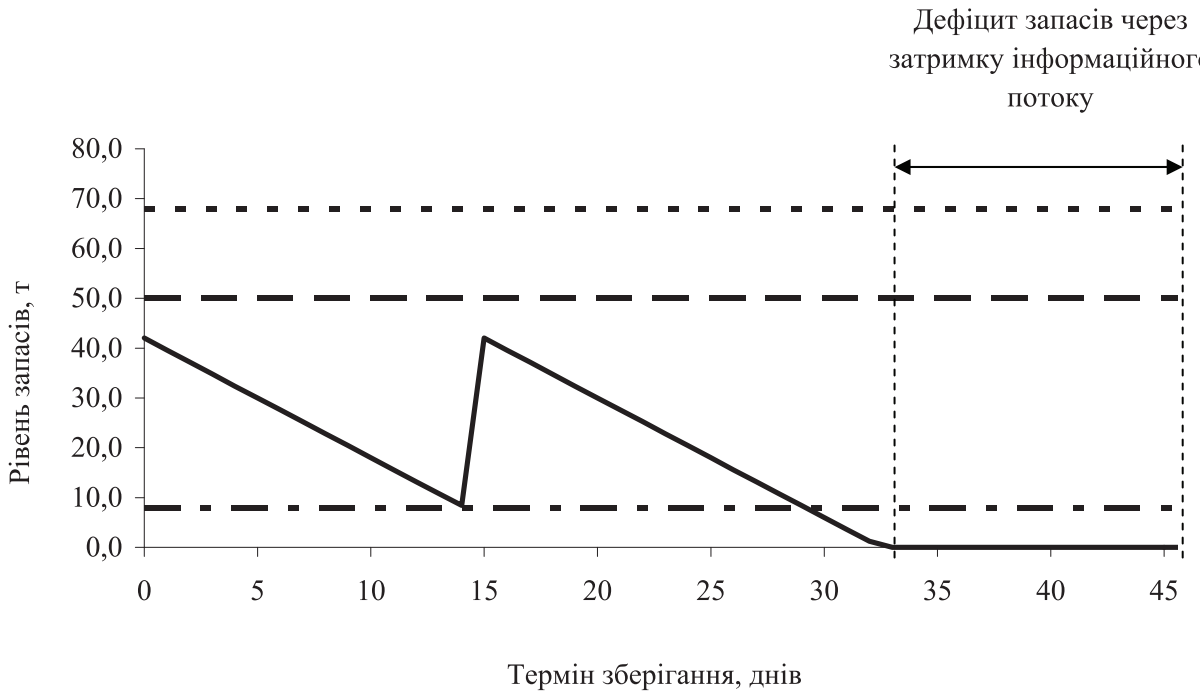



**Рис. 2. Зміна рівня запасів продукції у посередника в залежності від графіку постачань виробника:**

*— максимальний бажаний запас;*
*— граничний рівень запасу;*
*— гарантійний запас;*
*— споживання замовлення*

Проаналізувавши вплив витрат від затримки інформаційного потоку на поточні витрати виробника та посередника визначено, що найбільш негативно впливає на підсистеми збуту, запасів та фінансів і призводить до додаткових витрат — штрафних санкцій, пов'язаних з несвоєчасним постачанням продукції, витрат, пов'язаних зі збереженням виготовленої продукції, втрат підприємства від іммобілізації коштів (рис.3 та 4).

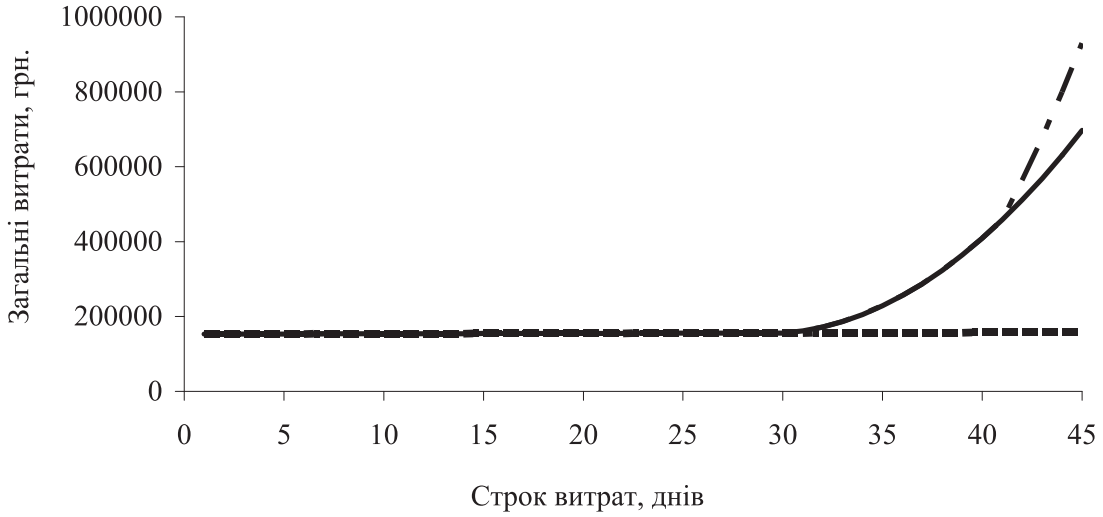



**Рис. 3. Порівняльний аналіз загальних витрат виробника**

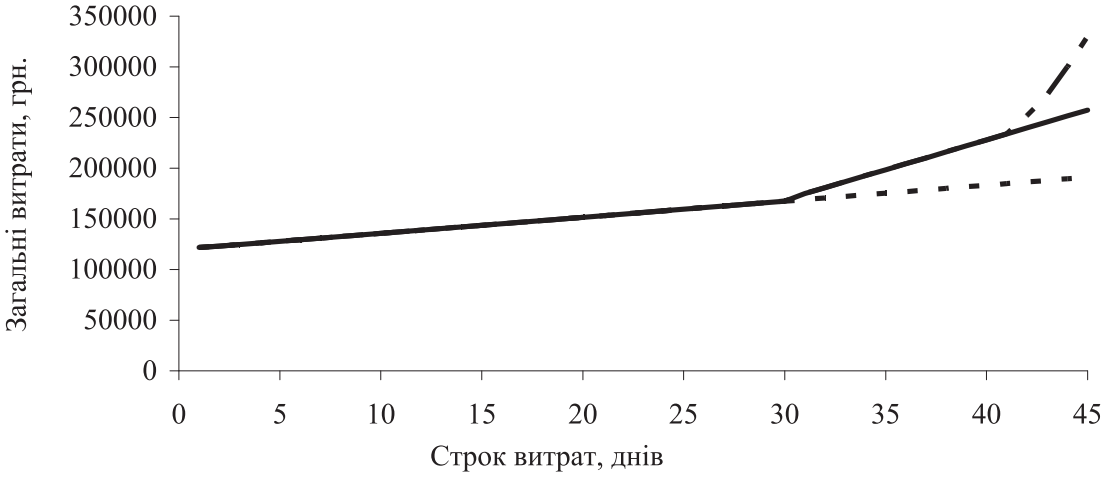



**Рис. 4. Порівняльний аналіз загальних витрат посередника:**

*- - - - - — без урахування затримки інформаційного потоку на 15 днів;*

*——— — з урахуванням затримки інформаційного потоку на 15 днів при використанні системи керування запасами з фіксованим розміром замовлення;*

*- — - — - — з урахуванням затримки інформаційного потоку на 15 днів при використанні системи керування запасами з фіксованим інтервалом між замовленнями*

**Висновки**

В результаті проведеного аналізу встановлено, що одноразова затримка інформаційного потоку може зменшити річний очікуваний фінансовий результат логістичної системи на:

– 0,8% — якщо на підприємствах-учасниках логістичної системи використовується система керування запасами з фіксованим розміром замовлення;

– 1,5% — якщо на підприємствах-учасниках логістичної системи використовується система керування запасами з фіксованим інтервалом часу між замовленнями.

### Список літератури

**1. Ельдештейн Ю.М. Логистика / Ю.М. Ельдештейн. — М.: Гардарика, 2007. — 478 с.**

**2. Алесинская Т.В. Основы логистики. Общие вопросы логистического управления / Т.В. Алесинская. — Таганрог: ТРТУ, 2005. — 275 с.**

**3. Кальченко А.Г. Логістика / А.Г. Кальченко. — К.: КНЕУ, 2003. — 284 с.**

**4. Гаджинский А.М. Основы логистики / А.М. Гаджинский. — М: ИВЦ «Маркетинг», 2003. — 586 с.**

**5. Ларіна Р.Р. Логістика / Р.Р. Ларіна. — Донецьк: ВІК, 2005. — 335 с.**

**6. Аникин Б.А., Родкина Т.А. Логистика / Б.А. Аникина, Т.А. Родкина. — М.: Велби, 2007. — 408 с.**

**7. Крикавський Є.В. Логістика. Основи теорії / Є.В. Крикавський. — Львів: «Інтелект-Захід», 2004. — 416 с.**

***Аннотация.*** *Проведен анализ влияния задержки информационных потоков на затраты участников логистической системы при использовании системы управления запасами с фиксированным размером заказа и фиксированным интервалом между заказами.*

***Abstract.*** *The analysis of the impact of delays in information flow of participants using the logistic system of inventory control system with a fixed size and fixed order intervals between orders.*

*Стаття надійшла до редакції 21.03.2011 р.*

***УДК 625.26.006.5***

***УСТЕНКО О.В., к.т.н., доцент, Українська державна академія залізничного транспорту***

# МОДЕЛЬ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ ЛОКОМОТИВНОГО ДЕПО

*Відповідно до Концепції по реформуванню залізничного транспорту України локомотивні депо розділяються на окремі експлуатаційні та ремонтні. В статті представлено модель технічної експлуатації рухомого складу. Визначена номенклатура ремонтних підприємств та експлуатаційних депо.*

### Вступ

Аналізуючи стан залізничного транспорту слід відмітити його досить високий ступінь зношеності, що суттєво впливає на експлуатаційну роботу. При розгляданні локомотивних депо, які займаються експлуатацією та ремонтом тягового рухомого складу (ТРС) одночасно спостерігається тенденція до погіршення якості ремонту локомотивів через вимогу негайної видачі даного локомотива для ведення поїзду. Пропонується виконати розподіл депо на експлуатаційну та ремонтну частини для виконання більш якісного ремонту, що добре відображається на експлуатації та надасть можливість збільшити міжремонтні пробіги та уникнути можливих непланових ремонтів.

### Мета статті

Визначити оптимальний об'єм параметрів за якими можна охарактеризувати тип підприємства за допомогою математичної моделі та визначити параметри спільні для різних типів депо, що взаємодіють між собою.

**Основний розділ**

У відповідності з Концепцією реформування залізничного транспорту [1] передбачається розподіл локомотивних депо на експлуатаційні та ремонтні. Це буде вимагати визначення номенклатури показників, які будуть їх характеризувати. Дану задачу вирішуємо експертним методом з використанням теорії множин.

Згідно з [2, 3, 4] експлуатаційне депо можна охарактеризувати:

$N_{лок}$ — парком тепловозів;

$N_{пар}$ — числом пар поїздів;

$W_{роб}$ — видом робіт, що виконуються (пасажирська, вантажна, маневрова, вивізна, господарча і т. д.);

$Q_j^{норм}$ — нормованою вагою поїзда (середня маса поїздів, нетто, брутто в тонах);

$T_{рок}$ — віком тепловозів;

$l_j$ — плечами обслуговування, $l_j = \{l_1, l_2, .....l_n\}$;

$Q_j^{\max}$ — максимальною вагою поїздів, $Q_j^{\max} = \{Q_1^{\max}, Q_2^{\max}, Q_3^{\max}, ...., Q_n^{\max}\}$;

$V_{дj}$ — середніми дільничними швидкостями, $V_{дj} = \{V_{д1}, V_{д2}, V_{д3}, ...., V_{дn}\}$;

$V_T$ — середніми технічними швидкостями;

$N_{штj}$ — штатом локомотивних бригад, $N_{штj} = \{N_{шт1}, N_{шт2}, N_{шт3}, ....., N_{штn}\}$;

$F_{(eT,a)}$ — витратами дизельного палива або електроенергії;

$Ц_{ек}$ — вартістю екіпірування;

$g_e$ — питомими витратами на одиницю виконаної роботи;

$W_{с\ доб}$ — середньодобовою продуктивністю локомотивів в тонно-км брутто;

$S_{доб}$ — середньодобовим пробіг локомотивів;

$T_{лок}$ — середньодобовий бюджет часу локомотивів.

Тобто експлуатаційне депо можна описати наступним масивом:

$$E_д = \{N_{лок}, N_{пар}, W_{роб}, Q_j^{норм}, T_{рок}, l_j(j), Q_j^{\max}, V_{дj}, V_T, N_{\text{шт}j}, F_{(eT,a)}, Ц_{ек}, \text{g}_\text{e}, W_{с\ доб}, S_{доб}, T_{лок}\}.$$

В свою чергу ремонтне депо можна описати наступним масивом:

$$Рд = \{Vid_{\text{ТОРi}}, \text{Т}_{\text{сТОР}}, \text{Ц}_{\text{ТОРi}}, \text{С}_{\text{ТОРi}}, \text{Q}_{\text{мат}}, \text{Q}_{\text{З.Ч.}}, \text{W}, \text{K}_{\text{МА}}, \rho_{\text{МА}}\}$$

де $Vid_{\text{ТОРi}}$ — види ТО та ПР, що виконуються,

$$Vid_{\text{ТОРi}} = \{\text{ТО-2, ТО-3, ПР-1, ПР-2, ПР-3, ПР-3П}\}$$

$\text{Т}_{\text{сТОР}}$ — середній час знаходження на ТО та ПР (плановий, фактичний);

$\text{Т}_{\text{ТОР i}}$ — простій на ТО та ПР;

$$T_{TORi} = \{T_{TO-2}, T_{TO-3}, T_{ПР-1}, T_{ПР-2}, T_{ПР-3}, T_{ПР-3П}\}$$

$Ц_{ТОР\ i}$ — вартістю виконання ТО та ПР, грн.;

$$Ц_{ТОР} = \{Ц_{ТО-2}, Ц_{ТО-3}, Ц_{ПР-1}, Ц_{ПР-2}, Ц_{ПР-3}, Ц_{ПР-3П}\}$$

$C_{ТОРi}$ — собівартість одиниці ремонту;

$Q_{МАТ}$ — витрата матеріалів на одиницю ремонту;

$Q_{З.Ч.}$ — витрата запасних частин на одиницю ремонту;

$W$ — працеємність одиниці ремонту;

$K_{МА}$ — рівнем механізації й автоматизації ремонту,

$$K_{МА} = \{K_{\text{МА}\ \ ТО-2}, K_{МА\ \ ТО-3}, K_{МА\ \ ПР-1}, K_{МА\ \ ПР-2}, K_{МА\ \ ПР-3}, K_{МА\ \ ПР-3П}\}$$

$\rho_{МА}$ — ступенем механізації ремонту,

$$\rho_{МА} = \{\rho_{МА\ \ ТО-2}, \rho_{МА\ \ ТО-3}, \rho_{МА\ \ ПР-1}, \rho_{МА\ \ ПР-2}, \rho_{МА\ \ ПР-3}, \rho_{МА\ \ ПР-3П}\}$$

Загальними показниками для експлуатаційних і ремонтних депо є масиви по відстаням між ними $L_{(p-e)}$, технічною швидкістю переміщення $V_{T(p-e)}$ по цим дільницям.

