

УДК 338.5:625.7/.8

Ілляш С. І., канд. техн. наук, <https://orcid.org/0000-0002-3001-8012>Маковська Ю. А., канд. екон. наук, <https://orcid.org/0000-0003-1107-7727>Стасюк Т. О., <https://orcid.org/0000-0001-5921-4503>Парасюк Л. В., <https://orcid.org/0000-0002-2482-4464>

Державне підприємство «Національний інститут розвитку інфраструктури» (ДП «НІРІ»),
м. Київ, Україна

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИЧНИХ ПІДХОДІВ ДО РОЗРАХУНКУ НОРМ ВИТРАТ ПАЛИВА НА МАШИНИ І МЕХАНІЗМИ

Анотація

Вступ. У статті розглядаються особливості розрахунку норм витрати палива для машин і механізмів. Проаналізовано основні методи визначення паливних норм, враховано вплив технічних, експлуатаційних і зовнішніх факторів та розглянуто екологічну складову, зокрема вплив витрат палива на навколишнє середовище та застосування SCR-систем для зниження шкідливих викидів.

Рациональне використання паливно-енергетичних ресурсів є одним із ключових завдань у сфері експлуатації транспортних засобів та дорожньо-будівельної техніки. Важливу роль у цьому процесі відіграють сучасні методи оцінки витрати палива та застосування систем селективної каталітичної нейтралізації (SCR), що дозволяють зменшити шкідливі викиди. Для досягнення максимальної паливної ефективності необхідно враховувати широкий спектр факторів, які впливають на роботу техніки.

Проблематика. Розрахунок норм витрати палива є складним процесом через різноманітність факторів, які на нього впливають. Основними проблемами, що постають перед дослідниками та інженерами, є велика варіативність умов експлуатування техніки (рельєф місцевості, кліматичні умови, тип ґрунту тощо), залежність витрати палива від технічного стану машин, способу керування та рівня автоматизації процесів, відсутність універсальної методики, що враховує всі аспекти роботи різних типів техніки, потреба у розробленні ефективних алгоритмів оптимізування паливоспоживання.

Мета. Метою дослідження є аналізування сучасних підходів до розрахунку норм витрати палива, визначення ключових факторів, що впливають на споживання палива, та розроблення рекомендацій щодо оптимізації використання паливних ресурсів у машинобудуванні та транспортній сфері.

Матеріали та методи. Стаття носить оглядовий характер. У статті використовується системний підхід, який представляє собою сукупність загальнонаукових методологічних принципів (вимог), в основі яких лежить розгляд об'єктів як систем.

Результати. У статті розглядаються питання розрахунку норм витрат палива для дорожніх машин і механізмів як важливого етапу планування та оптимізації витрат у будівництві, транспортній та комунальній галузях. Обґрунтовано необхідність визначення нормативного споживання палива для зниження експлуатаційних витрат та раціонального використання ресурсів підприємств.

Висновки. Проведене дослідження дозволило виявити основні чинники, що впливають на витрату палива, та оцінити ефективність різних методів розрахунку норм витрати палива. Встановлено, що для забезпечення оптимального використання паливно-енергетичних ресурсів необхідно враховувати комплекс технічних, експлуатаційних і зовнішніх параметрів. Розроблено рекомендації щодо вдосконалення методик розрахунку, що дозволить підвищити ефективність роботи машин і механізмів, знизити витрати на паливо та зменшити негативний вплив транспортних засобів на довкілля.

Ключові слова: витрата палива, машина, механізм, норма, нормування, паливна ефективність.

Вступ

Рациональне використання паливно-енергетичних ресурсів є одним із ключових завдань сучасної транспортної та промислової галузей. Витрати палива безпосередньо впливають на економічну ефективність експлуатації машин і механізмів, а також на рівень шкідливих викидів в атмосферу. У зв'язку з цим питання розрахунку норм витрати палива набуває особливої актуальності, оскільки правильне визначення цих показників дозволяє не лише знизити експлуатаційні витрати, а й мінімізувати негативний вплив на довкілля.

Визначення норм витрати палива є складним завданням, що потребує врахування багатьох факторів, зокрема технічних характеристик обладнання, умов експлуатації, режимів роботи та зовнішніх впливів. Наявні методики розрахунку можуть базуватися як на емпіричних даних, так і на математичних моделях, проте їх ефективність значною мірою залежить від точності вихідної інформації та методологічного підходу.

Метою цієї роботи є аналізування сучасних методів розрахунку норм витрати палива на машини і механізми, визначення ключових чинників, що впливають на споживання палива, а також розроблення рекомендацій щодо підвищення точності та ефективності цих розрахунків.

Основна частина

Розрахунок норм витрат палива для дорожніх машин і механізмів є важливим етапом планування та оптимізації витрат у будівництві, транспортній та комунальній галузях. Визначення нормативного споживання палива дозволяє забезпечити раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів, знизити експлуатаційні витрати та мінімізувати негативний вплив на довкілля.

