



RS Global
Journals

Scholarly Publisher
RS Global Sp. z O.O.
ISNI: 0000 0004 8495 2390

Dolna 17, Warsaw, Poland 00-773
Tel: +48 226 0 227 03
Email: editorial_office@rsglobal.pl

JOURNAL	World Science
p-ISSN	2413-1032
e-ISSN	2414-6404
PUBLISHER	RS Global Sp. z O.O., Poland
ARTICLE TITLE	ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА ВИТРАТУ ПАЛИВА АВТОМОБІЛІВ-САМОСКИДІВ У ПРОЦЕСІ РОЗВАНТАЖЕННЯ СИПУЧОГО ВАНТАЖУ
AUTHOR(S)	Дмитриченко Микола Федорович, Светазаров Олександр Миколайович Dmytrychenko Mykola, Svietazarov Oleksandr. (2022)
ARTICLE INFO	Theoretical Justification of Factors of Influence on Fuel Consumption of Dump Trucks in the Process of Unloading Bulk Cargo. World Science. 2(74). doi: 10.31435/rsglobal_ws/28022022/7772
DOI	https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/28022022/7772
RECEIVED	09 January 2022
ACCEPTED	14 February 2022
PUBLISHED	18 February 2022
LICENSE	 This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License .

© The author(s) 2022. This publication is an open access article.

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА ВИТРАТУ ПАЛИВА АВТОМОБІЛІВ- САМОСКИДІВ У ПРОЦЕСІ РОЗВАНТАЖЕННЯ СИПУЧОГО ВАНТАЖУ

Дмитриченко Микола Федорович, професор кафедри “Виробництва, ремонту та матеріалознавства” Національного транспортного університету, доктор технічних наук, професор, ректор Національного транспортного університету, м. Київ, Україна, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4223-1838>

Светазаров Олександр Миколайович, аспірант та асистент кафедри “Виробництва, ремонту та матеріалознавства” Національного транспортного, м. Київ, Україна, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9509-5038>

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/28022022/7772

ARTICLE INFO

Received: 09 January 2022

Accepted: 14 February 2022

Published: 18 February 2022

KEYWORDS

dump trucks, unloading process, factors of influence, economy, fuel.

ABSTRACT

This article presents the results of the analysis of the study of the working process of dump trucks and the factors that affect the fuel consumption of dump trucks in the process of unloading bulk cargo, with further development of principles and methods for determining optimal (rational) modes of dump trucks. specialized equipment, ensuring minimum fuel consumption and harmful emissions into the atmosphere and maximum productivity when performing dump trucks transport and specialized work. During the study, the factors that directly affect the amount of fuel consumption during the unloading of the dump truck platform were comprehensively substantiated. The cost of unloading bulk cargo is set. The platform of the dump truck is loaded in three ways of placing the cargo on the platform (the center of gravity of the cargo is located on the front of the platform, the center of gravity of the cargo is located on the center of the platform, the center of gravity is located on the back of the platform). Unloading was carried out at the set speed of the crankshaft of the dump truck engine (at 1500 min⁻¹, at 2000 min⁻¹, at 2500 min⁻¹) for three ways of loading the platform. According to the analysis of literature sources and research, we can conclude that the operational factor – is one of the main factors on which depends on the productivity of transport work by dump trucks, and which accounts for the largest percentage of fuel and energy resources. Unloading rate (Q_{roz}) is one of the main indicators that is taken into account when calculating fuel consumption for transport work by dump trucks. But to determine the fuel consumption of a dump truck in the unloading process is much more difficult, because a clear rate of fuel consumption for this process is not defined in it, as this indicator is an individual and complex characteristic.

Citation: Dmytrychenko Mykola, Svetazarov Oleksandr. (2022) Theoretical Justification of Factors of Influence on Fuel Consumption of Dump Trucks in the Process of Unloading Bulk Cargo. *World Science*. 2(74). doi: [10.31435/rsglobal_ws/28022022/7772](https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/28022022/7772)

Copyright: © 2022 **Dmytrychenko Mykola, Svetazarov Oleksandr**. 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. З ростом науково-технічного прогресу, в машинобудівному виробництві впроваджуються нові прогресивні стандарти для модернізації конструктивних параметрів та

вдосконалення експлуатаційних властивостей. Паливна економічність являється одним із важливіших експлуатаційних властивостей сучасних автомобілів та спеціалізованої транспортної техніки та входить в комплекс критеріїв для оцінки їх конструктивної досконалості. Підвищення паливної економічності автомобілів-самоскидів має велике практичне значення для ефективності використання палива на виконання транспортної роботи. Основна витрата рідкого палива необхідна для вироблення механічної енергії, що витрачається на подолання різних опорів при перевезенні та розвантаженні вантажів [1].