В цілому роботу даних типів депо і конструкції можна охарактеризувати через коефіцієнт готовності Кг та масиви показників системи ТО та ПР $NOM_{ТОР} = \{Vid_{ТОР}, L_{ТОР}\}$, де $Vid_{\text{ТОРi}}$ — вид виконуваних ТОР, $L_{ТОР}$ — пробіги між ремонтами.

При ремонті ТРС ремонтні депо співпрацюють з суміжними підприємствами, на яких виконується ремонт окремого обладнання, або виготовлення окремих вузлів тепловозів. Дані підприємства можна описати наступним масивом:

$$C = \{NOM_{obl}(l), NOMc(l)\},$$

де $NOM_{obl}(l)$ — масив номенклатури обладнання, яке ремонтується або виробляється;

$NOMc(l)$ — вартість ремонту або виготовлення.

Взаємну роботу ремонтних депо і суміжних підприємств можна охарактеризувати масивами відстаней між ними $L_{(p-c)}$, технічною швидкістю переміщення $V_{T(p-c)}$ та дільничною швидкістю переміщення.

Графічне зображення масивів, які характеризують експлуатаційні і ремонтні депо та суміжні підприємства з технічної експлуатації тепловозів представлено на рис. 1.

Дослідження робіт в області кваліметрії [5, 6, 7] показали, що будь-який транспортний засіб або систему характеризує велика кількість параметрів. Але достатньо 7–10 з них, щоб з великою імовірністю судити про об'єкт дослідження. Тому експертними методами були визначені номенклатури показників, які характеризують експлуатаційні та ремонтні депо, суміжні підприємства по ремонту і систему технічної експлуатації ТРС в цілому, які представлені в табл. 1.

Ефективність функціонування віртуальної системи технічної експлуатації (ВСТЕ) ТРС в залежності від ситуації може визначатись одним із критеріїв:

– мінімізацією витрат на експлуатацію, обслуговування та ремонт тепловозів;

– максимізацію коефіцієнта технічної готовності ТРС, якщо необхідно заданим парком ТРС виконати набагато більші за середні обсяги перевезень і на перше місце ставиться термін доставки вантажу а не ціна.

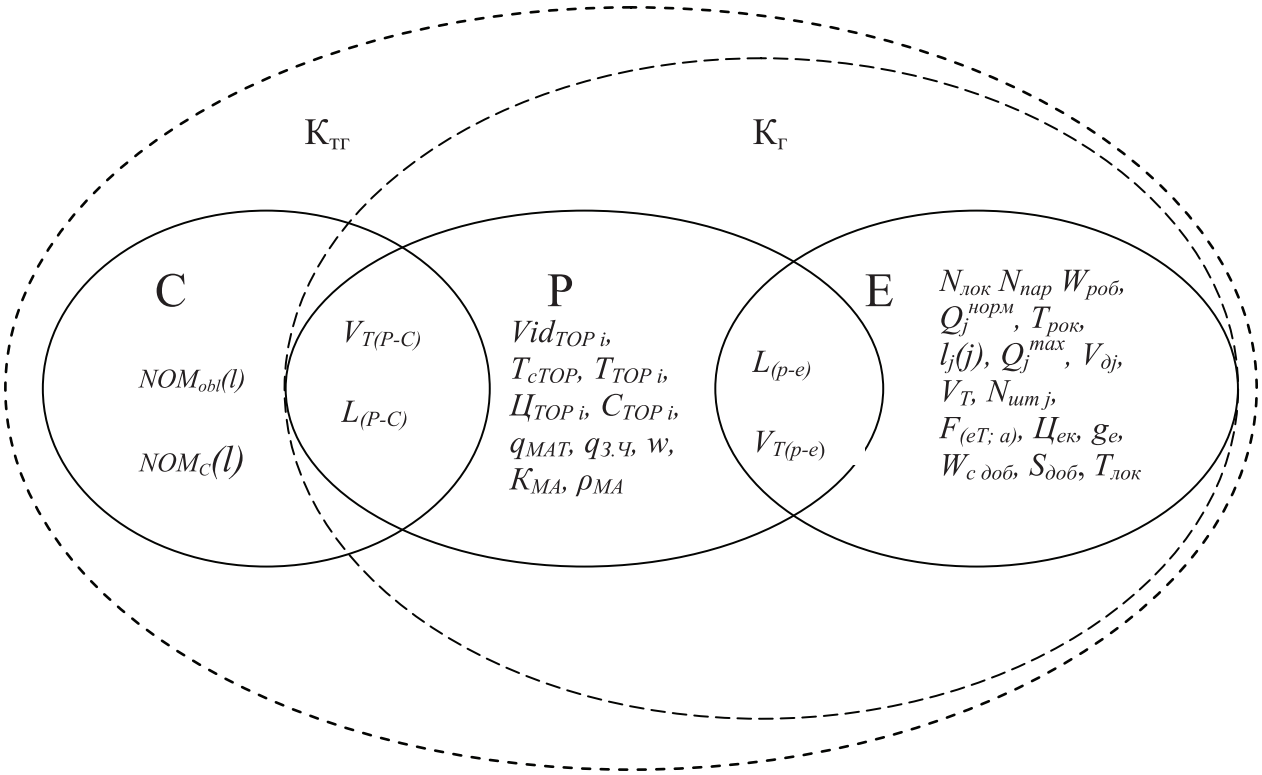



**Рис. 1. Графічне зображення масивів, які характеризують експлуатаційні і ремонтні депо та суміжні підприємства по технічній експлуатації тепловозів**

Таблиця 1

**Номенклатури показників, які характеризують систему технічної експлуатації ТРС**

| Найменування системи | Номенклатура показників |
|---|---|
| Ремонтне депо | $Pд = \{Vid_{\text{ТОРі}}, \text{Т}_{\text{сТОР}}, \text{Ц}_{\text{ТОРі}}, \text{С}_{\text{ТОРі}}, \text{Q}_{\text{мат}}, \text{Q}_{\text{З.Ч.}}, \text{W}, \text{K}_{\text{МА}}, \rho_{\text{МА}}\}$ |
| Експлуатаційне депо | $E_д = \{N_{лок}, N_{пар}, W_{роб}, Q_j^{норм}, T_{рок}, l_j(j), Q_j^{\max}, V_{дj}, V_T, N_{\text{шт}j}, F_{(eT,a)}, Ц_{ек}, \text{g}_\text{e}, W_{с\ \text{доб}}, S_{доб}, T_{лок}\}$ |
| Суміжне підприємство | $C = \{NOM_{obl}(l), NOMc(l)\}$ |
| Система технічної експлуатації ТРС | $CTE = \{K_Г, L_{(p-e)}, Vid_{TOPi}, Ц_{TOPi}, K_{МА}, \rho_{МА}, N_{лок}, N_{шт}, Ц_{ек}, Q_j^{\max}, NOM_{obl}(l), NOM_c(l)\}$ |

В основному використовується критерій мінімізації витрат. Тому для моделі функціонування ВСТЕ ТРС був взятий даний критерій, який представляється в наступному вигляді:

$$E(C_р, C_{сп}, C_е, C_{нр}, K_{Тч}, \lambda) \Rightarrow \min,$$

де $C_р$ — витрати ремонтного депо, грн;

$C_{сп}$ — витрати суміжних підприємств по ремонту ТРС, грн;

$C_e$ — витрати експлуатаційних депо при експлуатації ТРС, грн;

$C_{нр}$ — витрати на непланові ремонти, грн;

$K_{Тч}$ — коефіцієнт, який характеризує рівень депо;

$\lambda$ — інтенсивність відмов ТРС, який залежить не лише від конструктивних параметрів, а і від умов та якості експлуатації та якості ТО та ПР.

Обмеженнями системи є:

$$\begin{cases} T_{ТОР}(k) \le \mathrm{T}_{\mathrm{ТОР}}^{норм}(k); \\ k_{ТГ} \ge 0{,}8 \\ V_{\text{ход}} \le V_{доп.i}^{\max} \\ V_{\text{ход}} < V_{\text{констр}} \\ Q_{\text{і}} \le Q_i^{\max} \end{cases}$$

де $\mathrm{T}_{\mathrm{ТОР}}^{норм}(k)$ — нормативний час виконання $k$-го виду ТО або ПР, год;

$V_{ХОД}$ — ходова швидкість ТРС, км/год;

$V_{доп.i}^{\max}$ — максимальна допустима швидкість ТРС на перегоні, км/год;

$V_{кон}$ — конструкційна швидкість ТРС, км/год;

$Q_i$ — маса поїзду на і-ій дільниці, т;

$Q_i^{\max}$ — максимальна маса поїзду на і-ій дільниці, т.

При цьому необхідно визначати у будь-який момент часу раціональне розміщення ТРС по базам ремонту для виконання ТО, ПР та НР з урахуванням регіону їх експлуатації, стану та можливостей ремонтного депо та суміжних підприємств по ремонту. Дану задачу можна привести до вигляду задачі лінійного програмування і вирішувати відомим комплекс-методом або методами з використанням нейро-нечітких моделей.

## Висновки

Визначені показники, які характеризують експлуатаційні, ремонтні депо та суміжні підприємства по ремонту ТРС. З використанням експертних методів визначена раціональна їх номенклатура та номенклатура системи технічної експлуатації в цілому.

Запропонована модель функціонування ВСТЕ ТРС. В якості критерію оптимізації було взято мінімізація витрат на експлуатацію, обслуговування та ремонт ТРС з урахуванням регіону експлуатації та стану і можливостей ремонтних підприємств.

В подальшому необхідно виконати розрахунки для оцінки технічної експлуатації тепловозів 2ТЕ116 на залізницях України.

## Список літератури

**Лашко А.Д. Реформування залізничного транспорту як один з кроків на шляху України до світового співтовариства/Зб. праць конф. — К.: КУЕТТ, 2007. — Ч.1. — С.49–51.**

**Айзинбуд С.Я. Эксплуатация локомотивов/С.Я. Айзинбуд, П.И. Кельперис. — М.: Транспорт, 1990. — 261 с.**

**Хасин Л.Ф. Экономика, организация и управление локомотивным хозяйством/Л.Ф. Хасин, В.Н. Матвеев; под ред. Л.Ф. Хасина. — М.: Маршрут, 2002. — 452 с.**

**Экономика железнодорожного транспорта: Учеб. для вузов ж.-д. трансп./под общ. ред. Н.П. Терешиной, Б.М. Лапидуса, М.Ф. Трихункова. — М.: УМК МПС России, 2001. — 600 с.**

**Гличев А.В. Прикладные вопросы квалиметрии. — М.: «Стандарт», 1983.**
**Райхман. О квалиметрии. — М.: «Стандарты и качество», 1983.**
**Номенклатура витрат з основних видів діяльності залізничного транспорту України: наказ Укрзалізниці від 21.08.2007 р. №417-Ц.**

***Аннотация.*** *Согласно Концепции по реформированию железнодорожного транспорта Украины локомотивные депо разделяются на отдельные эксплуатационные и ремонтные. В статье представлена модель технической эксплуатации подвижного состава. Определена номенклатура ремонтных предприятий и эксплуатационных депо*

***Abstract.*** *According to the Concept of reforming the railway locomotive depot Ukraine are divided into separate operating and maintenance. In the model of the technical operation of rolling stock. Determined the range of repair facilities and maintenance depo.*

*Стаття надійшла до редакції 22.03.2011 р.*

***УДК 004.934.1'1***

***ФЕДОРОВ Е.Е., к.т.н., доц.,***
***Донецкая академия автомобильного транспорта***
***СЛЕСОРАЙТИТЕ И., к.т.н.,***
***Вильнюсский университет (Литва)***

# МЕТОДИКА НЕЙРО-НЕЧЕТКОЙ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ГЛАЗА ДЛЯ СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЕМ

*В статье предлагается система признаков, которая описывает состояние зрительного анализатора, представленное биосигналом, и методика нейро-нечеткой диагностики, которая использует эти признаки. Проведено сравнение между обычной экспертной системой, нечеткой системой и авторской методикой.*

## Постановка проблемы

В настоящее время глаукома занимает первое место среди причин слепоты и слабовидения, поэтому актуальными остаются вопросы, связанные с ее диагностикой у водителей. Одним из критериев обнаружения глаукомы является изменение состояния ганглиозных клеток сетчатки глаза. В последние годы для решения задач диагностирования и прогноза состояния объектов широкое применение находят методы искусственного интеллекта. Например, для биологических объектов были использованы экспертные правила[ 1–2] и нейросеть [3].

## Анализ последних исследований и публикаций

Существующие методы распознавания состояния ганглиозных клеток обладают следующими недостатками:

– используется только анализ формы или спектра биосигнала, который не учитывает его деформацию[ 4–6];

– не используется комбинация интеллектуальных технологий (экспертной системы, нечеткой логики, нейросети и генетического алгоритма)[ 4–6];

– не создаются классификаторы для трудноразделимых объектов в пространстве признаков [4–6].

**Цель статьи**

Разработать систему признаков, которая описывает состояние ганглиозных клеток, представленное биосигналом, и методику нейро-нечеткой диагностики, которая использует эти признаки. Провести сравнение между обычной экспертной системой, нечеткой системой и авторской методикой.

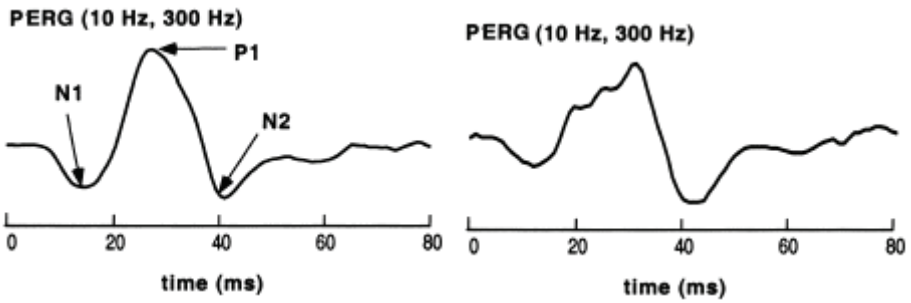
**Основной материал**

По аналогии с используемыми в литературе терминами «нечеткое управление» и «нейро-нечеткая система вывода» авторами данной статьи предлагается термин «система нейро-нечеткой диагностики» (или «система нейро-нечеткого диагностирования»). Создание методики для системы нейро-нечеткой диагностики предусматривает разработку:

- системы признаков биосигнала;
- структуры системы нейро-нечеткого диагностирования;
- блоков системы нечеткого диагностирования (для прогноза по нейросети);
- блоков генетического алгоритма (для обучения параметров нейросети).

**1. Признаки сигнала**

В биосигнале (рис.1), который получен от ганглиозных клеток сетчатки глаза с помощью паттерн-электроретинограммы (ПЭРГ) и обработан полосовым фильтром с диапазоном от 10 Гц до 300 Гц, обычно выделяют a-волну (на рис.1 от начала сигнала до точки $N1$), b-волну (на рис.1 от точки $N1$ до точки $N2$) и c-волну (на рис.1 от точки $N2$ до конца сигнала).




