

European Journal of **INTELLIGENT** **TRANSPORTATION** **SYSTEMS**

ISSN 2657-4217



RS Global

Open Access Peer-reviewed Journal

**European Journal of Intelligent
Transportation Systems**

1(3), March 2021

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ejts

Editorial board:

Sankov Petro

Ph. D., Associate Professor
Department of Architecture, SHEI
«Prydniprov's'ka State Academy of
Civil Engineering and Architecture»,
Ukraine

Zrybnieva Iryna

Ph. D., Associate Professor, Yuriy
Fedkovych Chernivtsi National
University, Ukraine

Kochadze Teimuraz

Ph. D., Professor, Akaki Tsereteli
State University, Georgia

Shevchenko Anna

Ph. D., Associate Professor, Ukrainian
State University of Railway
Transport, Ukraine

Prymachenko Hanna

Ph. D., Associate Professor, chair of
Transport systems and logistics,
Ukrainian State University of Railway
Transport

Mamuladze Gela

Ph. D., Professor, Batumi Shota
Rustaveli State University, Georgia

Tran Duc Chinh

Doctor of Science, Head of Dept. Civil
and Indust. engg, Ho Chi Minh City
University of Transport

Purtskhvanidze Giorgi

Doctor of Science, Professor of the
Department of Construction and
Transport, Akaki Tsereteli State
University, Georgia

Stasyuk Olga

Ph. D., Institute for economics and
forecasting National Academy of
Sciences of Ukraine

Shermukhamedov Abbas

Doctor of Science, Prof., acad. of
New-York academy of Science,
Moscow telecommunication
university, Russia

Publisher –
RS Global Sp. z O.O.,

Scientific Educational
Center
Warsaw, Poland

Numer KRS: 0000672864
REGON: 367026200
NIP: 5213776394

**Publisher Office's
address:**

Dolna 17,
Warsaw, Poland,
00-773

Website:

<https://rsglobal.pl/>

E-mail:

editorial_office@rsglobal.pl

Tel:

+48 226 0 227 03

Copies may be made only from legally acquired originals.
A single copy of one article per issue may be downloaded for personal use
(non-commercial research or private study). Downloading or printing multiple
copies is not permitted. Electronic Storage or Usage Permission of the Publisher
is required to store or use electronically any material contained in this work,
including any chapter or part of a chapter. Permission of the Publisher is
required for all other derivative works, including compilations and translations.
Except as outlined above, no part of this work may be reproduced, stored in a
retrieval system or transmitted in any form or by any means without prior written
permission of the Publisher.

The authors are fully
responsible for the facts
mentioned in the articles.
The opinions of the authors
may not always coincide
with the editorial boards
point of view and impose
no obligations on it.

CONTENTS

Прокудін Г. С., Чупайленко О. А., Прокудін О. Г., Хоботня Т. Г. СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ УПРАВЛІННЯ ВАНТАЖНИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ НА ТРАНСПОРТНИХ МЕРЕЖАХ.....	3
Поліщук В. П., Гужевська Л. А., Денис О. В. ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ У МІЖНАРОДНОМУ КОНТРЕЙЛЕРНОМУ СПОЛУЧЕННІ.....	11
Рибіцький Л., Павлюк Д. УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ОЦІНКИ ЗЧІПНИХ ЯКОСТЕЙ ДОРОЖНІХ ПОКРИТТІВ В УКРАЇНІ.....	17
Власов І. В. ПОШУК НЕСПРАВНОСТЕЙ І РЕМОНТ БЛОКУ КЕРУВАННЯ ДВИГУНОМ ПРИ НЕ МОЖЛИВОСТІ ПІДКЛЮЧЕННЯ ДІАГНОСТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	24
Сарбасова А. К., Исмаилова Р. Т., Мергенгали Е. К., Халиков Р. И. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКЕ.....	32

СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ УПРАВЛІННЯ ВАНТАЖНИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ НА ТРАНСПОРТНИХ МЕРЕЖАХ

Прокудін Г. С., Д.т.н., професор, Національний транспортний університет, м. Київ, Україна,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9701-8511>,

Чупайленко О. А., К.т.н., доцент, Національний транспортний університет, м. Київ, Україна,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2004-0355>,

Прокудін О. Г., К.т.н., Національний транспортний університет, м. Київ, Україна,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2077-5746>,

Хоботня Т. Г., Аспірантка, Національний транспортний університет, м. Київ, Україна,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7094-6297>

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ejits/30032021/7352

ARTICLE INFO

Received 12 December 2020

Accepted 25 January 2021

Published 30 March 2021

KEYWORDS

freight transportation, open transport problem, fictitious supplier / consumer method, difference method, coefficient method, simplex method, decision support system.

ABSTRACT

The existing methods of reducing open transport problems to a balanced form, namely: the method of fictitious supplier / consumer, the difference method and the method of coefficients. The transport problem is a special case of the general problem of linear programming, so it is also possible to apply the most well-known method of solving problems of this class - the simplex method, pre-grafting the transport problem to the form of linear programming problem and taking into account its specificity. Experimental studies on the optimization of unbalanced freight traffic, which were obtained using the developed decision support system, allow us to conclude that the simplex method has shown high efficiency in finding optimal freight plans for both balanced and unbalanced transport problems. Analysis of the results of the use of all methods on many practical examples allows us to conclude that none of them has an absolute advantage over others. This fact is explained by the fact that each of the methods in some cases of its application showed a better result compared to the results of others.

Citation: Prokudin Georgii, Chupaylenko Oleksii, Prokudin Oleksii, Khobotnia Tetiana. (2021) Management Decision Support System Freight Transportation on Transport Networks. *European Journal of Intelligent Transportation Systems*. 1(3). doi: 10.31435/rsglobal_ejits/30032021/7352.

Copyright: © 2021 Prokudin Georgii, Chupaylenko Oleksii, Prokudin Oleksii, Khobotnia Tetiana. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Постановка проблеми. Одним з основних показників роботи транспорту є обсяг перевезених вантажів. По даним Державної служби статистики України підсумок вантажоперевезень підприємствами транспортного комплексу держави за одинадцять місяців 2020 р. склав 458,7 млн. тон (-11,19% або -57,8 млн. тон до аналогічного періоду попереднього року) [1]. Крім того, відповідно до статистичної звітності вантажоперевезеннями в нашій країні займаються 3996 автопідприємств, серед яких 16 (0,4%) великих, 215 (5,4%) середніх та 3765 (94,2%) малих; у системі залізничного транспорту функціонує 6 залізниць; навігацію здійснюють 38 державних підприємств морського та річкового транспорту з оборотом близько 10 млрд. гривень на рік; у сфері авіаційних послуг активно працює 29 вітчизняних авіакомпаній, якими загалом виконано 79,7 тис. комерційних рейсів (проти 77,1 тис. за аналогічний період минулого року) [2].

Наведені вище статистичні дані надають право зробити висновок про негативні тенденції спаду, що намітилися в транспортній галузі України, і як слідство про подальше зменшення обсягів, структури й географії транспортних перевезень різних вантажів всіма

видами транспорту. У зв'язку із цим однією з актуальних задач транспортної галузі на даний момент є задача оптимізації транспортних перевезень вантажів в умовах невідповідності обсягів їх пропозиції обсягам їх попиту. У цьому випадку прийнято говорити про відкриті або незбалансовані вантажні перевезення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Перш ніж зупинитися на розгляді методів рішення відкритих транспортних задач (ТЗ), дамо визначення ТЗ [3].

За визначенням ТЗ із m пунктів відправлення (ПВ) A_1, A_2, \dots, A_m , у яких зосереджені запаси однорідного вантажу в кількостях a_1, a_2, \dots, a_m одиниць, необхідно перевезти цей вантаж в n пунктів призначення (ПП) B_1, B_2, \dots, B_n відповідно до заявок, що надійшли від них, на b_1, b_2, \dots, b_n одиниць. Також передбачається, що загальна сума всіх заявок дорівнює загальній сумі всіх запасів, а саме:

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j. \quad (1)$$

Матриця (табл. 1) вартостей перевезень одиниці вантажу між кожним ПВ й кожним ПП C , а також матриця (див. табл. 1) відповідних обсягів перевезень X задається наступним способом:

Таблиця 1. Матриці вартостей перевезень одиниці вантажу C і відповідних обсягів перевезень X між кожним ПВ й кожним ПП

$C =$	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>$c_{1,1}$</td><td>$c_{1,2}$</td><td>\dots</td><td>$c_{1,n}$</td></tr> <tr><td>$c_{2,1}$</td><td>$c_{2,2}$</td><td>\dots</td><td>$c_{2,n}$</td></tr> <tr><td>\dots</td><td>\dots</td><td>\dots</td><td>\dots</td></tr> <tr><td>$c_{m,1}$</td><td>$c_{m,2}$</td><td>\dots</td><td>$c_{m,n}$</td></tr> </table>	$c_{1,1}$	$c_{1,2}$	\dots	$c_{1,n}$	$c_{2,1}$	$c_{2,2}$	\dots	$c_{2,n}$	\dots	\dots	\dots	\dots	$c_{m,1}$	$c_{m,2}$	\dots	$c_{m,n}$
$c_{1,1}$	$c_{1,2}$	\dots	$c_{1,n}$														
$c_{2,1}$	$c_{2,2}$	\dots	$c_{2,n}$														
\dots	\dots	\dots	\dots														
$c_{m,1}$	$c_{m,2}$	\dots	$c_{m,n}$														

$X =$	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>$x_{1,1}$</td><td>$x_{1,2}$</td><td>\dots</td><td>$x_{1,n}$</td></tr> <tr><td>$x_{2,1}$</td><td>$x_{2,2}$</td><td>\dots</td><td>$x_{2,n}$</td></tr> <tr><td>\dots</td><td>\dots</td><td>\dots</td><td>\dots</td></tr> <tr><td>$x_{m,1}$</td><td>$x_{m,2}$</td><td>\dots</td><td>$x_{m,n}$</td></tr> </table>	$x_{1,1}$	$x_{1,2}$	\dots	$x_{1,n}$	$x_{2,1}$	$x_{2,2}$	\dots	$x_{2,n}$	\dots	\dots	\dots	\dots	$x_{m,1}$	$x_{m,2}$	\dots	$x_{m,n}$
$x_{1,1}$	$x_{1,2}$	\dots	$x_{1,n}$														
$x_{2,1}$	$x_{2,2}$	\dots	$x_{2,n}$														
\dots	\dots	\dots	\dots														
$x_{m,1}$	$x_{m,2}$	\dots	$x_{m,n}$														

де $c_{i,j}$ – вартість перевезення одиниці вантажу з A_i в B_j , а $x_{i,j}$ – кількість вантажу, яка перевезена з A_i в B_j .

Доставити вантаж потрібно таким чином, щоб всі заявки були задоволені й при цьому загальна вартість (Z) всіх перевезень була б мінімальною, тобто

$$Z = c_{1,1} \cdot x_{1,1} + c_{1,2} \cdot x_{1,2} + \dots + c_{m,n} \cdot x_{m,n} \Rightarrow \min \quad (2)$$

ТЗ, що відповідає умові (1), називається закритою або збалансованою ТЗ [4], причому існують три найбільш відомі методи зведення відкритих ТЗ до збалансованого виду [5, 6]:

– введення додаткового (фіктивного) ПВ (ПП) вантажу – метод фіктивного постачальника/споживача;

– зменшення обсягу попиту (пропозиції) на величину невідповідності в одному із ПП (ПВ) – різницевий метод;

– пропорційне обсягам запасів (заявок) зменшення попиту (пропозиції) обсягу вантажів усіх без винятку ПП (ПВ) – метод коефіцієнтів.

Перший метод має два випадки використання:

а) якщо $\sum_{i=1}^m a_i > \sum_{j=1}^n b_j$, тобто пропозиція перевищує попит. При цьому потреба

фіктивного ПП B_{n+1} становить $b_{n+1} = \sum_{i=1}^m a_i - \sum_{j=1}^n b_j$;

б) якщо $\sum_{i=1}^m a_i < \sum_{j=1}^n b_j$, тобто попит перевищує пропозицію. У цьому випадку запаси

фіктивного ПВ A_{m+1} становлять $a_{m+1} = \sum_{j=1}^n b_j - \sum_{i=1}^m a_i$.

При цьому у обох випадках у матриці вартостей з'являється, відповідно, додатковий стовпець або рядок, які означають нульові вартості перевезень. ТЗ стає збалансованою, але при цьому частково або повністю не вивозиться вантаж в окремих ПВ при введенні додаткового ПП або також частково або повністю не задовольняються заявки на отримання вантажу деякими ПП при введенні додаткового ПВ.

Використовуючи *другий метод*, для приведення ТЗ до збалансованого виду, модуль різниці $|\sum_{j=1}^n b_j - \sum_{i=1}^m a_i|$ віднімається з ПП (при $\sum_{i=1}^m a_i < \sum_{j=1}^n b_j$), що має найбільше значення попиту, або з ПВ (при $\sum_{i=1}^m a_i > \sum_{j=1}^n b_j$), що має найбільше значення пропозиції. Цей метод не застосуємо в тому випадку, коли це найбільше значення попиту (пропозиції), що зменшується, менше або дорівнює модулю різниці $|\sum_{j=1}^n b_j - \sum_{i=1}^m a_i|$.

В основі *третього методу* закладене пропорційне обсягам заявок (запасів) зменшення попиту (пропозиції) вантажів усіх без винятку ПП або ПВ. У випадку перевищення запасів вантажу над його попитом, розраховується коефіцієнт зменшення обсягів пропозиції:

$$k = \frac{\sum_{i=1}^m a_i - \sum_{j=1}^n b_j}{\sum_{i=1}^m a_i} \quad (3)$$

Після чого обсяги пропозиції вантажів всіх ПВ ($i=1, m$) зменшуються до величин $a_i^* = (1-k) \cdot a_i$ і задача стає збалансованою з тими ж обсягами заявок b_j ($j=1, n$) і тією ж розмірністю ТЗ.

При перевищенні ж попиту на вантаж над його пропозицією, розраховується відповідний коефіцієнт зменшення обсягів заявок всіх ПП ($j=1, n$) по формулі (4). Потім ці обсяги заявок зменшуються до величин $b_j^* = (1-k) \cdot b_j$ і ТЗ стає збалансованою з тими ж обсягами запасів a_i ($i=1, m$) і тією самою розмірністю.

$$k = \frac{\sum_{j=1}^n b_j - \sum_{i=1}^m a_i}{\sum_{j=1}^n b_j} \quad (4)$$

А тому, що транспортна задача є окремим випадком загальної задачі лінійного програмування (ЗЛП), тому до неї також цілком можливо застосувати найбільш відомий метод розв'язання ЗЛП – симплексний метод, попередньо привівши транспортну задачу до вигляду задачі лінійного програмування і врахувавши її специфічність [7].

Виклад основного матеріалу. Для приведення транспортної задачі до вигляду ЗЛП спочатку необхідно провести над математичною моделлю ТЗ ряд перетворень. Ці перетворення будемо здійснювати на конкретному прикладі ТЗ, а саме для m постачальників ($m=2$) і n споживачів продукції ($n=3$), яка представлена у вигляді транспортної таблиці (ТТ – табл. 2):

Таблиця 2. Транспортна таблиця

ПП \ ПВ	B_1	B_2	B_3	Запаси
A_1	$c_{1,1}$ $x_{1,1}$ +	$c_{1,2}$ $x_{1,2}$ +	$c_{1,3}$ $x_{1,3}$ =	a_1
A_2	+ $c_{2,1}$ $x_{2,1}$ +	+ $c_{2,2}$ $x_{2,2}$ +	+ $c_{2,3}$ $x_{1,3}$ =	a_2
Заявки	 b_1	 b_2	 b_3	

б) спочатку представимо співвідношення між обсягами перевезень вантажу по рядках (m рівнянь), а потім по стовпчиках ТТ (n рівнянь). В результаті отримуємо систему ($m+n$) лінійних рівнянь:

$$\begin{cases} x_{1,1} + x_{1,2} + x_{1,3} & = a_1 \\ & x_{2,1} + x_{2,2} + x_{2,3} & = a_2 \\ x_{1,1} + & & x_{2,1} & = b_1 \\ & x_{1,2} + & & x_{2,2} & = b_2 \\ & & x_{1,3} + & & x_{2,3} & = b_3 \end{cases} \quad (5)$$

в) замінімо $x_{1,1}$ на x_1 , $x_{1,2}$ на x_2 , $x_{1,3}$ на x_3 і т.д. $x_{2,3}$ на x_6 та одержимо:

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 & = a_1 \\ & x_4 + x_5 + x_6 & = a_2 \\ x_1 + & & x_4 & = b_1 \\ & x_2 + & & x_5 & = b_2 \\ & & x_3 + & & x_6 & = b_3 \end{cases} \quad (6)$$

г) додаємо, як того вимагає симплексний метод, до усіх рівнянь додаткові змінні, які складуть початкове базисне рішення ТЗ:

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 & + x_7 = a_1 \\ & x_4 + x_5 + x_6 & + x_8 = a_2 \\ x_1 + & & x_4 & + x_9 = b_1 \\ & x_2 + & & x_5 & + x_{10} = b_2 \\ & & x_3 + & & x_6 & + x_{11} = b_3 \end{cases} \quad (7)$$

У результаті цих перетворень одержали систему $(m + n)$ лінійних рівнянь з $(m \cdot n + m + n)$ позитивними змінними, рішення з якої може бути одержано за допомогою симплекс-методу [4, 7].