Мета даного дослідження полягає в розробці, побудові та оптимізації алгоритму кількісних та якісних показників ефективності використання та економії палива автомобілів-самоскидів у робочому процесі розвантаження платформи.

Паливо є головним ресурсом яке використовується для виконання транспортної роботи різними транспортними засобами та спеціалізованою технікою які обладнані автомобілі. В Україні, для розрахунку та встановлення витрати палива, яку витрачає автомобіль-самоскид, визначають із додатку нормативного документу «Норми витрати палива і мастильних матеріалів» [2]. Даний документ приводить загальну формулу для визначення витрати палива в літрах на 100 кілометрів, яка не показує фактичну витрату палива. Тому основним питанням по оптимізації показників та економії палива є зміни реальних режимів роботи автомобілів-самоскидів, як під час руху, так і зміни режимів вантажно-розвантажувального процесу. Питання витрати палива в експлуатаційному процесі розвантаження платформи автомобіля-самоскида на даний момент майже не вивчалось, немає відомостей та наукових досліджень і спрямувань, тому це питання є досить актуальним і потребує більш поглибленого вивчення з метою подальшого впровадження в транспортні підприємства і скорегування сучасних методів розрахунку та обміну витрат палива.

Матеріали і методи. За даними консалтингової групи А-95 [3] загальні витрати моторного палива різних типів (бензин, дизель та природний газ) на їзду і транспортування пасажирів та вантажів, за 2019 рік складає 10500 тон. Затрати на паливо-мастильні матеріали складають значну частину загальної вартості роботи автомобільного транспорту та транспортування вантажів.



Рис. 1. Кількість витрати палива (дизельне паливо, бензин, природний газ) в Україні за період 2013-2019 рік.

У зв'язку з цим с кожним днем набувають актуальності наукові дослідження які присвячуються проблемі забезпечення раціональної паливної економічності на виконання автомобілями транспортної роботи за рахунок вибору певного транспортного складу, модернізації автомобільних паливних систем, планування ефективної роботи та багато інших аспектів [4].

Моторне паливо, яке витрачаються автомобілями-самоскидами, являється одним із видів паливо-енергетичних ресурсів (бензин або дизель) за якими, відповідно з законодавством України, встановленні показники та методики розрахунку, за якими розраховують ефективну роботу певної спецтехніки [5].

Аналізуючи нормативну методику розрахунку витрати палива автомобілями-самоскидами [2, 5], в розрахунок не входить показник витрати палива на виконання процесу розвантаження платформи. Отже, нормативна методика розрахунку являється приблизним та загальним рівнянням для визначення необхідної кількості палива на виконання транспортної роботи, так цю методику входять коригуючі коефіцієнти та додаткові надбавки, які були отримані в результаті статистичних даних, з яких виведені середні значення. Як відомо, питома витрата палива є лінійною величиною але показник кількості витраченого палива при здійсненні декілька транспортних циклів завжди відрізняються, оскільки експлуатаційні фактори постійно залежать від кваліфікації водія.

На основі досліджень автора [6], була розроблена експериментально-аналітична методика, яка визначає та вимірює витрату палива автомобілями-самоскидами різної конструкції та вантажопідйомності. Це дозволяє розібрати диференційні норми витрат палива для всього параметричного ряду автомобілів-самоскидів.

В експлуатаційних умовах потрібно виділити витрати палива на транспортування вантажу та пересування самого автомобіля-самоскида, а також виконання розвантажувальної роботи, який складає паливо-енергетичний баланс автомобіля-самоскида. В загальному виді витрата палива за одну зміну визначають, використовуючи наступний вираз:

$$Q_n = Q_0 + n \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6)$$

де Q_n – загальна витрата палива за добу;
 Q_0 – витрата палива за нульовий пробіг;
 n – число поїздок за зміну;
 Q_1 – витрата палива на поїздку завантаженого автомобіля-самоскида;
 Q_2 – витрата палива на поїздку порожнього автомобіля-самоскида;
 Q_3 – витрата палива за час навантаження;
 Q_4 – витрата палива за час розвантаження;
 Q_5 – витрата палива за час очікування;
 Q_6 – витрата палива за час маневрування.

