



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

*Інститут транспорту і логістики  
Кафедра транспортних систем*



**ЗБІРНИК СТАТЕЙ  
за матеріалами**

**III-ї МІЖНАРОДНОЇ ІНТЕРНЕТ  
КОНФЕРЕНЦІЇ МОЛОДИХ УЧЕНИХ ТА СТУДЕНТІВ  
ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ  
ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ В  
ЄВРАЗІЙСЬКОМУ РЕГІОНІ**

**25-27 травня 2015 р.**



**СЄВЕРОДОНЕЦЬК – 2015**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ  
ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ  
*Інститут транспорту і логістики*  
*Кафедра транспортних систем*

**ЗБІРНИК СТАТЕЙ**  
за матеріалами

III-ї МІЖНАРОДНОЇ ІНТЕРНЕТ  
КОНФЕРЕНЦІЇ МОЛОДИХ УЧЕНИХ ТА СТУДЕНТІВ  
*ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ В*  
*ЄВРАЗІЙСЬКОМУ РЕГІОНІ*

25-27 травня 2015 г.

**Сєвєродонецьк – 2015**

## МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Збірник статей за матеріалами III-ї Міжнародної інтернет конференції молодих учених та студентів «Проблеми розвитку транспортних систем в Євразійському регіоні», Сєвєродонецьк, 25-27 травня 2015: збірник наукових праць / Міністерство освіти і науки, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля - Сєвєродонецьк СНУ ім. В.Даля, 2015. - 64 с. - Режим доступу до журн.: <http://til.ucoz.ua/>

У збірнику представлені статті за матеріалами доповідей III-ї Міжнародної інтернет конференції молодих учених та студентів «Проблеми розвитку транспортних систем в Євразійському регіоні» 25-27 травня 2015 року в сфері технології перевізного процесу і управління на транспорті, автоматизації та інформаційних технологій в перевізному процесі транспортних систем, стану, проблем та перспектив розвитку інфраструктури транспортних систем, транспортно-складської логістики, економіки транспорту.

Роботи друкуються в авторській редакції. Редакційна колегія не несе відповідальність за достовірність інформації, що наведена в роботах, і залишає за собою право не погоджуватися з думками авторів на розглянуті питання.

## ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

### *Члени організаційного комітету*

1. д.т.н. проф. Марченко Д.М. (Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля);
2. к.т.н. доц. Кічка О.І. (Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля);
3. к.т.н. доц. Кузьменко С.В. (Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля);
4. д.т.н. проф. Кравченко О.П. (Житомирський державний технологічний університет);
5. к.т.н. доц. Каликіна Т.Н. (Дальневосточный государственный университет путей сообщений, Россия);
6. д.т.н. проф. Берестовий А. М. (Азовський морський інститут Національного університету "Одеська морська академія").

### *Координатор конференції*

Кавун Н.О. - викладач (Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля);

## ЗМІСТ

ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН КАР'ЄРНИХ САМОСКИДІВ Веснін А.В., Сістук В.О., Богачевський А.О.....	7
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ СТРУЙНО-АБРАЗИВНОГО ПОТОКА НА КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ КОЛЕСА С РЕЛЬСОМ Горбунов Н.И., Ковтанец М.В. ....	16
ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ БЕТОНУ ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД Драпалюк М.В., Мірненко О.....	20
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСЬКОЇ ТА ВИРОБНИЧОЇ ЛОГІСТИКИ Ігнатов О.С. ....	23
ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ТРАНСПОРТА МОРСКОГО ПОРТА Хлопецкая Л.Ф., Зинченко С. Г., Пархотько А.В.....	27
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ НА БАЗЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ Кичкин А.В., Ковалева К.Н. ....	31
ВЛИЯНИЕ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ НА ПОДВИЖНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ СКОРОСТНЫХ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ Пительгузов Н.А., Потапенко О.А.....	35
ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ В СИСТЕМІ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ Скребцова К.В., Кічкіна О.І.....	39
УДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛІКУ ТА ВИТРАТ ПАЛИВА НА АВТОТРАНСПОРТІ Худасова О.С., Кічкін О.В. ....	41

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ПАРКУ ТА РЕЖИМУ РОБОТИ МІСЬКИХ АВТОБУСІВ Грибініченко М.В., Суббота І.М.....	44
ЛАЗЕРНА СИСТЕМА СТАБІЛІЗАЦІЇ ПЕРЕКОСУ КОНСТРУКЦІЇ ПЕРЕВАНТАЖУВАЧА З ВИКОРИСТАННЯМ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ Болдирєв Г.А., Матоліков Д.П.....	50
ПРОГНОЗУВАННЯ ВАНТАЖНИХ ПОТОКІВ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА З УРАХУВАННЯМ СЕЗОННИХ КОЛИВАНЬ Ульяшова І.Г., Кічкіна О.І. ....	53
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В ПРИГОРОДНОМ СООБЩЕНИИ Хоменко Н.В., Вдовиченко В.А.....	58
ПРОГРАМА ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ МАРШРУТІВ Шевченко П.В.....	62

## ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН КАР'ЄРНИХ САМОСКИДІВ

*Веснін А.В., Сістук В.О., Богачевський А.О.,  
ДВНЗ «Криворізький національний університет»,  
м. Кривий Ріг, Україна*

В роботі розглянуто і порівняно між собою методики та методи розрахунку теплових навантажень електричних машин та їх складових для обрання необхідного методу визначення теплового стану якірних обмоток тягових електричних двигунів кар'єрних самоскидів вантажопідйомністю 136 т. Виходячи з багатшаровості матеріалів обмотки та необхідності її представлення у вигляді об'ємної деталі, наявності змінних навантажень на електричні двигуни, що виникають при русі самоскида на трасі у прямому та зворотному напрямі, необхідності врахування зміни швидкості та напрямку охолоджуючого повітря, встановлено, що найбільш прийнятним методом термічного аналізу якірних обмоток електричних машин кар'єрних самоскидів є комп'ютерне моделювання за допомогою САПР SolidWorks.

**Актуальність теми.** Одним із основних видів гірничого транспорту на відкритих розробках Криворізького басейну, яким перевозиться до 90–95 % гірничої маси, є кар'єрні самоскиди вантажопідйомністю 120–136 т, що оснащені специфічною електромеханічною трансмісією з використанням дизель-генераторної установки в комплекті з двома електромотор-колесами.

Відомо, що транспортування гірничої маси машинами з даним типом трансмісії характеризується значною долею проміжків часу із рухом на підйом, коли тягові електричні двигуни працюють у режимі максимальної тяги [1]. Останнє підвищує вірогідність перегріву якірних обмоток тягових двигунів, що зазвичай призводить до передчасного руйнування їх захисного ізоляційного покриття і скорочення терміну служби електричної машини. Температурні навантаження у процесі експлуатації можуть служити причиною збільшення кількості відмов електричних двигунів, що спостерігається для кар'єрних самоскидів БелАЗ-75131, зайнятих при перевезенні гірничої маси на кар'єрах Криворізького регіону [2]. Для визначення ступеню впливу температур на стан обмоток у конкретних умовах необхідним стає тепловий аналіз якірних обмоток у місці розташування щіточно-колекторного вузла, що зазвичай схильний до інтенсивного нагріву.

Аналітичні підходи щодо визначення температури електричних двигунів та їх елементів у процесі роботи зазнали значних змін протягом останніх років, незважаючи на те, що більшість з них засновано на теорії тепломасообміну. Насамперед, це стосується методу комп'ютерного моделювання, який знайшов широке використання при вивченні поточного температурного стану двигуна, при проектуванні нових електричних машин

та при дослідженні тепломасообміну між елементами електричного двигуна. Важливою особливістю теплового аналізу елементів обмотки електричного двигуна є багат шаровість матеріалів, що використовуються. Мова йде по меншій мірі про три ізотропних матеріалу, які не взаємопроникненні, але мають специфічні властивості, – мідний провідник, шар ізоляції та шар лакового покриття. У зв'язку з цим, визначення зміни температури кожного шару даного об'ємного тіла, що відбувається під впливом зовнішніх навантажень, викликає певні труднощі. Тому вивчення можливостей математичних моделей нагріву двигуна та математичного апарату сучасних комп'ютерних програм, інструментарієм яких виступає метод кінцевих елементів, для дослідження динаміки нагріву й охолодження обмоток електричних двигунів є актуальною задачею.

**Мета досліджень.** Метою роботи є порівняльний аналіз теплових моделей електричного двигуна і його елементів й можливостей комп'ютерного моделювання для встановлення температурного режиму якірних обмоток тягових двигунів кар'єрних самоскидів.

### Основна частина.

Для визначення теплового стану об'єкта дослідження розглядається нестационарне тривимірне температурне поле в однорідному твердому тілі з розподіленням по об'єму джерелом теплоти. У межах даного тіла приймається елементарний об'єм  $dV=dx \cdot dy \cdot dz$ , для якого складається тепловий баланс за елементарний проміжок часу  $dt$ , виходячи із закону збереження енергії за припущення, що вся теплота, що виділяється внутрішнім джерелом  $dQ_{вн}$  та внесена ззовні в елементарний об'єм  $dQ_m$  шляхом теплопровідності, йде на зміну внутрішньої енергії речовини  $dU$  в об'ємі  $dV$  [2,4,5,6,7]:

$$\frac{dQ_{вн}}{dt} + \frac{dQ_m}{dt} = \frac{dU}{dt} \quad (1)$$

Розглянемо кожен складову теплових втрат.

Кількість тепла, внесеного шляхом теплопровідності  $dQ_{вн}$  визначається у відповідності до закону Фур'є, згідно якого теплота  $dQ_{вн}$ , яка проходить через елемент ізотермічної поверхні  $dF$ , за проміжок часу  $dt$  пропорційна температурному градієнту  $\nabla\theta/\nabla n$ :

$$dQ_m = -\lambda \nabla \frac{\theta}{\nabla n} dF dt, \quad (2)$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності (Вт/м·К).

Повний тепловий потік, що внесено в елементарний паралелепіпед, з урахуванням закону Фур'є (2), визначається залежностями (3):



$$dQ_m = dQ_x + dQ_y + dQ_z = \lambda \left( \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \right) dx dy dz dt, \quad (3)$$

Кількість тепла, що виділяється у елементарному об'ємі за рахунок внутрішнього джерела енергії:

$$dQ_{\text{вн}} = q_v \times dV \times dt, \quad (4)$$

де  $q_v$  – щільність тепловиділення, тобто міцність теплових втрат в одинці об'єму (Дж/с·м<sup>3</sup>).

Остання для струмопровідного провідника визначається величиною струму, що підводиться:

$$q_v = I^2 \times R, \quad (5)$$

де  $I$  – чинне значення струму за проміжок часу, (А),  $R$  – активний опір при змінній напрузі, (Ом).

Внутрішня енергія речовини  $dU$  змінюється відповідно до маси паралелепіпеду  $\rho \cdot dV$ , теплоємності матеріалу провідника  $c$  (Дж/кг·К) та прирощення температури  $\partial \theta$

$$dU = c \times \rho \times dV \times \frac{\partial \theta}{\partial t} \times dt, \quad (7)$$

де  $\rho$  – щільність матеріалу (кг/м<sup>3</sup>).

Підставляючи рівняння (3), (4), (7) у закон збереження енергії (1), після скорочень, визначимо швидкість прирощення температури  $\partial \theta / \partial t$  (К/с) в елементарному об'ємі  $dV$ :

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{1}{c \times \rho} \left( \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \right) + \frac{q_v}{c \times \rho} \quad (8)$$

Представлене диференціальне рівняння теплопровідності в часткових похідних (8) використовується для вирішення задач по визначенню температурного поля.

Величина  $\lambda / (c \cdot \rho)$  має назву коефіцієнту температуропровідності  $a$ . Рівняння (8), з урахуванням оператора Лапласа  $\tilde{\nabla}^2 t$  та зазначеного коефіцієнту  $a$ , прийме вигляд [8]:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = a \times \tilde{\nabla}^2 t + \frac{q_v}{c \times \rho} \quad (9)$$

Температуру провідника у рівнянні (8)– (9) представлено у неявному вигляді, що до певного періоду часу значно ускладнювало його вирішення.

У зв'язку з цим, аналітичним способом визначення швидкості зміни температури провідника тривалий час залишався спосіб, заснований на встановленні коефіцієнта тепловіддачі, тобто теплової потужності, яка віддається у навколишнє середовище при підвищенні температури провідника над температурою навколишнього середовища, (Дж/с·К) [8]:

$$A = F \cdot a,$$

де  $F$  – площа охолоджувальної поверхні ( $\text{м}^2$ ),  $a$  – питомий коефіцієнт тепловіддачі.

Коефіцієнт тепловіддачі залежить від форми тіла, що обдувається, та швидкості охолоджуючого повітря та коефіцієнта теплопровідності:

$$a = Nu \times \frac{\lambda}{d},$$

де  $d$  – діаметр поверхні, що підлягає охолодженню (для провідника круглого перетину), (м),  $Nu$  – критерій Нусельта.

Критерій Нусельта є змінним показником, значення якого визначається емпіричною залежністю від числа Рейнольдса, що визначає режим руху охолоджуючого повітря, та обирається для кожного випадку окремо [9].

З урахуванням коефіцієнта тепловіддачі з'явилась можливість визначення температурного режиму електричного двигуна [8]:

$$\frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{P - A \cdot \Delta t}{C}, \quad (10)$$

де  $P$  – теплогенерація двигуна, тобто тепла потужність, яка виникає внаслідок втрат енергії при її електромеханічному перетворенні, (Дж/с);  $\tau$  – перевищення температури двигуна над температурою навколишнього середовища, (К);  $C$  – теплоємність двигуна (Дж/К).

Якщо двигун працює із постійною потужністю  $P = const$ , то, виходячи із рішення рівняння (10), його температура нагріву буде змінюватись за експоненціальною кривою, тобто зі зміною часу температура досягатиме усталеного значення [10]:

$$\tau(t) = \tau_{уст} \times (1 - e^{-t/T_0}) + \tau_{поч} \times e^{-t/T_0}, \quad (11)$$

де  $\tau_{уст} = P/A$  – усталене перевищення температури нагріву двигуна над температурою зовнішнього середовища, ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $\tau_{поч}$  – початкове перевищення температури нагріву двигуна над температурою зовнішнього середовища, ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $T_0 = C/A$  – тепла стала часу, (с).

Представлена залежність (11) дозволяє встановити температуру нагріву двигуна при відомих параметрах його охолодження аналітичним шляхом, однак вона може застосовуватися виключно для двигунів, які працюють у

тривалому режимі (клас S1), що обмежує її використання для описання нагріву тягового двигуна кар'єрного самоскида, який працює із змінними навантаженнями в залежностях від сумарного дорожнього опору руху.

Для більш детального розрахунку значень температур використовують метод еквівалентних теплових схем [7]. За допомогою нього та основі залежності (11) було сформовано три математичні моделі теплового процесу в електричній машині, що певний час використовувались під час проектування двигунів на машинобудівних заводах [11].

Перша модель застосовується для визначення температури обмоток зубчастого якоря  $\theta_{ма}$  [11,12], з урахуванням того, що перегрів поверхні зубця якоря та поверхні пазу практично близькі один до одного:

$$\theta_{ма} = \frac{(I_{а\#}^2 \times r_a \times r_r + \Delta P_k + \Delta P_m) \times \left[ 1 + \frac{a}{\lambda_{із} \times p} \times \left( t_1 + \frac{m_k \times p \times d_k}{2 \times Z} \right) \right] + \Delta P_c \times \left( 1 - \frac{a}{\lambda_{із} \times p} \times \frac{0,5 \times \tau}{l_a} \right)}{\alpha \times \left[ p \times D_a \times (l_a + 0,5 \times \tau) + \frac{m_k \times p \times d_k}{2} + l_a \right]}, \quad (12)$$

де  $r_a$  – опір обмотки якоря, (Ом);  $\Delta P_k$  – комутаційні втрати, (Вт);  $\Delta P_m$  – втрати в міді обмотки якоря від головного пазового поля, (Вт);  $t_r$  – коефіцієнт збільшення опору міді при очікуваній температурі;  $\lambda_{із}$  – питома теплопровідність ізоляції, (Вт/см<sup>2</sup>·°С);  $p$  – розрахунковий периметр пазу, (см<sup>2</sup>),  $t_1$  – зубцеве ділення по поверхні якоря, (см),  $m_k$  – число вентиляційних каналів в осерді якоря,  $d_k$  – діаметр вентиляційних каналів, (см),  $Z$  – число пазів якоря,  $\Delta P_c$  – втрати в сталі, (Вт),  $\tau$  – полюсне ділення, (м),  $l_a$  – довжина осердя якоря, (м),  $k$  – уточнюючий коефіцієнт, який залежить від виконання типу задніх лобових частин (відкритих та закритих),  $\alpha$  – коефіцієнт теплопровідності ізоляції, (Вт/°С·см).

Перевищення температури котушок полюсів якоря над температурою навколишнього середовища  $\theta_m$  можливо встановити за допомогою іншої моделі, запропонованої тим же автором, за припущення, що теплові втрати відводяться із котушки через ізоляцію обмоток, а коефіцієнт тепловіддачі однаковий з усіх сторін котушки [11, 12]:

$$\theta_m = \frac{P_m \times \left( 1 + \frac{\alpha}{\lambda_{із}} \right)}{a \times l_{cp} \times p} \quad (13)$$

де  $P_m$  – втрати в міді котушки при очікуваному перевищенні температури, Вт;  $p$  – розрахунковий периметр котушки, см<sup>2</sup>;  $l_{cp}$  – середня довжина витка, см.