*а)* *б)*

**Рис. 1. Пример недефомированного *а)* и деформированного *б)* биосигнала**

Для этих волн в статье выделяются следующие геометрические признаки, описывающие их форму или занимаемую ими площадь:

- максимум b-волны $x_1$ (на рис.1 точка $P1$);
- позиция максимума b-волны $x_2$;
- количество максимумов b-волны $x_3$ (на рис.1 для недеформированного сигнала только один — глобальный, а для деформированного сигнала три — один глобальный и два локальных);
- высота b-волны относительно своей левой границы $x_4$ (на рис.1 расстояние от точки $P1$ до точки $N1$);
- высота b-волны относительно своей правой границы $x_5$ (на рис.1 расстояние от точки $P1$ до точки $N2$);
- нормированная высота b-волны относительно своей левой границы $x_6 = \frac{x_4}{x_{\max} - x_{\min}}$;

– нормированная высота b-волны относительно своей правой границы $x_7 = \frac{x_5}{x_{\max} - x_{\min}}$;

– длина a-волны $x_8$ (на рис.1 от начала сигнала до точки $N1$);

– длина b-волны $x_9$ (на рис.1 от точки $N1$ до точки $N2$);

– длина c-волны $x_{10}$ (на рис.1 от точки $N2$ до конца сигнала);

– площадь всего сигнала $x_{11}$;

– площадь a-волны $x_{12}$;

– площадь b-волны $x_{13}$;

– площадь c-волны $x_{14}$;

– нормированная площадь a-волны $x_{15} = \frac{x_{12}}{x_{11}}$;

– нормированная площадь b-волны $x_{16} = \frac{x_{13}}{x_{11}}$;

– нормированная площадь c-волны $x_{17} = \frac{x_{14}}{x_{11}}$;

– средняя нормированная площадь a-волны $x_{18} = \frac{x_{12}}{x_{11}x_8}$;

– средняя нормированная площадь b-волны $x_{19} = \frac{x_{13}}{x_{11}x_9}$;

– средняя нормированная площадь c-волны $x_{20} = \frac{x_{14}}{x_{11}x_{10}}$,

где $x_{\max}, x_{\min}$ — максимальное и минимальное значение сигнала соответственно.

Представим нашу систему признаков в виде вектора $X = (x_1, ..., x_n)$.

Для оценки каждого признака предлагается использовать вес в виде

$$w = \frac{P_1}{P_2},$$

где $P_1$ — количество объектов, опознанных по этому признаку,

$P_2$ — общее количество объектов.

**2. Структура системы нейро-нечеткого диагностирования**

Разработанная в статье система нечеткого диагностирования представляет собой нейросетевую нечеткую систему с генетическим алгоритмом, которая обладает следующими достоинствами:

– возможность использования априорной информации — знаний экспертов и представление этих знаний в форме, легко доступной для понимания человеком (за счет использования нечетких правил);

– отсутствуют трудности с определением структуры нейросети (за счет использования нечетких правил);

– возможность обучения и адаптации (за счет использования нейросетевой структуры);

– уменьшение времени обучения (за счет использования генетического алгоритма);

– параллельная обработка информации, которая повышает вычислительную мощность (за счет использования нейросетевой структуры).

Для нейро-нечеткого диагностирования используем четырехслойный полносвязный персептрон (три слоя скрытых и один выходной) (рис.2).

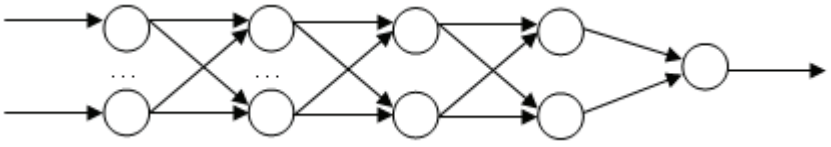


**Рис. 2. Структура системы нейро-нечеткого диагностирования**

Входной (нулевой) слой содержит $N^{(0)} = 20$ нейронов (соответствует количеству признаков $n$). Первый скрытый слой содержит $N^{(1)} = 20$ нейронов (соответствует количеству признаков $n$) и реализует фаззификацию. Второй скрытый слой содержит $N^{(2)} = 2$ нейрона (соответствует количеству правил $M$) и реализует агрегирование. Третий скрытый слой и выходной слой реализуют дефаззификацию и содержат $N^{(3)} = 2$ и $N^{(4)} = 1$ нейрон соответственно.

Весовые коэффициенты определены как

$$w_{ij}^1 = 1, i \in \overline{1, N^{(0)}}, j \in \overline{1, N^{(1)}},$$

$$w_{ij}^2 = 1, i \in \overline{1, N^{(1)}}, j \in \overline{1, N^{(2)}},$$

$$w_{i1}^3 = \hat{y}^i, w_{i2}^3 = 1, i \in \overline{1, N^{(2)}},$$

$$w_{ij}^4 = 1, i \in \overline{1, N^{(3)}}, j \in \overline{1, N^{(4)}}.$$

Число $\hat{y}^i$ в данной статье соответствует номеру класса объектов, т.е. $\hat{y}^i = i$. Поскольку у нас только два класса — больные и здоровые, то $\hat{y}^i \in \{1,2\}$. В отличие от систем, описанных в работах [7–11], в данной работе $\hat{y}^i$ остается постоянным и не изменяется в процессе обучения нейросети.

### 3. Реализация блоков системы нейро-нечеткого диагностирования

Для выполнения нечеткого диагностирования посредством нейросети (рис.2) необходимо предварительно выполнить четыре этапа:

- формирование базы нечетких правил;
- фаззификацию;
- агрегирование подусловий;
- деффазификацию.

В отличие от работы [8] в данной статье не используется этап активизации подзаключений и этап аккумулирования подзаключений, поскольку вес $\hat{y}^i$ не является нечетким числом, а заключение не состоит из подзаключений.

#### 3.1. Формирование базы нечетких правил

Представим $j$-е нечеткое правило в виде

$R^j$: ЕСЛИ $x_1$ есть $A_1^j$ И … И $x_n$ есть $A_n^j$ ТО $y$ есть $\hat{y}^j$, $j \in \overline{1, M}$,

где $A_i^j$ — лингвистическая переменная, $x_i$ — входная переменная, $y$ — выходная переменная.

Лингвистическая переменная $A_i^j$ связана с функцией принадлежности $\mu_{A_i^j}(x_i)$.

### 3.2. Фаззификация

Определим степень истинности $i$-го подусловия, т.е. установим соответствие между входными переменными $x_i$ $j$-го правила и значениями функции принадлежности $\mu_{A_i^j}(x_i)$.

Выберем в качестве $\mu_{A_i^j}(x_i)$ функцию Гаусса, т.е.

$$\mu_{A_i^j}(x_i) = \exp\left[-\left(\frac{x_i - m_i^j}{\sigma_i^j}\right)^2\right],$$

где $m_i^j$ — математическое ожидание, $\sigma_i^j$ — среднеквадратичное отклонение.

### 3.3. Агрегирование подусловий

Определим степень истинности условия для $j$-го правила в виде

$\mu_{A^j}(x) = \mu_{A_1^j}(x_1)...\mu_{A_n^j}(x_n), j \in \overline{1,M}$.

### 3.4. Деффазификация

Для получения номера класса в виде целого числа, авторами введено округление центра тяжести в виде

$$y = round\left(\frac{\sum_{j=1}^{M}\mu_{A^j}(x)\hat{y}^j}{\sum_{j=1}^{M}\mu_{A^j}(x)}\right),$$

где $round(v)$ — функция округления до целого.

Числитель и знаменатель дроби вычисляются в первом и втором нейроне третьего слоя нейросети (рис.1), сама дробь и округление — в четвертом слое нейросети.

Таким образом, математическую модель системы нейро-нечеткого диагностирования можно представить в виде

$$y = round\left(\frac{\sum_{j=1}^{M}\hat{y}^j\prod_{i=1}^{n}\exp\left[-\left(\frac{x_i - m_i^j}{\sigma_i^j}\right)^2\right]}{\sum_{j=1}^{M}\prod_{i=1}^{n}\exp\left[-\left(\frac{x_i - m_i^j}{\sigma_i^j}\right)^2\right]}\right)$$

Согласно работе [11], такую систему можно рассматривать как универсальный аппроксиматор функций.

## 4. Реализация блоков генетического алгоритма

Обучение нечеткой нейросети (например, на основе алгоритма обратного распространения ошибки) в случае близких друг другу образов имеет высокую вычислительную сложность, а непосредственное использование в качестве $m_i^j, \sigma_i^j$ математического ожидания и среднеквад-

ратичного отклонения признаков, снижает вероятность правильного диагноза. Поэтому в статье используется генетический алгоритм, который включает в себя следующие блоки:

- представление особей и создание исходной популяции;
- фитнесс-функция;
- оператор репродукции (селекции);
- оператор кроссинговера (кроссовера, рекомбинации);
- оператор мутации;
- оператор редукции;
- условие останова.

### 4.1. Представление особей и создание исходной популяции

В статье выбраны вещественные (действительные) гены в силу следующих причин:

- возможность поиска в больших пространствах, что трудно делать в случае двоичных генов, когда увеличение пространства поиска сокращает точность решения при неизменной длине хромосомы;
- способность к локальной настройке решений;
- отсутствие операций кодирования/декодирования, которые необходимы для двоичных генов, повышает скорость работы алгоритма;
- близость к постановке большинства задач диагностирования.

В качестве хромосомы, которая представляет $i$-ю особь популяции $H = \{h_i\}$, выступает упорядоченный вектор математических ожиданий и среднеквадратичных отклонений

$$h_i = (lx_1^1 + i * \Delta m_1^1, lx_1^2 + i * \Delta m_1^2, \ldots, lx_n^1 + i * \Delta m_n^1, lx_n^2 + i * \Delta m_n^2,$$

$$lx_1^1 + i * \Delta\sigma_1^1, lx_1^2 + i * \Delta\sigma_1^2, \ldots, lx_n^1 + i * \Delta\sigma_n^1, lx_n^2 + i * \Delta\sigma_n^2), i \in \overline{1, |H|},$$

$$\Delta m_k^j = \frac{rx_k^j - lx_k^j}{|H|}, \Delta\sigma_k^j = \frac{lr_k^j - lx_k^j}{|H|}, j \in \overline{1, M},$$

где $|H|$ — мощность популяции,

$lx_k^j, rx_k^j$ — левая и правая границы значений $k$-го признака, вычисленные экспериментально.

### 4.2. Фитнесс-функция

Поскольку для ряда методов репродукции (например, рулетки) допускается только максимизация функции, то авторами в данной статье предложена следующая фитнесс-функция, соответствующая вероятности правильного распознавания

$$F = \frac{1}{P}\sum_{p=1}^{P} I(y_p^{net} - y_p^{obj}) \to \max_{m_i^j, \sigma_i^j},$$

$$I(a) = \begin{cases} 1, & a = 0 \\ 0, & иначе \end{cases},$$

где $y_p^{obj}$ — отклик, полученный с объекта (глаза),

$y_p^{net}$ — отклик, полученный по нейросети,

$P$ — количество объектов в виде реализаций биосигнала.

**4.3. Оператор репродукции (селекции)**

В качестве оператора репродукции в работе используется рулетка (пропорциональный отбор) [12]. Число копий для каждого $i$-го вектора математических ожиданий и среднеквадратичных отклонений (хромосомы) зависит от величины ее фитнесс-функции и определяется в виде

$$m_i = round\left( \frac{F(h_i)}{\sum_{s=1}^{|H|} F(h_s)} \mid H \mid \right), i \in \overline{1,\mid H \mid}.$$

**4.4. Оператор кроссинговера (кроссовера, рекомбинации)**

Используем дискретную рекомбинацию [12]. Два вектора математических ожиданий и среднеквадратичных отклонений (хромосомы-родители) выбираются случайно. Затем для каждого гена хромосомы с равной вероятностью выбирается первый или второй родитель. Осуществляется скрещивание, и производятся два потомка. Вероятность кроссинговера — 0.5.

**4.5. Оператор мутации**

Случайно выбирается вектор математических ожиданий и среднеквадратичных отклонений (хромосома). Затем случайно выбирается математическое ожидание или среднеквадратичное отклонение из этого вектора (ген хромосомы), к которому добавляется шаг мутации $\Delta$.

В статье для вычисления шага мутации используется алгоритм имитации отжига [12]

$$\Delta = \begin{cases} (\max h_{ij} - h_{ij})\left(1 - r^{\left(1-\frac{t}{T}\right)^2}\right), & r \geq 0 \\ (h_{ij} - \min h_{ij})\left(1 - (-r)^{\left(1-\frac{t}{T}\right)^2}\right), & r < 0 \end{cases},$$

где $\max h_{ij}, \min h_{ij}$ — максимальное и минимальное значение $j$-го гена $i$-й хромосомы,

$t$ — номер итерации, $T$ — максимальное количество итераций,

$r$ — случайное число, $r \in [-1,1]$.

Для этого алгоритма вероятность мутации уменьшаться с количеством итераций

$$P_m = P_0 \exp(-1/t), P_0 = 0.05 \div 0.1.$$

**4.6. Оператор редукции**

Используем селекционную схему [12]. Старые и новые вектора математических ожиданий и среднеквадратичных отклонений (особи) объединяются в одно множество (популяцию) и упорядочиваются по убыванию значения фитнесс-функции. Отбираются первых $|H|$ векторов (особей).

**4.7. Условие останова**

В статье авторами предлагается следующее условие

$$1 - \max_i F(h_i) < \varepsilon \vee t \geq T$$

Значение $\varepsilon$ и $T$ вычисляются экспериментально.

**5. Численное исследование экспертной системы, нечеткой системы и авторской методики**

В табл.1 приведены результаты численного исследования. Как видно из табл.1, из 20 объектов экспертной системой было не распознано 2 объекта (9-й и 20-й в колонке 3), нечеткой системой было неправильно распознано 3 объекта (11-й, 13–1, 20-й в колонке 4), авторской методикой был неправильно распознан только 1 объект (20-й в колонке 5).

Таким образом, вероятность правильного распознавания в случае авторской методики составила 0.95.

Таблица 2

**Сравнение экспертной системы, нечеткой системы и авторской методики**

| № | $y^{obj}$ | $y^{ES}$ | $y^{FS}$ | $y^{NFS}$ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 5 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 6 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 8 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 9 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 11 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| 12 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 13 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| 14 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 15 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 16 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 17 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 18 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 19 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 20 | 2 | 0 | 1 | 1 |

## Выводы

Новизна. В статье была предложена система признаков, которая описывает состояние зрительного анализатора, представленное поступившим от него биосигналом, и методика нейро-нечеткой диагностики, которая использует эти признаки. Авторская система признаков позволяет учесть искривление формы биосигнала и изменение его амплитуды. Предложенная методика нейро-нечеткой диагностики представляет знания в виде правил, легко доступных для понимания человеком; предоставляет возможность обучения и адаптации; обеспечивает параллельную обработку информации, которая повышает вычислительную мощность системы; уменьшает время обучения.

**Практическое значение.** Предложенная методика нейро-нечеткой диагностики может использоваться как составная часть автоматизированной интеллектуальной системы диагностики физиологического состояния водителя.