Аналіз наведеної формули показує, що витрата палива автомобілями-самоскидами залежить від великої кількості факторів. Причому, вплив цих факторів взаємопов'язаний і знаходиться в складній залежності, встановлення якої аналітичним шляхом є трудомісткою науковою задачею [7].

В процесі розвантаження змінюється кут підйому платформи в результаті чого будуть змінюватися сили та реакції дії. Від зміни дії сил зменшується величина сили підйому яка в значній мірі залежить від потужності двигуна. Необхідна потужність для створення підйомної сили платформи впливає на витрату палива.

Метою наукового дослідження являється оцінка величини витрати палива автомобілів-самоскидів у процесі його роботи та запровадження заходів по економії палива шляхом оптимізації процесу розвантаження платформи самоскида. Дослідження здійснювалося на моделі автомобіля-самоскида ЗІЛ ММЗ 4502, який працює на бензиновому паливі. В якості завантаження платформи використовувався гранітний щебінь.

Результати дослідження. Аналіз літературних джерел та попередньо виконаних досліджень дозволив сформулювати перелік факторів (рис. 2.), що впливають на витрату палива автомобіля-самоскида в технологічному процесі розвантаження платформи, а саме: маса та фізичний стан завантаженого вантажу – X_1 ; частота обертання колінчастого валу двигуна – X_2 ; розташування вантажу на платформі автомобіля-самоскида – X_3 ; тиск в гідروциліндрі який необхідний для підйому платформи – X_4 ; технічний стан автомобіля-самоскида – X_5 , природно-кліматичні умови – X_6 [8, 9, 10, 11].

Фактори X_1 , X_2 та X_3 являються “керованими” факторами які можливо самостійно регулювати. Таким чином, якщо впливати на ці фактори можна добитися зміни фактичних витрат палива при роботі автомобіля-самоскида в технологічному процесі розвантаження платформи. Способи завантаження платформи (фактор X_3) які використовуються в даному дослідженні, розглянуті в попередніх дослідженнях [12].

На сьогоднішній день на більшості автотранспортних підприємств діє система планово-попереджувального ремонту, це має на увазі, що автомобіль-самоскид, який виходить на лінію проведення транспортної роботи, повністю справний. Отже, фактор X_5 – не буде впливати на витрату палива при експлуатації.