Необхідно також відмітити то, що у класичній ТЗ перевезти продукцію від усіх постачальників (a_i) потрібно так, щоб усі заявки (b_j) були виконані і при цьому загальна вартість (Z) вантажних перевезень була б мінімальною, тобто:

$$Z = c_{1,1} \cdot x_1 + c_{1,2} \cdot x_2 + \dots + c_{m,n} \cdot x_k \Rightarrow \min. \quad (8)$$

Будуємо першу симплексну таблицю (СТ₀) і пристосовуємо її до листа таблиці *Excel* (табл. 3). Більшість значень вносяться до СТ або з ТТ, або з системи лінійних рівнянь (7). Причому тільки деякі значення обчислюються у *Excel*-таблиці, а саме значення цільової функції C_0 та значення індексів у останньому рядку СТ [8].

Таблиця 3. Симплексна таблиця.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	СТ ₀			x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
2	C_{B_i}	X_{B_i}	B_{B_i}	$C_{1,1}$	$C_{1,2}$	$C_{1,3}$	$C_{2,1}$	$C_{2,2}$	$C_{2,3}$	C	C	C	C
3	C	x_7	a_1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
4	C	x_8	a_2	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0
5	C	x_9	b_1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0
6	C	x_{10}	b_2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
7	$C_0 =$	180		17	18	7	1	17	8	0	0	0	0

де C – число, яке перевищує будь-яку вартість перевезення одиниці вантажу $c_{i,j}$.

Експериментальна частина досліджень. Розглянемо покроково роботу системи підтримки прийняття рішень (СППР) управління незбалансованими вантажними перевезеннями на транспортній мережі України [9]:

1-й крок: вибір ПВ і ПП та призначення обсягів постачання і споживання вантажу (в цьому прикладі загальний попит на вантаж перевищує його загальну пропозицію на 10 умовних вантажних одиниць):

Міста-постачальники		Міста України	Міста-споживачі	
Місто	Пропозиція		Місто	Попит
Винница	50	Донець	Київ	80
Днепропетровск	100	Житомир	Львів	40
		Запоріжжя	Одеса	40
		Івано-Франківськ		
		Кіровоград		
		Луганськ		
Всього	150	Львів		
		Львів		
		Николаєв		
		Полтава		
		Рівно		
		Сімферополь		
		Суми		
		Тернопіль		
		Ужгород		
		Харків		
			Всього	160

2-й крок: пошук найкоротших маршрутів перевезення вантажу:

256	Винница -> Житомир -> Київ
360	Винница -> Хмельницький -> Тернопіль -> Львів
428	Винница -> Одеса
514	Днепропетровск -> Черкаси -> Київ
970	Днепропетровск -> Кіровоград -> Винница -> Хмельницький -> Тернопіль -> Львів
463	Днепропетровск -> Николаєв -> Одеса

3-й крок: вибір оптимального плану перевезення вантажу (блок-схема алгоритму представлена на рис. 1):

Попит споживачів перевищує пропозицію постачальників !!!Різниця складає 10 одиниць(ь). Необхідно збалансувати попит та пропозицію
Приведення незбалансованої ТЗ до збалансованого вигляду Симплекс методом, дало нам найліпший оптимальний план перевезень !!!
Разн: 90398 Коef: 98616 Fikt: 94507 Simp: 82180

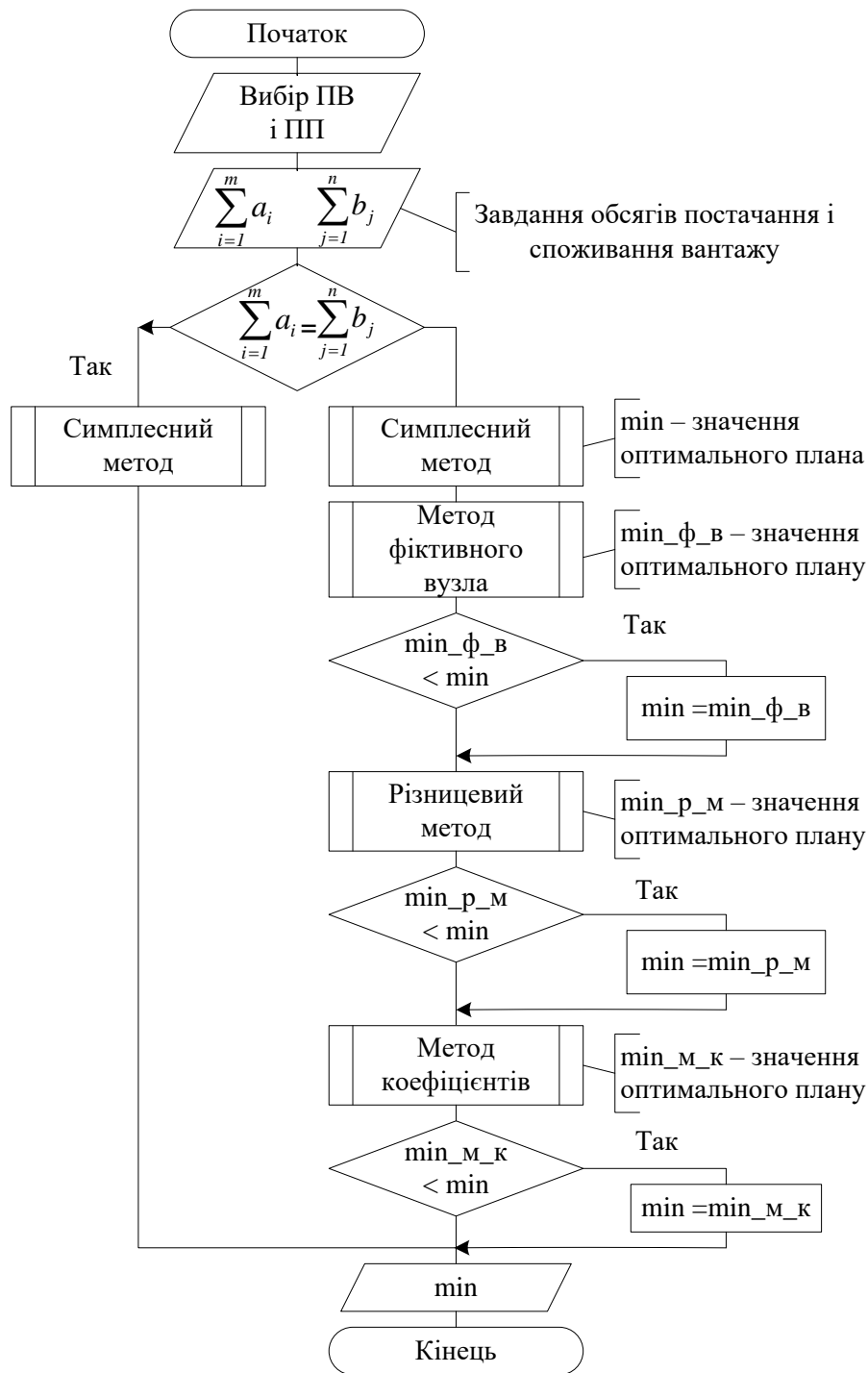


Рис. 1. Блок-схема алгоритму вибору оптимального плану перевезення вантажу

4-й крок: побудова оптимального плану перевезення вантажу:

	Київ	Львів	Одеса
Винниця	0	20	30
Днепропетровск	80	20	0

Використовуючи у якості ПВ міста Винниця і Дніпро, а міста Київ, Львів та Одеса у якості ПП, при цьому змінюючи обсяги постачання і споживання вантажу, наведемо приклади застосування усіх перерахованих вище методів зведення відкритих ТЗ до збалансованого виду, а саме різницевого методу, методу коефіцієнтів та методу фіктивного постачальника/споживача:

1) у випадку застосування різницевого методу отримуємо (рис. 2)

Пропозиція постачальників перевищує попит споживачів !!!Різниця складає 10 одиниць(ь). Необхідно збалансувати попит та пропозицію Приведення незбалансованої ТЗ до збалансованого вигляду Різничним методом, та її оптимізація методом "Диференційних рент" дало нам найліпший оптимальний план перевезень !!! Razn: 66870 Koef: 85445 Fikt: 89160 Simp: 74300		Київ	Львів	Одеса
	Вінниця	0	40	30
	Дніпропетровск	70	10	0

Рис. 2. Результати роботи СППР при застосування різницевого методу

2) у випадку застосування методу коефіцієнтів отримуємо (рис. 3):

Попит споживачів перевищує пропозицію постачальників !!!Різниця складає 20 одиниць(ь). Необхідно збалансувати попит та пропозицію Приведення незбалансованої ТЗ до збалансованого вигляду Методом коефіцієнтів, та її оптимізація методом "Диференційних рент" дало нам найліпший оптимальний план перевезень !!! Razn: 90398 Koef: 73962 Fikt: 94507 Simp: 82180		Київ	Львів	Одеса
	Вінниця	0	20	40
	Дніпропетровск	80	20	0

Рис. 3. Результати роботи СППР при застосування методу коефіцієнтів

3) у випадку застосування методу фіктивного постачальника/споживача отримуємо (рис. 4):

Пропозиція постачальників перевищує попит споживачів !!!Різниця складає 20 одиниць(ь). Необхідно збалансувати попит та пропозицію Приведення незбалансованої ТЗ до збалансованого вигляду Методом фіктивного постачальника/споживача, та її оптимізація методом "Диференційних рент" дало нам найліпший оптимальний план перевезень !!! Razn: 99715 Koef: 108780 Fikt: 81585 Simp: 90650		Київ	Львів	Одеса
	Вінниця	0	30	50
	Дніпропетровск	80	10	0

Рис. 4. Результати роботи СППР при застосування методу фіктивного постачальника/споживача

У якості експерименту з метою виявлення пріоритетності розглянутих вище методів за допомогою СППР управління вантажними перевезеннями було розв'язано 100 не збалансованих за обсягами перевезень вантажу практичних транспортних завдань по знаходженню оптимальних планів перевезень вантажів. В результаті у якості методу зведення цих відкритих ТЗ до збалансованого виду і подальшому знаходженню оптимального плану вантажних перевезень було використано: симплексний метод у 48 випадках; метод коефіцієнтів у 27 випадках; метод фіктивного постачальника/споживача у 16 випадках та різницевий метод у 9 випадках.

Висновки. Наведені вище теоретичні відомості про існуючі методи зведення відкритих ТЗ до збалансованого виду й засновані на них експериментальні дослідження з оптимізації вантажних перевезень, які отримані за допомогою розробленого програмного комплексу, дозволяють зробити наступні висновки:

по-перше, симплексний метод показав свою дієздатність і високу затребуваність при знаходженні оптимальних планів вантажних перевезень як збалансованих так і незбалансованих ТЗ;

по-друге, різницевий метод пропорційного зменшення обсягів попиту (пропозиції) вантажу у учасників перевізного процесу, тобто метод коефіцієнтів, носить більш "справедливий" характер, який проявляється при перерозподілі обсягів перевезень;

по-третє, різницевий метод зменшення обсягу пропозиції (попиту) на величину невідповідності в одному із ПВ (ПП) не може бути застосований у тому випадку, коли найбільше значення пропозиції (попиту) менше значення цієї величини невідповідності;

по-четверте, аналіз результатів використання всіх методів на безлічі практичних прикладів дозволяє зробити висновок про те, що жоден з них не має абсолютну перевагу перед

іншими. Цей факт пояснюється тим, що кожний з методів в окремих випадках його застосування показував кращий результат у порівнянні з результатами інших;

по-п'яте, використання описаного вище програмного комплексу підтримки прийняття рішень по здійсненню перевезень вантажів у відкритих мережевих ТЗ [10] дозволить на практиці завжди вибирати найбільш вигідні, з економічної точки зору, рішення;

і нарешті, *по-шосте*, всі перераховані вище методи приведення відкритих ТЗ до збалансованого виду також можливо використовувати й для мережевих ТЗ. Це є обов'язковим підготовчим (попереднім) етапом перед наступним застосуванням процедур оптимізації транспортних вантажних перевезень на мережевих моделях транспортних систем.

Спільне використання описаних у статті методів розв'язання відкритих мережевих транспортних задач, а саме методу знаходження найкоротших маршрутів на транспортній мережі [11] й методів зведення відкритих ТЗ до збалансованого виду [12], дозволяє одержати високий економічний і організаційно-технічний ефект, що було доведено при знаходженні оптимальних планів вантажних перевезень на автотранспортних підприємствах Асоціації міжнародних автомобільних перевізників України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Офіційний сайт Державна служба статистики України. Retrieved from www.ukrstat.gov.ua.
2. Офіційний сайт Міністерства інфраструктури України. Retrieved from mtu.gov.ua.
3. Данциг Дж. Линейное программирование, его применения и обобщения. – М: "Прогресс", 1966. – 600 с.
4. Зайченко Ю. П. Дослідження операцій. – К.: ЗАТ "ВІПОЛ", 2000. – 688 с.
5. Прокудін Г.С. Теоретичні та прикладні аспекти раціональної організації вантажних перевезень у транспортних системах / Г.С. Прокудін, М.Г. Іщенко, О.І. Цуканов, О.Г. Прокудін // Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, випуск 63. – Харків: ХНАДУ, 2013. – С. 117–122.
6. Prokudin G. Application of Information Technologies for the Optimization of Itinerary when Delivering Cargo by Automobile Transport / O. Prokudin, O. Chupaylenko, O. Dudnik, A. Dudnik, V. Svatko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. N. 2/3 (92). P. 51-59. (ISSN 1729-3774, DOI:10.15587/1729-4061.2018.128907, Retrieved from <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/128907>).
7. Таха Х.А. Введение в исследование операций. -М.: Изд. дом "Вильямс", 2001. – 912 с.
8. Прокудін Г.С. Програмний комплекс оптимізації вантажних перевезень симплексним методом: Свідоцтво про внесення суб'єкта підприємств. діяльн. до Реєстру виробн. та розповсюдж. прогр. забезп. / Г.С. Прокудін, М.М. Дмитрієв. – Серія ВР, № 00933, Україна, МОН – ід. код 02070915; заяв. 18.06.08; опуб. 25.06.08. – 10 с.
9. Прокудін Г.С. Система підтримки прийняття рішень по оптимальному управлінню не збалансованими вантажними перевезеннями: Свідоцтво про внесення суб'єкта підприємств. діяльн. до Реєстру виробн. та розповсюдж. прогр. забезп. / Г.С. Прокудін, М.М. Дмитрієв. – Серія ВР, № 00932, Україна, МОН – ід. код 02070915; заяв. 18.06.08; опуб. 25.06.08. – 66 с.
10. Prokudin G. Application of Information Technologies for the Optimization of Itinerary when Delivering Cargo by Automobile Transport / O. Prokudin, O. Chupaylenko, O. Dudnik, A. Dudnik, V. Svatko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. N. 2/3 (92). P. 51-59. (ISSN 1729-3774, DOI:10.15587/1729-4061.2018.128907, Retrieved from <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/128907>).
11. Програма пошуку найкоротших відстаней на транспортній мережі за допомогою методу графів: Свідоцтво про внесення суб'єкта підприємств. діяльн. до Реєстру виробн. та розповсюдж. прогр. забезп. / Г.С. Прокудін, М.М. Дмитрієв. – Серія ВР, № 00935, Україна, МОН – ід. код 02070915; заяв. 18.06.08; опуб. 25.06.08. – 13 с.
12. Prokudin G. Logistics Approach to the Organization of Unbalanced Freight Transportation in Transport Networks / G. Prokudin, O. Chupaylenko, I. Lebid, N. Luzhanska // Proceedings of 24th International Scientific Conference. Transport Means 2020. Sustainability: Research and Solutions. PART I. September 30 - October 02, 2020 Online Conference - Kaunas, Lithuania. P. 22-26.