## Список литературы

**1. Ustinovichius L., Balcevich R., Kochin D., Sliesoraityte I. The use of verbal classification for determining the course of medical treatment by medicinal herbs // Proceedings of 10th Conference on Artificial Intelligence in Medicine. — Aberdeen. — 2005. — pp. 276 –85.**

**2. Sliesoraityte I., Dubakiene R., Ustinovicius L., Podvezko V., Sliesoraitiene V. Verbal analysis in multicriteria risk factors environment for construction expert based allergy diagnostic and treatment software // 4th WSEAS International Conference on Environment, ecosystems and development (EED '06). Venice. — 2006. — pp. 20–22.**

**3. Sliesoraityte I. Artificial Neural Networks to Predict the Nerve Fiber Layer Thickness in Relation to Retrobulbar Hemodynamics in Open Angle Glaucoma/I. Sliesoraityte I., E. Fedorov, R. Dubakine // Proc. ARVO. — Fort Lauderdale. — 2009. — режим доступа к тезисам:**

**http://arvo.abstractsonline.com/Plan/ViewAbstract.aspx?mID=2281&sKey=a1db97c0-6850-4f6a-9f3c-2123ed17fd51&cKey=2a8a9ddc-c33b-4eba-b617-9aecbe579 944.**

**4. Penkala K. Analysis of bioelectrical signals of the human retina (PERG) and visual cortex (PVEP) evoked by pattern stimuli // Bulletin Of The Polish Academy Of Sciences Technical Sciences. — 2005. — Vol. 53, № 3, — pp. 223–229.**

**5. Bach M., Unsoeld A S., Philippin H., Staubach F., Maier P., Walter H.S., Bomer T.G., Funk J. Pattern ERG as an Early Glaucoma Indicator in Ocular Hypertension: A Long-Term, Prospective Study // Investigative Ophthalmology & Visual S cience — 2006. — Vol. 47, № 11. — pp. 4881 –4887.**

**6. Unser M., Aldroubi A. A review of wavelets in biomedical applications // Proc. IEEE 84. — 1996. — № 4. — pp. 626–638.**

**7. Huang S., Ren W. Use of Neural Fuzzy Networks with Mixed Genetic/Gradient Algorithm in Automated Vehicle Control // IEEE Transactions On Industrial Electronics. — 1999. — Vol. 46, № 6. — pp. 1090 –1102.**

**8. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. — СПб.: BHV-Петербург, 2005–736р .**

**9. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. — М.: Горячая линия — Телеком, 2006. — 452 с.**

**10. Комарцова Л.Г., Максимов А.В. Нейрокомпьютеры. М.: — Изд-во МГТУ им.Н.Э. Баумана, 2002. — 320 с.**

**11. Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. — М.: Горячая линия — Телеком, 2002. — 382 с.**

**12. Скобцов Ю. А. Основы эволюционных вычислений. — Учебное пособие. — Донецк: ДонНТУ, 2008. — 326 с.**

***Анотація.*** *У статті пропонується система ознак, що описує стан зорового аналізатора, представлене біо сигналом, і методика нейро-нечіткої діагностики, що використовує ці ознаки. Проведено порівняння між звичайною експертною системою, нечіткою системою й авторською методикою.*

***Abstract.*** *In article the system of signs which describes the condition of the visual analyzer presented by a biosignal, and a technique neuro-fuzzy diagnostics which uses these signs is offered. Comparison between usual expert system, fuzzy system and an author's technique is spent.*

*Стаття надійшла до редакції 15.03.2011 р.*

***УДК 629.113***

***КОСТЕНКО А.В., к.т.н., доц.; ВЕРБИЦЬКИЙ В.Г., д.ф.-м.н., проф,***
***Донецька академія автомобільного транспорту***
***БЕЛЕВЦОВА Н.Л., к.т.н., доц.,***
***Державний економіко-технологічний університет транспорту (м. Київ)***

# АНАЛІЗ СТІЙКОСТІ СТАЦІОНАРНИХ СТАНІВ РУХУ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ З УРАХУВАННЯМ ТЯГОВИХ ЗУСИЛЬ

*Наведено методику оцінки стійкості кругових стаціонарних станів легкового автомобіля за допомогою методів біфуркаційного аналізу, тобто без попереднього знаходження параметрів стаціонарних станів моделі.*

## Вступ

Дослідження курсової стійкості руху легкових автомобілів з урахуванням повздовжніх сил, що діють в контакті коліс із дорогою є важливим, оскільки наявність таких сил призводить до зміни параметрів стійкості автомобіля при його русі [1,2]. Це може спричинити погіршення КСР, а, отже, негативно вплинути на безпеку руху. Спроби дослідження впливу тягової сили на стійкість можна знайти в роботі Gillespie [3], але в цій роботі була лінійна постановка задачі, що на даний момент недостатньо. Дослідження стійкості можна виконувати на підставі побудови біфуркаційних множин [4] (метод подовження за двома керованими параметрами).

## Мета статті

Дослідження КСР автомобіля з урахуванням повздовжньої тягової сили, що діє на колесах передньої осі.

## Основний розділ

Для дослідження використовується одномасова «велосипедна» модель автомобіля із закріпленим рульовим керуванням [5]. Розрахункова схема представлена на рис. 1.

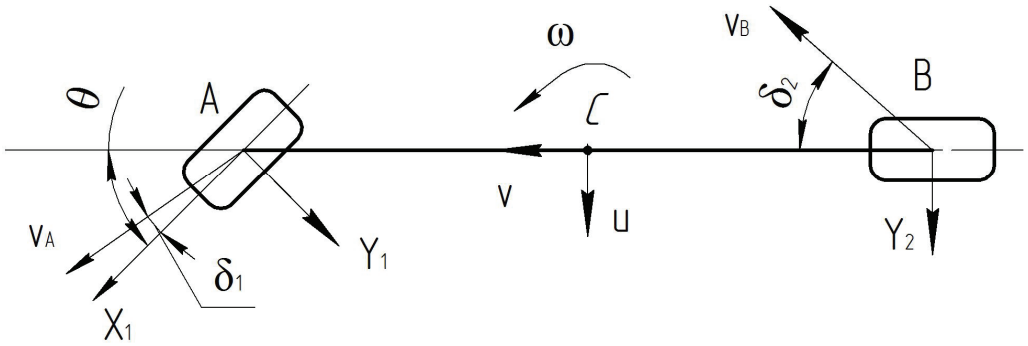



**Рис. 1. Розрахункова модель автомобіля**

Рівняння руху моделі мають вигляд:

$$\begin{cases} m\left(\dot{u}+v\omega\right)=Y_1+Y_2+X_1\sin\theta; \\ J\dot{\omega}=a\left(Y_1+X_1\sin\theta\right)-bY_2, \end{cases} \qquad (1)$$

де $Y_1$, $Y_2$ — бічні сили, що виникають між колесом і дорогою;

$X_1$ — тягова сила.

Сила бічного відведення як функція кута відведення представлена нелінійною залежністю:

$$Y_i = \frac{k_i \delta_i}{\sqrt{1 - \left( \frac{k_i \delta_i}{G_i \varphi_i} \right)^2}}. \qquad (2)$$

Сила тяги визначається за умови, що її величина дорівнює силам опору руху. В цьому випадку слід визначити силу опору коченню та силу опору повітряного середовища, які також будуть залежати від повздовжньої швидкості $v$ автомобіля. Таким чином, величина сили тяги визначається за формулою [6]

$$X_1 = mgf + k_w F v^2, \qquad (3)$$

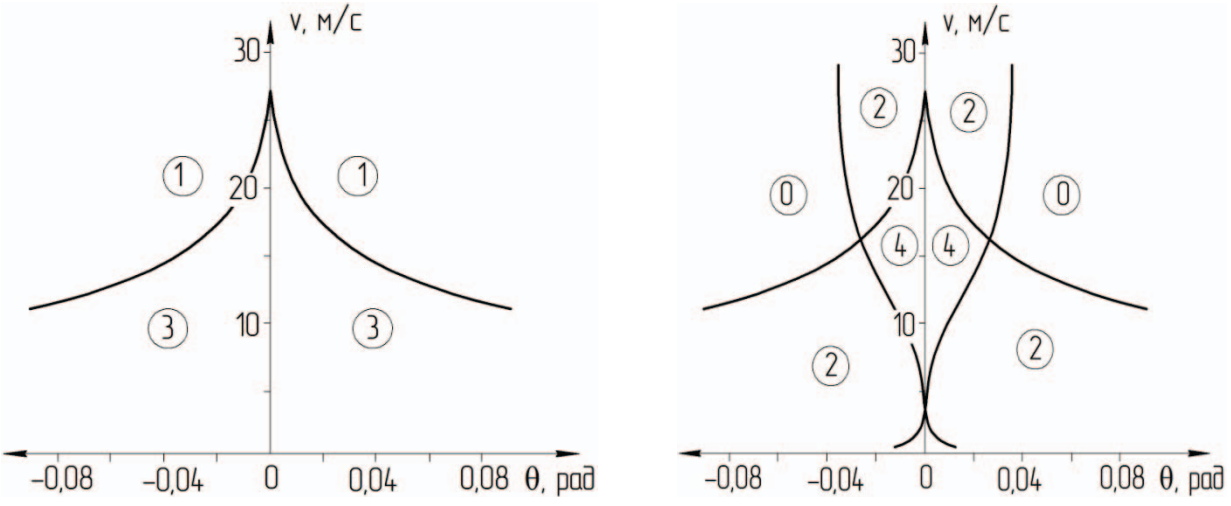
де $f$ — коефіцієнт опору коченню $\left( f = f_0(1 + 0{,}0216 v^2) \right)$;

$k_w$ — коефіцієнт опору повітряного середовища;

$F$ — лобова площа автомобіля.

Прийняті наступні чисельні значення параметрів, що входять в рівняння (101 503): $\varphi = 0{,}8$; $l = 2{,}42$ м; $m = 1325$ кг; $k_1 = 50$ кН/рад; $k_2 = 40$ кН/рад; $f_0 = 0{,}015$; $k_w = 0{,}3$ Нс²/м⁴; $F = 1{,}792$ м².

На підставі рівнянь, що визначають множину стаціонарних станів системи (1), метод подовження за двома параметрами дає можливість визначити критичні значення керованих параметрів (біфуркаційну множину) — при яких відбувається дивергентна втрата стійкості стаціонарних станів (програма побудови біфуркаційної множини реалізована в середовищі математичного пакета MAPLE). На рис. 2 представлені біфуркаційні множини для випадків, коли повздовжня сила відсутня (рис. 2 *а*) та врахована сила тяги (рис. 2 *б*).




*а)* *б)*

**Рис. 2. Біфуркаційна множина:**

*а* — $X_1 = 0$; *б* — $X_1 = mgf + k_w F v^2$

Рис. 2 вказує на якісні зміни біфуркаційної множини при реалізації сили тяги на передній осі, в порівнянні з задньопривідним варіантом; площа керованих параметрів θ і v розділяється на області з різною кількістю стаціонарних режимів руху (відповідна кількість стаціонарних станів представлена цифрами в колах).

На рис. 2*а* є дві області — з одним стаціонарним режимом руху, причому нестійким, та з трьома режимами, з яких два стійких та один нестійкий або два стійких та один нестійкий.

На рис. 2*б* в областях з двома стаціонарними режимами один режим буде стійким, а другий нестійким. Відповідно в областях з чотирма стаціонарними режимами — два стійкі та два нестійкі.

Можна відзначити, що найбільш небезпечними є зони з відсутністю стаціонарних режимів руху, або з одним нестійким режимом, що для автомобіля може означати втрату стійкості, наприклад, занос [7].

Для подальшого аналізу слід розглядати безпосередньо отримані на біфуркаційній множині області з метою безпосереднього визначення параметрів стаціонарних режимів руху.

В якості прикладу розглянута область з чотирма стаціонарними режимами руху (див. рис. 2б). Для швидкості $v$=20 м/с побудовано низку допоміжних залежностей, що приведені на рис. 3–5.

На рис. 3 наведена залежність кутової швидкості $\omega$ навколо вертикальної вісі корпуса автомобіля від кута повороту керованих коліс $\theta$ (побудовано для випадку, коли $X_1 \neq 0$), точки повороту на графіку відповідають двократним стаціонарним режимам (зміна стану стійкості). На жаль, цей графік не дає можливості встановити ймовірності реалізації «додаткових» стійких стаціонарних режимів.

Для того, щоб встановити реальність можливих стаціонарних режимів побудуємо залежність кута відведення $\delta_2$ коліс задньої вісі від кута повороту керованих коліс $\theta$ (рис. 4), точки повороту на графіках відповідають зміні стійкості стаціонарних режимів. Крім того, на рис. 4 представлено залежності із врахуванням тягової сили та без неї. Проаналізувавши рис. 4, робимо висновок, що додаткові стійкі стаціонарні режими навряд чи можуть реалізуватися в реальних умовах (кут відведення складає приблизно 0,6 рад).

Для співставлення кутів відведення на передній та задній осях приведено рис. 5 (суцільна лінія відображає стійкі режими руху, а штрихова — нестійкі).

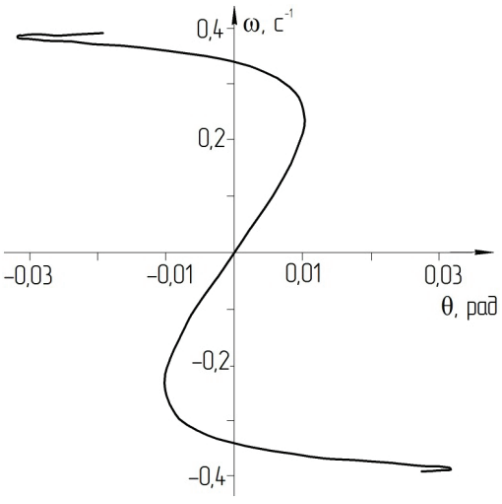



**Рис. 3. Залежність $\omega = f(\theta)$**

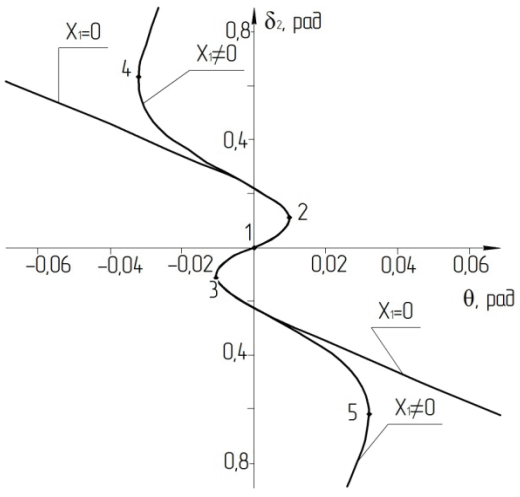
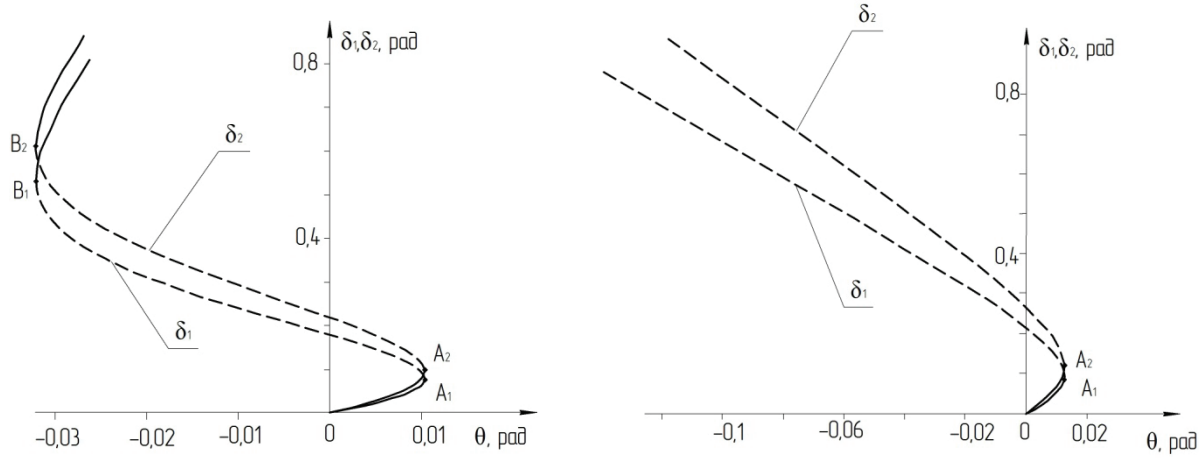



**Рис. 4. Залежність $\delta_2 = f(\theta)$**




*а)* *б)*

**Рис. 5. Залежності $\delta_1 = f(\theta)$ та $\delta_2 = f(\theta)$:**
*а* — $X_1 \neq 0$; *; б* — $X_1 = 0$

## Висновки

Тягова сила впливає на параметри КСР. Зокрема, було встановлено, що наявність тягової сили на передній осі якісно змінює вигляд біфуркаційної множини, а, отже, змінюється обрис областей із стійкими або нестійкими режимами руху. Геометрія цих областей залежить від конструктивних характеристик автомобіля та нелінійних пружних характеристик шин (характеристик сил відведення); побудова залежностей $\omega = f(\theta)$ та $\delta_i = f(\theta)$ дозволяє оцінити ймовірність реалізації «додаткових» стійких стаціонарних режимів.