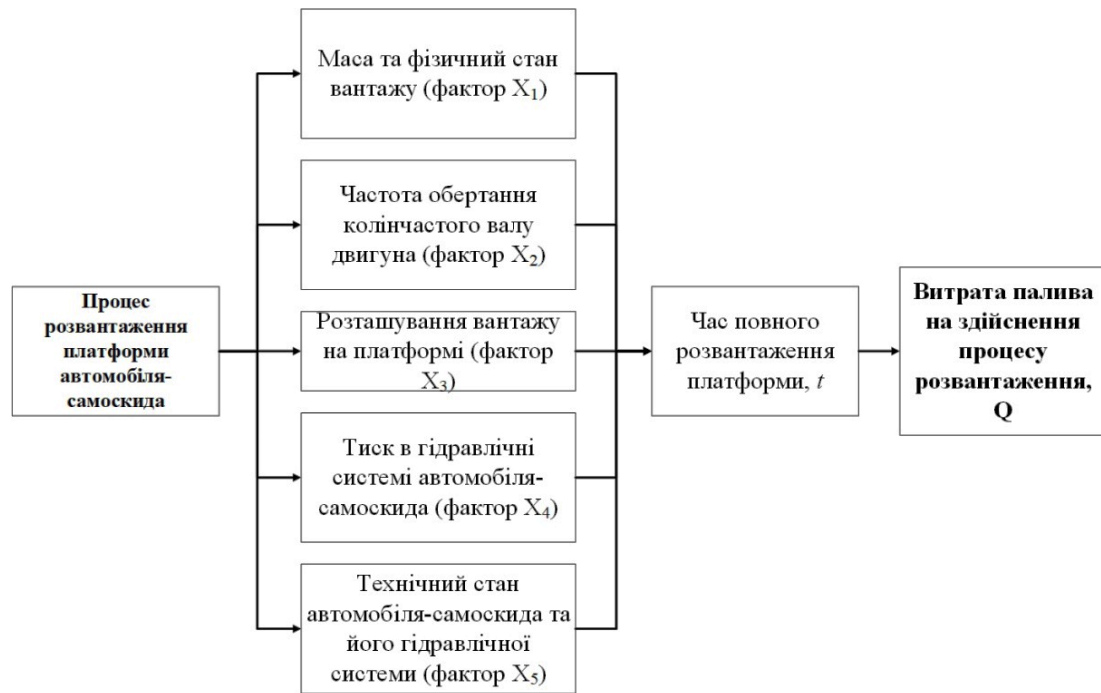


Рис. 2. Фактори, які безпосередньо впливають на показник витрати палива в процесі розвантаження платформи автомобіля-самоскида.

Фактор X_4 – це фактор який характеризується технічною характеристикою гідроприводу, який встановлений на автомобілі-самоскиді. Він буде залежати від факторів X_1 , X_2 і X_3 . Показники фактору X_3 отримані шляхом осцилографування робочого процесу гідравлічної установки на кожній висувній ланці гідроциліндра при розвантаженні вантажу (рис. 3, 4).

Час	Тиск	Оберти	Час	Тиск	Оберти	Час	Тиск	Оберти
0	0	1500	0	0	2000	0	0	2500
5,313	4,05	1500	4,25	5,4	2000	3,1875	6,75	2500
10,625	4,5	1500	8,5	6	2000	6,375	7,5	2500
15,938	4,725	1500	12,75	6,3	2000	9,5625	7,875	2500
21,25	3,525	1500	17	4,7	2000	12,75	5,875	2500
A	A	A	A	A	A	A	A	A
0	0	1500	0	0	2000	0	0	2500
5,75	3,825	1500	4,6	5,1	2000	3,45	6,375	2500
11,5	4,35	1500	9,2	5,8	2000	6,9	7,25	2500
17,25	4,65	1500	13,8	6,2	2000	10,35	7,75	2500
23	3	1500	18,5	4	2000	13,8	5	2500
Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б
0	0	1500	0	0	2000	0	0	2500
6,25	4,65	1500	5	6,2	2000	3,75	7,75	2500
12,5	5,625	1500	10	7,5	2000	7,5	9,375	2500
18,75	6,075	1500	15	8,1	2000	11,25	10,125	2500
25	4,275	1500	20	5,7	2000	15	7,125	2500
В	В	В	В	В	В	В	В	В

Рис. 3. Показники тиску гідравлічної системи автомобіля-самоскида ЗІЛ-ММЗ-4502 у процесі розвантаження гранітного щєбню.