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ У МІЖНАРОДНОМУ КОНТРЕЙЛЕРНОМУ СПОЛУЧЕННІ

Поліщук В. П., Д.т.н., професор, Національний транспортний університет, м. Київ, Україна, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3145-7225>,

Гужевська Л. А., К.т.н., доцент, Національний транспортний університет, м. Київ, Україна, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7719-1330>

Денис О. В., аспірантка, Національний транспортний університет, м. Київ, Україна, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5786-9119>

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ejits/30032021/7371

ARTICLE INFO

Received 07 December 2020

Accepted 25 January 2021

Published 30 March 2021

KEYWORDS

piggyback, semitrailer, route, container, modeling, effective use of piggyback, auto trains, equivalent delivery distance, cost criterion, time criterion, placement of shipper and consignee.

ABSTRACT

It is established that with the help of mathematical modeling it is possible to estimate functional links between different parameters that influence the delivery time in international communication. The model of the choice of the type of connection according to the time criterion, which has practical value, can be used to make a decision when choosing a variant of the combination (automotive or piggyback). The ease of use of the developed models has advantages over all previously proposed because it allows you to calculate the economic feasibility of using the type of combination not only as an area of effective use, but also for each individual case to determine the efficiency of choosing the type of connection. The use of models gives the opportunity to economically justify the choice of the type of connection and will allow the motor transport company to reduce transportation costs by 10-15%.

Citation: Polishchuk V. P., Liubov Guzhevska, Olena Denys. (2021) Economic and Mathematical Model of Cargo Transportation in International Piggyback Connection. *European Journal of Intelligent Transportation Systems*. 1(3). doi: 10.31435/rsglobal_ejits/30032021/7371.

Copyright: © 2021 Polishchuk V. P., Liubov Guzhevska, Denys Olena. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Постановка проблеми. Контейнерні перевезення є одним із перспективних напрямків взаємодії видів транспорту, адже в ньому використовуються два види транспорту: автомобільний та залізничний, очікується їх подальше зростання. Важливими чинниками на користь контейнерних перевезень є:

- значне скорочення часу проходження митного та прикордонного контролю;
- проходження митного контролю на кордоні без безпосередньої участі водія;
- суттєва економія витрат на оформлення товаросупроводжувальних документів;
- високу швидкість і гарантію доставки вантажів відповідно до графіка руху поїзда (just in time);
- безпеку перевезення за будь-яких погодних умов;
- збереження транспортного засобу та його моторесурсів;
- збереження автомобільних доріг;
- збереження навколишнього середовища;

На даний момент в Україні призупинилося функціонування даного виду комбінованих перевезень. Причиною тому є недосконалість законодавча база, а також низька освіченість перевізників з цього питання є досить низька. Контейнерні перевезення для України могли б вирішити ряд проблем:

- проблему обмеженої кількості дозволів на перевезення, у тому числі і транзитних;
- проблему зношування автошляхів;
- полегшення роботи водіїв і зменшення кількості аварій;
- ефективніше використання палива;
- зменшення рівня екологічно шкідливих викидів, вихлопних газів і шуму;
- підвищення транзитного потенціалу країни з найменшими витратами.

Потенціал України у сфері контрейлерних перевезень є досить великим. Через територію України проходять два потужних міжнародних маршрути: Київ (Україна) – Клайпеда (Литва) – Київ (Україна) – контрейлерний поїзд «Вікінг» та Київ (Україна) – Славкув (Польща) – Київ (Україна) – поїзд комбінованого транспорту «Ярослав». Питання вибору виду сполучення в сучасних реаліях набуває все більшої актуальності.

В результаті проведеного аналізу існуючих методів вирішення задачі вибору виду сполучення при здійсненні доставки вантажів у міжнародному сполученні виявлено, що математичні моделі носять, як правило, суто теоретичний характер і наближені рекомендації щодо вибору виду сполучення. Крім того, не враховано ряд факторів, які впливають на ефективність виконання перевезень вантажів у міжнародному сполученні. В результаті проведеного аналізу проблем при здійсненні міжнародних перевезень в Україні встановлено, що до головних проблем міжнародних автомобільних перевезень можна віднести: недосконале митне законодавство України; аварійність; високі витрати; незадовільний стан дорожнього комплексу (51,1 % не відповідає вимогам за рівністю, 39,2 % – за міцністю.); технічний стан автомобілів; низька кваліфікація та відповідальність водіїв; некомпетентність експедиторських груп; несвоєчасні розрахунки з перевізниками; недотримання термінів навантаження/розвантаження транспортних засобів при завантаженні продукції; великі черги на кордоні. По результатам аналізу встановлено, що спостерігається тенденція до переключення транзитних вантажних перевезень територією України із залізниці на автомобільного транспорт.

Аналіз останніх публікацій по темі дослідження. У роботах Сілантьєвої Ю.О. [3] визначено мінімальну відстань ефективного виконання контрейлерного перевезення, що становить 300 км. Котенко А.М. [4] для визначення доцільності використання контрейлерного сполучення наводить досить абстрактні формули, побудову графу станів та диференціальних рівнянь, розрахунок яких занадто громіздкий для пересічного перевізника. Лише в деяких опублікованих роботах з цієї тематики зустрічаються розробки, що фактично обґрунтовують доцільність використання контрейлерного або автомобільного сполучення. Наприклад, автори Зінько Р.В. і Кірпа Г.М. визначають межу використання контрейлерного сполучення, у межах до 1800-2000 км. залізничним транспортом при відстані перевезення автомобільним транспортом між пунктами відправлення і призначення до 50 кілометрів [6]. Але якщо подивитися на розглядувану проблему з іншої сторони, то стає очевидним важливість дислокації вантажовідправника та вантажоодержувача, оскільки при різних варіантах розміщення останніх, визначена дослідниками відстань ефективного виконання контрейлерного перевезення стає не актуальною. В деяких працях є початки дослідження в даному напрямку, так наприклад, Зінько Р.В. [5] пропонує графову модель контрейлерних перевезень, розраховує оптимальні умови їх ефективності для міжнародних перевезень залежно від геометрії задачі та швидкості перевезення. Але залишається невирішеною проблема відсутності комплексу математичних моделей в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень вибору варіанту організації перевезень для різних умов розміщення учасників транспортного процесу. Тому відзначаємо недостатність існуючих та необхідність розробки нових ефективних методів для проведення досліджень в цьому напрямку.

Виклад основного матеріалу. Рівноцінна відстань доставки – це відстань, на яку перевезення як прямим автомобільним, так і з використанням контрейлера є однаковою за показником вартості. Для визначення рівноцінної відстані доставки вантажів була прийнята гіпотеза, про те що врахування параметрів дислокації всіх учасників транспортного процесу впливає кінцевий результат. Під рівноцінною відстанню доставки в роботі розуміється відстань від ВВ до точки R, вартість перевезення в якій рівна як автомобільним так і контрейлерним сполученням.

Умовні і графічні визначення і позначення:

ЗТВ – залізничний термінал відправлення;

ЗТП – залізничний термінал призначення;

ВВ – вантажовідправник;

ВО – вантажоодержувач;

— — — — — залізнична ділянка маршруту (контрейлерне перевезення);

• — — — — • – автомобільна ділянка маршруту (автомобільне перевезення);

Розглянемо всі можливі схеми розміщення (дислокації) учасників транспортного процесу (рис.1):

а) ЗТВ співпадає з ВВ;

ЗТП співпадає з ВО;

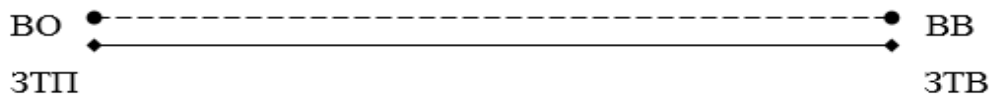


Рис. 1. Графічне зображення процесу перевезення вантажів

У цьому випадку перевезення вантажу у складі автомобіля-тягача і причепа (причіпний автопоїзд) або напівпричепа (сідельний автопоїзд) – від ВВ до ВО потрібно порівнювати з вартістю переміщення автопоїзда у складі контрейлерного потягу, тобто від ЗТВ до ЗТП з завантаженням/розвантаженням автопоїзду на/з платформи контрейлерного потягу.

Таким чином вартість доставки автопоїзда автомобільним (C_a) і контрейлерним (C_k) видом сполучення буде розраховуватися за наступними формулами (1-2):

$$C_a = \sum_{i=1}^m S a_i \times L_i, \quad (1)$$

$$C_k = V_{нрр_1} + \sum_{i=1}^m T k_i \times L_i + V_{нрр_m}, \quad (2)$$

де $S a_i$ – собівартість проїзду автопоїзду по території i -ої держави на відстань в 1 км, євро/км;

L_i – відстань проїзду автопоїзду по території i -ої держави;

m – кількість держав, територією яких переміщується автопоїзд;

$V_{нрр_1}$ – вартість навантажувально-розвантажувальних робіт в Україні, євро;

$V_{нрр_m}$ – вартість навантажувально-розвантажувальних робіт в m -ої державі, євро;

$T k_i$ – залізничний тариф переміщення автопоїзду на платформі контрейлерного потягу по території i -ої держави на відстань в 1 км, євро/км.

В результаті вартість доставки вантажу (C^a) у випадку (а), а звичайно і вид сполучення визначиться як (форм. 3):

$$C^a = \min (C_a, C_k). \quad (3)$$

У якості обмежень у цьому випадку може виступати час доставки вантажу (рис. 2).

б) ЗТВ не співпадає з ВВ;

ЗТП співпадає з ВО;

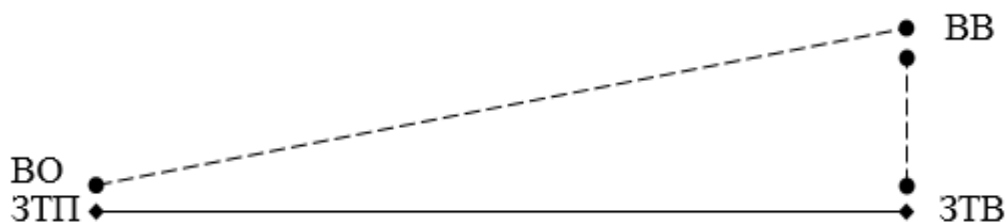


Рис. 2. Графічне зображення процесу перевезення вантажів

У цьому випадку потрібно порівнювати вартість переміщення автопоїзду від ВВ до ВО автомобільним маршрутом з вартістю переміщення автопоїзда у складі контрейлерного потягу, тобто спочатку від ВВ до ЗТВ автомобільним маршрутом, далі від ЗТВ до ЗТП залізничним маршрутом з завантаженням/розвантаженням автопоїзду на/з платформи контрейлерного потягу (форм. 4-5).

$$Ca = \sum_{i=1}^m Sa_i \times L_i, \quad (4)$$

$$Ck = Sa \cdot La + V_{нpp1} + \sum_{i=1}^m Tk_i \times L_i + V_{нppm}, \quad (5)$$

де Sa – собівартість проїзду автопоїзду на відстань в 1 км по території України, євро/км;

La – відстань проїзду автопоїзду по території України від ВВ до ЗТВ.

У випадку (б) також вартість доставки вантажу C^{σ} визначиться як (форм.6):

$$C^{\sigma} = \min (Ca, Ck), \quad (6)$$

але додатковою умовою вибору виду сполучення (автомобільного, або контрейлерного) у цьому випадку виступає дислокація ВО відносно ВВ, тобто відстань ВО до ВВ.

За допомогою відповідних розрахунків знаходиться на промені від ВО до ВВ спочатку точка, в якій вартість перевезення у автомобільному і контрейлерному сполученні однакова, тобто точка рівноцінної вартості (ТРВ). Після чого знаходяться ТРВ для різних дислокацій ВВ (дислокація ВО остається не змінною) і далі за допомогою запропонованих моделей будується область ефективного використання (ОЕВ) контрейлерного сполучення. Утворена ОЕВ має вигляд розгорнутої параболи і якщо ВВ знаходиться ближче ніж ТРВ до ВО, то більш ефективним буде пряме автомобільне сполучення, якщо далі – контрейлерне. Представимо графічно ОЕВ контрейлерного сполучення (рис. 3):

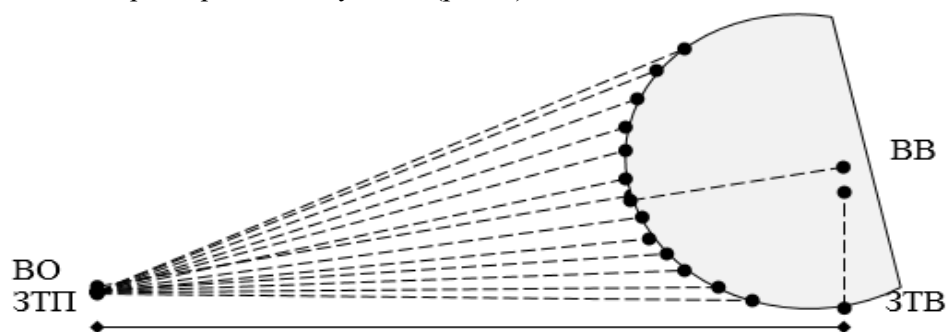


Рис. 3. Визначення ОЕВ контрейлерів

в) ЗТВ співпадає з ВВ;

ЗТП не співпадає з ВО (рис. 4);

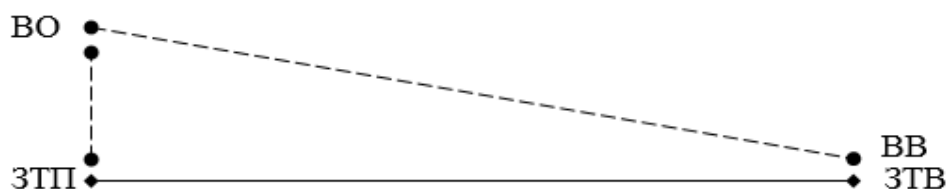


Рис. 4. Графічне зображення процесу перевезення вантажів

У цьому випадку потрібно порівнювати вартість переміщення автопоїзду від ВВ до ВО автомобільним маршрутом з вартістю переміщення автопоїзда у складі контрейлерного потягу, тобто спочатку від ЗТВ до ЗТП залізничним маршрутом з завантаженням/розвантаженням автопоїзду на/з платформи контрейлерного поїзда і далі від ЗТП до ВО автомобільним маршрутом (форм. 7-8).

$$Ca = \sum_{i=1}^m Sa_i \times L_i, \quad (7)$$

$$Ck = V_{нpp1} + \sum_{i=1}^m Tk_i \times L_i + V_{нppm} + Sa_m \cdot La_m, \quad (8)$$

де Sa_m – собівартість проїзду автопоїзду на відстань в 1 км по території m -ої держави, євро/км;

La_m – відстань проїзду автопоїзду по території m -ої держави від ЗТП до ВО.

У випадку (в) також вартість доставки вантажу C^{σ} визначається як (форм. 9):

$$C^{\sigma} = \min (Ca, Ck), \quad (9)$$

але додатковою умовою вибору виду сполучення (автомобільного, або контрейлерного) у цьому випадку також виступає дислокація ВВ відносно ВО, тобто відстань від ВВ до ВО.

За допомогою відповідних розрахунків знаходиться на промені від ВВ до ВО спочатку точка, в якій вартість перевезення у автомобільному і контрейлерному сполученні однакова, тобто точка рівноцінної вартості (ТРВ). Після чого знаходяться ТРВ для різних дислокацій ВО (дислокація ВВ остається не змінною) і далі за допомогою запропонованих моделей будується ОЕВ контрейлерного сполучення. Утворена ОЕВ має вигляд розгорнутої параболи і якщо ВО знаходиться ближче ніж ТРВ до ВВ, то більш ефективним буде пряме автомобільне сполучення, якщо далі – контрейлерне. Представимо графічно ОЕВ контрейлерного сполучення (рис. 5):

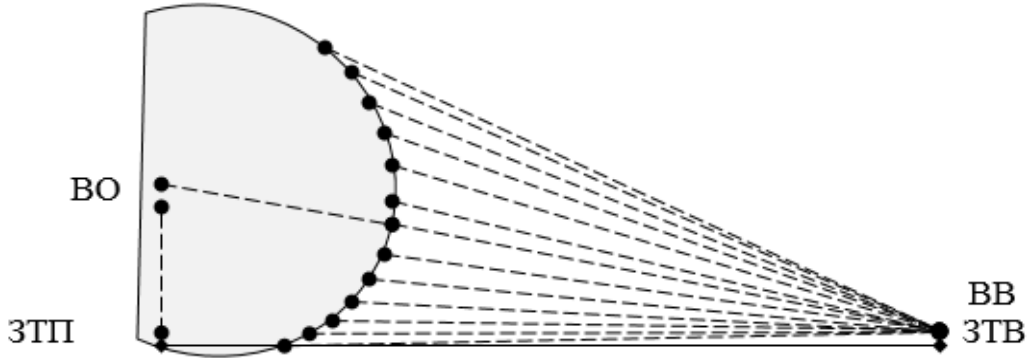


Рис.5. Визначення ОЕВ контрейлерів

г) ЗТВ не співпадає з ВВ; ЗТП не співпадає з ВО (рис. 6).