Третя модель дозволяє розрахувати перевищення температури компенсаційної обмотки  $\theta_{мко}$  над охолоджувальним повітрям [11]:

$$\theta_{мко} = \frac{(I_{\#}^2 \times r_{ко} \times r_r) \times \left( 1 + \frac{\alpha \times S_{cm}}{\lambda_{наз} \times S_{наз}} \right) \times \Delta P_{ско}}{\frac{a \times \lambda_{лоб}}{\lambda_{лоб} + a} \times S_{лоб} \times \left( 1 + \frac{a \times S_{cm}}{\lambda_{наз} \times S_{наз}} \right) + \alpha \times S_{cm}}, \quad (14)$$

де  $S_{ст}$  – тепловіддача з поверхні полюсного наконечника, ( $см^2$ ),  $S_{паз}$  – тепловіддача від обмотки до поверхні полюсного наконечника, ( $см^2$ ),  $\lambda_{паз}$  – питома теплопровідність пазової ізоляції, ( $Вт/см^2 \cdot ^\circ C$ ),  $\lambda_{лоб}$  – питома теплопровідність лобових з’єднань, ( $Вт/см^2 \cdot ^\circ C$ ),  $\Delta P_{ско}$  – втрати в сталі полюсного наконечника, ( $Вт$ ).

Наявність співмножника  $t_r$  у представлених моделях (12), (14) не дозволяє розглядати їх у якості кінцевих функціональних залежностей, що обумовлює вирішення задачі по визначенню температури мідної обмотки методом підбору, який дає лише приблизні значення температур. Іншим недоліком даних моделей є відсутність врахування фактору часу. Крім того, без докладної інформації про конструктивні дані електричних машин чисельна реалізація теплових моделей стає неможливою.

У зв’язку з цим, на етапі експлуатації тягових електричних машин, найбільш приємним способом визначення температурних режимів двигунів та їх якірних обмоток, є метод комп’ютерного моделювання.

На ринку програмного забезпечення представлено достатню кількість продуктів, які дозволяють проводити тепловий аналіз об’єктів [13].

Однією із провідних програм, спеціалізованих для розрахунків теплових процесів, є Elcat (Quickfield), що широко використовуються у проектних організаціях, вищих навчальних закладах, підприємствах-виробниках тягових електричних машин [14].

Програма дозволяє вирішувати плоску нелінійну задачу нестационарної теплопередачі на основі рівняння теплопровідності (8) методом кінцевих елементів з апроксимацією кривих температур методом Ейлера [15]:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda(\theta) \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda(\theta) \frac{\partial \theta}{\partial y} \right) = -q(\theta) - c(\theta) \frac{\partial \theta}{\partial t}, \quad (15)$$

де  $\lambda(\theta)$ ,  $q(\theta)$ ,  $c(\theta)$  – теплопровідність, питома потужність тепловиділення та питома теплоємність відповідно у якості функцій температури, що задаються кубічним сплайном.

Для вирішення об’ємної задачі теплопровідності використовується більш потужні інструменти, які застосовуються програмному комплексу САПР SolidWorks [16].

Теплопередача у твердих тілах моделюється в підпрограмі SolidWorks, що має назву Flow Simulation, за допомогою рівняння теплопровідності, представленого у такому вигляді [16]:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho c \theta) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \lambda \frac{\partial \theta}{\partial x_i} \right) + q_v. \quad (16)$$

Важливою перевагою SolidWorks є те, що при розрахунках теплопередачі можна враховувати, що тіло складається із декількох шарів з контактними

тепловими опорами між ними. Крім того, існує можливість моделювання руху та теплообміну текучого середовища (охладжуючого повітря) за допомогою рівнянь Нав'є-Стокса, які описують в нестационарній постановці закони збереження маси, імпульсу, енергії даного середовища з врахуванням стану компонентів текучого середовища, а також емпіричних залежностей в'язкості та теплопровідності цих компонентів від температури.

У рамках підходу Ейлера система даних рівнянь в декартовій системі координат, яка обертається з кутовою швидкістю  $\Omega$  навколо осі, що проходить через її початок, буде представлена [16]:

$$\frac{\partial r}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (r_n \times u_k) = 0, \quad (17)$$

$$\frac{\partial (r \times u_i)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} (r_n \times u_i \times u_k - t_{ik}) + \frac{\partial P_i}{\partial x_i} = S_i, \quad (18)$$

$$\frac{\partial (r_n \times E)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} ((r_n \times E + P) \times u_k + q_k - t_{ik} \times u_i) = S_k \times u_k + q_v, \quad (19)$$

де  $u_i$  – швидкість текучого середовища (охладжуючого повітря), м/с;  $\rho_n$  – щільність повітря, (кг/м<sup>3</sup>);  $P$  – тиск повітря, (Па);  $S_i$  – зовнішні сили, що діють на масу повітря, які складаються із опору пористого тіла, сили гравітації та сили обертання системи координат, (Н);  $E$  – повна енергія повітря, (Дж);  $t_{ik}$  – тензор в'язких зсувних напруг, (Па);  $q_i$  – дифузійний тепловий потік, (Дж); нижні індекси означають підсумовування по трьом координатним напрямкам.

Порівняння можливостей Elcat й SolidWorks для розрахунків теплопередачі твердих тіл наведено у табл.1.

**Табл.1. Порівняння функціоналу програмних продуктів Elcat й SolidWorks для теплового аналізу об'єкту дослідження**

<i>ELCUT</i>	<i>SolidWorks</i>
<i>Математична модель</i>	
Рівняння теплопровідності у часткових похідних другого ступеня	
<i>Використання апроксимації отриманих результатів за допомогою метода Ейлера</i>	
<i>Залежність температури від часу</i>	
так	так
<i>Моделювання багат шарової деталі</i>	
ні	так
<i>Здатність моделювання у трьох вимірному просторі</i>	

ні	так
<i>Врахування зміни швидкості охолодженого повітря</i>	
ні	За допомогою рівняння Нав'є - Стокса
<i>Отримання локалізованих результатів аналізу</i>	
ні	так

**Висновки.** Порівнюючи функціонал САПР Elcat та SolidWorks (табл.1), можна зробити однозначний висновок, що останній має беззаперечні переваги навіть перед спеціалізованими комп'ютерними програмами, оскільки дозволяє моделювати тепловий стан багатошарових об'ємних об'єктів з урахуванням параметрів охолоджуючого повітря з локалізацією результатів у вигляді епюри температурного поля.

Таким чином, на теперішній час найбільші можливості по визначенню температурного стану якірних обмоток електричних машин дає комп'ютерне модулювання, засноване на методі кінцевих елементів, у програмному середовищі SolidWorks Flow Simulation.

### Література

1. Сістук В. О. Вплив високо дисперсного пилу залізородних кар'єрів на стан електричних машин тягового електроприводу самоскидів / В. О. Сістук, А. О. Богачевський // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. — Днепропетровск: ИГТМ НАНУ, 2014. — Вип. 118. с. 168-175
2. Веснін А. В., Сістук В. О., Богачевский А. О. Порівняльний аналіз залізородного і вугільного пилу у контексті їх впливу на наробіток компонентів електромеханічної трансмісії кар'єрних самоскидів // Вісник Криворізького технічного університету. Кривий Ріг. - КНУ, 2014. – Вип. 38. - С. 112–119.
3. Алексеев А. Е. Конструкция электрических машин / А. Е. Алексеев – : ГЭИ, М. 1949. – 562 с.
4. Борисенко А. И. Охлаждение промышленных электрических машин / А. И. Борисенко, А. И. Костиков, А. И. Яковлев – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 296 с.
5. Исаченко В. П. Теплопередача / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел – М.: Энергоатомиздат, 1981. – 346 с.
6. Сипайлов Г. А. Тепловые, гидравлические и аэродинамические расчеты в электрических машинах / Г. А. Сипайлов, Д. И. Санников, В. А. Жадан – М.: Высшая школа., 1989. – 239 с.
7. Филиппов И. Ф. Теплообмен в электрических машинах / И. Ф. Филиппов – : Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 256 с.
8. Лекции по теплотехнике. Часть 2 «Теплопроводность» [Электронный ресурс] // Режим доступа: [www.stringer46.narod.ru/HeatConductivity0.htm](http://www.stringer46.narod.ru/HeatConductivity0.htm)
9. Кулиниченко В. Р. Справочник по теплообменным расчетам / В. Р. Кулиниченко – : К.: Техника, 1990. – 167 с.
10. Шрейнер Р. Т. Электрические и тепловые режимы асинхронных двигателей в системах частного управления [Текст]: учеб. пособие / Р. Т. Шрейнер, А. В. Костылев, В. К. Криворяз, С. И. Шилин: под ред. проф. д.т.н. Р. Т. Шрейнера. Екатеринбург: ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2008. 361с.

11. Проектирование тяговых электрических машин. Учебное пособие для вузов ж.-д. трансп. Изд.2-е перераб. и доп./ М. Д. Находкин, Г. В. Василенко, В. И. Бочаров, М. А. Козорезов – М.: «Транспорт»,1976. – 624 с.
12. Иоффе А. Б. Тяговые электрические машины / А. Б. Иоффе – : ГЭИ, М. 1957. – 249 с.
13. James R. Claycomb Applied Electromagnetics Using QuickFiel & MATLAB / R James –: Infinity Sceince Press, 2008. – 400 pages.
14. Официальный сайт программы ELCUT [Электронный ресурс] // Режим доступа: [www.elcut.ru](http://www.elcut.ru)
15. ELCUT. Моделирование полей методом конечных элементов. Версия 5.8.: Руководство пользователя – Санкт-Петербург Производственный кооператив ТОР, 2010 – 339 с.
16. Алямовский А. А. Solidworks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А. А. Алямоский, А. А. Собачкин, Е. В. Одинцов, А. И. Харитонович, Н. Б. Пономарев. – СПб.: БХВ – Петербург, 2008. – 1040 с.: + DVD – (Мастер).

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ СТРУЙНО-АБРАЗИВНОГО ПОТОКА НА КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ КОЛЕСА С РЕЛЬСОМ

*Н.И. Горбунов, М.В. Ковтанец*

*Восточноукраинский национальный университет  
имени Владимира Даля, г. Северодонецк, Украина*

**Аннотация.** Проведен анализ степени влияния параметров струйно-абразивного потока на коэффициент трения колеса с рельсом. Разработано авторскую компьютерную программу для планирования эксперимента и определения уравнения регрессии по результатам экспериментальных данных, полученных на созданном и модернизированном стендовом оборудовании.

**Постановка проблемы.** Необходимость в процессе эксплуатации локомотивов регулировать фрикционные свойства пары трения «колесо-рельс», в соответствии с заданными эксплуатационными показателями, вызывают значительные требования к методам повышения и стабилизации коэффициента сцепления.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В научно-исследовательских школах и центрах Англии, США, Франции, Японии и др. стран, апробированы такие методы повышения сцепления: лазерная, химическая и гидроструйная очистка, подача разного по свойствам абразивного материала и другие [1, 2]. Несмотря на существование большого количества и разнообразия методов повышения сцепления, популяризации их конструкций на международных выставках, активно ведется дальнейший поиск наиболее эффективного метода.

В практике эксплуатации железнодорожного транспорта Украины и зарубежных стран, самым распространенным является подача песка на рельсы под колеса локомотива, которая так же имеет недостатки [3].

Проведя комплекс теоретических и экспериментальных исследований [4, 5], авторами разработан способ и конструкция нового перспективного метода повышения сцепления колеса с рельсом, заключающегося в воздействии двухфазного струйно-абразивного потока на взаимодействующие поверхности трибосистемы «колесо-рельс» [6, 7].

**Цель статьи.** Целью данной работы является теоретический анализ и обоснование выбора технологических параметров системы струйно-абразивного воздействия на зону контакта колеса с поверхностью рельса, на основе проведения экспериментальных стендовых исследований.

**Материалы и результаты исследования.** Для оценки степени воздействия на коэффициент трения колеса с рельсом параметров двухфазного струйно-абразивного потока применен метод теории планирования



эксперимента [8, 9], который позволяет существенно сократить число опытов и получить математическую модель исследуемого процесса, оценить совместное и самостоятельное влияние каждого фактора (параметра) на коэффициент трения колеса с рельсом. Метод планирования экспериментов предполагает выбор факторов, их уровней и интервалов варьирования, определение отклика системы, составление матрицы планирования и получение уравнения регрессии.

Выбор факторов, их уровней и интервалов варьирования, основан на анализе литературных источников [10, 11], что позволило для проведения эксперимента выбрать следующие наиболее значимые факторы: угол атаки струйно-абразивной струи  $\alpha$ , скорость абразивного материала  $V_1$ , концентрация абразива в струе воздуха  $K$ , его зернистость  $d$ , скорость относительного перемещения сопла и поверхности рельса  $V_2$ , длина струйно-абразивной струи  $L$ .

Для удобства и гибкости использования теории планирования эксперимента, авторами работы разработана компьютерная программа «Планирование эксперимента при повышении сцепления в системе «колесо-рельс» путем влияния комбинированного двухфазного струйно-абразивного потока» (свидетельство № 43748). Граничные значения варьируемых переменных выбирались на основе литературных источников (таблица 1), а также в соответствии с габаритными параметрами локомотива и обеспечением воздействия потока на зону контакта.

Таблица 1

Граничные значения варьируемых переменных

Название фактора	Значение фактора
<b>Угол атаки абразивной струи, <math>\alpha</math>, град.</b>	
$X_{1max}$	45
$X_{1cp}$	25
$X_{1min}$	5
<b>Скорость абразивного материала, <math>V_1</math>, м/с</b>	
$X_{2max}$	70
$X_{2cp}$	50
$X_{2min}$	30
<b>Зернистость абразива, <math>d</math>, мкм</b>	
$X_{3max}$	600
$X_{3cp}$	425
$X_{3min}$	250
<b>Концентрация абразивного материала в струе воздуха, <math>K</math>, %</b>	
$X_{4max}$	0,4
$X_{4cp}$	0,3
$X_{4min}$	0,2
<b>Скорость относительного перемещения сопла и поверхности рельса, <math>V_2</math>, м/с</b>	
$X_{5max}$	1,38
$X_{5cp}$	0,965
$X_{5min}$	0,55
<b>Длина абразивной струи, <math>L</math>, мм</b>	
$X_{6max}$	120
$X_{6cp}$	90
$X_{6min}$	60

Планируя эксперимент, в разработанной программе учитывается взаимное влияние парных и тройных взаимодействий факторов. Согласно полученному плану эксперимента на модернизированной стендовой установке «Машина трения для изучения фрикционных свойств контакта «колесо-рельс» (патент на полезную модель № 65999) проведены экспериментальные исследования воздействия двухфазного струйно-абразивного потока на коэффициент трения колеса с рельсом. Для каждого взаимодействия факторов экспериментальные исследования проводились четыре раза. С помощью компьютерной программы проверялась ошибка опыта и выводилось среднее значение.

Результаты расчетов значений выходной величины коэффициента трения в соответствии с планом эксперимента выводятся в окне программы, определяются величины оценок коэффициентов регрессии, которые представлены в виде диаграммы на рис. 1.

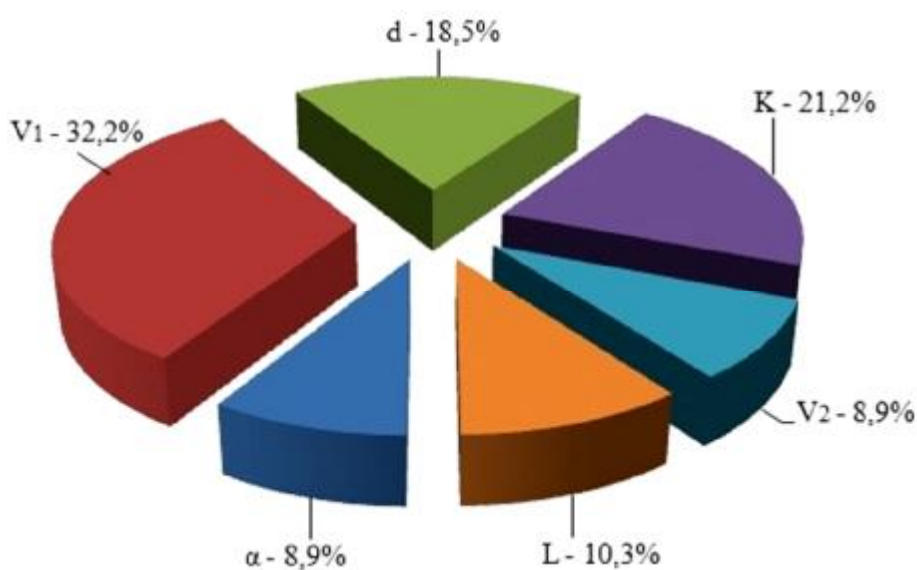


Рис. 1. Степень влияния параметров струйно-абразивного потока на коэффициент трения

**Выводы.** Полученное уравнение регрессии дает возможность оценить степень влияния на коэффициент трения колеса с рельсом параметров двухфазного струйно-абразивного потока, а также спрогнозировать характеристики устройства подачи абразивного материала при его конструировании и эксплуатации.

#### Литература

1. Gorbunov N. Clutch control in the system of "wheel-rail"/ N. Gorbunov, M. Kovtanets, O. Prosvirova, E. Garkushin // Silesian University of Technology Faculty of Transport (Poland). – Transport Problems 2011, p. 432-440.
2. Ковтанец М.В. Применение экспертного оценивания для принятия технического решения [Электронный ресурс] / М.В. Ковтанец, Е.А. Кравченко, Н.Н. Горбунов, Г.А. Бойко, О.В. Просвирина // Наукові вісті Далівського університету: зб. наук. праць. – Луганськ, 2012. – № 7.