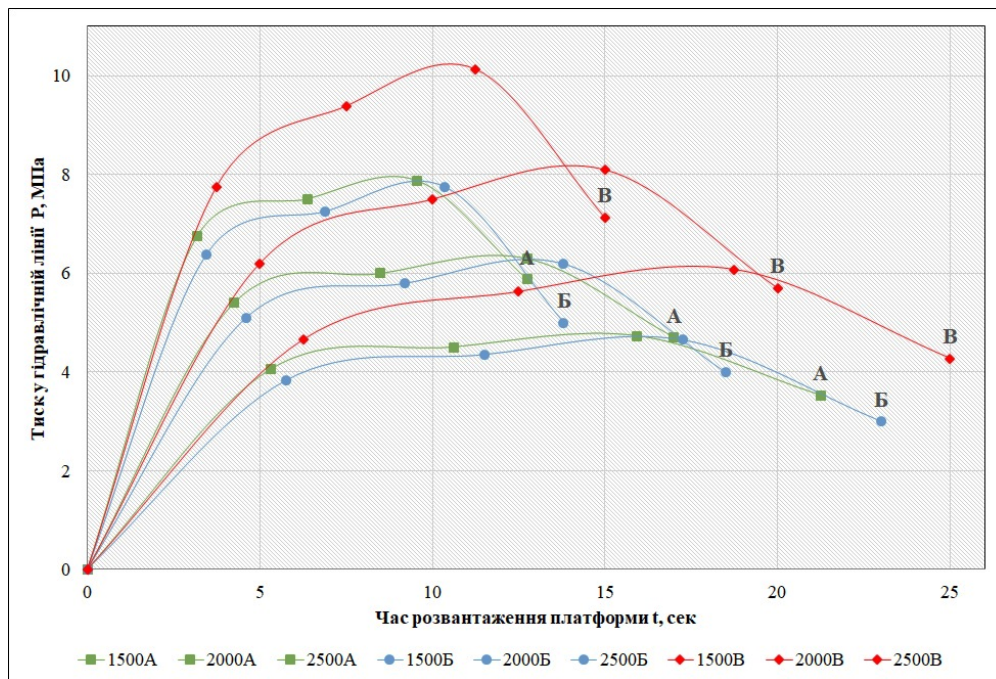


Рис. 4. Показники тиску гідравлічної системи автомобіля-самоскида ЗІЛ-ММЗ-4502 отримані шляхом осцилювання в ході розвантаження платформи.

Природно-кліматичні умови (фактор X_6) – є некерованим фактором, але він значно впливає на процес сумішоутворення в двигуні внутрішнього згорання автомобіля-самоскида. Тому даний фактор необхідно враховувати при розрахунку норм витрат палива на підприємстві.

До початку планування експерименту необхідно вибрати область параметрів та визначення факторів, які впливають на параметри при роботі автомобіля-самоскида у технологічному процесі розвантаження його платформи. Вибір області складається з вибору основного рівня і вибору інтервалів варіювання.

Частота обертання колінчастого валу двигуна (X_2) має область визначення від 1500 до 2500 об/хв. Нижня межа обумовлена оборотами холостого ходу двигуна автомобіля-самоскида ЗІЛ-ММЗ-4502, а верхня – режимом максимальної потужності при якому здійснювався процес розвантаження. Для проведення експериментальних досліджень границі локальної області визначалася з умови можливості функціонування гідравлічної системи автомобіля-самоскида в процесі розвантаження. Даній умові відповідає частота обертання двигуна від 2000 до 2500 об/хв.

Область визначення маси вантажу (маса вантажу визначена разом з масою платформи автомобіля-самоскида), що розвантажується автомобілем-самоскидом (x_1) становить 8055 кг. Ця маса обумовлена вантажопідйомністю завантажувальної платформи і є гранично допустимою масою, яку може підняти автомобіль-самоскид ЗІЛ-ММЗ-4502 [9]. При виборі локальної області для натуральних досліджень маса 8055 кг вибрана з урахуванням способу завантаження платформи та фізичним станом вантажу який розміщений на платформі.

В ході планування експерименту, була прийнята гіпотеза про те, що вихідна величина Y – це годинна витрата палива, яка має лінійну залежність від факторів, тобто рівняння регресії має вигляд:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot X_1 + \alpha_2 \cdot X_2 + \alpha_3 \cdot X_3$$

де $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – параметри лінійного рівняння; X_1 – маса вантажу, кг; X_2 – розташування вантажу на платформі; X_3 – частота обертання колінчастого валу двигуна, хв⁻¹.

За результатами проведеного дослідження була отримана оцінка впливу кожного з факторів (маси вантажу, розташування вантажу на платформі, оборотів колінчастого валу двигуна) на величину годинної витрати палива в процесі розвантаження платформи. Експеримент проводився за класичним планом, тобто одна перемінна була постійною, а інша – змінною. Перемінна величина змінювалася у всьому інтервалі значень. Результатом дослідження стала залежність годинної витрати палива від вантажу, що розвантажувався при трьох рівнях оборотів двигуна, а саме 1500, 2000 та 2500 об/хв та трьох способів розташування

вантажу на платформі автомобіля-самоскида. Для залежності годинної витрати палива під час процесу розвантаження гранітного щебня було отримано 9 рівнів, від оборотів колінчастого валу двигуна та розташування вантажу на платформі масою 8055 кг (з урахуванням маси платформи автомобіля-самоскида). Результати витрати палива при розвантаженні гранітного щебню автомобілем-самоскидом ЗІЛ-ММЗ-4502 представлені на рис. 5 та 6.