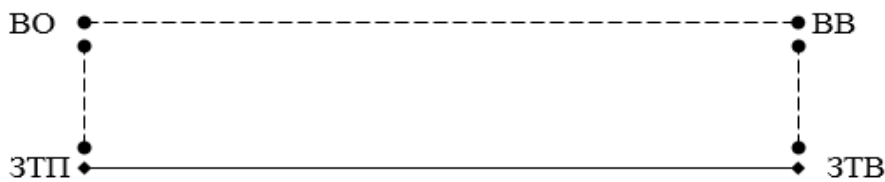


Рис.6. Графічне зображення процесу перевезення вантажів

У цьому випадку потрібно порівнювати вартість переміщення автопоїзда від ВВ до ВО автомобільним маршрутом з вартістю переміщення автопоїзда у складі контрейлерного потягу, тобто спочатку від ВВ до ЗТВ автомобільним маршрутом, далі від ЗТВ до ЗТП залізничним маршрутом з завантаженням/розвантаженням автопоїзда на/з платформи контрейлерного потягу і далі від ЗТП до ВО автомобільним маршрутом (форм. 10-11).

$$Ca = \sum_{i=1}^m Sa_i \times L_i, \tag{10}$$

$$Ck = Sa \cdot La + V_{нрр1} + \sum_{i=1}^m Tk_i \times L_i + V_{нррm} + Sa_m \cdot La_m. \tag{11}$$

У випадку (г) також вартість доставки вантажу C^c визначається як (форм. 12):

$$C^c = \min (Ca, Ck), \tag{12}$$

але додатковою умовою вибору виду сполучення (автомобільного, або контрейлерного) у цьому випадку також виступає дислокація ВВ відносно ВО, тобто відстань від ВВ до ВО.

За допомогою відповідних розрахунків знаходиться на промені від ВВ до ВО спочатку точка, в якій вартість перевезення у автомобільному і контрейлерному сполученні однакова, тобто точка рівноцінної вартості (ТРВ). Після чого знаходяться ТРВ для різних дислокацій ВО (дислокація ВВ остається незмінною) і для різних дислокацій ВВ (дислокація ВО остається незмінною). Далі за допомогою запропонованих моделей будуються дві ОЕВ контрейлерного сполучення. Утворені ОЕВ мають вигляд розгорнутих парабол і якщо ВО знаходиться ближче ніж ТРВ до ВВ і в той же час ВВ знаходиться ближче ніж ТРВ до ВО, то більш ефективним буде пряме автомобільне сполучення, якщо далі – контрейлерне. Представимо графічно ОЕВ контрейлерного сполучення (рис. 7):

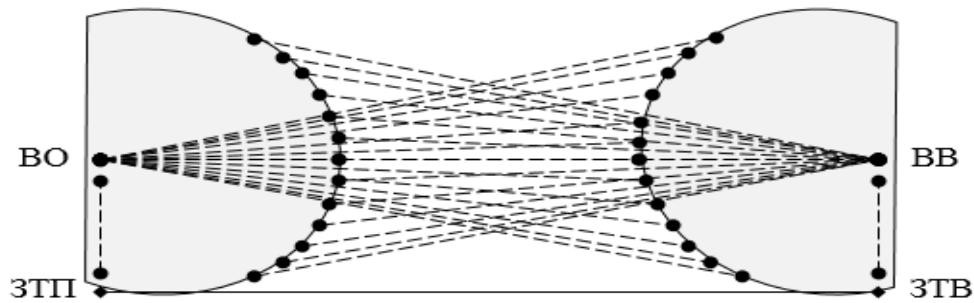


Рис. 7. Графічне зображення процесу знаходження ОЕВ для оборотного рейсу

Утворена область ефективного використання контрейлерного сполучення дає можливість вибору раціональної схеми доставки на основі лише тарифів на перевезення і дислокації вантажоодержувача. Уточнена область є не абстрактною, а підтверджується розрахунками на основі розроблених математичних моделей.

Апробація результатів дослідження була на базі Асоціації міжнародних перевізників України; а також на у Відділу розвитку та регулювання ринку автомобільних перевезень Департаменту стратегічного розвитку дорожнього ринку та автомобільних перевезень Міністерства інфраструктури України.

Висновки. В результаті проведеного аналізу існуючих методів вирішення задачі вибору виду сполучення при здійсненні доставки вантажів у міжнародному сполученні виявлено, що математичні моделі носять, як правило, суто теоретичний характер і наближені рекомендації щодо вибору виду сполучення.

Розроблено економіко-математичну модель визначення рівноцінної відстані доставки за критерієм вартості, коли вантажовідправник співпадає з контрейлерним терміналом відправлення. Зручність користування розробленою моделлю має переваги над усіма раніше запропонованими перш за все, тим, що дозволяє розрахувати економічну доцільність використання виду сполучення не лише як область ефективного використання, а для кожного окремого випадку визначити ефективність від вибору виду сполучення. Використання моделі дає можливість економічного обґрунтування вибору виду сполучення і дозволить автотранспортному підприємству скоротити витрати на виконання перевезень на 10-15%.

Уточнено зону ефективного використання контрейлерного сполучення при міжнародній доставці вантажів за критерієм собівартості. Графічно область ефективного використання контрейлерного сполучення має вигляд розгорнутої параболи, вершина якої знаходиться на лінії залізничного маршруту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Нефедов Н.А., Харченко Т.В., Пономарева Н.В. Применение контрейлерных поездов при международных перевозках грузов // Сб. науч. трудов. – Харьков: ХНАДУ, 2003. – Вып. 21. – С. 90-92
2. Кирпа Г.Н. Организация контрейлерных перевозок в Украине.-Днепропетровск: Арт-Пресс, 1998. - 132 с.
3. Сілантьєва Юлія Олександрівна. Підвищення ефективності контрейлерних перевезень: Дис. канд. техн. наук: 05.22.01 / Національний транспортний ун-т. – К., 2003. – 130 арк. – Бібліогр.: арк. 112-121.
4. Котенко А.М., Шевченко В.І., Шилає П.С. Математичне моделювання руху комбінованих поїздів// Збірник наукових праць УкрДАЗТ, 2010, вип. 113.
5. Зінько Р.В., Маковейчук О.М., Улященко В.Г. Графова інтерпретація задачі контрейлерних перевезень // НАУКОВИЙ ВІСНИК НЛТУ України: Збірник науково-технічних праць.–Львів: НЛТУ України. – 2007. – Вип. 17.4. – 300 с.
6. Кирпа Г.М., Підвищення ефективності використання рухомого складу для інтенсифікації перевезень у міжнародному сполученні. // Праці Західного наукового центру НАУ: Проектування, виробництво та експлуатація транспортних засобів і поїздів. – 2006, № 13. – С. 40-50.
7. Гужевська Л.А. Литвин О.В. Визначення доцільності використання контрейлерних перевезень у міжнародному сполученні / Любовь Анатоліївна Гужевська, Олена Віталіївна Литвин // Управління проектами, системний аналіз і логістика. – К.: НТУ. – 2014. – Вип. 13. С. 31.
8. Гужевська Л.А., Денис О.В. Апробація моделі визначення зони ефективного використання контрейлерного сполучення при міжнародних перевезеннях вантажів / Л.А. Гужевська, О.В. Денис // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля – 2016. - № 6. – С. 60-66.
9. Prokudin G. Logistics Approach to the Organization of Unbalanced Freight Transportation in Transport Networks /G. Prokudin, O. Chupaylenko, I. Lebid, N. Luzhanska // Proceedings of 24th International Scientific Conference. Transport Means 2020. Sustainability: Research and Solutions. PART I. September 30 -October 02, 2020 Online Conference -Kaunas, Lithuania. P. 22-26.

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ОЦІНКИ ЗЧІПНИХ ЯКОСТЕЙ ДОРОЖНІХ ПОКРИТТІВ В УКРАЇНІ

*Рибіцький Л., перший заступник директора Державного підприємства з проектування об'єктів дорожнього господарства, здобувач кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою Національного транспортного університету. м. Київ, Україна,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7127-5835>*

Павлюк Д., д.т.н., професор, Національний транспортний університет, м. Київ, Україна

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ejits/30032021/7372

ARTICLE INFO

Received 10 December 2020

Accepted 26 January 2021

Published 30 March 2021

KEYWORDS

Road, skid resistance, roads maintenance, road accidents, road standards, testing, Universal road measuring equipment, method.

ABSTRACT

Evaluation of skid resistance of the road surface is a very important issue of roads maintenance because this indicator is one of the main transports and operational indicators of the road surface, on which road safety depends. It is known from many sources that one of the causes of road accidents (accidents) is the low value of the skid resistance of the road surface.

After analyzing the existing methods and tools for evaluating the skid resistance and the lack of those that could correspond to the accuracy of the results of current regulations, the National Transport University decided to improve the methods and tools for evaluating the skid resistance road surface in Ukraine.

The purpose of the development was to improve the methodology for evaluating the properties skid resistance of road surfaces by increasing the requirements for testing, improving the accuracy of instruments, informativeness and productivity of measuring the parameters of skid resistance qualities of road surfaces. The result of many years of work was an improved methodology, on the basis of which the regulatory documents of Ukraine were approved and the equipment was created, which allows to obtain the relevant value of the coupling qualities of road surfaces with confidence.

According to the results of experimental studies, the correlation coefficient between the readings of various modifications of the developed Universal road measuring equipment "UDVO" is from 0.955 to 0.981, and the deviation of the equipment readings from the values of skid resistance qualities determined by standard methods do not exceed 5%.

Citation: Leonid Rybitskyi, Dmitry Pavlyuk. (2021) Improvement of Methods and Means of Evaluating of Skid Resistance Road Surfaces in Ukraine. *European Journal of Intelligent Transportation Systems*. 1(3). doi: 10.31435/rsglobal_ejits/30032021/7372.

Copyright: © 2021 Leonid Rybitskyi, Dmitry Pavlyuk. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Постановка проблеми. Оцінка зчипних якостей дорожнього покриття – досить важливе питання під час експлуатації автомобільних доріг, адже даний показник є одним із основних транспортно-експлуатаційних показників дорожнього покриття, від якого залежить безпека дорожнього руху. З багатьох джерел відомо, що однією із причин дорожньо-транспортних пригод (ДТП) є низьке значення зчипних якостей дорожнього покриття.

За даними [1] “За 2020 рік в Україні трапилося 168 107 ДТП, з них 26 140 ДТП – з травмованими, у яких загинула 3 541 людина та 31 974 людини отримали травми.

Основними причинами ДТП із загиблими та/або травмованими, які були скоєні протягом 2020 року, є: перевищення безпечної та встановленої швидкості руху; порушення правил маневрування; порушення правил проїзду перехресть; порушення правил проїзду пішохідних переходів; недотримання дистанції.”

Всі перераховані вище причини безпосередньо пов'язані із зчїпними якостями дорожнього покриття через керованість автомобіля та довжину гальмівного шляху. Довжина гальмівного шляху напряму залежить від швидкості та зчїпних якостей покриття.

$$L = \frac{V_0^2}{2g\varphi}, \quad (1)$$

де L – довжина шляху гальмування до зупинки, м;
 V_0 – початкова швидкість автомобіля, м/с;
 g – прискорення вільного падіння.
 φ – коефіцієнт зчїпних якостей покриття.

При збільшенні швидкості руху коефіцієнт зчеплення колеса з покриттям зменшується, що відповідно призводить до збільшення довжини гальмівного шляху та погіршення керованості автомобіля. Різке маневрування автомобіля в залежності від коефіцієнта зчеплення при малих значеннях призводить до заносу, а при великих – до нормальної керованості автомобіля.

Одна з умов безпечного руху транспорту є своєчасне виявлення та ліквідація ділянок автомобільної дороги з недостатніми зчїпними якостями поверхні дорожнього покриття.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Як тільки з'явився автомобільний транспорт і автомобільні дороги люди відразу замислились над дослідженнями зчеплення шин з дорожнім покриттям. Вже на початку ХХ сторіччя за кордоном почали визначати значення коефіцієнта зчеплення для вибору найкращих типів шин у порівнянні з зчїпними властивостями різних дорожніх покриттів при невеликих швидкостях руху (до 20 км/год) [2].

Сьогодні на практиці в ЄС використовується низка вимірювальних приладів та різних методів вимірювання зчїпних якостей, які визначають:

- поздовжній коефіцієнт тертя (LFC) – ROARDK, ROAR NL, RWS NL Skid Resistance Trailer, Skidometer BV-8, SRM, TRT, SRT-3, IMAG, Grip Tester
- коефіцієнт бокової сили тертя (SFC) – SCRIM, SKM, Mu-Meter.
- поздовжній коефіцієнт тертя (LFC) портативні прилади – DFT Dynamic Friction Tester, SRT Pendulum, T2GO, VTI Portable Friction Tester (PFT).

Прилади проводять вимірювання з різними параметрами: швидкості, колісного навантаження, величини проковзування, кута встановлення, товщини плівки води. Деякі параметри мають переваги у роботі: коли колесо не повністю заблоковане або встановлене під кутом знос шин набагато менший; чим більші ємності для води тим більша максимальна відстань вимірювання; прилади з обладнанням для вимірювання макротекстури дорожнього покриття дозволяють порівнювати стан поверхні дорожнього покриття з вимірами зчїпних якостей. [3, 4, 5].

Вже майже півстоліття в Національному Транспортному Університеті науковці Андреев С.І., Заворицький В.Й., Іваниця Є.В., Кизима С.С., Лебедєв О.С., Павлюк Д.О., Сиденко С.В., Рибіцький Л.Л. займаються науковими дослідженнями та розробкою різних методів за засобів оцінки зчїпних якостей дорожніх покриттів. Один із методів, на якому зупинились науковці університету, є метод визначення зчїпних якостей динамометричним приладом з вимірюванням сили при заблокованому колесі. В процесі удосконалення методу та засобу оцінки зчїпних якостей дорожнього покриття досліджувались наступні фактори, які впливають на результати вимірювань зчїпних якостей дорожнього покриття – це вплив: швидкості руху, навантаження на колесо, характеристики вимірювальної шини, характеристики вимірювальних датчиків, стійкість від заносу під час вимірювання, конструктивні особливості вимірювального засобу та інше.

Окрім вказаних науковців ще багато вчених Астров В.А., Кузнецов Ю.В., Немчинов М.В., Єлисеєв Б.М., Калінін П.К. та ін. присвятили свою діяльність вивченню та дослідженню зчеплення шин з покриттям і цим зробили вагомий внесок в розвиток науки.

Зчїпні якості забезпечують стійкість автомобіля і його керованість при наявності горизонтальної складової реакції дороги [6, 7, 8, 9]. При оцінці показника зчїпних якостей фактичне значення коефіцієнтів φ зіставляють із мінімально допустимими значеннями, після чого визначають відповідність його встановленим обмеженням [10, 11]. В умовах недостатньої величини коефіцієнта зчеплення на дорогах і вулицях України щороку трапляється досить велика кількість ДТП, в яких гинуть і дістають поранення дуже значна кількість людей.

У 1998 р. після проведеного аналізу існуючих методів і засобів оцінки зчїпних якостей і відсутність таких, що могли б відповідати за точністю отриманих результатів чинним нормативним документам, в Національному транспортному університеті було прийняте

рішення провести удосконалення методів і засобів оцінки зчпних якостей дорожніх покриттів в Україні. Результатом багаторічної праці були: аналіз існуючих засобів та методів оцінки зчпних якостей покриттів, аналіз існуючого приладу “ПКРС-2”, як засобу вимірювань зчпних якостей дорожніх покриттів [12], розроблена математична модель курсової стійкості приладу [13], обґрунтовані параметри конструкції нового приладу, створений новий засіб оцінки зчпних якостей і розроблена методика оцінки зчпних якостей поверхні дорожнього покриття, яка стала основою чинних нормативних документів України.