3. Kovtanets Maksim Increase of coupling characteristics and profitability of the locomotive modernization of system of supply of sand / Maksim Kovtanets, Nicholas Gorbunov, Olga Prosvirova, Sergei Sosnovenko, Vitali Astakhov // ТЕКА. COMMISSION OF MOTORIZATION AND ENERGETICS IN AGRICULTURE – 2012. Vol 12, №4, Lublin-Lugansk 2012. – p. 90 – 95
4. Ковтанец М.В. Многоуровневая математическая модель управления сцеплением в контакте «колесо-рельс» / М.В. Ковтанец // Вісник Східноукраїнського Національного Університету імені В. Даля № 5 (176) 2012. Частина 1. - Луганськ: Видавництво СНУ ім. В. Даля, 2012. – С. 96 – 103.
5. Горбунов Н.И. Экспериментальное обоснование выбора эффективного метода повышения сцепления в системе «колесо-рельс» / Н.И. Горбунов, В.А. Слащёв, М.В. Ковтанец, Е.А. Кравченко // Залізничний транспорт України. – 2012. – №3/4. – С. 48–51.
6. Деклараційний патент на корисну модель № 48516, кл. В61С 15/00. Спосіб підвищення зчеплення в зоні кон-такту колеса з рейкою / Голубенко О.Л., Горбунов М.І., Кашура О.Л., Костюкевич О.І., Кравченко К.О.; Попов С.В., Ковтанець М.В., Крисанов М.А. – № u200908745, заявл. 20.08.2009 р.; опубл. 25.03.2010, бюл. № 6. – 6 с.
7. Деклараційний патент на корисну модель №69853, кл. В61С 15/10 Система підвищення коефіцієнту зчеплення в зоні контакту колеса з рейкою / Горбунов М.І., Ковтанець М.В., Кравченко К.О., Могила В.І., Петренко В.О, Ноженко В.С., Ноженко О.С. – № u201114163, заявл. 30.11.2011 р.; опубл. 10.05.2012, Бюл.№ 9, 2012 р. – 5 с.
8. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Макова, Ю.В. Грановский. – М.: Изд-во Наука, 1971. – 283 с.
9. Горбунов Н.И. Прогнозирование тягово-тормозных качеств локомотивов / Н.И. Горбунов, Е.А. Кравченко, С.В. Попов, М.А. Крысанов, М.В. Ковтанец, А.И. Фесенко // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2009. – №11(141). – С. 159 – 163.
10. Проволоцкий А.Е. Струйно-абразивная обработка деталей машин / А.Е. Проволоцкий. – К.: Тэхника. 1989. – 177 с.
11. Эйзнер Л.А. Применение эффективных методов и средств струйно-абразивной обработки для повышения производительности труда на отделочно-зачистных операциях: дис. ... к.т.н.: 05.02.08 / Л.А. Эйзнер. – Г.: Гомельский КТЭИ. 1983. – 253 с.
12. Исупов М.Г. Разработка и исследование технологии струйно-абразивной финишной обработки: дис. ... д.т.н.: 05.02.08 / М.Г. Исупов. – И.: Ижевск. 2006. – 3

## ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ БЕТОНУ ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД

*Драпалюк М.В., к.т.н., доц., Мірненко О. гр.ТЛ-722  
Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля  
м. Сєвєродонецьк, Україна*

Процес теплової обробки при сучасному рівні будівництва має два істотних недоліки. По-перше, висока частка енерговитрат у структурі собівартості залізобетонних конструкцій, складаючи в середньому 1,89 ГДж/м<sup>3</sup> залізобетону з витратою 154 м<sup>3</sup> природного газу. Другим і основним недоліком впливу теплової обробки є збільшення дефектності структури бетону, розвиток мікротріщиноутворення з ростом внутрішніх напружень і, як наслідок, значне погіршення експлуатаційних характеристик залізобетонних конструкцій.

Одним із найбільш перспективних напрямків технічного прогресу у технології бетону транспортних споруд є створення умов для формування упорядкованої структури цементної матриці без теплової обробки бетону. Така технологія вимагає якісно нового підходу, здатного забезпечити реалізацію в'язучого потенціалу цементу і, як наслідок, максимальну міцність бетону.

З огляду на сучасний стан транспортних споруд а також значне підвищення вартості енергоносіїв, технологічна операція теплової обробки залізобетонних виробів у заводських умовах стала неефективною і збитковою. Як показує практика, на більшості підприємств збірного залізобетону України параметри теплової обробки не дотримуються. Слід зазначити, що одержання проектної міцності бетону виробів досягається за рахунок підвищеної витрати цементу високих марок при низьких водоцементних відношеннях, а також за рахунок витримування виробів у пропарювальній камері протягом доби і довше, що в комплексі є економічно невиправданим. Крім того, відомо, що у цементній матриці пропареного бетону розвиваються температурні деформації, що призводить до мікротріщиноутворення, підвищення пористості і, як наслідок, до зниження експлуатаційних властивостей матеріалу.

З метою зниження негативного впливу теплової обробки та оптимізації процесу структуроутворення цементної матриці бетону вченими запропоновані різні технології.

Одна з таких технологій - безпрогрівна технологія бетонів, основу якої складає фізико-хімічна активація в'язучої речовини, що зможе забезпечити формування просторової кристалогідратної структури цементної матриці бетону.

Безпрогрівна технологія бетонних і залізобетонних виробів базується на наступних позиціях: приготуванні цементної системи, активованої фізико-хімічним способом із граничним насиченням її твердою фазою (мінімальним В/Ц) і найбільш повною гідратацією цементних часток незалежно від їхньої міцності; нанесенні шару активованої цементної системи на зерна заповнювачів, що повинно забезпечувати заповнення мікрорельєфу їхньої поверхні і, отже, досягнення високого ступеня адгезії клею і заповнювача. Міцність бетону регулюється ущільненням часток заповнювача з цементуючою обмазкою до заданої щільності. При цьому забезпечується зниження витрат цементу до рівня, необхідного для утворення об'єму цементного клею з оптимальною кількістю води, достатнього для обмазки зерен заповнювача шаром мінімальної товщини.

В основу безпрогрівної технології покладена фізико-хімічна активація в'язучої речовини, що відбувається в реакторі-активаторі, який представляє собою циліндричну ємність із замкнутим трубопроводом. У реактор-активатор подаються цемент у кількості 60...80% від розрахункового і підігріта вода. В окремій ємності готується органо-мінеральний комплекс, введення якого в реактор-активатор відбувається у визначені моменти, що відповідають збільшенню концентрації іонів  $Ca^{2+}$  у рідкій фазі цементної системи.

Перевагою розробленої безпрогрівної технології бетонів транспортних споруд є можливість укладання бетонної суміші трьома способами, що не вимагають складного переналадження діючих заводських технологічних ліній: шляхом втоплювання крупного заповнювача у попередньо укладену у форму або лаштунок активовану цементно-піщану суміш; за струминною технологією з попереднім укладанням у лаштунок або форму крупного заповнювача та наступною подачею активованої цементно-піщаної суміші. Ущільнення бетонної суміші здійснюється за рахунок кінетичної енергії струменя у сполученні з глибинними вібраторами або на вібромайданчику; укладка готової бетонної суміші на активованій цементній системі. Тверднення конструкцій заводського виготовлення відбувається у камерах термосного витримання, для чого використовуються пропарювальні камери, а монолітних споруд – у лаштунку протягом 10-12 годин.

Розроблена технологія роздільного бетонування дозволяє підвищити продуктивність ін'єкційних установок, що випускаються серійно, скоротити обслуговуючий персонал; скоротити витрати при транспортуванні і підготовці устаткування до роботи, забезпечити надійність і безпеку при роботі установки, механізувати операції по завантаженню заповнювачів; забезпечити механізоване дозування цементу й органо-мінерального комплексу, підвищити якість бетонних робіт, поліпшити експлуатаційні властивості безпрогрівного бетону.

Техніко-економічна ефективність розробленої безпрогрівної технології бетонів спеціального призначення базується на комплексі технологічних факторів, які гарантують одержання бетонів із заданими експлуатаційними властивостями. Економічна ефективність складається із зниження витрат цементу до 30% за рахунок заміни його мінеральним мікронаповнювачем,

підвищення в'язучого потенціалу цементу в 1,8...2,3 рази, підвищення міцності бетону на звичайних цементах у 1,7...2 рази, можливості використання тонкодисперсних шламових відходів промисловості у середньому до 20% від маси цементу, а також виключення із технологічного процесу найбільш енергоємної операції теплової обробки бетону, що має особливе значення в умовах енергетичної кризи. При цьому досягається зниження собівартості бетону до 40% без урахування підвищення довговічності конструкцій.

#### Література:

1. Пшинько А.Н. Подводное бетонирование и ремонт искусственных сооружений / А.Н. Пшинько – Днепропетровск: Пороги, 2000. – 412 с.
2. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика / В.Г. Батраков - М.: Стройиздат, 1998. - 768 с.
3. Ivan Razel. Repair of reinforced concrete bridge structures. Materials and Methods / Ivan Razel- Сб. научн. трудов «Автомобильные дороги и дорожное строительство». - Киев: УТУ. - 2000. - № 59. - С. 257-263.
4. Shah S.P. Griffith Fracture Criterion and Concrete // J. Eng. Mech. Div. Proc. Amer. Soc. Civ. Eng. / Shah S.P., McGarry F.J. – 1991. – V. 97. – N 6. – P. 1663-1670.
5. Баженов Ю.М. Современная технология бетона / Ю.М. Баженов – М: - 2005. - №1. - С. 6-8.

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСЬКОЇ ТА ВИРОБНИЧОЇ ЛОГІСТИКИ

*О.С. Ігнатюк*

*Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля  
М. Сєвєродонецьк, Україна*

Стаття присвячена питанням удосконалення транспортно-складської та виробничої логістики підприємства ПАТ «Оболонь» засобами імітаційного моделювання AnyLogic.

**Актуальність.** Обов'язковою умовою забезпечення процесів стійкого розвитку підприємств є підвищення ефективності управління матеріальними, інформаційними та фінансовими потоками, що взаємодіють на основі принципів спільного планування та регулювання діяльності. Відсутність узгодженої взаємодії призводить до збільшення як виробничих, так і невиробничих витрат, конфліктних ситуацій та збоїв у роботі, що погіршує ринкове положення та фінансову стійкість підприємств. Низька ефективність процесів взаємодії на підприємстві спонукає до здійснення інтеграційних схем. Одним з дієвих інтеграційних інструментів є моделювання, яке завдяки сполученню елементів маркетингу, логістики, управління виробництвом, складських комплексів, інформаційних технологій і електронної комерції забезпечує гнучкість міжорганізаційної взаємодії та її адаптивність до ринкових вимог.

**Стан проблеми.** В переліку першочергових завдань, які вирішує логістика на будь-якому промисловому підприємстві, є завдання вдосконалення логістичних ланцюгів виробничої та транспортно-складської діяльності. Головним недоліком існуючих підходів при вирішенні цих завдань є: неузгодженість, низький інформаційний зв'язок між транспортно-складською та виробничою діяльністю, відсутність інструментів прийняття обґрунтованих управлінських рішень в сфері виробничої та транспортно-складської логістики.

Тому логічним є використання сучасних засобів імітаційного моделювання для вирішення пов'язаних з цими недоліками проблем.

**Мета статті.** Метою даної статті є розробка імітаційної моделі транспортно – складської та виробничої логістики. Побудова такої моделі дозволить зменшити витрати часу на складську роботу, перевезення товару, оптимізувати ланцюги виробництва, постачань та збуту.

**Результати дослідження.** Імітаційна модель транспортно-складської та виробничої логістики реалізована за допомогою AnyLogic [1]. Дана модель описує виробниче підприємство, яке поділяється на дві робочих зони, де

відбувається взаємодія виробництва, складу готової продукції та системи збуту. Модель транспортно-складської та виробничої логістики – це система масового обслуговування, у якій є свій вхідний потік (пляшки) і вихідні потоки (навантажені автотрейлери)[2].

У даній імітаційній моделі розглядається вантажопотік двох видів вантажу: мінеральна вода та слабоалкогольні напої.

Виробництво напоїв відбувається таким чином: порожні пляшки зі складу подаються на конвеєрну стрічку після чого поступають у миючі машини, де відбувається мийка та чистка тари, далі відбувається тестування пляшок на придатність до подальшого виробництва. На наступному етапі відбувається розподіл пляшок для мінеральної води та слабоалкогольних напоїв. Пляшки подаються у змішувач мінеральної води, де відбувається наповнення пляшки водою та додається вуглекислий газ, після цього пляшки поступають у етикетувальні апарати, де на пляшку наноситься наклейка компанії, далі пляшки йдуть на пакувальний апарат, де відбувається формування вантажної одиниці. У подальшому вантажна одиниця за допомогою вилкового навантажувача транспортується у складське приміщення.

Виробництво слабоалкогольних напоїв відрізняється лише тим, що після тестувального апарата пляшки подаються на інший конвеєр, який подає пляшки у апарат для змішування тонізуючих напоїв, де відбувається наповнення пляшки водою, есенцією для рому, вуглекислим газом та алкоголем. Далі відбуваються такі самі операції, що і з мінеральною водою. Накопичення сировинних компонентів відбувається у технологічних накопичувачах.

У складському приміщенні є дві зони відвантаження, для мінеральної води та слабоалкогольних напоїв. Навантаження та розвантаження напоїв відбувається за допомогою вилкового навантажувача. Також є зона загального відвантаження на автотрейлери.

Отже, якщо ми маємо імітаційну модель підприємства, то зможемо подивитись, як воно буде працювати у динаміці. Ми можемо змінити потужність подання пляшок, кількість миючих машин, можемо зменшити чи збільшити додавання есенції у напої, збільшити кількість навантажувачів, якщо це того потребує. Динаміка зміни показників виробництва та збуту дозволяє удосконалити логістику відповідних складових роботи підприємства.

Транспортно-складська та виробнича логістика[3,4,5] являє собою систему масового обслуговування, яка складається з певної кількості підсистем. Таку систему можна представити у вигляді агрегатів, взаємозалежних від спільної технології. Ця схема містить зв'язки між агрегатами системи. Функціонування кожного окремого агрегату відрізняється один від одного.



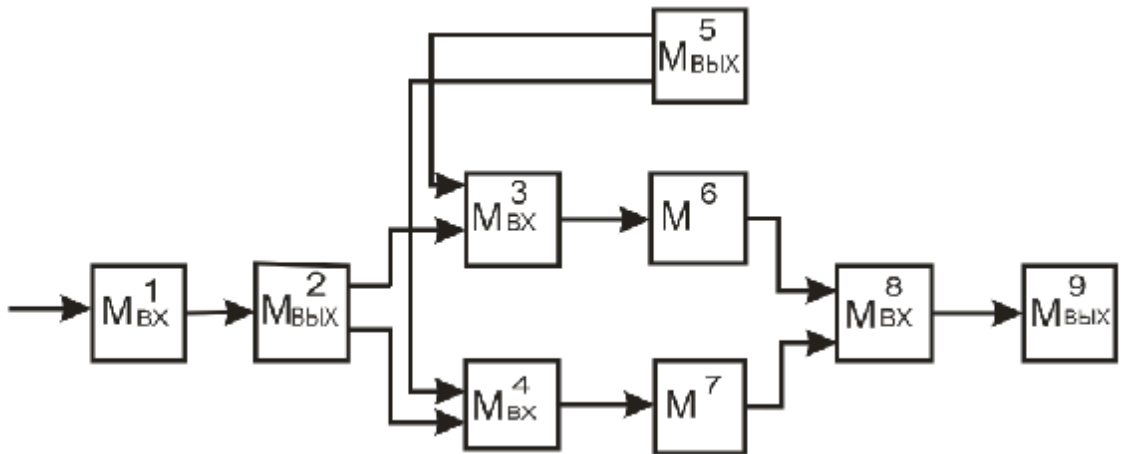


Рис. 1. Структурний зв'язок агрегатів виробничого процесу

$M^1$  - миюча машина,  $M^2$  - тесту вальний апарат,  $M^3$  - тестувальна машина,  $M^4$  - змішувач для тоніку,  $M^5$  - додавач суміші,  $M^6$  - етикіровщик,  $M^7$  - етикіровщик,  $M^8$  - пакувальна машина,  $M^9$  - готова продукція.

Для мінеральної води:  $\neg M^1 M^2 \neg M^5 \neg M^3 M^6 \neg M^8 M^9 \neg$

Для слабоалкогольної продукції:  $\neg M^1 M^2 \neg M^5 \neg M^4 M^7 \neg M^8 M^9 \neg$

Склад:  $M^{10}$  - готова продукція,  $M^{11}$  - навантажувач,  $M^{12}$  - навантажувач,  $M^{13}$  - склад слабоалкогольних напоїв,  $M^{14}$  - склад мінеральної води,  $M^{15}$  - відправка на збут.

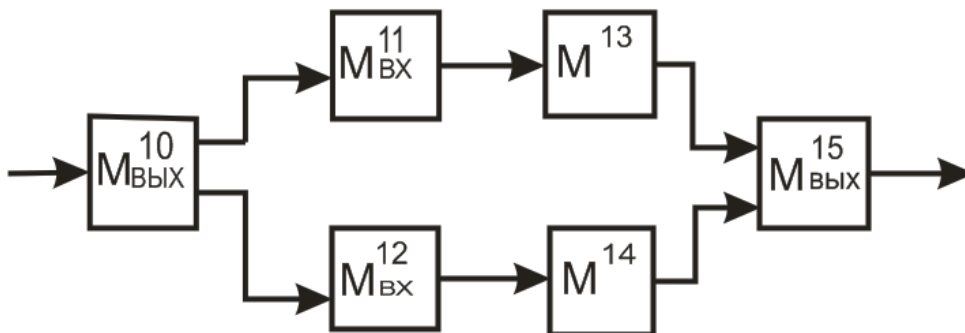


Рис. 2 Структурний зв'язок агрегатів складу

Для мінеральної води:  $M^{10} \neg M^{11} M^{13} \neg M^{15}$

Для слабоалкогольної продукції:  $M^{10} \neg M^{12} M^{14} \neg M^{15}$

Для імітаційної моделі транспортно-складської та виробничої логістики застосовано базу даних, яка складається з одинадцяти основних елементів, між якими існує інформаційний зв'язок.

Основними елементами бази даних для цієї імітаційної моделі виступають:

- миючі машини;
- склад
- пакувальник тара;
- пляшковий етикіровщик;
- слабоалкогольні напої;
- мінеральна вода;

- складські приміщення ;
- вилковий навантажувач;
- автотранспорт;
- змішувач;
- заказ;
- товаро-транспортна накладна.

Для нашої бази даних характерним є зв'язок типу «багато до багатьох» та «один до багатьох». Тип зв'язку «багато до багатьох» є основним для імітаційної моделі, оскільки робота підприємства має стохастичний характер.