## Список літератури

**1. Костенко А.В. До питання про дослідження курсової стійкості руху легкових автомобілів/А.В. Костенко // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. — 2010. — № 3. — С.72 –77.**

**2. Gillespie Thomas D., Fundamentals of Vehicle Dynamics/Thomas D. Gillespie. — Society of Automotive Engineers, Inc, 1992–470 p.**

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

**4. До питання про визначення харктеристик поворотності легкового автомобіля/В.Г. Вербицький, А.В. Костенко, А.М. Єфименко [та ін.] // Наукові нотатки: міжвузівський збірник. — Луцьк, 2010. — Вип. 29. — С.41 –47.**

**5. Тарасик В.П. Теория движения автомобиля: [учебник для вузов]/В.П. Тарасик. — СПб.: БХВ — Петербург, 2006. — 478 с.**

**6. Вербицький В.Г. До питання визначення та аналізу показників курсової стійкості руху легкового автомобіля/В.Г. Вербицький, В.А. Макаров, А.В. Костенко // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту. — 2009. — № 2. — С.21 –25.**

***Аннотация.*** *Приведена методика оценки устойчивости круговых стационарных состояний легкового автомобиля с помощью методов бифуркационного анализа, то есть без предварительного нахождения параметров стационарных состояний модели.*

***Abstract.*** *The estimation procedure of circular stationary conditions stability of the car by means of bifurcation analysis methods is brought, i.e. without a preliminary parameters finding of model stationary conditions.*

*Стаття надійшла до редакції 04.03.2011 р.*

***УДК 629.083***

***ПОДРИГАЛО М.А., д. т. н., профессор, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет;***
***НАЗАРОВ В.И., ведущий инженер, Запорожский автомобильный завод***

# ВЛИЯНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТОРМОЗНЫХ СИЛ МЕЖДУ ОСЯМИ НА ФАЗЫ ПРОЦЕССА ТОРМОЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

*Уточнены параметры процесса торможения автомобиля в процессе эксплуатации при различном сочетании заблокированных и незаблокированных колёс. Даны рекомендации по выбору постоянного значения коэффициента распределения общей тормозной силы на переднюю ось из условия предотвращения опережающего блокирования задних колёс.*

## Введение

На движение автомобиля в тормозном режиме оказывает влияние частота распределения тормозных сил в реальных дорожных условиях, стабильность их величины при постоянном управляющем воздействии со стороны водителя и предельная скорость их изменения для существующих типов тормозного привода.

Несмотря на накопившиеся значительные экспериментальные данные [1], в литературе отсутствуют критериальные условия для оценки влияния изменения коэффициента распределения тормозных сил между осями на устойчивость движения легковых автомобилей при эксплуатации. Кроме того, существующие физические и математические модели описывают поведение автомобиля при значительных углах бокового увода колес и скоростях бокового скольжения, что и обусловило появление в качестве критерия устойчивости, так называемой, критической скорости движения. Учитывая требования нормативного документа [2], определяющего угол поворота продольной оси автомобиля в конце торможения не более 8°, необходимым является исследование курсовой устойчивости автомобиля при малых изменениях курсового угла.

## Постановка проблемы

Проведенный теоретический анализ [3] предоставляет возможность сформулировать основные причины потери устойчивости легковых автомобилей в процессе их эксплуатации, среди которых имеет место неравенство тормозных сил на колесах, вызванное неравномерным износом тормозных механизмов, шин колес и реализацией коэффициента сцепления между шинами и дорогой. Однако, влияние изменения коэффициента распределения тормозных сил между осями автомобиля при различном сочетании блокированных и не блокированных колес с учетом скачкообразного динамического перераспределения вертикальных реакций на колесах на фазы процесса торможения не рассматривались.

## Анализ последних достижений и публикаций

Исследованию динамики торможения автомобиля и различных фаз этого процесса посвящена работа [4]. В этой работе впервые определены три фазы процесса торможения одиночного автомобиля:

а) 1-я фаза — до начала блокирования колёс;
б) 2-я фаза — при заблокированных колёсах одной из осей;
в) 3-я фаза — при заблокированных колёсах на обеих осях.

Очерёдность блокирования колёс передней и задней осей определяется выбором величины коэффициента тормозной силы на переднюю ось

$$\beta_д = \frac{P_{T1}}{P_{T1} + P_{T2}}, \tag{1}$$

где $P_{T1}$, $P_{T2}$ — тормозные силы на передней и задней осях автомобиля, одновременно создаваемые водителем.

При одновременном доведении до грани блокирования колёс передней и задней осей 2-я фаза процесса отсутствует. Одновременное блокирование колёс передней и задней осей автомобиля возможно при одном расчётном значении коэффициента сцепления колёс с дорогой

$$\varphi_0 = \frac{\beta_д \cdot L - b}{h}, \tag{2}$$

где L — продольная колёсная база автомобиля,

b — расстояние от задней оси до проекции центра масс автомобиля на горизонтальную плоскость,

h — высота центра масс автомобиля.

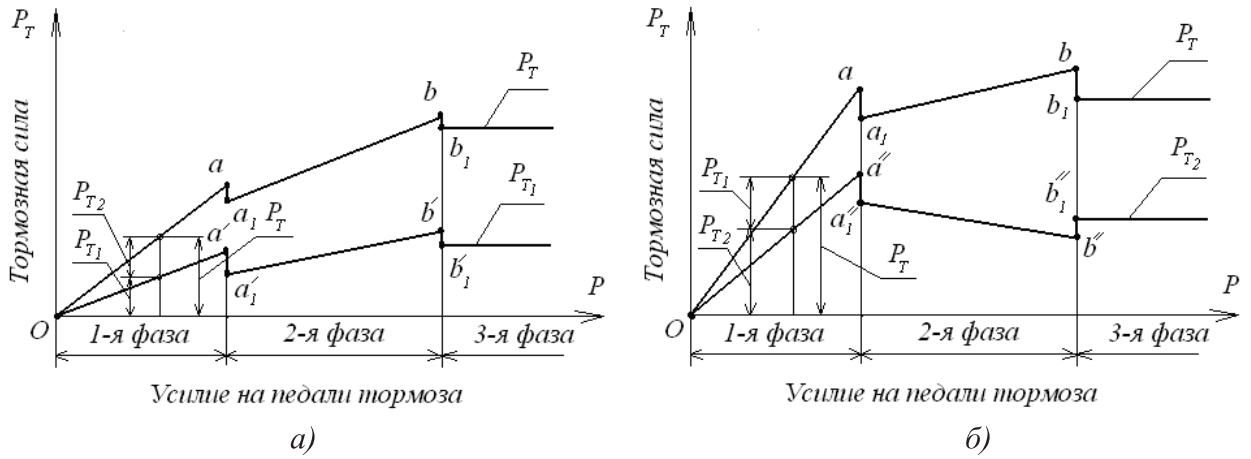
Идеальное распределение тормозных сил между осями определено Е.А. Чудаковым [4] и выражается следующем уравнением

$$\beta_{ид} = \frac{b}{L} + \varphi \cdot \frac{h}{L}, \tag{3}$$

где $\varphi$ — текущее значение коэффициента сцепления колёс с дорогой, которое может находиться в пределах от минимального $\varphi = 0{,}2$, до максимального $\varphi = 0{,}8$.

При $\varphi \le \varphi_0$ происходит опережающее блокирование колёс передней оси, а при $\varphi \ge \varphi_0$ — задней. При опережающем блокировании передних колёс автомобиль теряет управляемость, а при опережающем блокировании задних — устойчивость.

В работе А.Б. Гредескула [1], в соответствии с фазами блокирования колёс получены зависимости тормозных сил от усилия на педали. На рис. 1 показаны примерные графики общей тормозной силы и тормозных сил на осях в зависимости от усилия на педали тормозов [1].




*а)* *б)*

**Рис. 1. Зависимости тормозных сил от усилия на педали:**

*а — при* $\varphi \le \varphi_0$; *б — при* $\varphi \ge \varphi_0$.

В пределах 1-й фазы тормозные силы на отдельных осях и общая тормозная сила нарастает пропорционально усилию на педали (участок 0-a, см. рис. 1). При этом соотношение между тормозными силами $P_{T1}$ и $P_{T2}$ определяется соотношением

$$\frac{P_{T1}}{P_{T2}} = \frac{\beta_\partial}{1-\beta_\partial}. \qquad (4)$$

В конце 1-й фазы тормозная сила на одной из осей достигает предела по сцеплению (точки a' и a", см. рис. 1), после чего колёса этой оси блокируются [1]. При блокировании колёс резко уменьшается коэффициент сцепления в площадках контакта шин с дорогой. При этом уменьшается тормозная сила на блокированной оси (участки a'–a'$_1$ и a"–a"$_1$, см. рис. 1) и общая тормозная сила (участок a–a$_1$) [1].

Дальнейшее увеличение усилия на педали вызывает увеличение тормозной силы на неблокированной оси и общей тормозной силы. В то же время тормозная сила на блокированной оси изменяется в связи с изменением перераспределения нагрузки между осями: при $\varphi \geq \varphi_0$ во второй фазе $P_{T2}$ уменьшается (участок a"$_1$–b", см. рис. 1, б), а при $\varphi \leq \varphi_0$ сила $P_{T1}$ увеличивается (a'$_1$–b', см. рис. 1, а)) [1].

В конце 2-й фазы (точка b) тормозная сила на второй неблокированной оси тоже достигает предела по сцеплению. Затем блокируется вторая ось, тормозная сила на ней уменьшается в связи с уменьшением коэффициента сцепления при блокировке и соответственно уменьшается общая тормозная сила (участки b-b1). Уменьшение $P_T$ изменяет перераспределение нагрузки, что вызывает изменение тормозной силы на ранее блокированной оси: уменьшение $P_{T2}$ при $\varphi \geq \varphi_0$ (участок b"–b"$_1$, см. рис. 1, б)) или уменьшение $P_{T1}$ при $\varphi \leq \varphi_0$ (b'–b'$_1$, см. рис. 1, а)) [1].

В 3-й фазе колёса обеих колёс заблокированы и тормозные силы незначительно изменяются в связи с уменьшением коэффициента сцепления при различной скорости скольжения. На рис. 1 это не учитывается — тормозные силы постоянны.

В работах [1, 4] при анализе динамического распределения вертикальных реакций дороги между осями использовалась одномассовая модель автомобиля. При этом плечо опрокидывающего момента принималось равным высоте центра масс автомобиля h. Это справедливо для торможения автомобиля со всеми заблокированными колёсами (в 3-й фазе). При торможении в 1-й фазе процесса колёса обеих осей не заблокированы, имеет место трёхмассовая динамическая модель, и плечо опрокидывающего момента — это расстояние от центра масс автомобиля до плоскости, проходящей через оси передних и задних колёс [5]. При торможении во 2-й фазе процесса опрокидывающие моменты от тормозных сил на заблокированных и незаблокированных колёсах будут иметь различные плечи.

**Цель и постановка задач исследования**

Целью исследования является повышение устойчивости двухосного автомобиля при торможениях в эксплуатации за счёт рационального выбора распределения тормозных сил между осями.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

– определить вертикальные реакции дороги на осях автомобиля, предельные тормозные силы и, соответствующее им распределение тормозных сил между осями при торможении на границах фаз;

– определить рациональное постоянное значение коэффициента распределения общей тормозной силы на переднюю ось, обеспечивающее устойчивость автомобиля при торможении.

**Определение вертикальных реакций дороги на колёсах передней и задней осей автомобиля**

Для торможения автомобиля в 1-й фазе (с незаблокированными колёсами), составляя уравнение Д'Аламбера в виде суммы действительных фиктивных моментов относительно осей передних и задних колёс, получим уравнения

$$R_{z1} = G_a \cdot \frac{b}{L} + P_{T1} \cdot \frac{h - r_{cb}}{L} + P_{T2} \cdot \frac{h - r_{cb}}{L}, \quad (5)$$

$$R_{z2} = G_a \cdot \frac{a}{L} - P_{T1} \cdot \frac{h - r_{cb}}{L} - P_{T2} \cdot \frac{h - r_{cb}}{L}, \quad (6)$$

где $R_{z1}$ и $R_{z2}$ — суммарные вертикальные реакции дороги на колёсах передней и задней осей;

a — расстояние от передней оси до проекции центра масс автомобиля на горизонтальную плоскость;

$r_{cb}$ — свободный радиус колёс (при выводе уравнений (4) и (5) принималось допущение о том, что колёса абсолютно жёсткие в радиальном направлении);

$G_a$ — общий вес автомобиля.