Виклад основного матеріалу. У 2000 р. був виготовлений перший зразок Універсального дорожнього вимірювального обладнання (далі – УДВО) УДВО-1. Метою розробки було удосконалення методики оцінки зчпних якостей дорожніх покриттів за рахунок підвищення вимог до проведення випробувань, підвищення точності приладів, інформативності та продуктивності вимірювань параметрів зчпних якостей дорожніх покриттів.

На даний час основні результати напрацювань впроваджені у нормативні документи України ДСТУ 8746 «Автомобільні дороги. Методи вимірювання зчпних властивостей поверхні дорожнього покриття», ДСТУ Б В.2.3-42 «Автомобільні дороги. Методи визначення деформаційних характеристик земляного полотна та дорожнього одягу» та втілені у 9 приладах УДВО (рис. 1). На практиці обладнання використовується для визначення модуля пружності дорожнього одягу, рівності та зчпних якостей покриття проїзної частини.

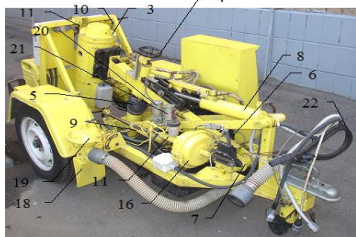
Різні модифікації УДВО обладнані однаковим комплектом вимірювальних датчиків, але по різному обладнані автоматизованими системами керування вимірювальними процесами і працюють в режимі автоматизованого або ручного управління.

Технічні характеристики УДВО:

- діапазон вимірювання міцності дорожнього одягу - від 100 до 600 МПа;
- основна відносна похибка визначення міцності дорожнього одягу - не більше 10%;
- діапазон вимірювання рівності покриття - від 0 до 500см/км;
- основана відносна похибка вимірювання рівності - не більше 10%;
- діапазон вимірювання показника зчпних якостей - від 0,1 до 1;
- основана відносна похибка вимірювання показника зчпних якостей - не більше 5%.



«УДВО-1»



«УДВО-5».



«УДВО-8»



«УДВО-2»



«УДВО-6»



«УДВО-9»



«УДВО-3» і «УДВО-4»



«УДВО-7»



Рис. 1. Серійний ряд універсального дорожнього вимірювального обладнання УДВО

Результати вимірювань використовуються:

- при операційному контролі для корегування технологічних процесів влаштування дорожнього одягу та покриттів автомобільних доріг;
- при приймальному контролі для оцінки якості виконання робіт по влаштуванню дорожнього одягу та покриттів;
- при експлуатаційному контролі для виявлення ділянок з недостатньою міцністю дорожнього одягу, погіршеною рівністю, недостатніми зчіпними якостями поверхні дорожнього покриття і обґрунтування ремонтних робіт.

Одночасно з причіпними установками обладнувалися пересувні лабораторії на базі мікроавтобусів (рис. 2).



Рис. 2. Пересувні лабораторії

У результаті проведеної роботи, кількісною мірою зчіпних якостей поверхні дорожнього покриття в Україні, затверджено коефіцієнт зчеплення φ шини з поверхнею дорожнього покриття [14]. Він визначається як відношення середньої за час гальмування дотичної реакції покриття $T_{\text{сеп}}$ до його нормальної реакції N , що діє на колесо під час гальмування (заблокованого колеса).

$$\varphi = T_{\text{сеп}}/N, \quad (2)$$

де

$$T_{\text{сеп}} = \int_{t_2}^{t_1} T(t) dt / t_2 - t_1. \quad (3)$$

На рис. 3 показана залежність дотичної реакції покриття $T = T(t)$ від часу t при гальмуванні колеса.

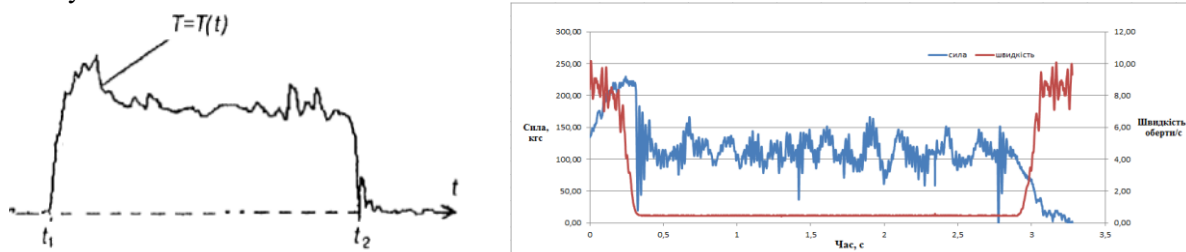


Рис. 3. Залежність дотичної реакції покриття від часу

Експериментальна частина досліджень.

Для оцінки точності вимірювань, калібрування існуючого вимірювального обладнання і приведення всіх показників до однакових значень в Україні щороку проводяться порівняльні випробування приладів (рис.4), з отриманням коригуючих коефіцієнтів приведення отриманих показників до базового приладу (середнє значення показань приладів, які мають відхилення від усереднених показань не більше 10%). Під час калібрування також проводиться перевірка всіх вимірювальних вузлів зазначеного обладнання.



Рис. 4. Порівняльні випробування приладів

Порівняльні випробування проводять при температурі повітря не нижче ніж $+5^{\circ}\text{C}$ та швидкості руху автомобіля 60 км/год. Рух вимірювального колеса повинен співпадати з траєкторією, яка знаходиться посередині смуги кочення правих коліс транспортних засобів кожної смуги руху проїзної частини. Кількість вимірювань на дослідній ділянці повинна бути не менше трьох вимірювань на 1 км, тривалість кожного вимірювання повинна складати 3 секунди, а зволоження поверхні дороги слід починати не пізніше ніж за 0,5 с до початку гальмування колеса і закінчувати не раніше закінчення його гальмування з витратою води не менше 1 л/м^2 . Під час проведення вимірювань швидкість поступального руху автомобіля-тягача не повинна відхилитися від заданої величини більше ніж на ± 3 км/год.

Вашій увазі хочу представити результати одного з таких порівняльних випробувань приладів УДВО. Таблиця 1., (рис. 5.)

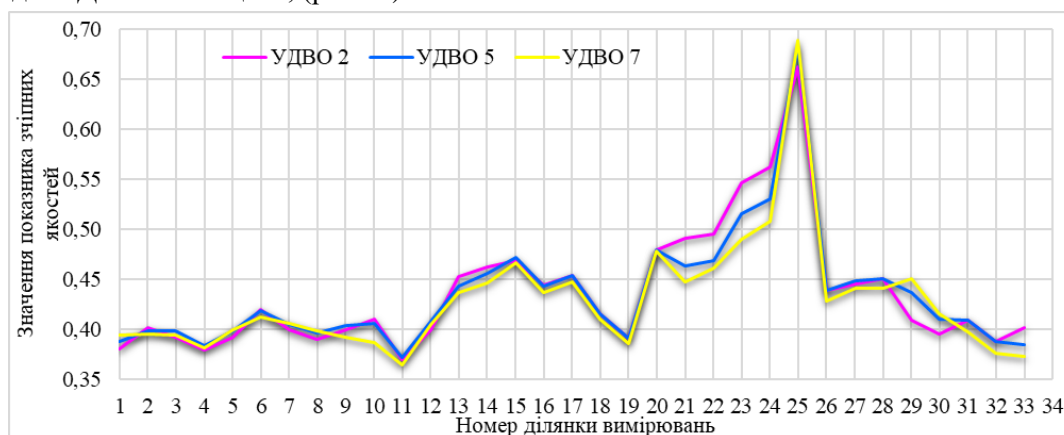


Рис. 5. Порівняльні випробування приладів УДВО-2, УДВО-5, УДВО-7

Таблиця 1. Результати порівняльних випробувань приладів УДВО-2, УДВО-5, УДВО-7

№	Тип покриття	Зчеплення ϕ						Середнє значення	Найбільше відхилення
		УДВО -2	Δ	УДВО-5	Δ	УДВО-7	Δ		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	ЩМА*	0,380	0,008	0,390	-0,002	0,394	-0,006	0,388	0,008
2	ЩМА*	0,402	-0,003	0,400	-0,001	0,395	0,004	0,399	0,004
3	ЩМА*	0,392	0,007	0,410	-0,011	0,394	0,005	0,399	0,011
4	ЩМА*	0,380	0,004	0,390	-0,006	0,382	0,002	0,384	0,006
5	ЩМА*	0,392	0,007	0,405	-0,006	0,400	-0,001	0,399	0,007
6	ЩМА*	0,420	-0,001	0,425	-0,006	0,413	0,006	0,419	0,006
7	ЩМА*	0,400	0,005	0,409	-0,004	0,406	-0,001	0,405	0,005
8	ЩМА*	0,390	0,006	0,400	-0,004	0,399	-0,003	0,396	0,006
9	ЩМА*	0,400	0,004	0,420	-0,016	0,392	0,012	0,404	0,016
10	ЩМА*	0,410	-0,004	0,420	-0,014	0,387	0,019	0,406	0,019
11	ЩМА*	0,370	0,002	0,380	-0,008	0,365	0,007	0,372	0,008
12	ЩМА*	0,400	0,008	0,420	-0,012	0,405	0,003	0,408	0,012
13	А*	0,453	-0,010	0,440	0,003	0,437	0,006	0,443	0,010
14	А*	0,462	-0,006	0,460	-0,004	0,447	0,009	0,456	0,009
15	А*	0,469	0,003	0,480	-0,008	0,467	0,005	0,472	0,008
16	А*	0,444	0,000	0,450	-0,006	0,437	0,007	0,444	0,007
17	А*	0,454	0,000	0,460	-0,006	0,448	0,006	0,454	0,006
18	А*	0,416	0,000	0,422	-0,006	0,410	0,006	0,416	0,006
19	А*	0,391	0,000	0,396	-0,005	0,386	0,005	0,391	0,005
20	А*	0,479	0,000	0,480	-0,001	0,478	0,001	0,479	0,001
21	А*	0,491	-0,028	0,450	0,013	0,448	0,015	0,463	0,028
22	А*	0,495	-0,026	0,450	0,019	0,461	0,008	0,469	0,026
23	А*	0,546	-0,031	0,510	0,005	0,490	0,025	0,515	0,031
24	Ц,б	0,562	-0,032	0,520	0,010	0,508	0,022	0,530	0,032
25	сларі-сіл	0,662	0,020	0,694	-0,012	0,689	-0,007	0,682	0,020
26	сларі-сіл	0,439	0,000	0,450	-0,011	0,428	0,011	0,439	0,011
27	сларі-сіл	0,445	0,004	0,460	-0,011	0,441	0,008	0,449	0,011
28	сларі-сіл	0,451	0,000	0,460	-0,009	0,441	0,010	0,451	0,010

Продовження таблиці 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
29	сларі-сіл	0,409	0,028	0,450	-0,013	0,451	-0,014	0,437	0,028
30	сларі-сіл	0,395	0,015	0,420	-0,010	0,416	-0,006	0,410	0,015
31	сларі-сіл	0,409	0,000	0,420	-0,011	0,398	0,011	0,409	0,011
32	сларі-сіл	0,388	0,000	0,400	-0,012	0,376	0,012	0,388	0,012
33	сларі-сіл	0,402	-0,017	0,380	0,005	0,373	0,012	0,385	0,017
max Δ			0,028		0,019		0,025		
min Δ			-0,032		-0,016		-0,014		

Примітка: * ЦМА – щєбенєво-мастикєвий асфальтобетєн; А – асфальтобетєн; Ц.б – цементобетєнне покриття з поверхневою обробкою;

** УДВО-2 – не обладнанє автоматизованою систємою керування вимірювальними процесами гальмування вимірювального колеса і подачею води. Вимірювання проводилися у напівавтоматичному режимі.

В результаті порівняльних випробувань були визначені коефіцієнти А і В кореляційної залежності (рис.6) виду

$$\varphi = AX + B$$

де Х – усереднені показання трьох приладів наведені в колонка 9 табл. 1.

За результатами експериментальних досліджень коефіцієнт кореляції між показаннями різних модифікацій „УДВО” складає від 0,955 до 0,981, а відхилення показань обладнання від значень зчїпних якєстей, визначених за стандартною методикою, не перевищують 5 %.

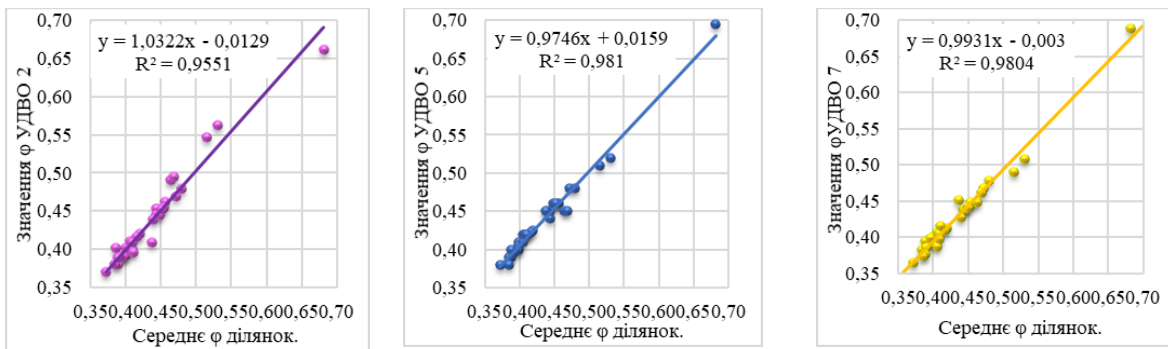


Рис. 6. Графіки результатів підбору коефіцієнтів кореляційної залежності

Також був проведений більш детальний аналіз вимірювань на окремих точках з різним значенням коефіцієнта зчєплення при однакових умовах визначення приладом УДВО з додатково встановлєними датчиками кутових швидкєстей та сили дотичної реакції покриття в режимі постійного запису даних, який наведено на рис. 7.

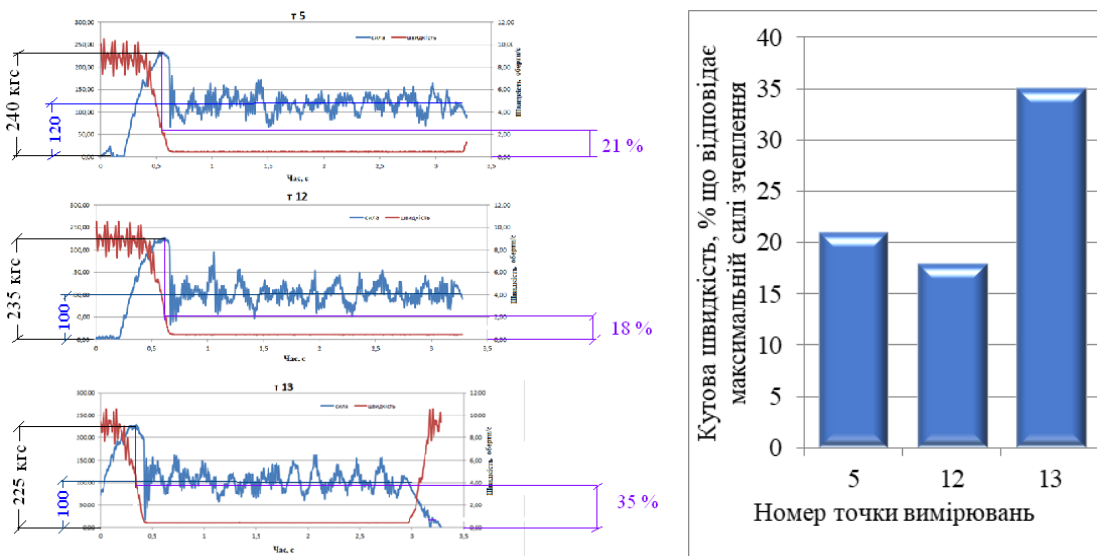


Рис. 7. Детальний аналіз вимірювань.

Між коефіцієнтом тертя спокою та коефіцієнтом тертя ковзання кореляційна залежність дуже слабка. Їх слід розглядати як два незалежні показники, що характеризують зчїпні якєсті

дорожнього покриття. Величина кутової швидкості, що відповідає максимальній силі зчеплення, не є сталою величиною (рис. 7), що дозволяє зробити припущення про помилковість підходу до вимірювання коефіцієнта зчеплення в режимі сталого проковзування колеса, яке, як правило, приймають рівним 0,17-0,20.