Даний «один до багатьох» зв'язок існує між миючими машинами та пляшками, складськими приміщеннями та вилковими навантажувачами, пляшковими етикіровщиками та пакувальною тарою та ін.

Це обумовлено тим, що всі ці елементи взаємодіють між собою по різному в залежності від існуючої технології.

**Висновок.** Удосконалення процесів виробничої та транспортно-складської логістики виробництва безалкогольних та слабоалкогольних напоїв зроблено шляхом визначення основних логістичних ланцюгів для їх подальшого імітаційного моделювання та математичної формалізації процесів виробничої та транспортно-складської логістики виробництва безалкогольних та слабоалкогольних напоїв як системи масового обслуговування на агрегатному рівні для використання відповідних бібліотек класів AnyLogic.

### Література

1. Борщев А. В. Практичне агентне моделювання та його місто у арсеналі аналітика// ЕхропенаPro, 3-4, 2004.
2. Лоу А. М., Кельтон В. Д. Імітаційне моделювання – Вид. 3-те// СПб.: Пітер, Київ: ВНУ, 2004.- 847с
3. Окландер М. Концепція промислової логістики// Економіка України. – 1992.
4. Крикавський Є. В., Гринів Н. Т., Таранський І. П., Карій О. Формалізація матеріального потоку в логістиці підприємства// Вісник державного університету «Львівська політехніка». – Львів, 1998. - №338. – С. 118 – 121.
5. Курганов В. М. Транспорт и склад у ланцюгу постачань товарів// Учебный посібник. – М.: Книжковий світ, 2005. – 432 с.

## ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ТРАНСПОРТА МОРСКОГО ПОРТА

*Хлопецкая Л.Ф.*

*Зинченко С.Г.*

*Пархотьюко А.В.*

*Азовский морской институт Национального университета  
"Одесская морская академия"  
г. Мариуполь, Украина*

Рассмотрены роль и условия повышения эффективности функционирования транспортной инфраструктуры морского порта в современных условиях экономического развития Восточного региона Украины с учетом структуры и технического состояния объектов промышленного транспорта порта.

**Актуальность проблемы.** Промышленность и транспорт Восточного региона Украины активно развиваются в силу технико-экономического развития Украины и ее вхождения в мировые промышленно-транспортные системы. Транспорт, являющийся составной частью хозяйственного комплекса и социальной сферы региона, не может функционировать и развиваться вне системы новых экономических отношений, складывающихся в результате проводимых экономических преобразований.

При этом возрастает роль портов как узловых точек интермодальной транспортной системы, где осуществляется перевалка грузов и пассажиров, пересадка между морскими и сухопутными видами транспорта.

В связи с этим становятся неизбежными процессы все более глубокой приспособленности портов к запросам грузо- и судовладельцев на основе не только расширения клиентуры, но и повышения надежности, качества услуг.

**Постановка проблемы.** Наряду с поступлениями новых, техническое оснащение многих существующих объектов инфраструктуры морских портов не соответствует современным и особенно перспективным требованиям. Сверхнормативный износ объектов промышленного транспорта порта, значительный удельный вес морально и физически устаревшего подвижного состава транспорта не позволяет обеспечивать должное качество транспортного обслуживания, сдерживает формирование рынков транспортных услуг, приводит к неоправданно высоким транспортным затратам. В этих условиях структурно-инвестиционная политика должна быть направлена на то, чтобы прежде всего исключить потери производственной мощности технических средств транспорта, в максимально возможной степени повысить эффективность использования и ликвидировать проблемные места.

**Цель работы.** На основании анализа показателей развития региона, а также структуры и состава объектов транспорта инфраструктуры Государственного предприятия «Мариупольский морской торговый порт» морского порта (далее – ММТП), в свете дальнейшего развития выявить основы условий их совместной эксплуатации и взаимоувязки эффективности их работы на основе показателей надежности.

**Результаты исследования.**

Основными грузами для Восточного региона всегда были металл, уголь, глина, зерно, генеральные грузы, контейнеры и другие. Традиционные потоки грузов сформировали в ГП ММТП устойчивую схему транспортно-экономических связей, представленную на рис 1.

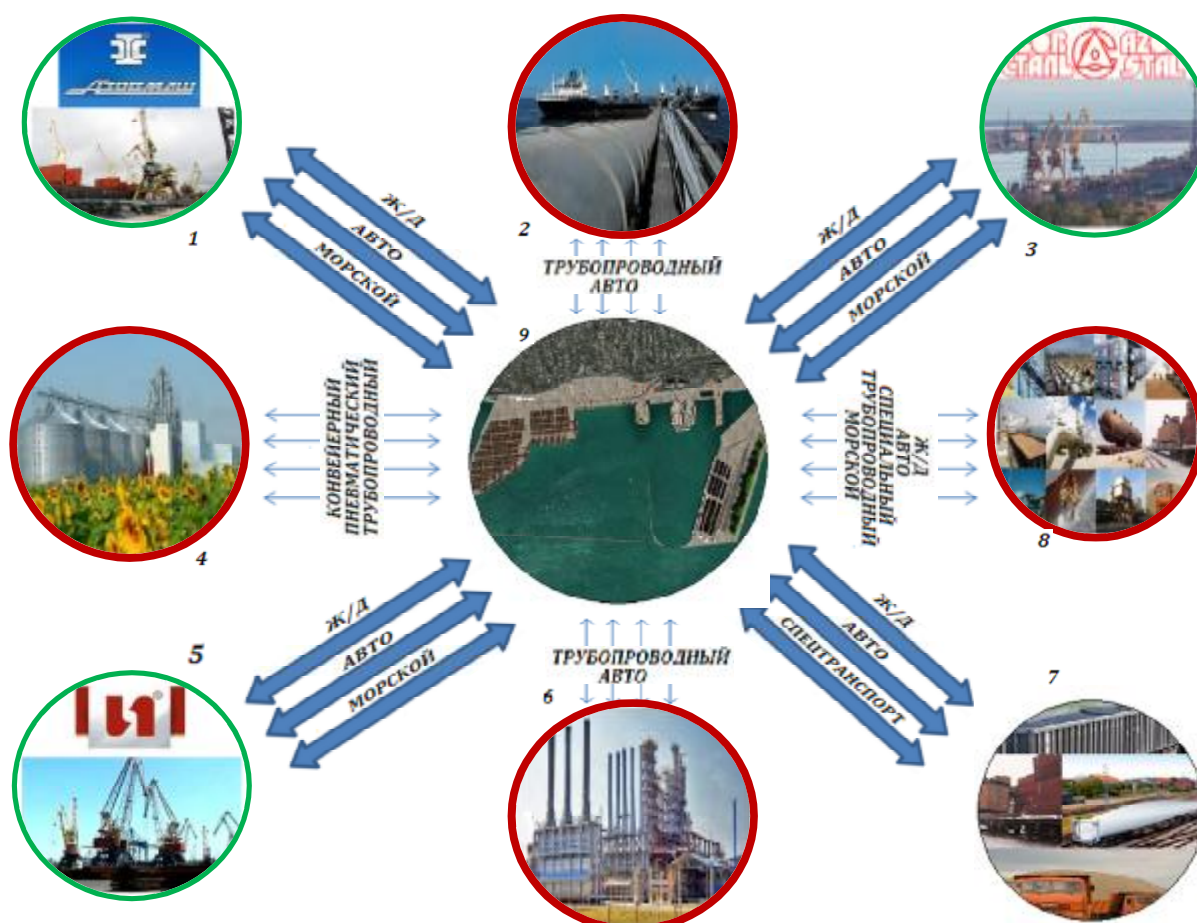


Рис1. Схема перспективных грузопотоков в Мариупольском Морском торговом порту: 1-Концерн «Азовмаш»,порт; 2- нефтеналивной терминал; 3- МК «Азовсталь, порт; 4- Зерно-масляничный комбинат ; 5- ММК «им. Ильича»,порт; 6- НПЗ; 7- предприятия Восточного региона Украины; 8- перспективные грузопотоки; 9- ММТП (порт).

При увеличении грузопотоков через морской порт необходимо учитывать, что в настоящее время в инфраструктуре порта «уживаются» новые транспортно-технологические объекты и суброгацийные (имеющие значительный возраст, но частично модернизированные и приспособленные к современным требованиям развития промышленного транспорта и условиям его эксплуатации), поэтому усложняется их эксплуатация и техническое

обслуживание. Увеличиваются технико-экономические затраты. Проведенный статистический анализ за 2008-2013 гг. показывает, что порт посещают в год 30-40% судов суброгационного состояния [5].

Состав судов портового флота Украины является характерным для портофлотов различных стран мира и включает в себя буксиры, плавкраны, нефтемусоросборщики и сборщики льяльных вод, самоходные и несамоходные баржи, плавучие причалы и пассажирские суда, земснаряды, рейдовые катера и многое другое.

Анализ имеющейся информации о номенклатуре объектов портофлотов морских портов и администрации морских портов Украины [6, 7] позволил оценить их качественный и количественный состав. Выполненная оценка показала, что в общем составе судов и плавсредств портофлотов доля буксиров составляет примерно 27,9 %, плавкранов — 6,33 %, барж — 12,13 %, нефтемусоросборщиков и сборщиков льяльных вод — 10,81 %; нефтеналивных судов — 4,74 %, других судов и плавсредств — 38,09 % соответственно.

Очевидно, что для каждого из портофлотов количественный и качественный состав их СП различен и определяется рядом факторов, к числу которых можно отнести исторически сложившуюся их структуру, специализацию, географическое расположение и гидрологические условия порта, экономические результаты деятельности морского порта и многое другое.

Возраст судов внутреннего (портового) флота тоже превышает все нормативные эксплуатационные показатели. Так, РБТ «Енисеец» – 1953 года постройки, ледокол «Капитан Белоусов» 1954 г., плавкран «ПК-59» – 1964 г. Ситуация усугубляется тем, что постоянно повышаются требования к безопасности грузовых и транспортных операций, а также тем, что такое суброгационное оборудование вынужденно эксплуатируется рядом с новым, по различным технологиям и с отличающимися рабочими характеристиками, и требует повышения суммарных технико-экономических затрат.

Теоретической основой эффективного технического использования и обслуживания объектов инфраструктуры порта может быть принята теория надежности и долговечности объектов инфраструктуры. Она устанавливает закономерности и причины появления неисправностей в узлах и деталях объектов, возможные методы повышения их срока службы, а также позволяет с научной точки зрения, разрабатывать системы ремонта объектов.

При неоднородной надежности новых и суброгационных объектов промышленного транспорта порта необходимо дифференцировано организовать систему ремонта, осуществить модернизацию объекта для повышения прочности наиболее повреждаемых узлов или принципиально изменить их конструкцию.

**Выводы.** В условиях развития Восточного региона Украины, возрастания потоков грузов и расширения их номенклатуры, реверсивности движения этих грузов (экспорт-импорт) через морской порт, наличия суброгационных (устаревших) и новых объектов транспортной инфраструктуры, требующих их

совместной эксплуатации и ремонта, приведет к увеличению технико-экономических затрат и необходимости проведения дальнейших исследований на основе показателей надежности и долговечности объектов транспорта.

### Література

1. Берестовой А.М. Синтез процессов и объектов в материальных потоках транспорта затвердевающих жидкостей: Дисс. доктора техн.наук. // Мариуполь, ПГТУ. – 2002. – 528 с.
2. Губенко В.К. Концептуальная модель логистической системы морского порта./ В.К. Губенко, М.М. Дергаусов, Йозеф Челени, М.Ю. Чулочников// Вестник ПГТУ (сб. науч. Трудов), № 1.-Мариуполь, ПГТУ, 1995.- С 225-230
3. Винников В.В. Экономика предприятия морского транспорта (экономика морских перевозок): Учебник для вузов водного транспорта.- 2-е изд., перераб. И доп. – Одесса: Латстар, 2001.- 416 с.
4. Хлестова О.А. Повышение эффективности транспортно-технологической схемы доменного производства: Дисс. кандидата техн.наук. // Днепропетровск, ПГТУ. – 2015. – 172 с.
5. Берестовой А.М., Перепечаев С.Н., Черныш А.А. Повышение уровня безопасности мореплавания суброгацийных морских судов. Материалы международной научно-технической конференции. – Мариуполь: АМИ ОНМА, 2014, С. 67-69.
6. Винников В.В., Крушкин Е.Д., Быкова Е.Д.; под общ. ред. В.В.Винникова / Системы технологий на морском транспорте (перевозка и перегрузка). Учебное пособие. – 2-е изд. перераб. и доп. // Одесса: Фенікс; М.: ТрансЛит, , 2010. – 576 с.
7. Постан М.Я. Экономико-математические модели смешанных перевозок: Монография. – Одесса: Астропринт, 2006. – 376 с.
8. Ресурс <http://www.marport.net/>
9. Ресурс <http://portinvest.com.ua/ru/investoram/strategicheskie-investitsii/ investproekt-mariupol/>
10. Ресурс <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/4709-17>

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ НА БАЗЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

*Кичкин А.В., Ковалева К.Н.*

*Восточноукраинский университет имени В. Даля  
Северодонецк, Украина*

В статье рассмотрено совершенствование управления тягой поезда на участке движения за счет автоматизированной идентификации и нейронечеткой адаптации параметров движения.

Для этого в работе реализована автоматическая идентификация параметров движения для более точного их измерения, усовершенствованы существующие нечеткие модели управления тягой поезда на участке движения за счет использования адаптивных нейронечетких моделей.

**Актуальность.** Современные научно-методические подходы к созданию интеллектуальных транспортных систем (ИТС) на железнодорожном транспорте не дают представления о том, что такое интеллектуальные транспортные системы. Во многих публикациях и выступлениях они в той или иной степени отождествляются с обычными автоматизированными транспортными системами. Важной особенностью ИТС, что позволяет выделить такие системы в отдельный класс и даже в отдельное направление исследований в железнодорожной науке, является формальный логико-математический инструментарий, который используется для решения задач с позиций общесистемного подхода к анализу и управлению всеми системами и процессами на железнодорожном транспорте.

**Постановка проблемы.** Важная роль в автоматизации процессов управления перевозками принадлежит системе информационно-вычислительных центров с дистанционной передачей данных. Информация передается в информационно-вычислительный центр (ИВЦ) железной дороги и после обработки поступает на линию. Эти данные автоматически распределяются по потребителям. Актуальную для железнодорожного транспорта проблему решает реализация автоматического считывания информации с локомотивов и вагонов. Создана и прошла эксплуатационную проверку система автоматической идентификации подвижных объектов (САИД) «Пальма» (РЖД). Принцип ее действия заключается в следующем: на подвижном составе или крупнотоннажных контейнерах крепят кодовый бортовой датчик - RFID, имеющий мини-антенну, модулятор волнового сопротивления и интегральную микросхему функционального преобразования кода с запоминающим устройством. В точках контроля

движения поездов, в нескольких метрах от железнодорожного пути, устанавливают стационарную считывающую аппаратуру, которая передает в направлении кодового бортового датчика сигналы в диапазоне сверхвысоких частот. Датчик частично поглощает эти сигналы и частично отражает излучение назад. Сигналы, отраженные датчиком, декодируются, и расшифрована информация по каналам передачи данных поступает в серверный компьютер дорожного вычислительного центра. Считывание информации происходит при скорости магистрального движения железнодорожного транспорта.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Техническая реализация оптимального управления локомотивом следующая. Величиной, которая должна быть известна перед началом движения, является скорость  $V_0$  на участках экстремали. Так как скорость  $V_0$  вычисляется для расчетной массы состава  $m$ , которая может отличаться от действительной, а реальная величина сил сопротивления может отличаться от расчетных, то при рассчитанном заранее значении  $V_0$  может оказаться невозможным выполнение заданного времени хода. Однако ошибки в расчете  $V_0$ , вызванные неполнотой и неточностью имеющейся информации о массе состава и силах сопротивления движению, могут быть исправлены корректировкой. Алгоритм компьютерной программы, реализующий такую корректировку рассматривался в работах [1-2].

Кроме того ошибкам в расчете  $V_0$ , вызванным неполнотой и неточностью имеющейся информации о массе состава и силах сопротивления движению, посвящены работы [3] и [4]. В этих работах созданы и опробованы на практике с позитивным результатом нечеткие математические модели управления режимами тяги поездов.

**Цель статьи.** Совершенствование управления тягой поезда на участке движения за счет автоматизированной идентификации и нейронечеткой адаптации параметров движения.

**Материалы и результаты исследования.** Решение задачи автоматизированного управления режимами тяги поездов сводится в упрощенном виде в задачи управления вида:

$$F(t) = m * a(t)$$

Где  $F(t)$  и  $a(t)$  - сила тяги и ускорения соответственно, меняются во времени  $t$ . При этом точность тяговых характеристик, а значит и максимальная оптимальность управления зависят от:

- точности измерения массы поезда  $m$  ;
- точности измерения моментов времени  $t$  , соответствующих оптимальным точкам участков движения, в которых необходимо переключать режимы тяги локомотива (контроллер машиниста).



Создание автоматизированной системы управления режимами тяги поездов должно происходить в рамках существующей концепции создания автоматизированной системы управления движением Укрзализныци, что предполагает на сегодняшний день централизованный расчет тягово-скоростных характеристик. В основу предлагаемого решения положены возможности технологии радиочастотной идентификации (RFID), которые позволяют оснастить локомотивы и необходимые участки пути сканерами RFID в режиме считывания-записи, а также метками RFID с возможностью перезаписи их содержания.

Сканеры RFID чтения - записи на участках пути располагаются в:

- местах формирования информации о технологических характеристиках поезда;
- местах сбора статистики о технологических параметрах движения поездов по участку пути.

Метки RFID с возможностью перезаписи устанавливаются:

- на подвижном составе и содержат динамические и статические параметры движения;
- на участках пути - в оптимальных местах переключения тяговых режимов по типам локомотивов и веса поезда с сигнальной целью - для переключения режимов тяги (рассчитываются в результате нечеткого моделирования режимов и параметров тяги поездов).