При одновременном доведении до грани блокирования передних и задних колёс справедливы выражения

$$P_{T1} = \varphi \cdot R_{z1}, \quad (7)$$

$$P_{T2} = \varphi \cdot R_{z2}. \quad (8)$$

Подставляя выражения (7) и (8) в уравнения (5) и (6), после преобразования получим

$$R_{z1} = G_a \cdot \left( \frac{b}{L} + \varphi \cdot \frac{h - r_{cb}}{L} \right), \quad (9)$$

$$R_{z2} = G_a \cdot \left( \frac{a}{L} - \varphi \cdot \frac{h - r_{cb}}{L} \right). \quad (10)$$

Из выражений (9) и (10) видно, что при $h = r_{cb}$ динамические реакции на колёсах передней и задней осей будут равны статическим, т. е.

$$R_{z1} = G_a \cdot \frac{b}{L}, \quad (11)$$

$$R_{z2} = G_a \cdot \frac{a}{L}. \quad (12)$$

Тормозные силы на осях, развиваемые на пределе блокирования передних и задних колёс, будут равны

$$P_{T1} = \varphi \cdot R_{z1} = \varphi \cdot G_a \cdot \left( \frac{b}{L} + \varphi \cdot \frac{h - r_{cb}}{L} \right), \tag{13}$$

$$P_{T2} = \varphi \cdot R_{z2} = \varphi \cdot G_a \cdot \left( \frac{a}{L} - \varphi \cdot \frac{h - r_{cb}}{L} \right). \tag{14}$$

Процесс торможения автомобиля, при котором колёса передней и задней осей одновременно доводятся до грани блокирования можно считать идеальным, и к которому необходимо стремиться. Его реализация возможна при недопущении блокирования колёс и коэффициенте распределения общей тормозной силы на переднюю ось, равном

$$\beta_{ид} = \frac{P_{T1}}{P_{T1} + P_{T2}} = \frac{P_{T1}}{\varphi \cdot G_a} = \frac{b}{L} + \varphi \cdot \frac{h - r_{cb}}{L}, \tag{15}$$

где $\beta_{ид}$ — идеальный, по условию одновременного доведения до грани блокирования передних и задних колёс автомобиля, коэффициент распределения тормозных сил.

В известной литературе [1, 4] идеальному процессу торможения с одновременным доведением до грани блокирования всех колёс соответствует уравнение (3). Указанное выражение было получено в работе [5] для одномассовой динамической модели автомобиля, т. е. для случая торможения в 3-ей фазе со всеми заблокированными колёсами. Поэтому возникает вопрос о необходимости исследования выражения (3) при создании алгоритмов работы систем автоматического регулирования распределения тормозных сил между осями. Закон регулирования распределения (3) регулируется автоматически, но уже после блокирования колёс, что является бессмысленным.

При торможении в 3-й фазе (со всеми заблокированными колёсами) тормозные силы на осях

$$P_{T1} = \varphi \cdot R_{z1} = \varphi \cdot G_a \cdot \left( \frac{b}{L} + \varphi \cdot \frac{h}{L} \right), \tag{16}$$

$$P_{T2} = \varphi \cdot R_{z2} = \varphi \cdot G_a \cdot \left( \frac{a}{L} - \varphi \cdot \frac{h}{L} \right). \tag{17}$$

На рис. 2 приведена зависимость $P_{T2} = f\left(P_{T1}\right)$ для границы 1-й и 3-й фаз, построенные с помощью уравнений (13) и (14). На этом же графике приведена аналогичная зависимость при торможении со всеми заблокированными колёсами (в 3-й фазе), построенная при помощи уравнений (16) и (17). Расчёты выполнены для условного легкового автомобиля. В работе [1] предложена зависимость для определения рационального значения расчётного коэффициента сцепления в виде

$$\varphi_{0\,рац.} = \frac{a}{L} \cdot \varphi' + \frac{b}{L} \cdot \varphi''. \tag{18}$$

В соответствии с традиционным подходом к расчёту рационального распределения тормозных сил между осями можно определить

$$\beta_{д.рац.} = \frac{b}{L} + \left( \frac{a}{L} \cdot \varphi' + \frac{b}{L} \cdot \varphi'' \right) \cdot \frac{h}{L}. \qquad (19)$$

Тогда соотношение $P_{T2} / P_{T1}$ при рациональном значении $\beta_{д.рац.}$ будет равно

$$\frac{P_{T2}}{P_{T1}} = \frac{\left(1 - \beta_{д.рац.}\right) \cdot \varphi \cdot G_a}{\beta_{д.рац.} \cdot \varphi \cdot G_a} = \frac{1}{\beta_{д.рац.}} - 1 = \frac{1}{\frac{b}{L} + \left( \frac{a}{L} \cdot \varphi' + \frac{b}{L} \cdot \varphi'' \right) \cdot \frac{h}{L}} - 1. \qquad (20)$$

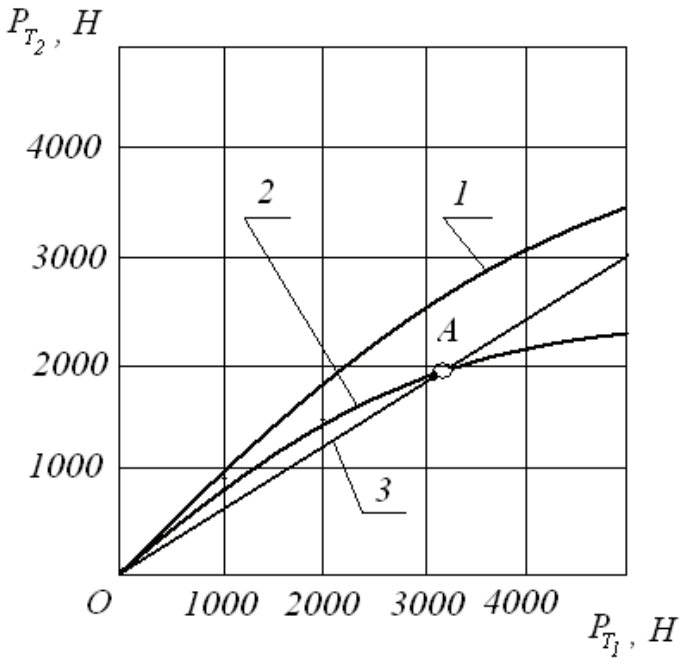



**Рис. 2. Идеальные характеристики тормозной силы примерного автомобиля (a=b=1 м, h=0,5 м, L = 2 м; $r_{св}$=0,3 м, Ga=10 000 Н):**

*1 — при торможении на пределе блокирования колес; 2 — при всех заблокированных колесах; 3 — при рациональном постоянном распределении тормозных сил между осями ($\varphi_o = \varphi_{орац} = 0,5$)*

На рис. 2 прямая 3 соответствует рациональному постоянному $\beta_д = \beta_{д.рац.}$ распределению тормозных сил между осями. Кривая 2 соответствует в нашем варианте торможению со всеми заблокированными колёсами, а в традиционном — считается соответствующей идеальному торможению при нахождении всех колёс на пределе блокирования. Поэтому точка А пересечения кривой 2 и прямой 3 соответствует коэффициенту сцепления колёс с дорогой $\varphi = \varphi_0 = \varphi_{0\,рац.}$, при котором должно происходить одновременное блокирование колёс при выбранном постоянном распределении тормозных сил между осями, характеризуемом $\beta_д = \beta_{д.рац.}$ Однако, как показали проведённые нами исследования, точка одновременного доведения до грани блокирования всех колёс должна находиться на пересечении кривой 1 и прямой 3. Эта точка находится за пределами графика, т. е. за границей максимально возможного коэффициента сцепления $\varphi = \varphi' = 0,8$, что означает опережающее доведение до грани блокирования передних колёс.

**Определение коэффициента распределения общей тормозной силы на переднюю ось при блокировании колёс одной из осей**

Предположим, что, имея идеальный регулятор распределения тормозных сил, возможно доведение передних и задних колёс до предела блокирования. В этом случае тормозные силы на осях будет соответствовать уравнениям (13) и (14), а коэффициент их распределения — соотношению (15). Ввиду необходимости параметров тормозной системы или случайному изменению коэффициента сцепления $\varphi$ произойдёт блокирование колёс одной из осей. В этом случае скачкообразное увеличение вертикальной нагрузки на передние колёса и уменьшение — на задние. Возникнет ситуация, при которой задние колёса заблокируются, что может привести к заносу автомобиля. При блокировании передних колёс эта опасность значительно меньше. Определим коэффициент распределения тормозной силы на переднюю ось, возникающей при блокировке колёс одной из осей и колёсах другой оси, находящихся на пределе блокирования.

Выражения (5) и (6) при случайном блокировании колёс передней оси примут вид

$$R_{z1} = G_a \cdot \frac{b}{L} + P_{T1} \cdot \frac{h}{L} + P_{T2} \cdot \frac{h - r_{cb}}{L}, \tag{21}$$

$$R_{z2} = G_a \cdot \frac{a}{L} - P_{T1} \cdot \frac{h}{L} - P_{T2} \cdot \frac{h - r_{cb}}{L}, \tag{22}$$

а при случайном блокировании колёс задней оси

$$R_{z1} = G_a \cdot \frac{b}{L} + P_{T1} \cdot \frac{h - r_{cb}}{L} + P_{T2} \cdot \frac{h}{L}, \tag{23}$$

$$R_{z2} = G_a \cdot \frac{a}{L} - P_{T1} \cdot \frac{h - r_{cb}}{L} - P_{T2} \cdot \frac{h}{L}. \tag{24}$$

С учётом (7) и (8) выражения (21)–(24) примут вид:

– при случайном блокировании передних колес

$$R_{z1} = G_a \cdot \frac{\frac{b}{L} + \varphi \cdot \frac{h - r_{cb}}{L}}{1 - \varphi \cdot \frac{r_{cb}}{L}}, \tag{25}$$

$$R_{z2} = G_a \cdot \left( 1 - \frac{\frac{b}{L} + \varphi \cdot \frac{h}{L}}{1 - \varphi \cdot \frac{r_{cb}}{L}} \right); \tag{26}$$

– при случайном блокировании задних колес

$$R_{z1} = G_a \cdot \frac{\frac{b}{L} + \varphi \cdot \frac{h}{L}}{1 + \varphi \cdot \frac{r_{cb}}{L}}, \tag{27}$$

$$R_{z2} = G_a \cdot \left( 1 - \frac{\frac{b}{L} + \varphi \cdot \frac{h}{L}}{1 + \varphi \cdot \frac{r_{cb}}{L}} \right). \quad (28)$$

Коэффициенты тормозных сил между осями, соответствующие полученным вертикальным реакциям:

– при случайном блокировании передних колес

$$\beta' = \frac{R_{z1}}{G_a} \cdot \frac{\frac{b}{L} + \varphi \cdot \frac{h - r_{cb}}{L}}{1 - \varphi \cdot \frac{r_{cb}}{L}}, \quad (29)$$

– при случайном блокировании задних колес

$$\beta'' = \frac{R_{z1}}{G_a} \cdot \frac{\frac{b}{L} + \varphi \cdot \frac{h}{L}}{1 + \varphi \cdot \frac{r_{cb}}{L}}. \quad (30)$$

На рис. 3 приведены зависимости коэффициента распределения тормозной силы на переднюю ось при всех колёсах, находящихся на пределе блокирования (кривая 1), при всех заблокированных колёсах (кривая 2); при передних заблокированных и задних колёсах на пределе блокирования (кривая 3); при задних заблокированных и передних на пределе блокирования (кривая 4). Анализ кривых на рис. 3 для автомобиля с центром масс, расположенным посередине базы показывает, что при передних заблокированных колёсах и задних на пределе блокирования величина коэффициента $\beta$ выше, чем при заблокированных задних и передних на грани блокирования. Другими словами $\beta' \geq \beta''$ во всём диапазоне значений коэффициента $\phi$. Определим возможность получения $\beta' \leq \beta''$. Это возможно в случае

$$\frac{\frac{b}{L} + \varphi \cdot \frac{h}{L}}{1 + \varphi \cdot \frac{r_{cb}}{L}} \geq \frac{\frac{b}{L} + \varphi \cdot \frac{h - r_{cb}}{L}}{1 - \varphi \cdot \frac{r_{cb}}{L}}. \quad (31)$$

Решение неравенства (31) позволило получить результат

$$\beta'' = \frac{\frac{b}{L} + \varphi \cdot \frac{h}{L}}{1 + \varphi \cdot \frac{r_{cb}}{L}} \leq 0{,}5. \quad (32)$$

Иллюстрацией полученного результата являются графики приведенные на рис. 4 для условного автомобиля, имеющий смещённый к задней оси центр масс. Пересечение кривых 3 и 4 происходит в точке А, соответствующей $\beta' = \beta'' = 0{,}5$.

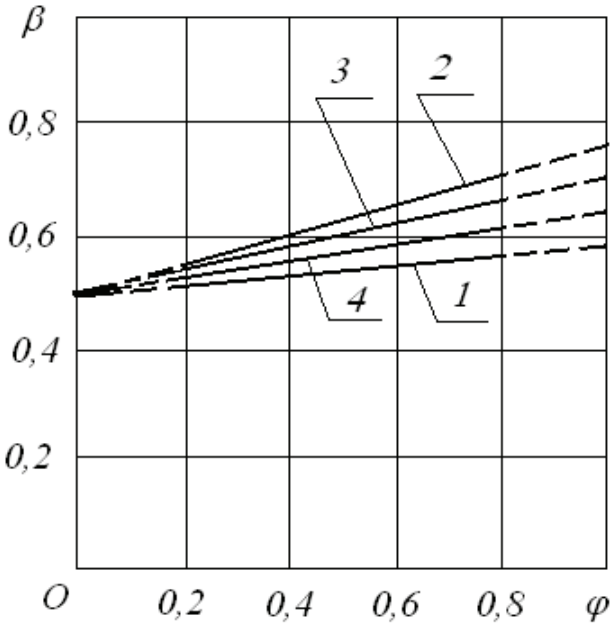



**Рис. 3. Распределение тормозных сил между осями легкового автомобиля (a = b = 1 м; L = 2 м; h = 0,5 м; $r_{св.}$ = 0,3 м):**

*1 — при торможении на пределе блокирования передних и задних колёс; 2 — при всех заблокированных колёсах; 3 — при передних заблокированных колёсах и задних на пределе блокирования; 4 — при задних заблокированных колесах и передних на пределе блокирования*

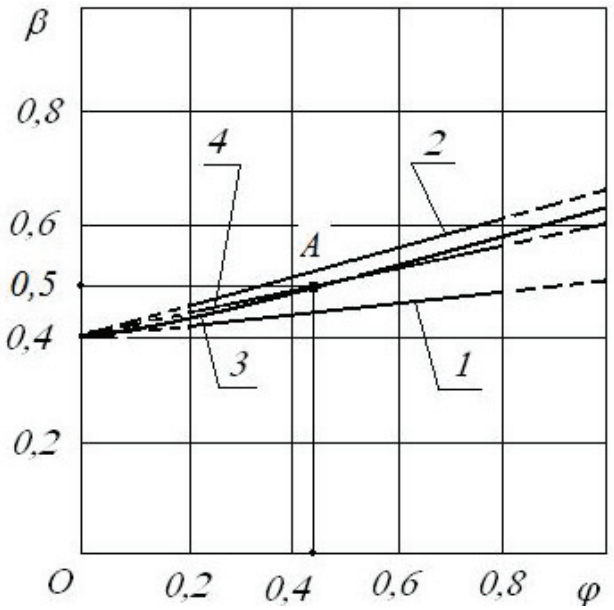



**Рис. 4. Распределение тормозных сил между осями легкового автомобиля со смещённым к задней оси центром масс (a = 1,2 м; b = 0,8 м; h = 0,5 м; L = 2 м, $r_{св.}$ = 0,3 м):**

*1 — торможение на пределе блокирования всех колёс; 2 — при всех заблокированных колёсах; 3 — при передних заблокированных и задних колёсах, находящихся на пределе блокирования; 4 — при задних заблокированных колёсах и передних, находящихся на пределе блокирования.*

**Выбор рационального, постоянного значения коэффициента распределения общей тормозной силы на переднюю ось**

В работе [1] выражение (18) было получено из условия равенства коэффициентов использования сцепного веса автомобиля при минимальном $\varphi'$ и максимальном $\varphi''$ коэффициентах сцепления колёс с дорогой. При традиционном подходе [1, 4] коэффициент использования сцепного веса определялся по формулам:

– при $\varphi \le \varphi_0$

$$m = \frac{b/L}{b/L - (\varphi - \varphi_0)\cdot h/L}; \tag{33}$$

– при $\varphi \ge \varphi_0$

$$m = \frac{a/L}{a/L + (\varphi - \varphi_0)\cdot h/L}. \tag{34}$$

При $\varphi = \varphi_0$ величина коэффициента использования сцепного веса равна единице. Соотношение (33) и (34) получены при идеальном распределении тормозных сил между осями, соответствующем уравнению (3). В нашем случае, с использованием уравнения (15), получим

$$m = \frac{b/L}{b/L - (\varphi - \varphi_0)\cdot \dfrac{h - r_{cb}}{L}}; \tag{35}$$

$$m = \frac{a/L}{a/L + (\varphi - \varphi_0)\cdot \dfrac{h - r_{cb}}{L}}. \tag{36}$$

Принимая $\varphi = \varphi'$ в уравнении (35) и $\varphi = \varphi''$ — в уравнении (36) и приравняв их правые части между собой, определим $\varphi_0 = \varphi_{0\,рац}$, которое соответствует уравнению (18).