Час	В. П.	Оберти	Час	В. П.	Оберти	Час	В. П.	Оберти
0	0	1500	0	0	2000	0	0	2500
5,313	35,996	1500	4,25	38,297	2000	3,1875	36,019	2500
10,625	71,984	1500	8,5	76,594	2000	6,375	72,038	2500
15,938	107,98	1500	12,75	114,89	2000	9,5625	108,06	2500
21,25	143,97	1500	17	153,19	2000	12,75	144,08	2500
A	A	A	A	A	A	A	A	A
0	0	1500	0	0	2000	0	0	2500
5,75	38,956	1500	4,6	41,451	2000	3,45	38,985	2500
11,5	77,913	1500	9,2	82,901	2000	6,9	77,97	2500
17,25	116,87	1500	13,8	124,35	2000	10,35	116,96	2500
23	155,83	1500	18,5	166,7	2000	13,8	155,94	2500
Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б
0	0	1500	0	0	2000	0	0	2500
6,25	42,344	1500	5	45,055	2000	3,75	42,375	2500
12,5	84,688	1500	10	90,11	2000	7,5	84,75	2500
18,75	127,03	1500	15	135,17	2000	11,25	127,13	2500
25	169,38	1500	20	180,22	2000	15	169,5	2500
В	В	В	В	В	В	В	В	В
Упов	75		Упов	100		Упов	125	
V1	0,075		V1	0,1		V1	0,125	
ра	1,189		ра	1,186		ра	1,189	
Гпов	0,0892		Гпов	0,1186		Гпов	0,1486	
Гпал	0,0068 кг/сек		Гпал	0,009 кг/сек		Гпал	0,0113 кг/сек	
	6,775 г/сек			9,011 г/сек			11,3 г/сек	

Рис. 5. Кількість витрати палива (г/сек) у процесі розвантаження гранітного щебня при різних обертах колінчастого та способах завантаження платформи.

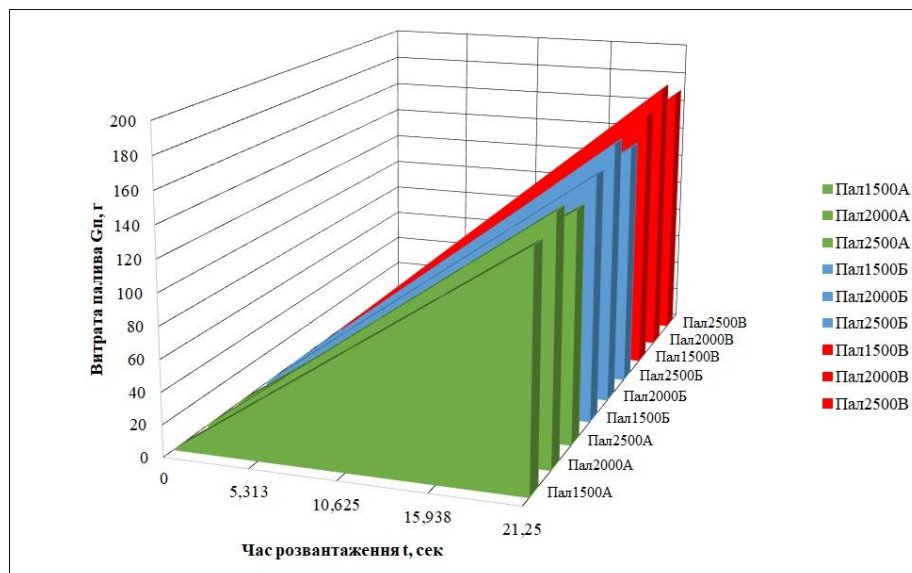


Рис. 6. Лінійна залежність витрати палива автомобіля-самоскида ЗІЛ-ММЗ-4502 від часу розвантаження його платформи.

Аналіз експериментальних даних про час роботи гідравлічного обладнання автомобіля-самоскида показав, що завантаження платформи способом «А» та встановлення оборотів колінчастого валу двигуна на 2500 об/хв, призводить до зменшення часу здійснення операції і при цьому витрата палива є мінімальною.