Принципиальная схема автоматизированного управления тягой поезда на основе технологии RFID изображена на рис. 1.

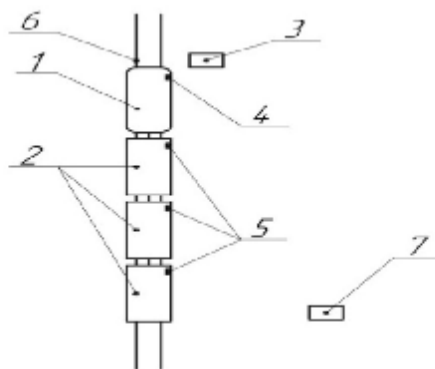


Рисунок 1 - Схема автоматизированного управления тягой поезда с помощью технологии радиочастотной идентификации.

На основе данных о пути формируется RFID-метка участка пути. В базу данных метки вносятся данные о виде пути (звеньевой / стыковой или бесстыковой), уклон и наличие на участке кривых.

RFID-метки, установленные на подвижном составе, содержащие информацию о массе брутто вагона, которая с большой точностью определена на станции загрузки с помощью вагонных весов. Эта информация автоматически вводится в RFID-метки вагонов и сохраняется в ней до момента перезагрузки или разгрузки. Для адаптации нечеткой продукционной модели управления режимами тяги поездов как основы автоматизированного тягово-скоростного расчета использована нейронечеткая адаптивная система вывода

ANFIS. При этом гибридная сеть ANFIS является системой нечеткого вывода типа Сугено 0-го или 1-го порядка, в которой каждое правило нечетких продукций имеет постоянную массу 1.

Схема выведения в модель Сугено при использовании  $m$  правил и  $n$  переменных имеет вид:

$$\text{если}(X_n = A_n^{(i)}) \text{тогда}(Y_i = P_{i0} + \overset{\circ}{\underset{\circ}{\hat{a}}}_{j=1}^n P_{ij} X_j).$$

Агрегированный выходной результат - тяговая характеристика (положение контроллера машиниста) для  $m$  правил имеет следующий вид:

$$y(x) = \frac{\overset{\circ}{\underset{\circ}{\hat{a}}}_{i=1}^M w_i y_i(x)}{\overset{\circ}{\underset{\circ}{\hat{a}}}_{i=1}^M w_i}.$$

Где  $w_i$  значения функции принадлежности для вектора  $x$ .

**Выводы.** Автоматизированная система управления движением поездов решает поставленную задачу автоматизированного сбора информации о технологических параметрах движения поездов по участку пути за счет применения современных информационных технологий для дальнейшей статистической адаптации модели управления режимами тяги поездов. При этом применение информационных технологий и, в частности, технологии RFID совместно с нечетким моделированием параметров тяги обеспечивает максимально точное измерение массы поезда и оптимальных точек участков движения, в которых необходимо переключать режимы тяги локомотива (контроллер машиниста).

#### Литература

1. Правила тяговых расчетов для поездной работы. М., 1985.
2. Тяговые расчёты. Методические указания к курсовому проектированию под редакцией Ю. Н. Ликратова. Новосибирск, 1989.
3. Скалозуб В.В., Иванов А.П. Модели управления движением поездов на основе данных экспериментальных поездок. Локомотив информ., - Харьков: «Техностандарт», Май 2007
4. Иванов А.П. Совершенствование нечеткой модели управления режимами тяги поездов (УДК 629.4.016.12), ИКСЗТ 201

## ВЛИЯНИЕ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ НА ПОДВИЖНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ СКОРОСТНЫХ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

*Пительгузов Н.А., Потапенко О.А.*

*Восточноукраинский национальный университет им В.Даля  
г.Северодонецк, Луганская обл.*

В статье рассмотрены влияние различных характеристик верхнего строения пути на динамические характеристики движения грузовых вагонов. А также проблемы, возникающие в работе тележки 18-100, невозмущенное движение которой, как показывает практика, в силу особенностей ее конструктивного исполнения, является неустойчивым, что приводит к интенсификации колебательных процессов в системе «вагон-путь» и тем самым угрожает безопасности движения поездов.

**Постановка проблемы.** Грузовые перевозки на территории стран СНГ и Балтии в последние годы выполняются подвижным составом с двухосными трехэлементными тележками типа 18-100 (ЦНИИ-ХЗ-0), разработанными более 40 лет назад.

Изменение уровня качественного состояния рельсового пути, технического обслуживания и условий эксплуатации вагонов в последнее время все чаще приводит к появлению усталостных трещин рам тележек грузовых вагонов, их изломов и разрушений, сходов с рельсов и крушениям поездов [1].

Ежегодно, в результате сходов и повреждений в Украине выходит из строя несколько тысяч единиц грузовых вагонов. На текущий момент около 80% (105 тысяч единиц) грузовых вагонов старше нормативного срока эксплуатации. А возраст некоторых единиц давно перешел за 40 и даже 50 лет [2].

Поэтому важнейшей задачей является максимальное повышение безопасности и эффективности эксплуатации грузовых вагонов с двухосными тележками, как на магистральных дорогах, так и на промышленных предприятиях [3].

Совершенствование конструкции грузовых вагонов, особенно вагонов с повышенной нагрузкой на ось, улучшение их динамических качеств, системы демпфирования и гашения колебаний, снижение силового воздействия на элементы верхнего строения пути один из важнейших вопросов, который постоянно исследуется.

**Цель статьи.** Исследование влияния состояния и характера верхнего строения пути на динамические характеристики грузового вагона.

**Материалы и результаты исследования.** Из-за низких динамических свойств, простые по конструкции и в обслуживании трехэлементные тележки, имеют ряд характерных недостатков. Как показывает практика, у тележки 18-100, в силу особенностей ее конструктивного исполнения, невозмущенное движение является неустойчивым, что приводит к интенсификации

колебательных процессов в системе «вагон-путь», угрожает безопасности движения поездов и приводит к перечисленным выше последствиям.

Различные несовершенства колесных пар, в совокупности с увеличенным модулем упругости пути, являются причиной накопления неисправностей узлов ходовой части вагона и дефектов верхнего строения пути, снижающих их технический ресурс. Выкрашивание металла в головке принимающего рельса, наличие выщербины, наклеп поверхности катания, а также значительный износ боковых поверхностей головок отдающего и принимающего рельсов, указывают на сложный характер взаимодействия колеса и рельса в зоне стыка и на интенсивность сил взаимодействия колеса с рельсом [4].

В стыке всегда возникает дополнительная динамическая сила  $P$ , передаваемая и пути и вагону. Для вагона она является источником возникновения колебаний, а для пути – источником повышения просядок шпал в балласте. В результате возникновения этих просядок продольный профиль пути приобретает вид, показанный на рис.1 [5].

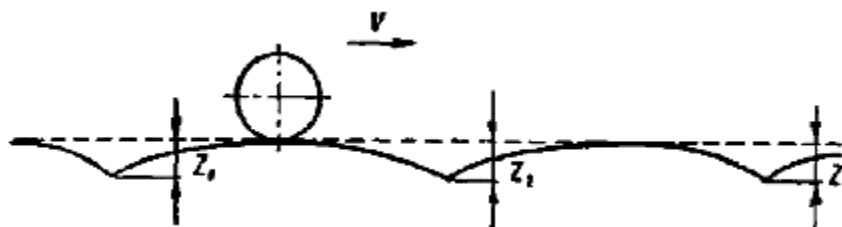


Рис.1 Схема 3-х стыкового участка продольного профиля железнодорожного пути.

Естественно, что при таком продольном профиле пути, колесо вынуждено неравномерно во времени перемещаться в пространстве и это также является одной из причин возникновения колебаний вагонов. К этому следует добавить, что ударные процессы возникают на каждом колесе колесной пары не одновременно из-за различного износа стыков. Различия в прогибах и сдвиге стыков друг относительно друга по длине пути и служат причиной появления большого количества дефектов рельсов и сокращения их срока службы. Иногда при перевозках возникает сильное взаимодействие вынуждающих сил в вертикальной и горизонтальной плоскостях симметрии экипажа, приводящее к резонансным явлениям и, соответственно, значительным колебаниям силы взаимодействия колеса и рельса, снижающим коэффициент устойчивости против вкатывания гребня колеса на головку рельса. При движении вагона по пути с железобетонными шпалами, повышенная, по сравнению с деревянными шпалами, жесткость пути, большая необрессоренная масса, а также значительная твердость объемнозакаленных рельсов и колес обуславливают повышение динамических сил в контакте колеса с рельсом.

Известно, что при скорости 70 км/ч и статической колесной нагрузке 100,45 кН неровность на поверхности катания длиной 250 мм и глубиной 1мм

вызывает увеличение давления колеса на рельс до 215,6 кН для железобетонных шпал и до 192,1 кН для деревянных шпал [6].

Вынужденной мерой борьбы с такими явлениями является действующее ограничение скорости 60 км/ч в кривых малого радиуса, что негативно влияет на пропускную способность железных дорог. В порожнем режиме движения грузового вагона по неровностям рельсового пути, вследствие недостаточного статического прогиба, как правило, не превышающего 8-10 мм, а также неизбежного износа в рессорном подвешивании элементов пары трения «клин – фрикционная планка», имеет место недостаточное демпфирование практически всех форм колебаний грузового вагона.

На основании проведенных исследований установлено, что сила трения, возникающая в гасителе, зависит от конфигурации профиля износа. В процессе эксплуатации фрикционного гасителя колебания тележки модели 18-100 плоскость рабочей поверхности фрикционного клина неравномерно изнашивается. Анализ геометрии закругления фрикционного клина и проведенные исследования износа, показали, что с уменьшением радиуса закругления поверхности фрикционного клина зазор прилегания клина к фрикционной планке увеличивается [1].

Ухудшение процесса гашения вертикальных колебаний, рост амплитуды колебаний, а следовательно и напряжений в элементах кузова, происходит при изменении геометрии клина на 12 мм. В этом случае сила трения гасителя колебаний уменьшается на 30...35 % у груженого вагона, а у порожнего происходит полная разгрузка клиньев [1, 7].

Анализ условий эксплуатации показал, что нестабильность коэффициента трения в фрикционных клиновых гасителях колебаний зависит от условий, главными из которых являются: нагрузка, скорость перемещения, температура и физикомеханические свойства контактирующих поверхностей. Передача усилий и движения от одной детали к другой производится под давлением в области контакта.

Теоретический анализ проблемы исследования, а также опыт эксплуатации показал, что одним из условий, ограничивающим повышение скорости движения и улучшения динамических показателей рессорного подвешивания экипажа, и прежде всего, фрикционных клиновых гасителей колебаний, есть силовые фрикционные связи ходовых частей рельсовых экипажей, которые обуславливают скоростные качества подвижного состава.

**Выводы.** Проведенные исследования современных условий эксплуатации подвижного состава указывают, что необходимо, повысить межремонтный пробег грузовых вагонов, для чего обеспечить более высокие динамические качества железнодорожных тележек грузовых вагонов, снизить износ рельсов, узлов вагонов, уменьшить сопротивление движению на участках ж.д. пути. Для этого предлагается выполнение следующих работ:

- использование бесстыковых железнодорожных путей с рельсами типов Р65, Р75;
- железнодорожные пути укладывать на железобетонные шпалы со стабилизированным щебеночным основанием;

- необходимо совершенствовать конструкции фрикционных гасителей колебаний, повышающих стабилизирующие свойства рессорного подвешивания;

- применять при изготовлении фрикционных гасителей колебаний новые технологии и материалы.

### Литература

1. Губачева Л.А., Потапенко О.А., Потапенко А.Н. Влияние геометрии поверхности фрикционного клина на работу фрикционного гасителя колебаний грузовых вагонов. Вістник СНУ ім. В. Даля. Науковий журнал № 5 (212), частина 1, 2014 рік. - с. 64-66.
2. <http://trans-port.com.ua/53025-vetkhie-vagony-ukrzhaliznyci-vse-chashhe-skhodjat.html> - Портал Trans Port.
3. Модельная установка для испытаний фрикционных планок гасителя колебаний грузовых вагонов / Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Комп'ютерні науки для інформаційного суспільства» грудень 12-13. Луганськ: видавництво «Ноулідж», 2012 рік. - с. 364-367.
4. Журнал Объединение производителей железнодорожной техники «Техника железных дорог» №3 (15), август, 2011 год. - с. 48-56.
5. Вериго М.Ф. Динамика вагонов. Конспект лекций. - М: ВЗИИТ, 1971 г. 176 с.
6. Шаратов С.Н. Проблемы создания малообслуживаемого пути. Железнодорожный транспорт, 2011 год - №3. – с. 25-32.
7. Потапенко О.А., Потапенко А.Н. Взаимосвязь геометрии фрикционного клина с процессом гашения вертикальных колебаний тележки 18-100. / Матеріали науково-практичної конференції студентів та молодих вчених «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» листопад 4 - 6. Сєвєродонецьк: видавництво «СНУ ім. В. Даля», 2014 рік. - с. 67 - 69.

## ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ В СИСТЕМІ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

*Скребцова К.В., наук. кер. Кічкіна О.І.*

*Східноукраїнський національний університет ім. В.Даля  
м. Сєвєродонецьк, Україна*

**Анотація.** В статті наведені основні тези дослідницької роботи щодо розробки моделей оптимізації параметрів мультимодальної системи перевезень на базі удосконалення і розширення обмежень транспортної задачі.

### **Постановка проблеми.**

Глобалізація виробництва, лібералізація торгівлі і виникнення регіональних торгових блоків, а також використання досягнень науково-технічного прогресу на транспорті привели до зростання ролі і складності міжнародних транспортно-логістичних функцій, координації виробничих, торгових і транспортних процесів.

У цих умовах все більш популярнішими стають змішані перевезення, що дозволяють побудувати гнучку схему доставки вантажів. Переміщення вантажу з однієї країни в іншу, принаймні, двома видами транспорту виконується за одним договором і контролюється так званим оператором мультимодальних перевезень вантажів, виступаючим як принципал і що бере на себе відповідальність за договір. Розвиток мультимодальних перевезень потребує розробки прогресивних транспортно-технологічних систем доставки вантажу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питанням вдосконалення організації змішаних перевезень і управління ними присвячені праці провідних фахівців в даній області, таких як В. З. Ананьїна, О. О. Бакаєв, Л. Д. Ветренко, В. К. Доля, А. В. Комаров, Є. Д. Крушкін, І. О. Лапкіна, О. С. Леснік, О. Р. Магамадов, С. В. Мілославська, І. В. Морозова, В. Я. Негрей, Г. І. Нечаєв, К. І. Плужников, М. Я. Постан, Н. В. Правдін, С. М. Резер, О. О. Смахов, О. Г. Шибєєв, Ю. М. Цветов і інших вчених.

В той же час практика використання мультимодальних перевезень висуває нові складні завдання, що стосуються вдосконалення методів оптимізації техніко-експлуатаційних параметрів транспортних засобів, обслуговуючих транспортно-логістичні системи доставки вантажів, а також поліпшення взаємодії транспортних потоків в пунктах перевалювання вантажів, як в детермінованих постановках, так і в умовах невизначеності і ризику.

**Ціль статті** Метою дослідження є розробка моделей оптимізації параметрів мультимодальної системи перевезень з урахуванням невизначеності і ризику.

**Матеріали і результати дослідження.** Головною особливістю не тільки мультимодальних, але і, взагалі, всіх змішаних перевезень, є наявність стиковки, взаємодії в перевалочних пунктах транспортних засобів, транспортних потоків, вантажопотоків. Ця обставина, проте, до останнього часу слабо враховувалася в моделях, наприклад, лінійного і нелінійного програмування транспортних задач. Зрозуміло, що недостатня увага, що приділяється процесу взаємодії транспортних потоків при моделюванні мультимодальних систем, може призвести до помилкових кінцевих результатів, до спотворення якісної картини виробничого процесу.

При розробці проектів створення або організації систем мультимодальних перевезень на короткостроковий період виникає безліч завдань, пов'язаних з вибором оптимального місця розташування пунктів перевалки вантажів, маршруту переміщення вантажу, оптимізацією техніко-експлуатаційних параметрів транспортних засобів, зайнятих на окремих ланках систем мультимодальних перевезень, а також їх чисельності. В цьому разі пропонується використання не стандартних транспортних задач розподілу потоків, а модифікованих транспортних задач з введенням параметрів і додаткових умов-обмежень. Такими параметрами можуть бути діапазони вантажопідйомності транспортного засобу, дозвільні діапазони швидкості руху тощо. В якості додаткових обмежень можуть бути строк постачання, кількість пунктів перевантаження і т. інше. Такі удосконалені моделі організації перевезень з введенням додаткових умов та визначення змінних як випадкової величини, що розподілена за певним законом можуть становити основу для оптимізаційного аналітичного блоку автоматизованої системи управління перевезеннями.

**Висновки.** В процесі дослідження в рамках магістерської роботи визначені основні параметри задачі оптимізації мультимодальних перевезень, додаткові обмеження для стандартної транспортної задачі, розроблений комплекс моделей для багаторівневої оптимізації взаємодії ланок мультимодальної системи.

#### **Література.**

1. Постан М. Я. Экономико-математические модели смешанных перевозок / Михаил Яковлевич Постан. – Одесса: Астропринт, 2006. –376 с.
2. Сторожев В. В. О некоторых особенностях моделирования мультимодальных систем доставки груза в условиях неопределенности / Владимир Валентинович Сторожев. – Одеса: Вісник ОНМУ: Зб. наук. праць. – ОНМУ, 2008. – Вип. 24. – С. 57-64.
3. Курлянд А. М. Об одной задаче оптимизации параметров транспортных средств в мультимодальных системах доставки груза / Курлянд А. М., Постан М. Я., Сторожев В. В. – Одеса: Вісник ОНМУ: Зб. наук. праць. – ОНМУ, 2005. – Вип. 16. – С. 56-65.



## УДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛІКУ ТА ВИТРАТ ПАЛИВА НА АВТОТРАНСПОРТІ

*О.С. Худасова*

*О.В. Кічкін*

*Східноукраїнський національний університет ім. В.Даля  
м. Сєвєродонецьк, Україна*

**Анотація.** Математичну основу запропонованого рішення складає нейронечітке адаптивне моделювання фактичних витрат палива на маршруті з метою мінімізації витрат палива. Інформаційну основу рішення складає електронна технологічна карта маршруту, яка в свою чергу є основою АРМ з розрахунку витрат палива.

**Аналіз проблеми.** Витрати палива – одна з головних складових витрат у роботі автотранспортного підприємства. Сучасні методи розрахунку витрат палива на автотранспорті можна класифікувати наступним чином:

- за технічними параметрами роботи автомобіля[5,6,9];
- за характеристиками умов експлуатації автомобіля[1,2,3,7,8];
- за видами та моделями автотранспортних засобів[4,10];
- за даними виробника автотранспортних засобів.

Крім цього, важливою є класифікація розрахунків за математичними методами :

- аналітичні методи, спрямовані на одержання функціональних залежностей для розрахунку витрат палива;
- динамічні математичні методи, які мають на меті імітаційне моделювання витрат палива;

Важливим недоліком існуючих підходів до розрахунку витрат палива автотранспортом є той факт, що вони враховують лише кількісні характеристики експлуатації, та зовсім не враховують нечіткі, лінгвістичні характеристики. Прикладом може бути манера кермування автомобілем конкретного водія, що іноді самим суттєвим чином впливає на витрати палива автомобілем.

**Постановка проблеми.** Враховуючи вищесказане, важливим здається доповнення існуючої схеми розрахунку витрат палива, яка враховує характеристики моделі автомобіля, шляху та зовнішніх умов, характеристиками конкретної людини за кермом.

Удосконалення економічного аспекту розрахунку передбачає, з одного боку, максимальне застосування корегуючих коефіцієнтів, з іншого боку, розробку математичних методів розрахунку, які б максимально точно та всебічно враховували вплив об'єктивних та суб'єктивних факторів експлуатації.

**Мета роботи.** Застосуванні нечітких математичних моделей та їх програмної реалізації у вигляді автоматизованого робочого місця(АРМ) з розрахунку витрат палива.

**Результати дослідження.** Для вирішення поставленої мети необхідна постановка та вирішення задачі прогнозу витрат палива за технологічною картою маршруту руху автомобіля. Вирішення цієї задачі полягає у врахуванні максимальної кількості показників, що мають як об'єктивний, так і суб'єктивний характер. Тому досить логічним виглядає застосування апарату нечіткої математичної логіки та нейромережових адаптивних моделей для вирішення цієї задачі.

При цьому, загальний обсяг статистичної інформації має бути максимізований, а сама інформація з шляхового листа має бути розрахована та перевірена (особливо у частині розрахунку нормативних витрат палива та транспортної роботи) відповідальним спеціалістом.

Загальне вирішення поставленої задачі вимагає побудови нечіткої математичної моделі Сугено та її нейромережової адаптації до умов маршруту руху та факторів, що впливають на кількість витрат палива при цьому. Загальний вигляд моделі Сугено передбачає наступну схему виведення загальних прогнозованих витрат палива  $Y$  на маршруті від параметрів  $X$  нечіткої математичної моделі:

$$\text{ЯКЩО}( X_n = A_n^{(i)} ) \text{ТОДІ}( Y_i = P_{i0} + \overset{n}{\underset{j=1}{\dot{\mathbf{a}}}} P_{ij} X_j ). \quad (1)$$

При цьому послідовність побудови нечіткої математичної моделі Сугено передбачає кластеризацію статистичних даних, а також подальшу побудову залежностей вигляду(1) для кожного кластеру.

Практична реалізація методики удосконалення розрахунку палива на маршруті автотранспорта передбачає створення відповідного АРМ. Функціональна структура АРМ передбачає наявність наступних блоків:

- блоку шляхових листів;
- блоку персоналу;
- блоку ГСМ;
- блоку замовників;
- блоку постачальників;
- блоку перевізників;
- блоку маршрутів;
- блоку вантажів.

При експлуатації АРМ важливою стає інформаційна модель у вигляді бази даних, яка має забезпечувати функціональність АРМ відповідною інформацією.

**Висновки.** Створена математична модель дозволяє автоперевізникам не тільки у «полегшаному» варіанті виконувати розрахунок витрат палива, але й удосконалити процедуру «списання палива». Особливе значення при цьому має електронна технологічна карта маршруту, яка дозволяє автоматизувати процес розрахунку витрат палива на підприємстві. Запропонована практична реалізація методики робить її універсальною та простою у використанні.

### Література

1. Харитонов С. А. Автоматические коробки передач. — М.: ООО «Издательство Астрель», 2003. — 479 с.: ил.
2. Гришкевич А. И. Автомобили: Теория: учебник для вузов. — Мн.: Выш. шк., 1986. — 208 с.
3. Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей: учебник для вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания»/[Д. Н. Вырубов, Н. А. Иващенко, В. И. Иван и др.];  
под ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглова. — [4-е изд.], — М.: Машиностроение, 1983. — 372 с., ил.
4. Автомобиль: теория и эксплуатация. М.: МАМИ, 1981. — 70 с. № 4, 2010 58
5. Горожанкин С. А. Метод оптимизации путевого расхода топлива автомобиля на заданной дистанции/ С. А. Горожанкин, Н. В. Савенков // Вісник СНУ імені Володимира Даля. — 2009. — № 11 (141).
6. Горожанкин С. А. Метод оптимизации путевого расхода топлива автомобиля на заданной дистанции/ С. А. Горожанкин, Н. В. Савенков // Вісник СНУ імені Володимира Даля. — 2010. — № 6 ( 148).
7. Волков В. П. Теория эксплуатационных свойств автомобиля: учебн. пособие. — Х.: ХНАДУ, 2003. — 292 с.
8. Литвинов А. С. Автомобиль: теория эксплуатационных свойств/ А. С. Литвинов, Я. Е. Фаробин: учебник для вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство». — М.: Машиностроение, 1989. — 240 с.
9. Бушуев П.В. Разработка методики нормирования расхода компримированного природного газа городскими автобусами, оснащенными электронной системой управления двигателем: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — М.: МАДИ, 2007. — 21с.
10. Нормы расхода ГСМ на автотранспорте. Бухгалтерия № 16 (1003).

## ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ПАРКУ ТА РЕЖИМУ РОБОТИ МІСЬКИХ АВТОБУСІВ

*Грибініченко М.В., доц.,к.т.н.,  
Суббота І.М.студент гр ТЛ-721  
Східноукраїнський національний університет ім. В.Даля  
м. Сєвєродонецьк, Україна*

**Анотація.** В статті запропоновано підхід до обґрунтування визначення оптимальної кількості автобусів на маршруті різної місткості та зменшення їх простою.

### **Аналіз проблеми.**

Вирішення значного блоку соціальних проблем лягає на пасажирський транспорт загального користування, основне завдання якого полягає в повному і своєчасному задоволенні потреб пасажирів в перевезеннях при високій якості обслуговування.

Пасажирські перевезення в великих містах здійснюються декількома видами транспорту, які утворюють міську транспортну систему. Транспортна система є однією з найбільш важливих складових частин міської інфраструктури. Рівень надання послуг міським пасажирським транспортом визначає забезпечення трудової діяльності, культурного розвитку і відпочинку населення.

В сучасних умовах розвитку міст, основним пріоритетом в діяльності організацій, управлінь, департаментів і підприємств транспорту на всіх рівнях є пошук рішень у сфері оптимізації процесу перевезень пасажирів, з метою підвищення ефективності роботи пасажирського транспорту з одночасним зростанням культури обслуговування і максимально можливим зниженням транспортних витрат.

### **Постановка проблеми**

Вирішення значного блоку соціальних проблем лягає на пасажирський транспорт загального користування, основне завдання якого полягає в повному і своєчасному задоволенні потреб пасажирів в перевезеннях при високій якості обслуговування.

Пасажирські перевезення в великих містах здійснюються декількома видами транспорту, які утворюють міську транспортну систему. Транспортна система є однією з найбільш важливих складових частин міської інфраструктури. Рівень надання послуг міським пасажирським транспортом визначає забезпечення трудової діяльності, культурного розвитку і відпочинку населення.

В сучасних умовах розвитку міст, основним пріоритетом в діяльності організацій, управлінь, департаментів і підприємств транспорту на всіх рівнях є пошук рішень у сфері оптимізації процесу перевезень пасажирів, з метою

підвищення ефективності роботи пасажирського транспорту з одночасним зростанням культури обслуговування і максимально можливим зниженням транспортних витрат.

Одним з найбільш перспективних способів рішення цієї задачі є спосіб заснований на вивченні аналізі і вдосконаленні існуючої системи пасажирських перевезень.

У крупних містах, де високий показник транспортної рухливості населення, і темпи його зростання випереджають темпи розвитку міського пасажирського транспорту, де поява нових житлових районів збільшує відстань від центру міста до його околиць, від промислових і ділових центрів до житлових масивів, приводячи до збільшення середньої дальності поїздки пасажирів, автобусні перевезення є найбільш ефективним засобом у вирішенні транспортних проблем.

**Мета дослідження.** Обґрунтування визначення оптимальної кількості автобусів на маршруті різної місткості та зменшення їх простою.

**Результати дослідження.**

*Обґрунтування раціонального співвідношення кількості автобусів різної місткості.*

Ефективність роботи міського автобусного маршруту оцінюється перш за все якістю задоволення потреб пасажирів та повнотою використання рухомого складу. Потрібна кількість автобусів інвентарного парку визначається максимальним пасажиропотоком, однак необхідно враховувати загальні витрати на перевезення в тому числі й витрати пасажирів на очікування автобуса. Крім того, перевезення можуть здійснюватись автобусами різної місткості, в той же час аналіз результатів попередніх досліджень свідчить, що немає чітких рекомендацій щодо визначення раціонального співвідношення кількості автобусів різної місткості, які працюють на одному маршруті

Внаслідок добових коливань пасажиропотоку автобуси використовуються повністю лише в години «пік», в інший час вони або простоюють, або працюють з частковим навантаженням.

Таким чином, виникає задача визначення оптимальної кількості автобусів на маршруті різної місткості та зменшення їх простою.

Якісні і економічні критерії оцінки роботи міського пасажирського транспорту можуть бути враховані при виборі кількості потрібного рухомого складу по економічному критерію мінімуму приведених витрат  $C_{пр}$  на організацію і експлуатацію транспортного господарства, включаючи витрати, пов'язані з втратами транспортного часу населення:

$$C_{пр} = [(E + E_n K_n) N_{сп} + C_n T_{об}/N]/A > \min \quad (1)$$

де  $E$  – річні експлуатаційні витрати транспортного підприємства, віднесені до одиниці рухомого складу;

$E_n = 0,12$  – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

$K_n$  – сумарні капіталовкладення на організацію транспортного господарства, віднесені до одиниці рухомого складу;

$T_0$  - сумарні річні витрати часу населення на очікування транспорту (з урахуванням нерегулярності руху);

$A$  – річний об'єм пасажироперевезень;

$C_{\text{п}}$  – вартісна оцінка однієї пасажирогодини (орієнтування 4,5 грн/ч)

Аналіз формули показує, що із збільшенням числа автобусів на маршруті експлуатаційні витрати перевізника зростають, разом із зменшенням завантаження автобуса, а витрати пасажирів зменшуються, внаслідок скорочення часу очікування транспорту (рис. 1).

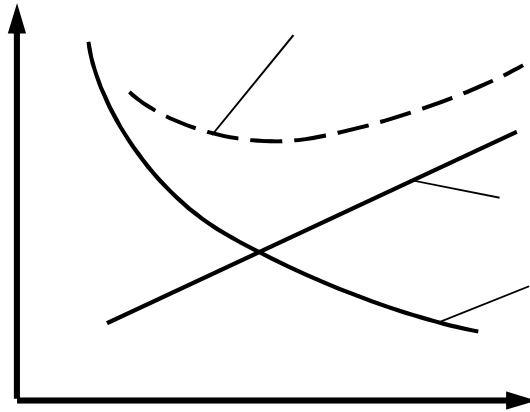


Рис. 1 Витрати перевізника.

Таким чином, функція сумарних витрат теоретично має мінімум, проте для її аналізу необхідні розрахунки затрат пасажирів і перевізника, причому очевидно ці витрати в значній мірі залежатимуть від місткості автобуса. По мінімуму витрат можна визначити раціональне число автобусів на маршруті для автобусів різної місткості. Після цього їх співвідношення визначить долі пасажиропотоку обслуговуваного автобусами різної місткості. Тоді загальна кількість автобусів визначається за формулою:

$$N = \frac{A \times l_m}{(n_1 \times V_1 \times n_1) + (n_2 \times V_2 \times n_2)} \quad (2)$$

де  $Q$  – розрахунковий пасажиропоток за годину.

$l_m$  – довжина маршруту.

$\eta_1, \eta_2$  – частина пасажиропотоку що доводиться на автобуси малої та середньої пасажиромісткості.

$V_1, V_2$  – експлуатаційна швидкість автобусів різної пасажиромісткості.

$n_1, n_2$  – місткість автобуса.

Для практичного застосування запропонованого підходу до визначення раціонального співвідношення автобусів різної місткості необхідні

експериментальні дані о пасажиропотоках. Для отримання експериментальних даних був обраний міський автобусний маршрут, який досліджено табличним методом обстеження при якому інформація про кількість пасажирів в автобусах фіксувалася обліковцями, що знаходилися на всіх зупинних пунктах маршруту.

Характеристики маршруту:

Кількість проміжних зупинних пунктів	- 19
Інтервал руху автобусів, хв	- 3-4
Протяжність маршруту, км	- 11,5
Технічна швидкість, км/год	- 32
Нульовий пробіг, км	- 5
Час зупинки на проміжному пункті, с	- 20
Час стоянки на кінцевих пунктах, хв	- 6
Час оборотного рейсу, хв	- 68
Час початку роботи маршруту, год	- 6
Час закінчення роботи маршруту, год	- 21
Кількість автобусів, працюючих на маршруті	- 20

Аналіз результатів проведених експериментальних досліджень дозволив зробити висновки:

- відносно великий коефіцієнт змінності пасажирів (протягом доби змінюється в діапазоні 1,55 , 2,3.) робить маршрут вигідним для перевізника, але велика нерівномірність пасажиропотоку по годинах доби (коефіцієнт нерівномірності  $K_{нт} = 1,75$ ) знижує коефіцієнт випуску автобусів і відповідно ефективність використання рухомого складу;

- зміна розподілу пасажиропотоку по довжині маршруту протягом доби, а також дані про пасажирообмін на зупинних пунктах дозволяють рекомендувати проведення моделювання роботи маршруту при роботі на ньому автобусів різної місткості (наприклад, особливо малою і середньою).

Запропоновані теоретичні положення та результати експериментальних досліджень дозволили розробити наступні практичні рекомендації щодо вдосконалення роботи маршруту. Для автобусів середньої місткості сумарні витрати на перевезення мінімальні при кількості автобусів на лінії – 10. Для автобусів малої місткості мінімальні витрати на перевезення будуть при кількості автобусів – 16. Таким чином співвідношення кількості автобусів дорівнює 10:16, або 0,38:0,62.

Ефект від зміни структури парку автобусів:

$$E_{\partial} = \Delta C \times A_{\partial} \times \eta_2, \quad (3)$$

де  $\Delta C$  - зменшення сумарних витрат на перевезення одного пасажирів;  
 $A_{\partial}$  - добовий пасажиропотік, пас;  
 $\eta_2 = 0,38$  – доля пасажиропотоку, яка обслуговується автобусами середньої місткості.

Аналіз експериментальних даних свідчить, що протягом доби пасажиропотік може змінюватися по величині в 2 рази, що приводить до порушення обслуговування пасажирів і неприпустимого перевантаження автобусів або до непродуктивних простоїв рухливого складу. Слід також відзначити, що автобуси малої місткості більшою мірою схильні до впливу коливань пасажиропотоку.

*Обґрунтування раціональної організації ТО автобусів.*

Оскільки простої рухомого складу в проміжку часу між годинником “пік” неминучі, їх доцільно використовувати для проведення технічного обслуговування (ТО) автобусів. Причому для заданих умов експлуатації можна рекомендувати вживання агрегатно-зональну форму організації виробництва робіт ТО, згідно якої ТО-2 виконують частинами в декілька заїздів на спеціалізованих постах в міжзмінний час. Дні заїздів збігаються з проведенням ТО-1, таким чином, проведення чотирьох поєднаних ТО еквівалентне традиційній схемі: три ТО-1 + одне ТО-2. Перевагою даної форми організації робіт є ліквідація днів простою в ТО-2, крім того, в умовах міських пасажирських перевезень ТО зручно проводити потоковим методом в час між годинами “пік”, що дозволить частково компенсувати добові коливання пасажиропотоку.

Час простою одиниці рухомого складу в ТО-1 и ТО-2 :

$$T_{np} = [(1 - \alpha_b) \cdot A_{гр}] \cdot D_{ТО-2} \quad (4)$$

$\alpha_b$  - коефіцієнт випуску автобусів;

$A_{гр}$  – час роботи маршруту;

$D_{ТО-2}$  – періодичність ТО-2;

$$D_{ТО-2} = \frac{L_{ТО-2}}{L_{cc}} \quad (5)$$

$L_{ТО-2}$  – пробіг між ТО-2.

$L_{cc}$  – середньодобовий пробіг.

Скорочення часу простою автобуса завдяки використанню запропонованого методу ТО складає:

$$\Delta T_{np} = t_{ТО-2} + 4 \cdot t_{ТО-1} \quad (6)$$

$t_{ТО-2}$  - час потрібний на проведення ТО – 2.

$t_{ТО-1}$  - час потрібний для проведення ТО – 1.