Висновки. Факти статистичних даних свідчать про актуальність та необхідність проведення постійної оцінки зчепних якостей на автомобільних дорогах з твердим покриттям як України, так, і всього світу. Значна роль зчепних якостей поверхні дорожнього покриття в забезпеченні безпечних умов руху, обумовлює необхідність проведення всіма структурами, причетними до ремонту та утримання доріг, систематичного інструментального контролю та оцінки цих властивостей поверхні дорожнього покриття протягом усього періоду служби дороги. Для цього на практиці необхідно використовувати методи та засоби оцінки зчепних якостей, які дозволять достовірно і своєчасно оцінити стан дорожнього покриття.

Своєчасне виявлення небезпечних ділянок (на яких коефіцієнт зчеплення менший від допустимого) і проведення робіт з покращення зчепних якостей дорожнього покриття дозволить зберегти не одне життя.

Аналіз відомих методів та засобів оцінки зчепних якостей ЄС свідчать про відсутність єдиної методики отримання достовірних результатів і необхідності приведення показників різних приладів до умовного, усередненого показника зчепних якостей.

У результаті виконання роботи з удосконалення методів і засобів оцінки зчепних якостей дорожніх покриттів в Україні удосконалена методика, на основі якої затверджені нормативні документи та створене обладнання, що дозволяє з довіркою ймовірністю отримувати релевантне значення зчепних якостей дорожніх покриттів.

Доведено принципову можливість вимірювання двох показників - коефіцієнта тертя спокою та коефіцієнта тертя ковзання за допомогою вузла вимірювання зчеплення УДВО.

Для більш детального вивчення кореляційної залежності коефіцієнту тертя спокою з коефіцієнтом тертя ковзання і величини кутової швидкості, що відповідає максимальній силі зчеплення в режимі проковзування колеса, необхідно провести додаткові дослідження.

Проведені дослідження та розроблені методи і засоби оцінки зчепних якостей завдяки можливості отримання достовірних результатів, дозволяють отримати високий економічний ефект через своєчасне виявлення ділянок автомобільних доріг із недостатніми зчепними якостями і можливості упередження ДТП із загиблими та/або травмованими.

ЛІТЕРАТУРА

1. Офіційні дані. Міністерства внутрішніх справ України. Retrieved from <https://www.facebook.com/mvs.gov.ua/posts/3647961878623810>
2. Леру М. Сцепление колеса автомобиля с дорогой и безопасность движения. -М.: Автотрансиздат, 1959. - 158с.
3. T. Andriejauskasa, V. Vorobjovasa, V. Mielonasb. Evaluation of skid resistance characteristics and measurement methods. The 9th International Conference "Environmental Engineering". 22-23 May 2014, Vilnius, Lithuania.
4. Descornet, G.; Schmidt, B.; Boulet, M.; Gothie, M.; Do, M-T.; Fafie, J.; Alonso, M.; Roe, P.; Forest, R.; Viner, H. 2006. Harmonization of European Routine and research Measuring Equipment for Skid Resistance. HERMES final report. 161 p.
5. Do, M-T.; Roe, P. 2008. Report on state-of-the-art of test methods. TYROSAFE project deliverable D04, 89 p.
6. Васильев А.П. Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения: Учеб. для ВУЗов; / Васильев А.П., Сиденко В.М. // Под ред. А.П. Васильева. -М.: Транспорт, 1990. - 304с.
7. Васильев А.П. Ремонт и содержание автомобильных дорог: Справочник инженера-дорожника / А.П. Васильев, В.И. Баловнев, М.Б. Корсунский и др./ Под ред. А.П. Васильева. -М.: Транспорт, 1989. - 287с.
8. Немчинов М.В. Сцепные качества дорожных покрытий и безопасность движения автомобиля. - М.: Транспорт, 1985. - 231с.
9. Рыбицкий Л.Л. Некоторые аспекты совершенствования оценки сцепных качеств дорожных покрытий/ Павлюк Д.О., Ильченко В.В., Рыбицкий Л.Л. // Сб. науч. трудов. Научно-технические проблемы дорожной отрасли стран СНГ. -М.: 2000. - С.193-195.
10. Технічні правила ремонту та утримання автомобільних доріг загального користування України. П-Г.1-218-113-97. - К.: УКРАВТОДОР, 1997. - 183с.
11. ДСТУ 3587-97 Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги, вулиці та залізничні переїзди. Вимоги до експлуатаційного стану. - К.: Держстандарт України, 1997. - 20с.
12. Рыбицкий Л.Л. Досвід виробничої експлуатації автомобільної причіпної установки ПКРС-2У та поштовхоміра "ВСВП-УТУ" / Павлюк Д.О., Андреев С.І., Рыбицкий Л.Л. // Автошляховик України. -2004. - №2. - С.25-27.
13. Рыбицкий Л.Л. Дослідження курсової стійкості "УДВО" на основі математичної моделі та експериментальних випробувань / Зб. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. -Київ: 2004. - Вип. 72. - С.154-161.
14. ДСТУ 8746:2017 «Автомобільні дороги. Методи вимірювання зчепних властивостей поверхні дорожнього покриття».

ПОШУК НЕСПРАВНОСТЕЙ І РЕМОНТ БЛОКУ КЕРУВАННЯ ДВИГУНОМ ПРИ НЕ МОЖЛИВОСТІ ПІДКЛЮЧЕННЯ ДІАГНОСТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Власов І. В., старший викладач кафедри «Суднові енергетичні установки системи», Дунайський інститут Національний університет «Одеська морська академія», м. Ізмаїл, Україна, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3822-3122>

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ejits/30032021/7503

ARTICLE INFO

Received 05 January 2021

Accepted 12 March 2021

Published 30 March 2021

KEYWORDS

Diagnostics, diagnostic process, monitoring, troubleshooting, engine control unit, microprocessor systems, electronic systems.

ABSTRACT

The article considers the engine control unit MD190662, considers the possibility of its repair and maintainability, as well as the economic benefits. The publication examines the issue of activity in the event of failure of the old engine control unit, provided it is impossible to purchase a new one. One of the troubleshooting methods is the ability to purchase a new, customizable unit, control from the tuning studio, which entails even greater costs. Nowadays, most electricians and diagnosticians are just too lazy to take on such work, because it takes a lot of time to find such a faulty, and in the time spent they can service several cars and earn many times more, or immediately hear from them that you need to buy a new one. no one will take the old man. In our case, we wanted to refute the fact that the repair of the control unit - the procedure is not appropriate. In our case, the control unit has been repaired and is operated daily. From the economic point of view, since the work was done by me on my own, it turned out very cheap, but this requires some knowledge and skills.

Citation: Igor Vlasov. (2021) Troubleshooting and Repair of the Engine Control Unit When it is Not Possible to Connect the Diagnostic Equipment. *European Journal of Intelligent Transportation Systems*. 1(3). doi: 10.31435/rsglobal_ejits/30032021/7503.

Copyright: © 2021 Igor Vlasov. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Вступ. Параметрична діагностика - це перевірка і контроль необхідних параметрів обладнання, яке нормується і відповідає вимогам даного обладнання, а також виявлення та визначення їх змін від норми [4]. Використовується вона для підвищення рівня захисту керуючого обладнання, а діагностична інформація об'єднує значення величин в сукупності відхилень цих параметрів від номінальних значень, за рахунок чого і будуються висновки при визначенні або запобіганні несправностей.

Системи параметричної діагностики об'єднують в собі комплекс наступних приладів і датчиків: вібрації, температури, тиску [4]. В сукупності всі ці прилади, які зчитують, компілюють, і зберігають отриману інформацію з датчиків, дозволяють нам аналізувати і запобігати проблемні ситуації пов'язані з виходом з ладу чи руйнуванням обладнання.

У теорії і практиці це давно вже використовується і допомагає механікам і інженерам в роботі. По факту є досить багато старих систем управління в роботі, яких не можливо переглянути всі параметри, і запобігти несправність.

Трапляється і таке, що неможливо запобігти поломку блоку управління, який контролює і зчитує всі параметри, але сам не застрахований від виходу з ладу.

Матеріали та методи. У статті розглянуті методи визначення та знаходження несправності, а також її усунення, визначалися дослідним шляхом на блоці управління двигуном

MD190662, за допомогою різних електронних приладів, таких як мультітестер, автосканер ELM 327 USB V1.5, автосканер OBDLink LX, та цифровий осцилограф FNIRSI 5012H.

Результати дослідження. В даній статті мені б хотілося розглянути блок керування двигуном MD190662 рис.1.1., який управляє двигуном 6G72. Даний двигун був розроблений компанією Mitsubishi Motors Corporation (MMC) в 1986 році, і випускався до 2008 року Мав такі характеристики: тип - V-подібний, обсяг - 2 972 куб. см, кількість циліндрів - 6, хід поршня - 76 мм, діаметр поршня - 91.1, ступінь стиснення - 8, 8.9, 9, 10, 11 (в залежності від модифікації), потужність - 160 – 320 к.с. / об. хв., крутний момент 232 - 427 Нм / об. хв., були як атмосферні так і турбовані версії. Встановлювався на різні автомобілі (близько 30) японського і американського ринку. Зарекомендував себе як надійний двигун, хоч і мав ряд своїх болячок. На зміну йому прийшли такі двигуни як 6G74 (1992-Н.В.), 6G75 (2003-Н.В.), і одночасно з ним випускався 6G73 (1990-2002) але зжив себе раніше[1].

На момент споруди двигуна компанія MMC не встигала випустити новий блок керування двигуном. Інженерам був потрібен блок керування для цього двигуна, розробляти з нуля довго і дорого і вони знайшли рішення, з 4-х циліндрових зробити 6-ти, для цього вони додали блок управління для ще однієї котушки комутатора і форсунок. Зроблено це було з точки інженерії криво і не правильно, але час підтискав потрібен був блок управління для цих моторів.

Надалі нові технології і нові електронні частини удосконалювалися, і блок управління був змінений (має безліч модифікацій), але в кінцевому результаті, і перші версії досі працюють, але вимагають своєчасного обслуговування.

Для прикладу розглянемо блок керування двигуном MD190662 рис.1.1., який встановлений на автомобіль Mitsubishi 3000GT 1993р. Даний блок управління контролює і управляє такими датчиками, як датчик коленвалу, датчик розпредвалу, датчик детонації, датчик положення дросельної заслінки, датчик масової витрати повітря, датчик тиску масла, і датчик температури охолоджуючої рідини. Ну і найголовніше управляє паливним насосом форсунками і котушками запалювання.

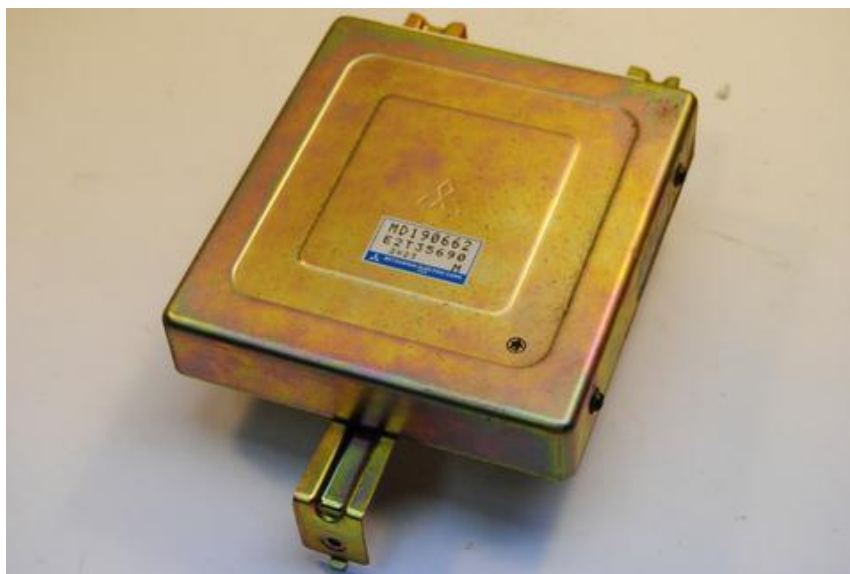


Рис. 1.1. Блок керування двигуном MD190662

Тепер розглянемо ситуацію яка сталася. Під час експлуатації на приладовій панелі загорівся індикатор «CHECK ENGINE» і потух, зазвичай індикатор загоряється при кожному включенні запалення на 6-8 сек. (при само діагностиці) і гасне, ну або при появі будь то помилки. Надалі що б прибрати індикатор «CHECK ENGINE» потрібно підключити ноутбук і вважати код помилки і програмно його обнулити, ну або в разі з цим блоком управління зняти клему акумулятора на 15-20 хвилин, і він обнулиться.

При подальшій експлуатації індикатор не спалахував. При наступному запуску двигуна, як зазвичай, загорівся індикатор, двигун запустився, і через 3-5 сек. заглох. Наступні запуски не відбулися і було помічено, що не світиться індикатор «CHECK ENGINE» при включенні запалення. При огляді було визначено, що пропала іскра на котушках і управління на

форсунках. Причин може бути декілька: міг згоріти запобіжник, або головне реле, блок блокування, або сам блок керування двигуном [3].

За час існування такого поняття як діагностика сформувалися основні концепції і поняття пошуку несправності. Вони включають в себе наступне:

- дія не повинна завдавати шкоди досліджуваному пристрою;
- дія повинна приводити до прогнозованого результату:
- висунування гіпотези про справності або несправності блоку, елемента тощо.
- підтвердження або спростування висунутої гіпотези і, як наслідок, локалізації несправності;
- необхідно розрізняти ймовірну несправність і підтверджену (виявлену несправність), висунуту гіпотезу і підтверджену гіпотезу;

- необхідно адекватно оцінювати ремонтпридатність виробу. Наприклад, плати з елементами в корпусі BGA мають дуже низьку ремонтпридатність внаслідок неможливості або обмежену можливість застосування основних методів діагностики;

- потрібно адекватно оцінювати вигідність і необхідність ремонту. Найчастіше ремонт не вигідний з точки зору витрат, але необхідний з точки зору відпрацювання технології, вивчення виробу або з якихось інших причин [4].

Під причинами непрацездатності маються на увазі вихід з ладу елемента, помилки розробників, механіків і т. д. Методи для різних механізмів і систем є взаємопов'язаними між собою, і майже завжди необхідно їх комплексне застосування. Часом пошук дуже тісно пов'язаний з усуненням несправності.

Відповідно починали з самого простого і самого доступного, були перевірені блоки запобіжників і реле. Несправних не було. Далі реле блокування, воно теж було справно. Наступним було MFI relay E8T07871 рис. 1.2. і сам блок управління [3].



Рис. 1.2. MFIrelayE8T07871

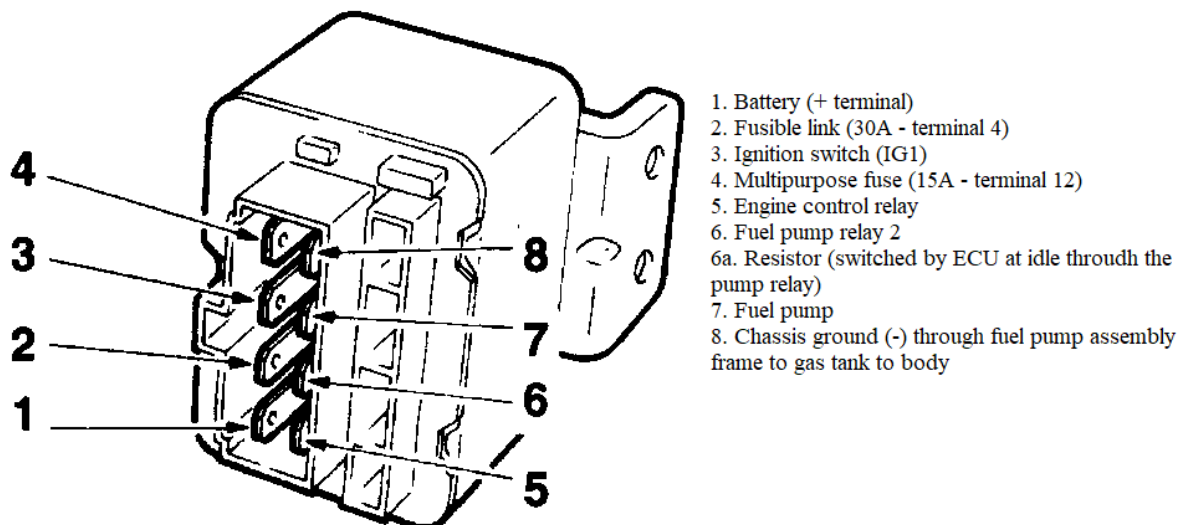


Рис. 1.3. Распиновка контактів MFIrelay [2]

Першим продзвонили MFI relay E8T07871 рис. 1.2., На ньому не продзвонювався, і жодним чином не реагував резистор ба (перемикається ЕБУ на холостому ходу через реле насоса) рис. 1.3., Який пов'язаний з контактом номер 6 (управляє паливним насосом, який був справний), з усіма іншими проблем не виникло. Сигнал з контакту №6а приходить з самого блоку управління рис. 1.4. [2].