Таким образом, приведенные нами уточнения не повлияли на величину рационального расчётного коэффициента сцепления. Однако величина рационального расчётного коэффициента распределения тормозной силы на переднюю ось в соответствии с уравнением (15) уменьшается и будет равна

$$\beta_{д.рац.} = \frac{b}{L} + \left(\frac{a}{L}\cdot\varphi' + \frac{b}{L}\cdot\varphi''\right)\cdot\frac{h - r_{cb}}{L}. \tag{37}$$

Такое распределение будет обеспечивать более равномерную энергонагружённость передних и задних тормозов при служебных торможениях. Например, для условного автомобиля, расчётные параметры которого приведены на рис. 2–4 при традиционной методике расчёта $\beta_{д.рац.} = 0{,}625$, а при уточнённой $\beta_{д.рац.} = 0{,}55$.

На некоторых моделях легковых автомобилей малых классов, стремясь избежать установки регуляторов тормозных сил, выбирают $\varphi_0 = \varphi''$ для минимальной загрузки автомобиля. За счёт этого обеспечивается опережающее блокирование передних колёс во всём диапазоне загрузоч-

ных и дорожных условий. Однако величина $\beta_\partial$ в этом случае значительна и ведет к перегрузке передних и недогрузке задних тормозов при серии служебных торможений. Анализируя кривые, приведённые на рис. 3, можно внести предложение принимать $\beta_\partial = \beta'$ при $\varphi = \varphi''$. Используя выражение (29), получим

$$\beta_\partial = \beta'(\varphi'') = \frac{\frac{b}{L} + \varphi'' \cdot \frac{h - r_{cb}}{L}}{1 - \varphi'' \cdot \frac{r_{cb}}{L}}. \qquad (38)$$

Приравнивая правые части (38) и (3) при $\varphi = \varphi_0$, получим выражение для традиционного выбора распределения тормозных сил между осями

$$\varphi_0 = \varphi'' \cdot \frac{1 - \frac{a}{h} \cdot \frac{r_{cb}}{L}}{1 - \phi'' \cdot \frac{r_{cb}}{L}}. \qquad (39)$$

Для рассматриваемого выше условного автомобиля $\varphi_0 = 0{,}636$, а $\beta_\partial = 0{,}659$.

Таким образом, с целью обеспечения устойчивости автомобиля при экстренных торможениях создаются также условия для более равномерной энергонагруженности передних и задних тормозов при служебных торможениях.

Полученные в результате проведённого исследования уточнения касаются и характера протекания зависимостей приведённых на рис. 1. Если при $\varphi \le \varphi_0$ существующий характер протекания не изменится, то при $\varphi \ge \varphi_0$ на границе 2-й и 3-й фаз произойдёт не увеличение $P_{T2}$ на участке $b'' - b_1''$, а уменьшение (рис. 5), обусловленное блокированием задних колёс и увеличением опрокидывающего момента в продольной плоскости автомобиля, приводящего к снижению суммарной вертикальной нагрузки на заднюю ось.

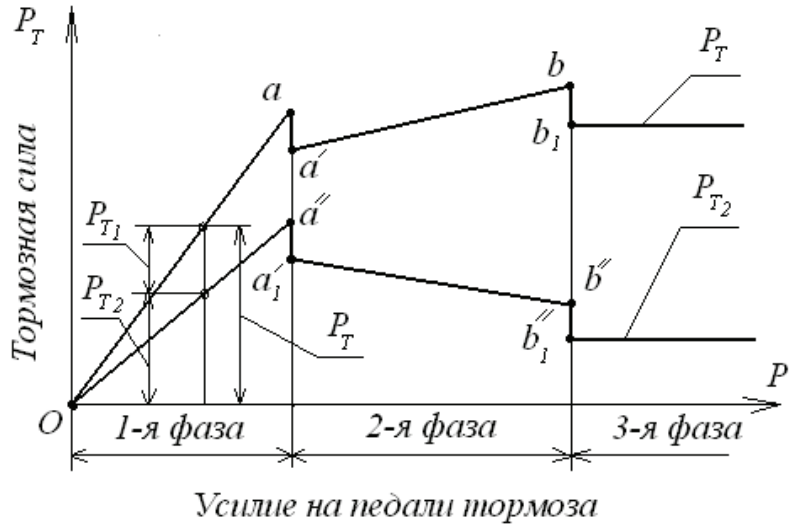



**Рис. 5. Зависимости тормозных сил от усилия на педали при $\varphi \ge \varphi_0$ [1], уточнённые по результатам проведенных исследований**

## Выводы

В результате проведенного исследования уточнено распределение суммарных вертикальных динамических реакций на колёсах передней и задней оси, что позволило определить тормозные силы и коэффициенты их распределения на границах различных фаз торможения.

На основании полученных зависимостей предложены уточненные рекомендации по выбору рационального постоянного распределения тормозных сил между осями, обеспечивающего устойчивость эксплуатируемого автомобиля против заноса при торможении.

## Список литературы

**1. Гредескул А. Б. Экспериментальное исследование блокирования затормаживаемого колеса / А. Б. Гредескул, Н. А. Булгаков // Автомобильная промышленность.— 1985.— № 3.— С. 21 –25.**

**2. Правила дорожного движения: Официальное издание // Техническое состояние транспортных средств и их оборудование.— [Действующие от 2002-01-01].— К.: Издательство Арий, 2010.— С. 40.**

**3. Подригало М. А. Причины снижения курсовой устойчивости легковых автомобилей в процессе эксплуатации/М. А. Подригало, В. И. Назаров // Автомобильный транспорт.— 2010.— Вып. 26.— С. 39 –42.**

**4. Чудаков Е. А. Теория автомобиля/Е. А. Чудаков.— М.: Машгиз, 1950.–343 с.**

**5. Булгаков Н. А. Исследование динамики торможения автомобиля/Н. А. Булгаков, А. Б. Гредескул, С. И. Ломака // Научное сообщение № 18.— Харьков: Изд-во Харьковского госуниверситета, 1962.–36 с.**

***Анотація.*** *Уточнено параметри процесу гальмування автомобіля в процесі експлуатації для різного поєднання заблокованих і не заблокованих коліс. Дано рекомендації щодо вибору постійного значення коефіцієнта загальної гальмівної сили на передній осі за умови усунення попереднього блокування задніх коліс.*

***Abstract.*** *The parameters of vehicles braking process of different combination of blocked and unblocked wheels are specified. The recommendations concerning the choice of the constant value general braking force on the front axle for the purpose of avoiding the advance blocking of the rear wheels arc given.*

*Стаття надійшла до редакції 16.03.2011 р.*

***УДК 625.075.8***

***БАЗОВАЯ И. В., ассистент,***
***Донецкая академия автомобильного транспорта***

# ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ СЕЛЬСКИХ ДОРОГ

*Рассмотрены вопросы влияния климатических и экологических условий на проходимость и безопасность движения по сельским дорогам ввиду перехода грунта из одного состояния в другое и изменения условия движения колесных машин.*

## Постановка проблемы

Практика эксплуатации земляных дорог показывает: изучение условий перехода грунта из одного состояния в другое при многообразии изменений метеоусловий и экологических факторов является многолетней и сложной задачей, при этом использовались не только натурные наблюдения, но и методы теоретического анализа процессов воднотеплового режима, влагонакопления и увлажнения верхних слоев земляного полотна.

**Цель статьи**

Целью работы является определение связи между влажностью грунта, метеорологическими, экологическими факторами и безопасностью движения на сельских дорогах.

**Основной раздел**

Для планирования работ по содержанию грунтовых дорог и эксплуатации автомобильного транспорта необходимы методы благовременного предсказания их состояния.

Движение колесных транспортных средств по грунтовым дорогам в конкретных условиях зависит от состояния, а, следовательно, от прочности грунта. Приведенными раньше наблюдениями показано, что состояние и прочность имеют закономерные сезонные изменения, обуславливаемые для наших грунтовых условий изменениями основных метеорологических факторов. Различное сочетание метеорологических факторов обуславливают переход грунта из одного состояния в другое и изменяют условия движения колесных машин.

Изучение условий перехода грунта из одного состояния в другое при многообразном сочетании метеорологических факторов является многолетней и сложной задачей. Наряду с систематическими наблюдениями использовались методы теоретического анализа процессов воднотеплового режима, процессов зимнего влагонакопления, увлажнения осадками и просыхание грунтовых поверхностей. Поскольку в наших условиях по степени увлажнения грунта можно судить о возможной его деформируемости, то необходимо разработать метод определения возможной влажности в предстоящие периоды. Необходимо определить связь между влажностью грунта и метеорологическими факторами.

Количество воды в грунте на конец рассматриваемого периода представили следующим уравнением водного баланса

$$B = B_н + A_i + П_1 + П_2 + П_3 + И\,, \qquad (1)$$

где $B_н$ — количество воды на начало периода;

$A_i$ — количество воды в грунте накопившейся вследствие инфильтрации осадков с учетом поверхностного стока;

$П_1$ *и* $П_2$ — количество воды, притекающей с более глубоких горизонтов, соответственно в пленочнопарообразной и капиллярной формах;

$П_3$ — количество влаги собирающейся в верхним слоем грунта из воздуха;

$И$ — количество испарившейся воды.

В зависимости от времени года и природных условий данной зоны отдельные составляющие водного баланса имеют преобладающее влияние на степень увлажнения или совсем отсутствуют.

Для степных районов нашей области горизонт залегания грунтовых вод расположен на больших глубинах, что практически препятствует капиллярному поднятию воды в верхние горизонты. Явление сорбции водяных паров верхней коркой грунта из атмосферы мало и им практически можно пренебречь. Испарение и в осенне-зимний период так же мало вследствие высокой влажности воздуха в этот период. Осадки за холодный период в виде снега весной мало увлажняют грунт, так как идут главным образом на формирование поверхностного стока по мерзлой маловодопроницаемой грунтовой поверхности.

Опуская вышеперечисленные величины, получим следующее уравнение влажности грунтовой поверхности к началу весеннего периода:

$$W_и = W_н + W_1\,, \qquad (2)$$

где $W_н$ — начальная (осенняя) влажность;

$W_1$ — увеличение влажности за счет подтока пленочной и парообразной воды.

В результате обработки многочисленных наблюдений агрометеостанций Донецкой области установлена корреляционная связь между влажностью грунта дороги и метеорологическими факторами.

Для случаев с нормальными климатическими изменениями за осенне-зимний период эта связь представляется следующим уравнением:

$$W^{/} = \alpha A_0 + 0{,}001 y \sum Tt \,, \tag{3}$$

где $W^{/}$ — максимальная относительная влажность грунта в период перехода температуры воздуха через $0^0$ С;

$\alpha$ — коэффициент, определяемый в зависимости от условий поверхностного стока. Хорошие условия $\alpha = 0{,}0077$, плохие $\alpha = 0{,}0072$;

$A_0$ — сумма осадков в осенний период, выпавших до перехода температуры воздуха через 0 °С, мм;

$y$ — климатический параметр $y = 1{,}5$;

$T$ — продолжительность холодного периода в днях между осенним и весенним переходами температуры воздуха через $0^0$ С, за вычетом дней с оттепелями;

$t$ — средняя отрицательная температура воздуха за период, в град.

Для наших условий характерным является наличие оттепелей зимой. В такие периоды поверхностные слои грунта оттаивают на различную глубину и осадки являются основным источником увлажнения.

С учетом оттепелей увлажнение может принять такой вид:

$$W^{/} = \alpha (A_0 + A_{от}) + 0{,}001 y \sum Tt \,, \tag{4}$$

где $A_{от}$ — сумма осадков в твердом и жидком виде за период оттепели.

В отдельные годы наблюдаются зимы со средней температурой близкой к $0^0$ С. В этом случае, главным источником увлажнения являются осадки в жидком и твердом виде за весь осенне-зимний период $A_{оз}$

$$W^{/} = \alpha A_{03} \,. \tag{5}$$

Применение того или иного уравнения определяется характером изменения метеорологических факторов в данный календарный год.

В теплый период года влажность грунтовых поверхностей дорог можно выразить следующим уравнением:

$$W_к = W_н + W_A - W_и \,, \tag{6}$$

где $W_A, W_и$ — изменение влажности грунта за период вследствие увлажнения осадками и просыхания (испарения).

Рассмотрим процесс перехода грунта из твердого состояния в сыпучее вследствие увлажнения его осадками. Предельное увлажнение грунтов осадками по глубине после установившегося водного состояния ограничивается величиной, так называемой полевой влажности. Распределение воды после выпавших осадков зависит от типа и структуры грунта, его начальной влажности и степени уплотнения.

Количество осадков А в мм потребное на увлажнение столбика грунта высотой $h$ см с площадью основания 1 см² от начальной влажности $W_н$ (в долях единицы) до конечной $W_к$ составит

$$0{,}1A = \left(W_к - W_н\right) \cdot \frac{h \cdot \gamma}{1 + W_н}, \tag{7}$$

и количество воды удерживающееся в грунте на различных глубинах тем больше, чем выше дисперсность грунта, характеризующаяся верхним пределом пластичности $F$, %.

Преобразуя выражения заменой объемного веса влажного грунта через объемный вес сухого $\gamma = \delta\left(1 + W\right)$, получим зависимость конечной влажности грунта слоем $h$ от количества осадков

$$W_u = W_н + \frac{0{,}1A_i \cdot F}{\delta \cdot h} \tag{8}$$

Значение коэффициента $i$ для почв Донецкой области составляет для ровных мест $i$ =1, для уклонов 30% — 0,6, для уклонов 50% — 0,5.

Однако это уравнение не отражает особенностей увлажнения грунтовых поверхностей через трещины и глубокие колеи. В этих случаях увлажнение может быть большим и это необходимо учитывать в каждом конкретном случае.