Ефект від використання суміщеного ТО :



$$E_{TO} = \frac{DT_{np}}{T_{np}} \quad (7)$$

Аналіз ефективності організації технічного обслуговування автобусів на основі поєднання робіт ТО-1 і ТО-2 в єдиній технічній операції з організацією її проведення в період між годинами “пік” показав, що простій кожного автобуса скорочується на 17%; за рахунок компенсації добового коливання пасажиропотоку на 6%; за рахунок ліквідації простоїв в ТО-2 - на 11%.

### **Висновок**

Запропонована методика вибору раціональної структури парку міських автобусів з урахуванням сумарних витрат пасажира і перевізника дозволяє зменшити загальні витрати на перевезення та отримати економічний ефект 379,3 гривні на добу. Впровадження запропонованої технології проведення технічного обслуговування автобусів дає як мінімум 10 гривень економії на один автобус.

### **Література**

1. Афанасьев Л.Л. и др. Единая транспортная система и автомобильные перевозки: Учебник для студентов вузов/Л.Л.Афанасьев, Н.Б.Островский, С.М. Цукерберг.—2-е издание, перераб. и доп. —М.: Транспорт, 1984.—333 з., рис.;
2. Грибиниченко М.В., Иваненко О.И. Результаты экспериментальных исследований работы городского автобусного маршрута // Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля – 2009.– № 5 (135). – С. 203 – 206.

# ЛАЗЕРНА СИСТЕМА СТАБІЛІЗАЦІЇ ПЕРЕКОСУ КОНСТРУКЦІЇ ПЕРЕВАНТАЖУВАЧА З ВИКОРИСТАННЯМ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ

*Г.А. Болдирєв  
Д.П. Матоліков*

*Одеський національний морський університет, Україна*

**Анотація.** В статті представлений підхід до проектування лазерної системи стабілізації перекоосу перевантажувачів з використанням імітаційної моделі.

**Актуальність проблеми.** У наш час проведення експериментів з інтегрування нових систем на реальних об'єктах є дуже коштовним та небезпечним, тому застосування комп'ютерної моделі вирішить багато важливих проблем, насамперед витрат фінансів, часу та людської праці.

**Мета роботи.** Дослідження можливості використання імітаційного моделювання при проектуванні лазерної системи стабілізації перекоосу перевантажувачів.

**Результати дослідження.** Лазерна система стабілізації складається із програмованого контролеру, що отримує сигнали від органів управління пересуванням перевантажувача та системи лазерних датчиків. Контролер корегує завдання швидкості для кожної опори окремо за допомогою частотного керування.

Лазерні далекоміри встановлюються на опорах перевантажувача та визначають відстань до спільного фіксованого рівня. Система отримує показання датчиків, порівнює їх значення, отримує значення перекоосу. Потім розраховується поправка по швидкості перевантажувача, яка необхідна для збільшення інтенсивності усунення перекоосу на малих швидкостях руху. Потім обчислюється значення поправочного коефіцієнта. Значення поправочного коефіцієнта залежать від значень перекоосу. Система визначає випереджаючу опору. Після уточнення напрямку руху система приступає до гальмування випереджаючої опори, швидкість опори знижується пропорційно поправочному коефіцієнту, після чого цикл повторюється.

Була створена модель пересування перевантажувача з запрограмованою різницею швидкості опор. В модель вмонтовано блок імітації роботи системи стабілізації.

Концептуальний або формальний опис моделі складної системи перетворюється в програму-імітатор відповідно до деякої методики програмування, із застосуванням мов і систем моделювання. Важливим моментом тут є коректний вибір інструментального засобу для реалізації імітаційної моделі.

При виборі засобів імітаційного моделювання слід враховувати всі можливості, що надаються ними, які можна об'єднати в такі групи:

1. основні характеристики;
2. сумісне програмне забезпечення;

3. анімація;
4. статистичні можливості;
5. звіти з вихідними даними та графіками;
6. послуги, що надаються замовникам і документація.

Було проведено 10 прогонів моделі з відключеним блоком системи стабілізації. Час кожного прогону дорівнює часу виконання 10 робочих циклів, що становить 1150 с. Середнє значення максимального перекосу: 15110 мм  $\pm$  54 мм. Середнє відносне відставання опор від максимально можливого переміщення (без урахування інерції): 16,465%  $\pm$  0,003%.

З включеною системою стабілізації було проведено ще 10 прогонів моделі. Час кожного прогону також дорівнює часу виконання 10 робочих циклів і дорівнює 1225 с. Що на 75 с більше, ніж з відключеними системами.

Середнє значення максимального перекосу: 37.49 мм  $\pm$  1 мм. Статистика значень перекосів: перекоси 20-30 мм – 28 шт. (90,3%); 30-50 мм – 3 шт. (9,7%); 50 мм і більш – 0 шт. (0%). Середнє відносне відставання опор від максимально можливого переміщення: 19,915%  $\pm$  0,002%. Значення перекосу коливається відносно нуля, амплітуда зростає при різких змінах напрямку руху перевантажувача.

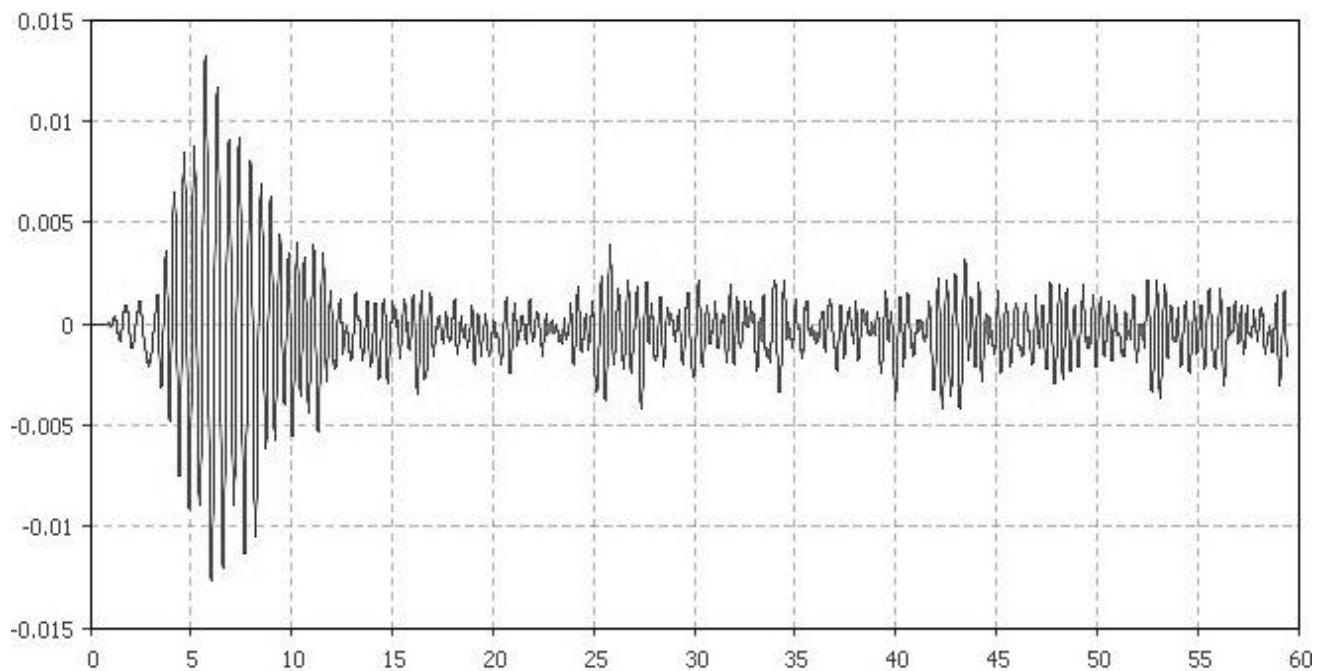


Рис.1 - Графік зміни перекосу відносно часу при стабілізації за допомогою лазерів

На основі проведених експериментів на моделі можна зробити наступний висновок: система стабілізації перекосу крану за допомогою лазерних датчиків відстані допускає мінімальні значення перекосу, більша частина коливань відбувається в інтервалі 20-30 мм. При цьому спостерігається збільшення часу робочого циклу перевантажувача. Тобто ця система стабілізує рух опор крану, але знижує ефективність його роботи. Дані, отримані за допомогою лазерних датчиків відстані, залежить від

навколишнього середовища (опади, туман, освітленість, температура) тому про доцільність використання цієї системи встановлюється в залежності від дійсних умов експлуатації перевантажувача.

**Висновки.** Система стабілізації перекосу крану за допомогою лазерних датчиків відстані допускає мінімальні значення перекосу, більша частина коливань відбувається в інтервалі 20-30 мм. При цьому спостерігається збільшення часу робочого циклу перевантажувача. Тобто ця система стабілізує рух опор крану, але знижує ефективність його роботи.

#### Литература

1. Бабина О. И. Сравнительный анализ имитационных и аналитических моделей//Четвертая всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика» ИММОД-2009. Сб. докладов. – СПб.: ОАО «ЦТСС», 2009. – Том 1. с. 73-77.

2. Берман А. Ф., Николайчук О.А., Юрин А.Ю. Автоматизация прогнозирования технического состояния и остаточного ресурса деталей уникальных машин и аппаратуры//Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2009. – № 3. – С. 48–57.

3. Берман А. Ф., Николайчук О.А., Павлов А.И., Юрин А.Ю. Агентное моделирование динамики технических состояний механических систем//Четвертая всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика» ИММОД-2009. Сб. докладов. – СПб.: ОАО «ЦТСС», 2009. – Том 2. с. 27-30.

4. Кельтон В., Лоу А. Имитационное моделирование. Классика CS. 3-е изд. – СПб.: Питер, 2004. – 847 с.

## ПРОГНОЗУВАННЯ ВАНТАЖНИХ ПОТОКІВ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА З УРАХУВАННЯМ СЕЗОННИХ КОЛИВАНЬ

*І.Г. Уляшова*

*О.І. Кічка*

*Східноукраїнський національний університет ім. В.Даля  
м. Сєвєродонецьк, Україна*

**Анотація.** В статті запропоновано застосування прогновної моделі з урахуванням сезонних коливань для визначення прогнозного вантажопотоку в міжнародному сполученні для автотранспортного підприємства «LAA Trans».

**Аналіз проблеми.** В умовах формування ринкових відносин виникла необхідність в організації і активному розвитку транспортної логістики в Україні. Несталість політичних, економічних та інших чинників призводить до необхідності пошуку методів прогнозування обсягів перевезень з урахуванням значних сезонних коливань.

**Постановка проблеми.** У зв'язку з військовими діями в Луганській області ТОВ "Компанія "Транспеле" та «LAA Trans» були вимушені евакуюватися в м. Київ і починати організацію своєї роботи з початку. У зв'язку з цим виникало безліч проблем в процесах організації роботи підприємства, відновлення плану перевезень, організації нових логістичних потоків, розробки маршрутів, прогнозування обсягів перевезень і т. інш.

Проблема транспортно-експедиційної роботи підприємства LAA Trans як показав аналіз діяльності підприємства за останній період, в нестабільності міжнародних перевезень за деякими напрямками і з деякими партнерами. Все це призводить до необхідності розробки системи прогнозування вантажопотоків та системи підтримки рішень на основі прогнозу.

**Мета роботи.** Побудувати прогнозні моделі вантажопотоків автотранспортного підприємства в міжнародному сполученні з урахуванням сезонних коливань.

### **Результати дослідження.**

Аналіз перевезень підприємства в певних напрямках дозволив зробити висновок, що характер перевезень випадковий, проте в певних напрямках можна простежити закономірність, в інших напрямках яскраво виражений сезонний характер. Застосування математичних методів і інформаційних технологій дозволило отримати прогнозні моделі для визначення вантажопотоків в різних напрямках.

Прогнозна модель сезонного явища має вигляд:

$$X_t = U_t + V_t + E_t$$

де  $U_t$  - тенденція ряду;  
 $V_t$  - короткочасні коливання;  
 $E_t$  - випадкові коливання.

Тенденція відбиває загальну зміну ряду за тривалий проміжок часу: постійний підйом або постійне зниження. Тенденція представляється як плавний безперервний рух, що зглажує стрибкоподібні зміни в місяцях, кварталах або роках.

Короткострокові коливання - це більш менш регулярні зміни тимчасового ряду, що виникають з настанням цієї пори року і повторюються з невеликими відхиленнями з року в рік.

Випадкові коливання викликаються зовнішніми, випадковими причинами, вплив яких позначається на рівнях ряду, змінюючи тенденцію, а також сезонні і циклічні коливання.

Виявлення сезонних періодичних явищ передбачає проведення комплексного аналізу отриманих в результаті маркетингових досліджень. Ці дані, як правило, містять значні коливання та відзначності, що визначає необхідність їх фільтрації перед побудовою прогнозних моделей. Далі необхідно виділити дві складових часового ряду - тренд і сезонні хвилі.

Процес моделювання складається з декілька етапів.

Згладжування (фільтрація) часових рядів. Для виключення випадкової складової  $E_t$  із загальної моделі часового ряду застосовується згладжування часових рядів методом змінного середнього. Застосовуючи цей метод можна елімінувати (виключити) випадкові коливання і отримати значення, відповідні впливу головних факторів. Згладжування за допомогою ковзних середніх засноване на тому, що в середніх значеннях взаємно погашаються випадкові відхилення. Це відбувається в наслідок того, що початкові рівні тимчасового ряду замінюються середньою арифметичною величиною всередині обраного інтервалу часу. Отримане значення відноситься до середини обраного періоду. Потім період зсувається на одне спостереження і розрахунок середньої повторюється, причому періоди визначення середньої беруться за весь час однаковими. При згладжуванні часового ряду в розрахунках беруть участь всі значення часового ряду. Чим ширше інтервал ковзання, тим більш правильним виходить тренд. Згладжений ряд коротше початкового на  $K-1$  спостережень, де  $K$  - величина інтервалу згладжування. При великих значеннях  $K$  коливання згладженого ряду значно знижується при одночасному скороченні довжини ряду.

Довжина інтервалу згладжування може бути парній або непарній. Якщо число членів інтервалу непарне, то отримані значення ковзної середньої відносяться на середній член інтервалу згладжування:

$$Y_{i+m} = \frac{Y_1 + Y_{i+1} + \dots + Y_{i+2m}}{2m + 1}$$

При парній довжині інтервалу згладжування отримані значення ковзної середньої розташовуються в проміжку між значеннями ряду:

$$Y_{i+m} = \frac{\frac{1}{2}Y_i + Y_{i+1} + \frac{1}{2}Y_{i+2m}}{2m}$$

Визначення тенденції часового ряду. Згладжування часового ряду призводить до виключення випадкового коливання  $E_t$  з моделі ряду. Модель набуває вигляду:

$$Y_t = U_t + V_t$$

Тенденція ряду  $U_t$  може бути визначена на основі методу найменших квадратів, де в якості аргументу приймається порядковий номер періоду спостереження, а функцією - значення згладженого ряду. В якості тренда (функції описує тенденцію) можуть бути використані лінійні, квадратичні та інші функції:

Отримана модель сезонної хвилі використовується в подальшому для отримання прогнозних значень часового ряду. Для отримання прогнозу параметру  $t$  надаються деякі значення, що виходять за діапазон досліджуваної ознаки. Далі, на підставі цих даних розраховуються нові значення функції.

Дослідження перевізного процесу підприємства ТОВ Компанія "Транспеле" дозволило побудувати прогнозні моделі вантажопотоків для напрямів в Польщу, Німеччину, Францію.

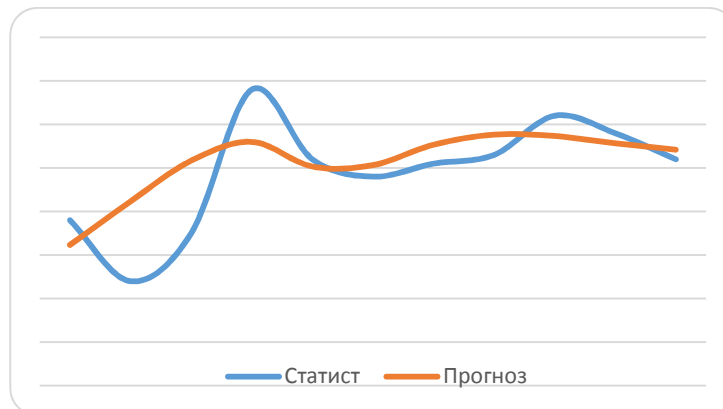


Рис. 1 - Прогноз вантажопотоку в напрямі Польща (експорт)

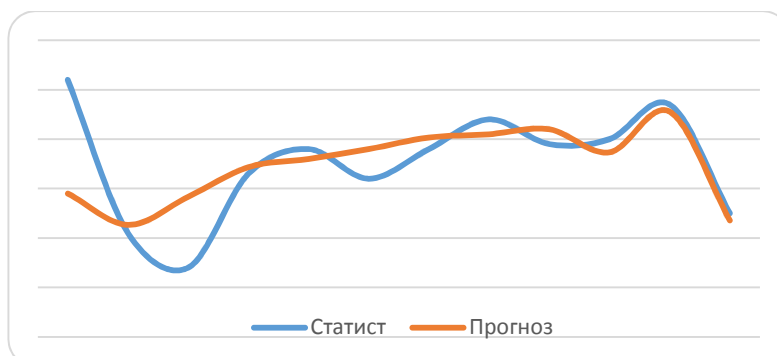


Рис. 2 - Прогноз вантажопотоку в напрямі Польща (імпорт)