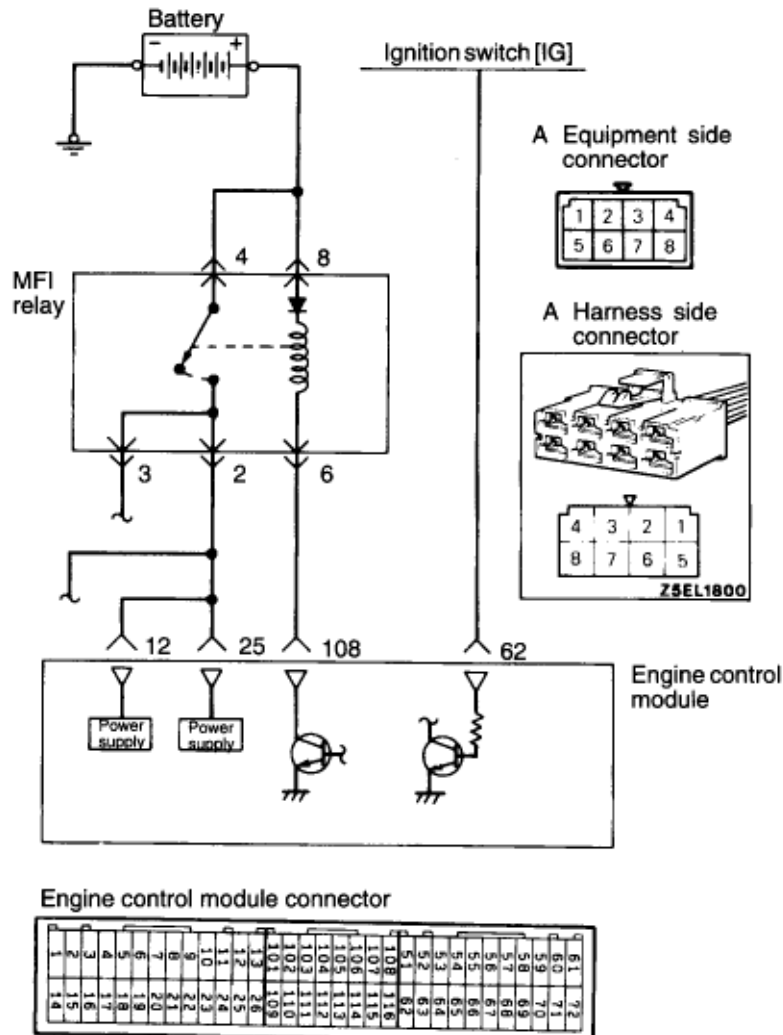


Рис. 1.4. Схема MFI relay E8T07871 [2]

Це означало, що проблема в самому блоці або в проводці його підключення. Підключити ноутбук для діагностування не вдалося, бо просто не відповідав. Згодом була перевірена вся проводка, яка приходить на блок керування двигуном і виходить на датчики.

Отже, проблема в самій мікропроцесорній частини блоку управління двигуном. Що саме вийшло з ладу будемо з'ясувати далі при розборі блоку управління.

У циклі мікропроцесорної системи виділяються три основних етапи:

- проектування;
- виготовлення;
- експлуатація.

Для підтримки мікропроцесорної системи в працездатному стані необхідно враховувати як специфіку кожного етапу її життєвого циклу, так і особливості системи як об'єкта контролю.

Найчастіші проблеми, які зустрічаються при обслуговуванні та ремонті мікропроцесорних частин блоків управління і подібних систем, це:

- несправність джерела живлення;
- неякісні з'єднання;
- забрудненість і окислення контактів;
- несправність конденсаторів, транзисторів, резисторів.

При діагностиці несправностей в складних мікропроцесорних системах, перш за все необхідно оцінити її стан, до виникнення несправності. Для цього перед нами виникає ряд питань:

- чи правильно працювала система (блок керування) до виникнення несправності;
- чи є можливість переглянути журнал несправностей (помилки) блоку управління;
- якщо несправність з'явилася недавно, в якому режимі працювала система до появи несправності;
- є несправність постійною або з'являється періодично;
- які частини мікропроцесорної системи працюють правильно;
- чи можна локалізувати несправність до конкретної плати [5].

Відповідаючи на вище поставлене блок питань вдалося швидко знайти несправність і усунути її. Самі питання з відповідями представлені нижче:

- правильно чи працювала система (блок керування) до виникнення несправності - система працювала правильно;
- чи є можливість переглянути журнал несправностей (помилки) блоку управління - можливість переглянути помилки блоку управління не вийшло так як діагностичне обладнання не вдалося підключити;
- якщо несправність з'явилася недавно, в якому режимі працювала система до появи несправності - несправність з'явилася дуже різко і встановити причину відразу не вдалося;
- є несправність постійною або то з'являється, то зникає - несправність є постійною;
- які частини мікропроцесорної системи працюють правильно - в першу чергу було перевірено харчування і MFI relay E8T07871, з якими все було в порядку, крім відсутності сигналу з контакту №ба, який приходить з самого блоку управління рис. 1.4.
- чи можна локалізувати несправність до конкретної плати - в першу чергу були замінені несправні конденсатори - проблема була локалізована до плати самого блоку управління двигуном.

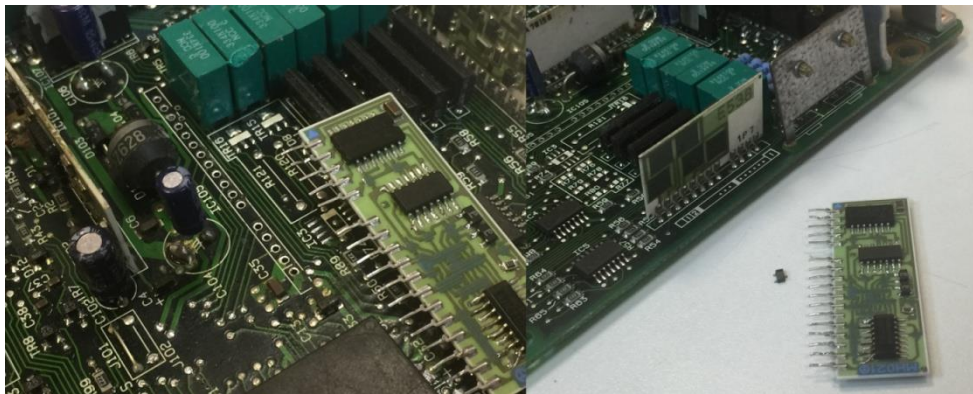


Рис. 1.5. Конденсатори і плата додаткових двох циліндрів

Далі була перевірена вся проводка на наявність всіх плюсів, мінусів і сигналів управління, а також на відсутність короткого замикання. При пошуку інформації за даними блоком управління, було з'ясовано, що найчастіше виходять з ладу конденсатори, вони починають текти, внаслідок чого псується і замикають між собою доріжки плати, а також на платі додаткових двох циліндрів (яку по поспіху просто додали в 4 x циліндровий блок управління) згорає транзистор рис. 1.5. і мотор починає не рівно працювати.

Далі були знайдені: терморегулятори контактів блоку управління двигуном рис. 1.6., і опис за що відповідає кожен контакт табл. 1.1. [1].

61	72
60	71
59	70
58	69
57	68
56	67
55	66
54	65
53	64
52	63
51	62
38	46
37	45
36	44
35	43
34	42
33	41
32	40
31	39
13	26
12	25
11	24
10	23
9	22
8	21
7	20
6	19
5	18
4	17
3	16
2	15
1	14

Рис. 1.6. Распівка контактів блоку управління двигуном MD190662

Таблиця 1.1. Опис контактів блоку управління двигуном MD190662[1]

Pin Number	N/A Function	Pin Number	N/A Function
1	Number 1 Injector Ground Control	107	Power Steering Oil Pressure Switch
2	Number 3 Injector Ground Control	108	MFI Power Supply Ground
3	Number 5 Injector Ground Control	109	Induction Valve Closed
4	Stepper Motor Coil A1	110	Induction Valve Opened
5	Stepper Motor Coil B1	111	Induction Valve Position Sensor 1
6	EGR Solenoid Valve	112	Diagnostic Connector
7	Reduce Torque Execution (A/T only)	113	Diagnostic Connector
8	MFI Power Supply Ground	114	ABS Control Unit
9	EVAP Purge Solenoid Valve	115	Engine Coolant Temp Switch
10	Ignition Power Transistor Unit A	116	Reduce Torque Request 1 (A/T only)
11	Ignition Power Transistor Unit C	51	Starter Relay signal (M/T only)
12	+12V Power Supply from MFI Relay	52	+5V feed to Intake Air Temp Sensor
13	Chassis Ground	53	EGR Temp Sensor
14	Number 2 Injector Ground Control	54	-- not used --
15	Number 4 Injector Ground Control	55	-- not used --
16	Number 6 Injector Ground Control	56	Heated O2 Sensor
17	Stepper Motor Coil A2	57	-- not used --
18	Stepper Motor Coil B2	58	Detonation Sensor Output
19	Air Flow Sensor Reset	59	Reduce Torque Request 2 (A/T Only)
20	A/C Control Unit	60	+12V from fuse #19
21	-- not used --	61	+5V feed to TPS, IPS, Baro, IAT
22	A/C Magnetic Clutch Relay	62	+12V from fuse #12
23	Ignition Power Transistor Unit B	63	+5V feed to Eng Coolant Temp Sensor
24	Electric Load Switch	64	Throttle Position Sensor Output
25	+12V Power Supply from MFI Relay	65	Barometric Pressure Sensor Output
26	Chassis Ground	66	Vehicle Speed Sensor Output
101	Engine Ignition Signal	67	+5V feed to Throttle Position Switch
102	-- not used --	68	TDC Sensor Output
103	Induction Valve Position Sensor 2	69	Crankshaft Position Sensor Output
104	Ignition Timing Adjustment Terminal	70	+5V feed to Air Flow Sensor
105	-- not used --	71	Chassis ground
106	Check Engine Light	72	Ground for TPS, O2, IAT sensors

Для подальшої роботи блок керування двигуном був знятий і розібраний для перевірки і обчислення несправності рис. 1.7.



Рис. 1.7. Блок управління двигуном MD190662 від зверху, і від мікропроцесорної частини

Після розбору перше, що було помічено, це конденсатори які почали протікати, доріжки плати були цілі. Тому перше, що було зроблено, замінили всі конденсатори рис. 1.9. Далі пішли перевіряти саму мікросхему і її компоненти. Після довгих перевірок було обчислено, що на плату не подається 5V, якими керується вся мікросхема. Пошуки детальної електронної схеми на жаль ні до чого не привели і довелося продзвонювати всі контакти в ручну. В результаті був знайдений несправний транзистор рис. 1.9. на котрий приходили необхідні 12V і мінус, але не було виходу необхідних 5V рис. 1.8.

Новий такий транзистор знайти вже проблематично, адже минуло більше 25 років, але знайти подібний не склало труднощів. В саму плату його було вирішено не впаювати. Несправний транзистор від'єдали, а на його місце припаяли через дроти транзистор з двома фільтрами, що б при падінні або підвищенні, або При різкому стрибку напруги транзистор видавав рівно 5V, а також вивели його на корпус з окремим «холодильником» рис. 1.10.

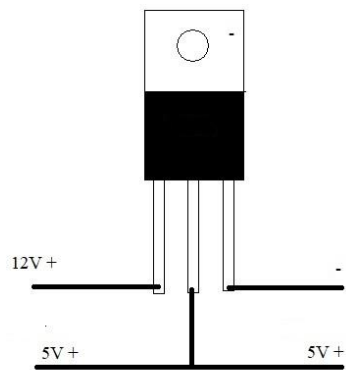


Рис. 1.8. Принцип дії

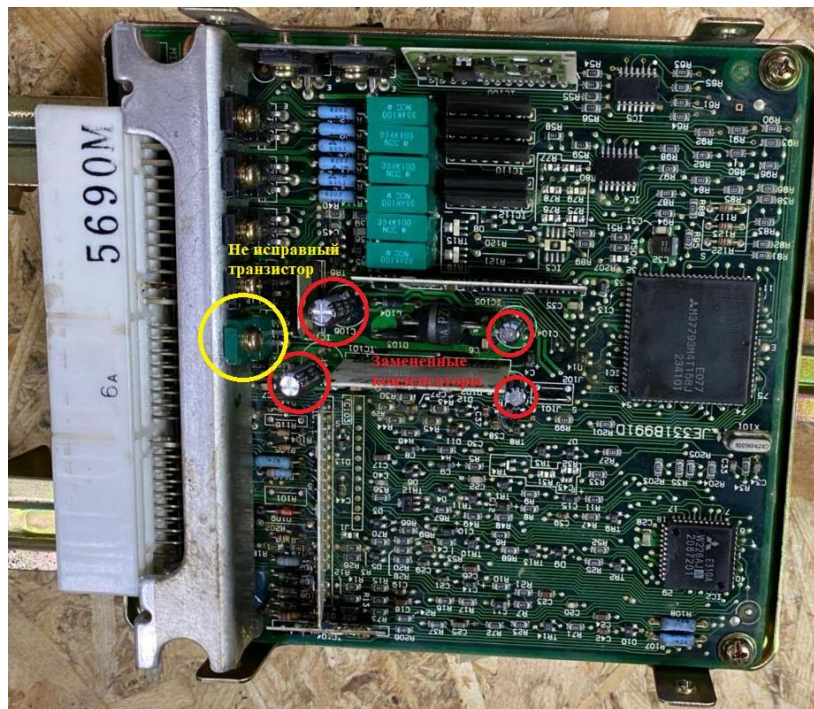


Рис. 1.9. Замінені конденсатори і не справний транзистор

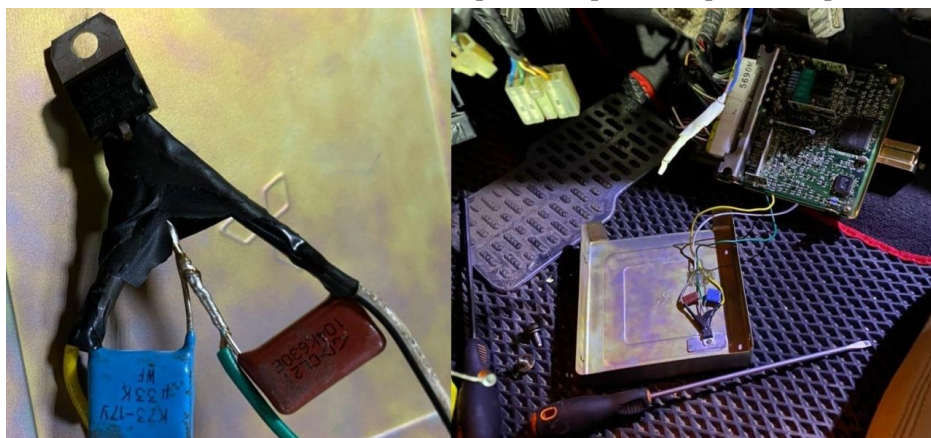


Рис. 1.10. Вид транзистора і місце установки в блоці управління двигуном

Обговорення результатів. Тепер розглянемо економічну сторону даної процедури і чи вигідно її проробляти. Нових блоків управління на даний автомобіль немає, блок який був уже в використанні коштує від 250 до 600 \$ і це не дає нам гарантії, що він буде працювати коректно або не вийде з ладу як і попередній. Можна придбати новий налаштований блок, який нам пропонують тюнінг виробники. Вибір таких блоків дуже великий і ціни починаються від 150 \$ за

вітчизняні варіанти і від 400 \$ за іноземні. Купуючи такий блок, нам потрібно його правильно підключити, а ще потрібен стенд і людина, яка нам правильно налаштує блок управління, що тягне за собою грошові витрати. У нашому ж випадку на конденсатори, транзистор і фільтри для нього ми витратили до 10 \$ і два дні на знаходження і усунення несправності. Так як роботу ми проводили самі, це вийшло дуже дешево. Якщо цю роботу ви самі виконати не можете, вам знадобиться електрик, який, в свою чергу, за свою роботу візьме близько 60-80 \$. На момент написання статті даний блок управління, після виконання вказаних вище дій, працює протягом майже року, кожен день, і в різних температурних умовах. У його роботі жодних несправностей не спостерігається, за цим даний вид ремонту можна вважати доцільним і економічно вигідним.