При определении проходимости грунтовых дорог большой интерес представляет грунт при предельном увлажнении его осадками в неблагоприятные годы — дождливые осени, весной после оттаивания и при больших ливнях летом. Предельным увлажнением грунта является полевая влажность $W_п$, она является характерной влажностью грунта и зависит от типа грунта, его структуры и сложения. В.М. Сиденко на основе анализа широкого диапазона грунтов установил зависимость полевой влажности грунта от верхнего предела пластичности, в %.

$$W_п = 5 + 0{,}65F \tag{9}$$

Для наиболее неблагоприятных по проходимости грунтов с верхним пределом пластичности от 35 до 60% значение полевой влажности составляет в среднем 0,75 от $F$ и предельно увлажненный осадками грунт находится в мягкопластичном состоянии по деформируемости. При движении колесных транспортных средств по такой грунтовой дороге глубина колеи определяется толщиной переувлажненного слоя. Поэтому необходимо знать и толщину переувлажненного слоя грунта $h$ см.

После увлажнения грунтовой дороги осадками конечная влажность грунта на нижней границе переувлажненного слоя будет равной полевой влажности. Принимая в уравнение (8) $W_к = W_п$ для толщины слоя непереувлажненного грунта получим выражение:

$$h = \frac{10A_i}{\left(5 + 0.65F - W_п\right)\delta}, \tag{10}$$

где $W_п$ — полевая влажность грунта в верхнем слое.

Из уравнения (10) можно определить минимальное количество осадков, необходимое для перехода грунта из твердого состояния в мягкопластичное или текучее.

$$A_{мин} = \frac{0{,}1(W_к - W_п) \cdot h\delta}{i} \tag{11}$$

Номограмму, построенную по этому уравнению, приводим на рис. 1.

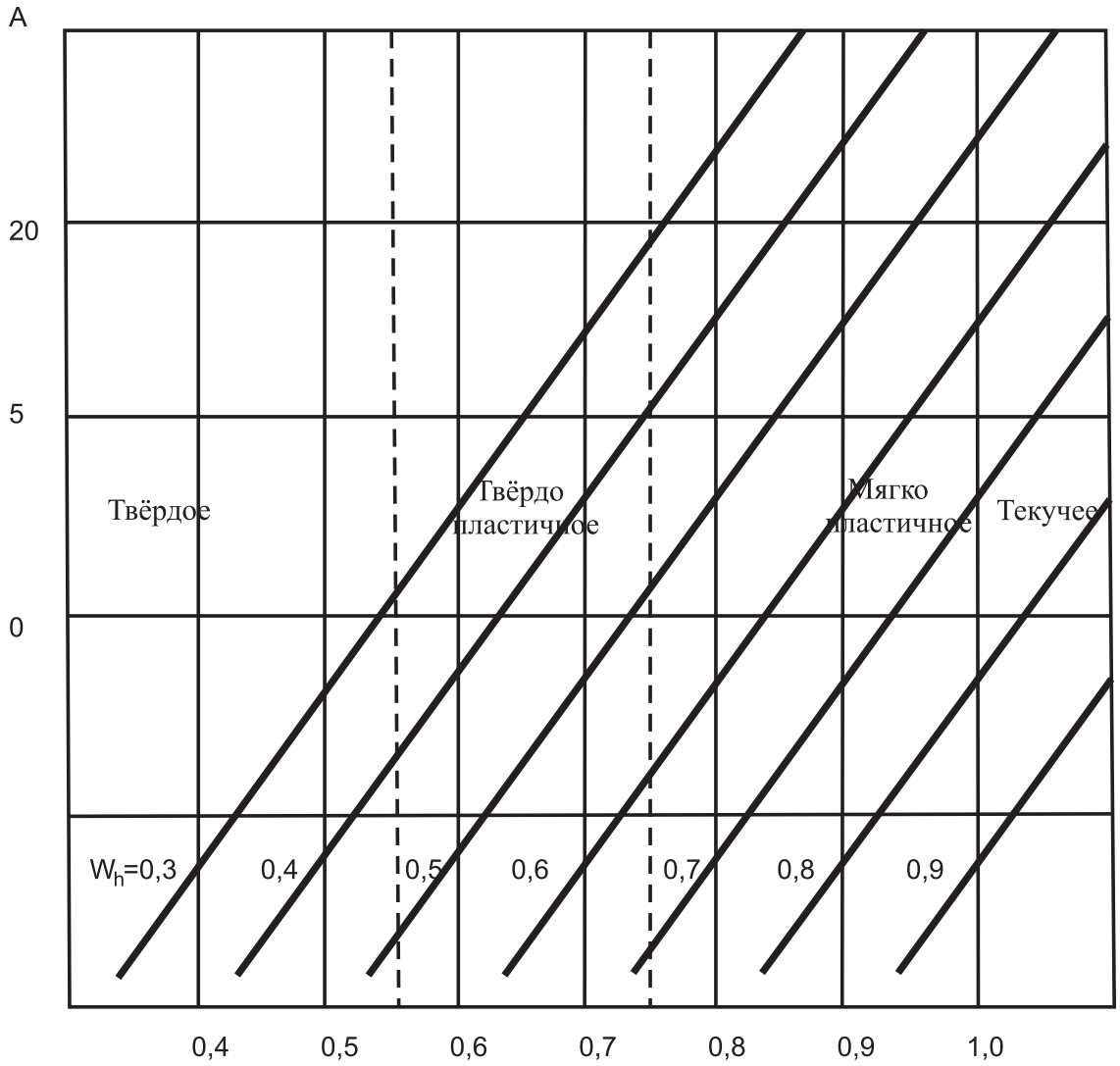



**Рис. 1. Номограмма увлажнения грунтовой дороги осадками**

Теперь рассмотрим процесс перехода грунта из мягкопластичного состояния в твердое, т.е. процесс просыхания грунтовых дорог.

Для большинства связных грунтов в процессе просыхания вода перемещается в жидкой форме до момента разрыва капилляров, когда общая влажность составляет $W = 0,7Wn$. Поэтому скорость просыхания будет зависит от влагопроводимости грунта, а при влажности менее $0,7Wn$ — от паропроводимости.

Влагопроводимость грунта данного типа зависит в первую очередь от пористости, т.е. степени уплотнения грунта. Если к поверхности дороги не приложена нагрузка, то изменение степени уплотнения грунта во времени определяются закономерностями набухания и усадки. В переувлажненных грунтах в процессе их просыхания усадка происходит медленно. В связи с этим изменение влагопроводимости незначительно, и закономерности просыхания грунтовой поверхности во времени при начальной влажности более $0,7Wn$ можно представить уравнением прямой

$$W_к = W_н - \alpha T .$$

где α — коэффициент интенсивности просыхания, зависит от типа грунта, температуры и скорости ветра.

В процессе просыхания поверхностей грунтов и усадки наступает такой момент, когда к границе испарения перемещается, главным образом, парообразная вода. При этом пористость грунта уменьшается, и скорость движения водяных паров падает. Когда влажность грунта уменьшается до предела практического испарения гигроскопической влажности, скорость просыхания выравнивается и становится незначительной. При влажности в пределах от $0{,}7Wn$ до $Wn$ закономерность просыхания грунтовой поверхности можно выразить уравнением гиперболы

$$W_к = \frac{W_н}{\alpha}$$

Проведенные эксперименты подтвердили принятую расчетную схему просыхания грунтовых поверхностей.

Определение значения α в полевых условиях при большом сочетании метеорологических факторов затруднительно. Поэтому пришлось применить метод моделирования метеорологических факторов в лабораторных условиях. Нами изучалось просыхание грунтов под воздействием температуры и скорости ветра. Для опытов использовался суглинок — грунт характерный для степных районов Донецкой области.

Опыты проводились в три этапа. На первом этапе изучалось влияние начальной влажности и уплотнения на скорость просыхания. Опыты показали, что при различной начальной влажности, но большей максимальной молекулярной влажности скорость просыхания практически не зависит от исходной влажности.

Для изучения влияния степени уплотнения грунта на скорость просыхания были проведены опыты в которых скорость ветра и температуры были постоянными. Степень уплотнения грунта бралась от 1,1 г/см$^3$ — рыхлые поверхности, до 1,6 г/см$^3$ — уплотненные поверхности. Результаты опытов показали, что при начальной влажности, больше оптимальной, скорость просыхания практически мало зависит от степени уплотнения грунта. При меньших же значениях влажности с увеличением степени уплотнения скорость просыхания снижается.

Второй этап сводится к изучению скорости просыхания в зависимости от температуры воздуха при скорости ветра равной 0. из опытов видно, что для испытуемых грунтов в широком диапазоне температур воздуха закономерности просыхания с большой степенью точности выражается уравнением прямой

$$Wm = W_н - \alpha_1 T\,,$$

где $\alpha_1$ — коэффициент, определяемый в зависимости от типа грунта ($F$, %) и температуры воздуха.

На третьем этапе изучалось просыхание грунтов в зависимости от скорости ветра. Температура воздуха принималась постоянной. Результаты опытов приведены. Эти опыты показали, что в широких диапазонах изменение скорости ветра закономерности просыхания грунтов выражаются уравнением прямой:

$$W = W_н - \alpha_2 T\,,$$

где $\alpha_2$ — коэффициент, определяемый в зависимости от типа грунтов ($F$, %) и скорости ветра.

При одновременном учете действия температуры воздуха и силы ветра коэффициент $\alpha_1$ и $\alpha_2$ можно суммировать. Таким образом, управление связи влажности грунтовой поверхности с метеорологическими факторами для теплого периода примет следующий вид

$$Wк = W_{н} + \frac{0,1A_i}{\delta \cdot h} - (\alpha_1 - \alpha_2)T \qquad (12)$$

## Список литературы

**1. Славуцкий А.К. Сельскохозяйственные дороги и площадки / А.К. Славуцкий. М.: Высшая школа, 1980. — 487 с.**

**2. Бабков В.Ф. Проходимость колесных машин по грунту / В.Ф. Бабков, А.К. Бируля, В.М. Сиденко. — М.: Автотрансиздат, 1959. — 189 с.**

**3. Сиденко В.М. Эксплуатация автомобильных дорог / В.М. Сиденко, С.И. Михович . — М.: Транспорт, 1976. — 288 с.**

**4. Бабков В.Д. Автомобильные дороги / В.Д. Бабков. — М.: Транспорт. 1983. — 280 с.**

***Анотація.*** *У статті розглянуті питання впливу кліматичних та екологічних умов на прохідність та безпеку руху на сільських дорогах у зв'язку з переходом ґрунту із одного стану в інший та зміну умов руху колісних машин.*

***Abstract.*** *This article has dealt with questions about the influence of climatic and ecological conditions on practicability and traffic security on counry roads in connection with precoat conversion from one state into another and changing of traffic conditions of wheeled cars.*

*Стаття надійшла до редакції 11.03.2011 р.*

## АВТОРИ НОМЕРА

1. Базова І.В., Донецька академія автомобільного транспорту
2. Бандура А.І., Прикарпатський юридичний інститут Львівського державного університету внутрішніх справ
3. Белевцова Н.Л., Державний економіко-технологічний університет транспорту
4. Вербицький В.Г., Донецька академія автомобільного транспорту
5. Григоришин О.М., Прикарпатський юридичний інститут Львівського державного університету внутрішніх справ
6. Грицай С.В., Запорізький національний технічний університет
7. Доля В.К., Харківська національна академія міського господарства
8. Доля О.Є., Харківська національна академія міського господарства
9. Доценко Ю.В., Українська державна академія залізничного транспорту
10. Енглезі І.П., Донецька академія автомобільного транспорту
11. Єрмак О.М., Харківська національна академія міського господарства
12. Калінін О.В., Донецька академія автомобільного транспорту
13. Костенко А.В., Донецька академія автомобільного транспорту
14. Кузькін О.Ф., Запорізький національний технічний університет
15. Лаврухін О.В., Українська державна академія залізничного транспорту
16. Мовчан А.Е., Запорізький національний технічний університет
17. Назаров В.І., Запорізький автомобільний завод
18. Овчинников С.С., Харківська національна академія міського господарства
19. Подригало М. А., Харківський національний автомобільно-дорожній університет
20. Санько Я.В., Харківська національна академія міського господарства
21. Слесорайтіте І., Вільнюський університет (Литва)
22. Сумець А.І., Харківська національна академія міського господарства
23. Трушевський В.Е., Запорізький національний технічний університет
24. Устенко О.В., Українська державна академія залізничного транспорту
25. Фалецька Г.І., Харківська національна академія міського господарства
26. Федоров Є.Є., Донецька академія автомобільного транспорту
27. Харченко В.Ф., Харківська національна академія міського господарства



# НАШІ ПРИВІТАННЯ



**Шановний ВОЛОДИМИРЕ ПЕТРОВИЧУ!**

*Бажаєм поваги і шани людської,*
*багатства, любові, добра і спокою.*
*Здоров'я міцного, козацького гарту,*
*юнацької сили, як в добрі часи,*
*веселої пісні, дотепного жарту*
*і щастя земного з роси і з води.*

**ПОЛІЩУК Володимир Петрович** — завідувач кафедри «Транспортні системи та безпека дорожнього руху» Національного транспортного університету, доктор технічних наук, професор, академік Транспортної академії України, відмінник освіти.

Народився 26 січня 1941 року в м. Новосибірську. З 1948 по 1958 роки навчався у школі. У 1959 р. став студентом Київського автомобільно-дорожнього інституту, навчання в якому успішно завершив у 1964 р. У 1969 році захистив кандидатську дисертацію на тему «Дослідження руху транспортних потоків на розв'язках автомобільних доріг» під керівництвом відомого фахівця професора Я.В. Хомяка. У 1996 р. захистив докторську дисертацію на тему «Автоматизоване управління рухом на автомобільних дорогах».

У його творчому доробку близько 300 праць, він є автором та співавтором багатьох підручників і навчальних посібників, серед яких — п'ятитомник «Системологія на транспорті», «Теорія транспортного потоку: методи та моделі організації дорожнього руху», «Автоматизированное проектирование автомобильных дорог», «Інформаційне забезпечення учасників дорожнього руху» та ін.

Поліщук В.П. є співавтором створених у 1970-і роки в Київському автомобільно-дорожньому інституті Науково-методичних основ і практичних методів проектування «Раціональної мережі автомобільних доріг Української РСР».

Ювіляр є членом комісії з питань організації дорожнього руху Головного управління транспорту Київської державної адміністрації, членом у Координаційній раді з безпеки дорожнього руху Державної служби автомобільних доріг України та науково-технічної ради Державного науково-дослідного центру з безпеки дорожнього руху і місцевої міліції Міністерства внутрішніх справ України, а також професором-консультантом Голови Державної служби автомобільних доріг України (Укравтодор).

Володимир Петрович є одним із співавторів Закону України «Про концесії на будівництво та експлуатацію автомобільних доріг», одним з авторів Закону України «Про автомобільні дороги», а також багатьох постанов Кабінету Міністрів України з питань концесійної діяльності на автомобільних дорогах.

## ПРАВИЛА ПОДАННЯ ТА ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

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

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

Для публікації наукової статті в редакцію необхідно представити наступні документи:

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

**Вимоги до рукописів**

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

Структура статті:

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

Текст рукопису повинен містити такі розділи, як:

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

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

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

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

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

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

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

– відстань до знаку — 60%;

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

Нумерація формул дається арабськими цифрами в круглих дужках праворуч.

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

Наприкінці статті розташовуються анотації двома іншими мовами.

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