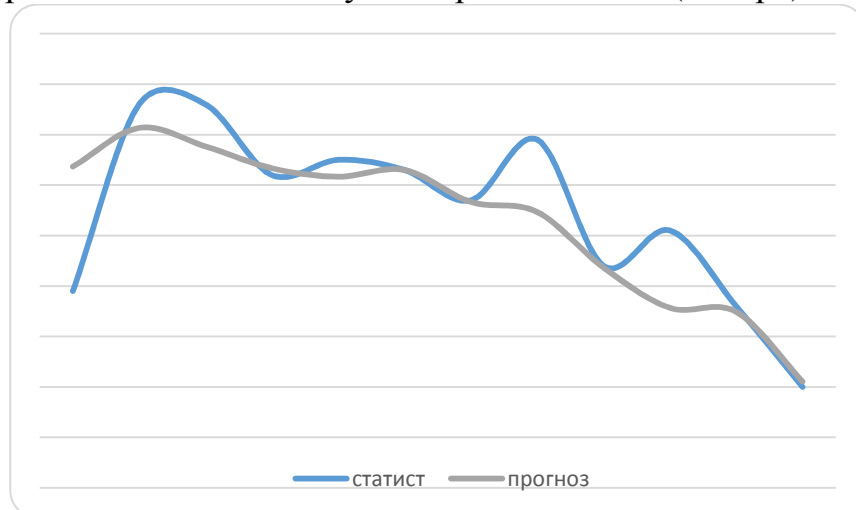


Рис. 3 - Прогноз вантажопотоку у напрямі Німеччини (експорт)

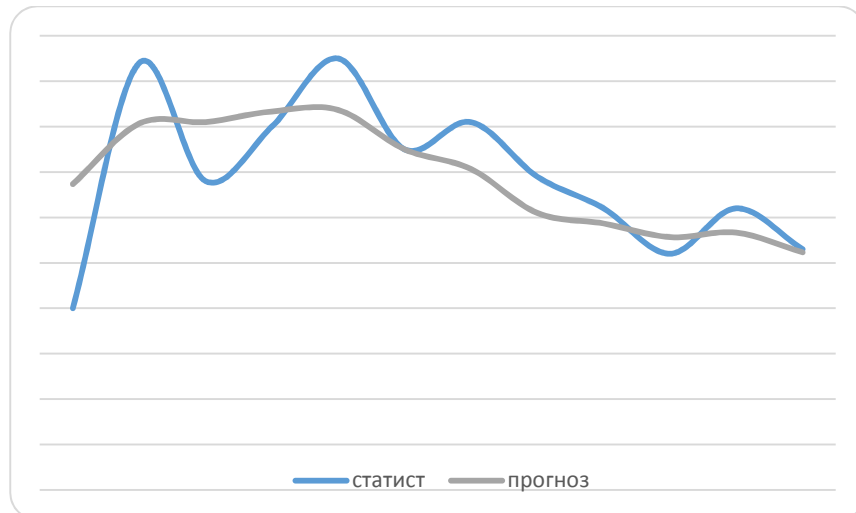


Рис. 4 - Прогноз вантажопотоку у напрямі Німеччини (імпорт)

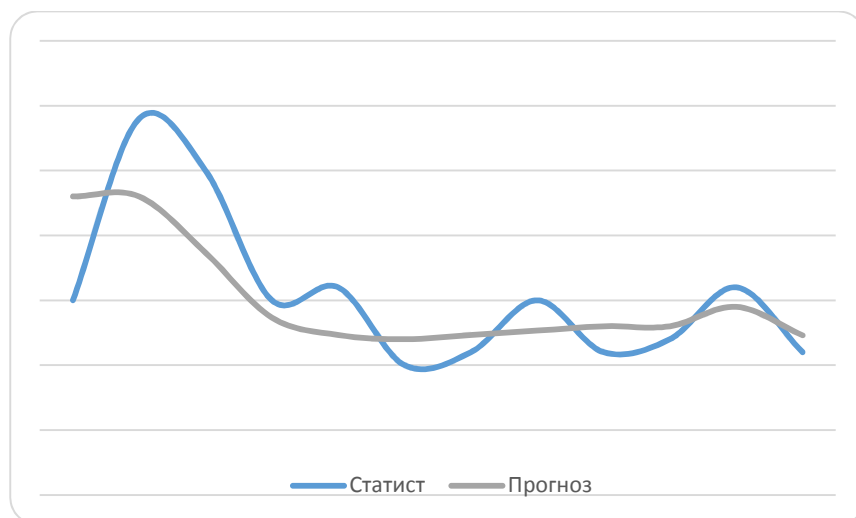


Рис. 5 - Прогноз вантажопотоку у напрямі Франції (експорт)



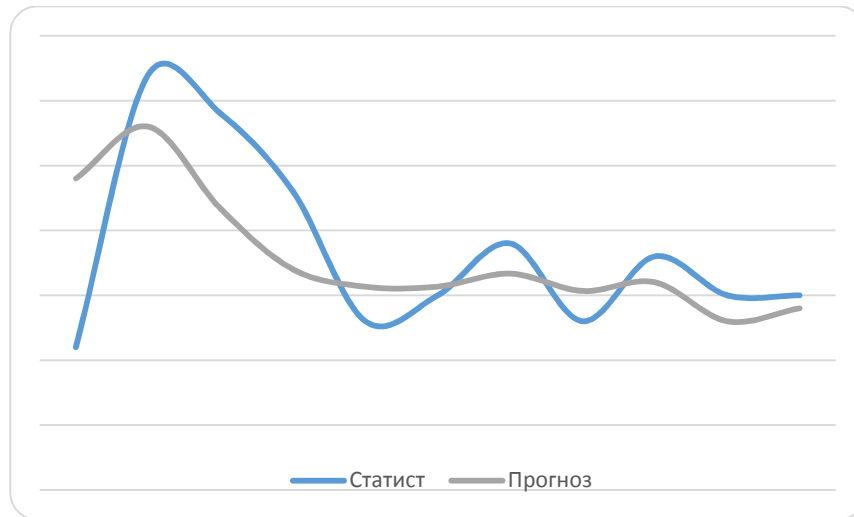


Рис. 6 - Прогноз вантажопотоку у напрямі Франції (експорт)

Побудовані прогностичні моделі дозволять визначати об'єми вантажопотоків по цих напрямках, з урахуванням короткочасних і випадкових коливань на основі аналізу загальних змін ряду за тривалий проміжок часу.

**Висновки.** Запропонований метод визначення прогностичних об'ємів вантажоперевезень дозволить планувати роботу підприємства і надасть можливість ухвалення управлінських рішень з науково обґрунтованої точки зору.

#### Література

1. Логистика / Под ред. Б.А. Аникина. - М.: ИНФРА, 1997.
2. Бауэрсокс Д.Д., Клосс Д.Д. Логистика. Интегрированная цепь поставок. - ЗАО "Олимп-Бизнес". - М.: 2001- 115 с.
3. Форрестер Э. Методы корреляционного и регрессионного анализа / Э. Феррестер, Б. Ренц. - М.: Финансы и статистика, 1983. -302 с.

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В ПРИГОРОДНОМ СООБЩЕНИИ**

*Н.В. Хоменко, В.А. Вдовиченко*

*Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет,  
г.Харьков, Украина*

Проанализирована возможность введения рациональных режимов движения на пригородных маршрутах для повышения эффективности перевозки пассажиров. Для определения таких режимов движения, предложен комплексный показатель оценки эффективности пассажирских перевозок в пригородном сообщении.

### **Постановка проблемы**

В последнее время, в связи со спадом спроса на железно – дорожные перевозки, получили развитие пригородные автобусные перевозки. Современный уровень их развития позволяет говорить о том, что пригородное автобусное сообщение, с точки зрения технологической организации перевозок, составляет слабо изученный объект технологических прикладных исследований и разработок. Примененные на практике методы организации пригородных перевозок опираются на разработки, выполненные, для городского и междугородного автобусного сообщения и не полностью учитывают особенности эксплуатационных условий на пригородных маршрутах. Это не позволяет получить высокие экономические результаты работы автотранспортных предприятий и обеспечить надлежащее качество обслуживания пассажиров.

Принципиально важными различиями пригородных автобусных перевозок от других видов автобусного сообщения являются закономерности формирования пассажиропотоков, специфическое сочетание технико-эксплуатационных показателей пригородных маршрутов и требования к режимам работы автобусов и их водителей. Перевозчикам, необходимо применять такие технологические методы организации пригородных автобусных перевозок, которые обеспечат достижение экономических целей АТП, как самостоятельных производителей услуг, при одновременном выполнении социальной функции перевозок пассажиров в пригородной зоне.

### **Постановка задачи**

К методам организации движения на маршрутах относят организацию эффективных режимов движения транспортных средств, которые позволяют повысить провозные способности маршрутов, улучшить уровень транспортного обслуживания населения, и уменьшить расходы транспортных предприятий на транспортный процесс. Задачи выбора эффективных режимов движения на пригородных маршрутах требуют разработки и использование интегрированной, комплексной оценки эффективности транспортного

процесса, которая отражает уровень согласования интересов населения, транспортных предприятий и муниципальных организаций.

### **Анализ последних исследований и публикаций**

Проблемами организации пригородных пассажирских перевозок занимались многие ученые-транспортники. Среди этих работ наибольший интерес для рассмотрения поставленной задачи исследования представляют работы таких ученых: М.Е. Антошвили [1], А.Д. Гульчак [2], М.Е. Кристопчука [3].

В работе [1] предложена методика, в которой определение оптимального комбинированного режима движения автобусов на маршруте представляет собой экстремальную задачу на минимизацию суммарных затрат времени пассажиров с учетом заданных ограничений. Наиболее сложным моментом в решении этой задачи является выбор переменной, характеризующей не отдельные составляющие режима движения, а комбинированный режим движения в целом.

Методика рациональной организации движения на пригородных пассажирских маршрутах предложенная в работе [2], учитывает требования конкурентоспособности режимов движения и поведение пассажиров при осуществлении перемещения, и рекомендаций по повышению эффективности пассажирских перевозок. Применение этой методики организации движения на маршрутах пригородного пассажирского транспорта позволяет выполнить процедуру выбора рациональных параметров маршрутов с комбинированным режимом движения при условиях функционирования системы в четко заданных параметрах.

В работе [3], предложенный подход к установлению эффективности функционирования пассажирского транспортной системы пригородного сообщения позволяет уменьшить время поездок пассажиров в пригородном сообщении за счет расширения маршрутной сети. Результаты выполненных исследований составляют методологическую базу, обеспечивающую решение задач совершенствования организации пассажирских перевозок в пригородном сообщении со стороны транспортных предприятий, научно-исследовательских организаций.

На основе анализа изученных работ, можно сделать вывод, что разработанные ранее подходы по выбору рациональных режимов движения транспортных средств на пригородных маршрутах базируются на поиске рациональных параметров исходя из однофакторных критериев. В результате этого можно подтвердить необходимость разработки комплексного показателя оценки эффективности транспортного процесса, которая отражает уровень согласования интересов населения, транспортных предприятий и городских организаций.

### **Материалы и результаты исследования**

Анализ подходов к оценке эффективности пассажирских перевозок позволил выделить ряд направлений оценки эффективности, которые включают в себя следующие виды показателей: надежность, качество, экономическая, технологическая, социальная и экологическая эффективность.

Надежность, как критерий эффективности работы пассажирского транспорта, для пассажира можно представить как наличие определенного уровня уверенности, в своевременном достижении пункта назначения. Ключевым фактором, определяющим надежность, является обеспечение безотказности передвижения за счет обеспечения высокой регулярности движения на маршруте.

Понятие качество пассажирских перевозок определяется совокупностью показателей, которые характеризуют уровень удовлетворения потребностей пассажиров в транспортном обслуживании. На основании изученных показателей качества, наиболее весомыми, в рамках транспортных перевозок, является комфортабельность и время передвижения.

Экономическая эффективность пассажирского транспорта может быть охарактеризована прибылью полученной транспортными предприятиями от перевозки пассажиров, и отражает возможность их самоокупаемости и самофинансирования.

Технологическая эффективность пассажирского транспорта характеризуется такими показателями, как: протяженность транспортной сети, плотность сети, наполнение салона, количество подвижного состава, интервал движения в период интенсивных перевозок, эксплуатационная скорость.

Социальная эффективность функционирования системы пассажирского транспорта оказывается в ее воздействии на человека. Оценка уровня социальной эффективности может быть проведена на основании ряда показателей, которые определяют качество жизни. Среди таких показателей можно выделить утомляемость пассажиров при выполнении передвижений на пассажирском транспорте.

Экологическая эффективность транспортной системы характеризуется уровнем загрязнения окружающей среды транспортными средствами с учетом всех особенностей местности.

Комплексный показатель оценки эффективности работы пригородного пассажирского транспорта может быть определен исходя из расчетных коэффициентов характеризующих соответствие фактического уровня нормативному. Для связи параметров комплексного показателя целесообразно использовать произведение их значений. Использование формы сочетания составляющих в виде произведения позволяет обеспечить условие обязательного выполнения всех направлений оценки эффективности. Общий вид предложенного критерия оценки эффективности может быть представлен следующим образом:

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \longrightarrow \max \quad (1)$$

где,  $K_1$  – коэффициент надежности,

$K_2$  - коэффициент качества,

$K_3$  - коэффициент экономической эффективности,

$K_4$  - коэффициент технологической эффективности,

$K_5$  - коэффициент экологической эффективности,

$K_6$  - коэффициент социальной эффективности.

Коэффициенты, входящие в предложенный критерий оценки эффективности могут быть определены как соотношение фактического значения к нормативному. Определив вид всех коэффициентов, можно представить развернутый вид критерия эффективности:

$$K = \left( \frac{R_{\phi}}{R_H} \cdot \left( \frac{t_{\phi}}{t_H} + \frac{q_{max}}{q_H} \right) \cdot \frac{D_{\phi}}{D_H} \cdot \frac{I_{\phi}}{I_H} \cdot \frac{E_{T3}^{\phi}}{E_{T3}^H} \cdot \frac{P_3^{\phi}}{P_3^H} \right) \longrightarrow \max \quad (2)$$

где  $R_{\phi}, R_H$  - фактическая и нормативная регулярность движения ТС, ед;  
 $t_{\phi}, t_H$  - фактическое и нормативное время на поездку, мин;  
 $q_{max}, q_H$  - фактическая и нормативная вместительность ТС, пас;  
 $D_{\phi}, D_H$  - фактические и нормативные доходы, грн.;  
 $I_{\phi}, I_H$  - фактический и нормативный интервал движения, мин;  
 $E_{T3}^{\phi}, E_{T3}^H$  - фактический и нормативный объем выбросов в атмосферу на 1 транспортную единицу т/км;  
 $P_3^{\phi}, P_3^H$  - фактический и нормативный уровень заболеваемости населения;

### **Выводы**

Выбор рациональных режимов движения транспортных средств на маршруте является одним из эффективных инструментов повышения эффективности транспортного процесса. Выбор рациональных режимов движения необходимо проводить на основании оценки результатов работы маршрута, которая отражает уровень согласования интересов населения, транспортных предприятий и городских организаций.

Оценка эффективности пассажирских перевозок, основанная на введении рациональных режимов движения, должна включать в себя следующие показатели: надежность, качество перевозок, экономическую, технологическую, социальную и экологическую эффективность. Представленный критерий оценки эффективности пригородных пассажирских перевозок позволяет комплексно оценить эффективность введения рациональных режимов движения транспортных средств на маршруте.

В дальнейшем, используя представленный критерий, возможно определить параметры рациональных режимов движения транспортных средств на пригородных маршрутах, тем самым повысить эффективность перевозки пассажиров.

### **Литература**

1. Антошвили М. Е. Оптимизация городских автобусных перевозок. М.:, 1985. - 102 с
2. Гульчак О. Д. Підвищення ефективності міських пасажирських перевезень на основі удосконалення організації руху автобусів : дис... канд. техн. наук: 05.22.01 / Національний транспортний ун-т. - К., 2005.
3. Кристопчук М.Є. Вибір населенням способу переміщення та привабливість маршрутів приміського пасажирського сполучення // Вісник НУВГП. Зб. наук. праць. Вип. 2(34), Ч. 1. - Рівне: НУВГП, 2006. - С. 217 – 224.

# ПРОГРАМА ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ МАРШРУТІВ

**Шевченко П.В.**

*Національний транспортний університет  
м. Київ, Україна*

**Анотація.** В статті репрезентована методика визначення оптимальних маршрутів за допомогою програми Floyd-Warshall.

## **Аналіз проблеми**

В Україні на даний момент не існує належної мережі із перевезення небезпечних вантажів. Одним з головних чинників оптимізації транспортної схеми є оптимізація схеми мережі доріг, що зв'язує окремі пункти, з урахуванням існуючих транспортних шляхів та техніко-економічних чинників.

## **Постановка проблеми**

На основі вихідної матриці відстаней й матриці ваг створити кінцеву матрицю, розробити програму обчислювання маршрутів.

## **Мета роботи**

Оптимізація схеми мережі доріг, що зв'язує окремі пункти, з урахуванням існуючих транспортних шляхів та техніко-економічних чинників.

## **Результати дослідження**

В Україні на даний момент не існує належної мережі із перевезення небезпечних вантажів. Одним з головних чинників оптимізації транспортної схеми є оптимізація схеми мережі доріг, що зв'язує окремі пункти, з урахуванням існуючих транспортних шляхів та техніко-економічних чинників.

Для організації належної мережі доріг пропонується за методикою Флойда-Уоршела визначити оптимальні маршрути, на основі критеріїв ефективності транспортного процесу, описаних у книзі Воркута А.І. [1], Критерій ефективності найкоротшої мережі доріг:

$$\sum_1^{N-1} L_{i-j} = \min, \quad (1)$$

де  $L_{i-j}$  – приведена відстань між пунктами  $i$  та  $j$ ;

$N$  – кількість ребер.

Розрахунок приведеної відстані

$$L_{i-j} = (a_1 \cdot l_{i-j} + a_2 \cdot l_{i-j} + \dots + a_n \cdot l_{i-j})/m, \quad (2)$$

де  $l_{i-j}$  – відстань між пунктами  $i$  та  $j$ ;

$a_{1,2,\dots,n}$  – коефіцієнт ваги;

$m$  – кількість обраних критеріїв.



Збірник статей за матеріалами III-ї Міжнародної інтернет конференції  
молодих учених та студентів «Проблеми розвитку транспортних систем в  
Євразійському регіоні»

Відповідальний за випуск  
Технічний редактор  
Оригінал макет

Кічка О.І.  
Кузьменко С.В.  
Кічкін О.В.

Електронне видання  
Режим доступу до журн.: <http://til.ucoz.ua>

Сєвєродонецьк 2015