Висновки. На скільки б не удосконалювалися технології діагностування, не завжди вдається знайти проблему, просто підключивши ноутбук, прочитавши помилки, або по дивитися на роботу системи в дії. Завжди є ймовірність, що можна зіткнутися з більш старими системами управління, які або не зможемо про діагностувати, як у нашому випадку, діагностичне обладнання просто не підключалося, або навіть підключивши, не зможемо знайти всі необхідні параметри. По цьому не доцільно сподіватися тільки на сучасні прилади і програми, іноді потрібно розширювати свої знання та вміння і включати в роботу голову і руки, для того щоб знайти проблему, адже електронне обладнання створено для того, щоб полегшити нам роботу, але не повністю її виключити.

Вивчивши несправності, які можуть виникати в мікропроцесорних системах почали з самого основного. Перевірили несправність джерела живлення, що не якісність з'єднань, почистили контакти від забруднень і окислення, несправність конденсаторів, транзисторів, резисторів і т. д. (В наслідок чого поміняли несправні конденсатори і транзистор).

Далі продзвонювали плату блоку управління, було з'ясовано що пропали 5V на управління мікропроцесорної частини плати. Були замінені всі конденсатори і знайдений і замінений несправний транзистор.

Після виконання вказаних вище дій блок керування двигуном MD190662 був встановлений назад на автомобіль. Після чого двигун завівся і працює рівно і без перебоїв. Був відразу підключений ноутбук і перевірена коректна робота всіх датчиків. Проблем не було виявлено, все працює справно.

ЛІТЕРАТУРА

1. Jeff Lucius "Engine Control Module terminal assignments", 1991-1993 Mitsubishi 3000GT/Dodge Stealth ДОНС.
2. М.М.С. Mitsubishi 3000GT Technical information manual., Mitsubishi Motors Corporation., May 1992, 216p.
3. Власов І.В., Пошук несправностей при неможливості параметричного діагностування блоку керування двигуном., Збірник тез доповіді XI Міжнародної науково-практичної конференції "Сучасні підходи до високоефективного використання засобів транспорту". м.Ізмаїл, 03-04 грудня 2020р. Запоріжжя: АА Тандем, 2020, 580 с. [Vlasov I.V., Poshuk nespravnostei pry nemozhlyvosti parametrychnoho diahnostuvannia bloku keruvannia dyvuhonom., Zbirnyk tez dopovidi KhI Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii "Suchasni pidkhody do vysokoefektyvnoho vykorystannia zasobiv transport". m.Izmail, 03-04 hrudnia 2020r. Zaporizhzhia: AA Tandem, 2020, 580 s.]
4. "Методы поиска и устранения неисправностей. А также причин неработоспособности в РЭА.", 2007-09-01, [Электронный ресурс] <http://www.mkuznecov.ru/metodi.html>. ["Metody poiska i ustraneniya neispravnostej. A takzhe prichin nerabotosposobnosti v REA.", 2007-09-01.]
5. «Методы поиска неисправностей» [Электронный ресурс] Комсомольский-на-Амуре Государственный Технический университет, Пособие по ОСМПС <https://studfile.net/preview/5918063/>. [«Metody poiska neispravnostej» [Elektronnyj resurs] Komsomol'skij-na-Amure Gosudarstvennyj Tekhnicheskij universitet, Posobie po OSMPS]
6. Дітмар Бенда "Поиск неисправностей в электрических схемах", Книга, Электроника, БХВ-Петербург, 2012 г. 256 с. [Ditmar Benda "Poisk neispravnostej v elektricheskikh skhemakh", Kniga, Elektronika, BKhV-Peterburg, 2012 g. 256 s.]
7. В. Мигаль "Техническая диагностика автомобилей. Теоретические основы", Книга, Майдан 2014 г., 515 с. [V. Migal' "Tekhnicheskaya diagnostika avtomobilej. Teoreticheskie osnovy", Kniga, Majdan 2014 g., 515 s.]
8. Журавльов С.В., Власов І.В., Необхідність проведення діагностування суднових технічних засобів як метод підвищення їх терміну служби., Збірник тез доповіді XI Міжнародної науково-практичної конференції "Сучасні підходи до високоефективного використання засобів транспорту"., м.Ізмаїл, 03-04 грудня 2020р. Запоріжжя: АА Тандем, 2020, 580 с. [Zhuravlov S.V., Vlasov I.V., Neobkhdnist provedennia diahnostuvannia sudnovykh tekhnichnykh zasobiv yak metod pidvyshchennia yikh terminu sluzhby., Zbirnyk tez dopovidi KhI Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii "Suchasni pidkhody do vysokoefektyvnoho vykorystannia zasobiv transportu"., m.Izmail, 03-04 hrudnia 2020r. Zaporizhzhia: AA Tandem, 2020, 580 s.]

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКЕ

Сарбасова А. К.,

доцент, кандидат физ.-мат. наук, Казахский Национальный Университет им. Аль-Фараби, Казахстан,

Исмаилова Р. Т.,

доцент, кандидат технических наук, Университет Туран, Казахстан,

Мергенгали Е. К.,

магистрант, Казахский Национальный Университет им. Аль-Фараби, Казахстан,

Халиков Р. И.,

магистрант, Университет Туран, Казахстан

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ejits/30032021/7504

ARTICLE INFO

Received 10 January 2021

Accepted 17 March 2021

Published 30 March 2021

KEYWORDS

transport logistics,
logistics, car,
transportation, truck,
transport, cargo.

ABSTRACT

Road transport plays a significant role in the economic prosperity of each country. Every year the demand for transportation of goods increases, thus there is a need to improve the quality of transport logistics. The high rate of equipping logistics companies with cars, in recent years, is gaining a large turnover, if compared with other types of logistics in our country, thereby increasing the efficiency and quality of transport logistics, which becomes independent of other types of transport, becoming a universal, mobile transportation of goods. As a result, the need to expand roads and improve their quality increases. If you ignore the factors of improving roads, it will lead to an increase in traffic on the roads, as well as slow down the delivery time of the goods.

Citation: Sarbasova A. K., Ismailova R. T., Mergengali Y. K., Khalikov R. I. (2021) System Analysis in Transport Logistics. *European Journal of Intelligent Transportation Systems*. 1(3). doi: 10.31435/rsglobal_ejits/30032021/7504.

Copyright: © 2021 Sarbasova A. K., Ismailova R. T., Mergengali Y. K., Khalikov R. I. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Актуальность. На сегодняшний день автомобильная индустрия играет большую роль в развитии экономики любой страны. Производство автомобилей за последние 10 лет значительно возросло по сравнению с другими видами транспорта. Вследствие чего происходит рост автопарков, увеличивается объем грузоперевозок и поток пассажиров, которые активно используют общественный транспорт. Все это также приводит к повышению загруженности трафика на дорогах.

Транспортная логистика – это вид перевозки товаров, включающий в себя совокупность нескольких операций, предоставляя физическую доставку груза и иные ценности между продавцом и покупателем за минимальные денежные затраты и в кратчайшие сроки. Перевозка товара осуществляется в установленную покупателем точку, при этом выбирается оптимальный маршрут за указанные в договоренности сроки и с наименьшими затратами. Затраты на перевозку товара складываются из издержек на топливо и износ автомобиля, в зависимости от выбранного пути. Для транспортной логистики нашей страны присущи некоторые недостатки в виде корреляции с погодными условиями снижающие скорость доставки, также высокая стоимость перевозок на большие расстояния и загрязнения окружающей среды. Применение технологии по снижению выброса выхлопных газов для

автотранспорта является дорогостоящей, плюс для крупных фур на данный момент данная технология не предусмотрена.

Также большие расстояния не позволяют маленьким логистическим компаниям нормально функционировать в регионах страны из-за огромного количества издержек.

Цель-исследовать способ транспортировки груза из точки А в точку Б с оптимальным маршрутом и лучшим соотношением цены и качества.

Задачи:

- рассмотреть внутреннюю логистику РК;
- проанализировать способ построения оптимального маршрута.

Объект – логистика.

Предмет – транспортная логистика.

Транспортная логистика помогает наладить процессы для осуществления перевозки товара. Она непосредственно сосредоточена на построение наиболее выгодной автомобильной цепочки для транспорта с наименьшими затратами и позволяет планировать процесс перевозки, обеспечивать водителя необходимым транспортом для поездки, например, грузовой фурой или легковым автомобилем и другими необходимыми атрибутами. Также немаловажным фактором является поддержка водителя во время пути и решение возникающих проблем и вопросов.

К достоинствам транспортной логистики в РК относятся такие факторы как: высокая доступность выбора для построения пути, возможность доставить товар до двери заказчика, высокая возможность путей для осуществления доставки, высокая скорость доставки товара из-за отсутствия дорожных препятствий, при хороших погодных условиях, возможность отправки небольшого количества товара и возможность выбрать подходящего перевозчика в зависимости от типа товара.

В транспортной логистике 80% компаний имеют свой автопарк либо специальные контракты с транспортными компаниями на долгий срок. Остальные покупают или арендуют транспорт по необходимости. Крупные компании используют систему умных замков, которые предотвращают открытие груза до его прибытия в точку доставки и фуры оснащены системой отслеживания, которая помогает объехать пробки или другие транспортные происшествия.

На данный момент логистику только Алматинского региона можно приравнять к международным качествам, где расположены склады наилучшего качества обслуживания и данному региону присуща огромная конкуренция, которая также повышает качество обслуживания.

Одной из главных проблем является отсутствие качественной инфраструктуры в областях по всему Казахстану. Из первой проблемы появляется вторая, а именно быстрая изношенность транспортной техники, большая часть транспортных средств эксплуатируется после нормативного срока износа, что подвергает к риску водителя и целостность товара.

Для оптимизации затрат на логистику можно воспользоваться маятниковым маршрутом. Маятниковый маршрут – это маршрут, который повторяется неоднократно. Существует несколько разновидностей маятниковых маршрутов:

- с обратным холостым пробегом;
- с обратным неполностью груженым пробегом;
- с обратным груженым пробегом.

Перед тем, как рассмотреть оптимизацию маятниковых маршрутов мы должны ввести в оборот базовые понятия:

Груз – товар или материальный ресурс, принятый на транспортировку.

Ездка – проделанная работа по погрузке товара, транспортировке и выгрузке, а также подача авто под следующую погрузку.

Груженная ездка – движение автомобиля в конечную точку с грузом.

Приведем пример по оптимизации маятникового маршрута. Где, S – склад, P1, P2 – потребители, A - автопарк. Для доставки груза из точки S в точки P1 и P2 нужно совершить 2 поездки. Маятниковый маршрут с обратным пробегом без груза дает несколько вариантов.

- 1) Сначала груз доставляется в P2, затем в P1 и оттуда авто возвращается в автопарк.
- 2) Сначала груз доставляется в P1, затем в P2 и оттуда авто возвращается в автопарк.

В любом случае грузовой транспорт совершит по 2 поездки с грузом. На рисунке 1 показана схема маятникового маршрута.

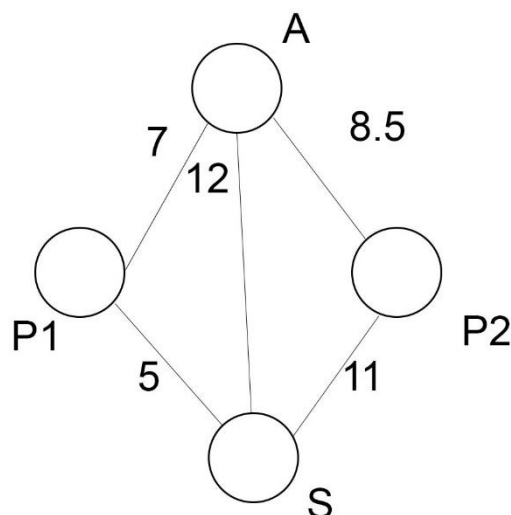


Рис. 1. Схема маятникового маршрута
Примечание: составлен автором

Расстояние от точки S до точки P2 составляет 11 км, а от S до P1-5 км. Нужно проехать с грузом $2 \cdot 11 + 2 \cdot 5 = 32$ км. Также автомобиль всегда должен ехать из автопарка A на склад S – 12 км. Поэтому необходимо разработать такой маршрут, который позволит добиться минимального порожнего пробега. Следуя первому варианту, мы должны проехать из P1 в автопарк A, т. е. расстояние P1– A, однако не надо второй раз возвращаться в точку S (расстояние S– P1).

Вариант 2 предлагает проехать из P2 в автопарк A (расстояние P2– A), однако не надо второй раз возвращаться на склад (S– P2). Заканчивая работу в точках P1 и P2, мы обязаны проехать еще некоторое расстояние до автопарка (P1 или P2 – A), но сокращаем расстояние между складом S и P1 или P2. Исходя из этого наилучшим решением будет завершение работы в P1 или P2, где величина (P1 или P2 до A) -1(S до P1 или P2) минимальна. Полученные данные для комфортной работы занесем в таблицу.

Таблица 1. Данные для расчета.

Последний пункт назначения P(i)	$1(P(i); A)$	$1(S; P(i))$	$1(P(i); A) - 1(S; P(i))$
P1	7	5	2
P2	8.5	11	-2.5

Минимальное значение исходя из таблицы для P2(-2.5). Данное значение принимается за конечный пункт составления маршрутов.

В зависимости от различных характеристик груза, веса, стоимости топлива, расстояния подбирается тот или иной вид транспорта. Для перевозки на небольшую дистанцию традиционно применяются автомобили, потому что они обладают уверенной маневренностью. Это позволяет доставлять товар с нужной степенью регулярности и срочности, а также имеется возможность поставки товара небольшой партией. Главный недостаток автоперевозок – это высокая себестоимость перевозки, потому что плата устанавливается по максимальной грузоподъемности машины. Еще следует отметить то, что автомобильные выбросы наносят вред окружающей среде.

Железнодорожный транспорт. Удобен для транспортировки в любые погодные условия, относительно быстрая доставка груза на большое расстояние. Себестоимость такого вида обходится ниже, чем у других видов транспорта. К недостатку можно отнести отсутствие железной дороги до нужной точки поставки или подключать дополнительно автотранспорт, чтобы доставить товар по назначению.

Морской транспорт. Применяется в случаях, где необходимо доставить большое количество товара за низкую цену. Главный недостаток – это скорость, а также погодные условия и портовая инфраструктура.

В современных условиях транспортной логистике уделяется большое внимание, так как все грузоперевозки на территории Казахстана и отправляемые товары из Казахстана в соседние государства зависят от правильно построенных логистических маршрутов. Можно с уверенностью отметить, что транзитный потенциал нужно рассматривать как точку экономического роста страны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Развитие транспортной логистики в Республике Казахстан [Электронный ресурс]: <https://articlekz.com/> Режим доступа: <https://articlekz.com/article/8515>
2. Какие проблемы существуют в транспортно-логистической отрасли Казахстана и как их решить – эксперт [Электронный ресурс]: <https://forbes.kz/> - Режим доступа: https://forbes.kz/process/kakie_problemyi_suschestvuyut_v_transportno-logisticheskoy_otrasli_kazahstana_i_kak_ih_reshit_ekspert/
3. Транспортная логистика казахстана: проблемы и перспективы развития [Электронный ресурс]: <https://www.kazatk.kz/> - Режим доступа: <https://www.kazatk.kz/material/nauka/practical/270-274.pdf>

Open Access Peer-reviewed Journal

**European Journal of Intelligent
Transportation Systems**

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ejits

1(3), March 2021

SCIENTIFIC EDITION

Indexed by:



RS Global



Academia.edu
share research



BIBLIOTEKA
NARODOWA

Passed for printing 25.03.2021. Appearance 30.03.2021.

Typeface Times New Roman.

Circulation 300 copies.

Publisher RS Global Sp. z O.O., Warsaw, Poland, 2021

Numer KRS: 0000672864

REGON: 367026200

NIP: 5213776394

<https://rsglobal.pl/>