Висновки. Діючі методичні рекомендації не враховують всі умови експлуатації автомобілів-самоскидів, а саме вплив різних факторів на витрату палива в технологічному режимі розвантаження платформи, а саме: масу вантажу, обороти колінчастого валу двигуна та спосіб завантаження платформи. Норми, як правило, розраховуються за верхньою межею, через що виникає проблема коректності оцінки кількості фактично витраченого палива і наявності перевитрати.

В основу розроблюваної методики покладено методичні рекомендації щодо визначення норми витрати палива, затверджені наказом Міністерства транспорту України №43. Запропонована методика відрізняється тим, що дозволяє визначити норму витрати палива в технологічному режимі експлуатації в залежності від маси вантажу, обертів колінчастого валу двигуна і способу завантаження платформи.

$$N_{\text{сам}} = HS + HW \cdot (G_{\text{пр}} + 0.5 \cdot q + G_{\text{тех}}(m_0; n_{\text{дв}}; X)), \text{ л/100 км}$$

HW – норма витрати палива на транспортну роботу автомобіля-самоскида і на додаткову масу причепа або напівпричепа, л/100 ткм або м/100 ткм;

$G_{\text{пр}}$ – власна маса причепа, напівпричепа, т;

$G_{\text{тех}}$ – витрата палива в процесі розвантаження платформи автомобіля-самосуида;

m_0 – маса вантажу, т;

$n_{\text{дв}}$ – оберти колінчастого валу двигуна, об/хв;

X – спосіб завантаження платформи;

q – вантажопідйомність причепа, т;

HS – базова норма витрати палива автомобіля-самоскида з урахуванням транспортної роботи, л/100 км;

Застосування запропонованої методики дозволить в оперативному режимі виявляти наявність перевитрати палива транспортного засобу і визначити його причину. При наявності повністю справного парку ТЗ, це значно знизить ймовірність підвищеної витрати палива і некваліфікованого управління ТЗ, а також дозволить істотно підвищити паливну економічність і скоротити витрати на АТП.

REFERENCES

1. Borisov, G.V. (2015). On the issue of rationing the consumption of liquid fuels in road transport / G.V. Borisov, K.Ya. Leliovsky, G.V. Pachurin // Motor transport enterprise. - 2015 - No. 2. - p. 51-55.
2. Consumption rates of fuel and lubricants in road transport. (1995-2021). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0179361-95#Text>
3. A-95 Consulting Group. (2019). Retrieved from <https://consulting.a95.ua>
4. Blokhin, A.I. (2015). Comparative analysis of determining the fuel consumption of a car using the DFL3X-5BAR flow meter and the calculation method using the OBD II diagnostic protocol data / A.I. Blokhin, Yu.I. Molev, P.S. Moshkov, A.N. Tikhomirov // Modern problems of science and education. - No. 1. - S. 21-30.
5. About the statement of Standards of expenses of fuel and lubricants on motor transport. (1998-2021). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0043361-98#Text>
6. P. I. Tarasov, E. V Fefelov, A. G. Juravlev. (2006) "Research of fuel economy of quarry dump trucks" UDC 622.684: 629.114.
7. Mark L. Khazin, Aleksandr P. Tarasov. (2018). "Ecological and Economic Evaluation of Quarry Trolley Trucks". DOI: 10.15593/2224-9923/2018.2.6
8. Zakharov, D.A. (2000). Influence of winter conditions of car operation on the fuel efficiency of engines: dis., cand. tech. Sciences: 05.22.10 - Tyumen, 165 p.
9. Ivanov, A.S. (2011). Adaptability of gas-diesel vehicles to low-temperature operating conditions and the mass of the transported cargo in terms of fuel consumption and exhaust gas toxicity: dis., cand. tech. Sciences: 05.22.10 - Tyumen, 155 p.
10. Molev, Yu.I. (2015). Methodology for determining the fuel consumption of a car using the data of the OBD II diagnostic protocol / Yu.I. Molev, P.S. Moshkov, D.A. Sokolov, A.N. Tikhomirov, V.V. Shcherbakov // Fundamental research. - No. 8-1. - S. 74-78.
11. Shenk, H. (1972) Theory of engineering experiment / H. Shenk. – M.: Mir, 381 p.
12. V. M. Tokarenko. (1989). Reliability of the hydraulic drive of dump trucks / V. M. Tokarenko. - Hight school. The main thing - p. 36-42. – ISBN 5-11-001355-1.