Нормування витрат палива – це встановлення допустимої кількості споживання палива в певних умовах експлуатації, для чого застосовуються базові лінійні норми, встановлені по моделях (модифікаціях) машин, та система нормативів і коригуючих коефіцієнтів, які дозволяють враховувати виконану роботу, кліматичні, дорожні та інші умови експлуатації [2].

Один із ключових аспектів ефективного використання палива полягає в розумінні чинників, що визначають його споживання, зокрема типу двигуна. Конструктивні особливості силового агрегата значним чиним визначають рівень споживання палива. Наприклад, дизельні двигуни характеризуються вищою економічністю порівняно з бензиновими завдяки підвищеному коефіцієнту корисної дії (далі — ККД). Крім того, сучасні двигуни, оснащені системами впорскування палива, турбонаддувом та електронним управлінням, демонструють нижчий рівень споживання палива порівняно із застарілими карбюраторними моделями.

Навантага відіграє важливу роль у споживанні палива, оскільки збільшення маси перевезеного вантажу або обсягу виконуваної роботи спричиняє підвищення витрат. Значний вплив на рівень споживання палива має також технічний стан транспортного засобу. Зношеність двигуна, засміченість повітряного чи паливного фільтра, некоректне регулювання системи впорскування палива та незадовільний стан шин можуть призводити до збільшення витрат.

Кліматичні умови є ще одним важливим чинником, що впливає на витрату палива. У зимовий період вона зростає через необхідність прогріву двигуна та підвищену в'язкість моторного масла. У спекотну погоду робота кондиціонера або системи охолодження створює додаткове навантаження на двигун, що також спричиняє підвищення витрат. Урахування впливу цих чинників дає змогу оптимізувати споживання палива та підвищити ефективність роботи транспортних засобів. Проте важливу роль відіграє також розрахунок витрати палива, що дозволяє оцінити ефективність роботи машин і механізмів, контролювати витрати та приймати обґрунтовані рішення щодо їх оптимізації.

Розрахунок норм витрати палива є ключовим етапом у плануванні його використання. Для визначення оптимальних показників застосовують різні методики, які залежать від типу техніки, умов її експлуатації та доступних вихідних даних. Основними методами розрахунку є емпіричний, аналітичний, нормативний та експериментальний.

Емпіричний метод базується на аналізуванні фактичних даних про витрати палива за попередні періоди експлуатування техніки. Ураховується середній рівень витрат для конкретного типу машин або механізмів, які працюють у схожих умовах.

Таблиця 1

**Емпіричні дослідження витрати палива
для різних моделей екскаваторів-навантажувачів**

Тип обладнання	Тип двигуна	Потужність двигуна кВт (к.с.)	Норми витрат палива л/маш.год
Екскаватор-навантажувач Cukurova-883	дизель Perkins 1104C-4TT	74,5 (101,4)	9,40
Екскаватор-навантажувач New Holland B110	дизель CNH F4GEO484	82,0 (112,0)	10,40
Екскаватор-навантажувач JCB 3CX	дизель JCB 444T3	68,5 (93,0)	8,70
Екскаватор-навантажувач АМКОДОР 702 ЕА	дизель Д-245.5	65,0 (89,0)	7,74
Екскаватор-навантажувач JCB-410	дизель Perkins AA	67,0 (91,0)	9,40
Екскаватор-навантажувач Caterpillar 428F2	дизель Cat C4.4	70,0 (95,0)	9,81
Екскаватор-навантажувач MST M 544 Plus	Дизель Perkins 1104C-44T	77,5 (94)	9,22
Екскаватор-навантажувач JCB 4CX	Дизель JCB	70 (95,0)	8,33
Екскаватор-навантажувач Cat 428F	дизель Cat C4.4	74,5 (101)	8,9
Екскаватор-навантажувач Cat 434E	дизель Cat C4.4	74,5 (101)	8,9

Джерело — статистичні дані ДП «НІРІ»

Розрахунок витрат палива для екскаваторів-навантажувачів (табл. 1) за допомогою емпіричного методу базується на практичних вимірах і статистичних даних.

На основі реальних умов експлуатування кожної моделі екскаватора-навантажувача визначають кількість використаного палива за певний період роботи. Наприклад, для JCB 3CX зафіксовано середню витрату 8,70 л/маш.год, а для Caterpillar 428F2 — 9,81 л/маш.год. На підставі зібраних даних обчислюють середню витрату палива для кожної моделі. Це значення залежить від потужності двигуна та його типу наприклад, для New Holland B110 з 82,0 кВт (112 к.с.) витрата становить 10,40 л/маш.год, а для JCB 4CX з 70 кВт (95,0 к.с.) 8,33 л/маш.год. Оскільки експлуатаційні умови можуть відрізнятися, базові значення коригуються на основі додаткових чинників (збільшення навантаження, стан двигуна та фільтрів, кліматичні умови тощо).

Проте для більш точного прогнозування витрат використовують аналітичний метод, який доповнює емпіричний підхід. Він дозволяє враховувати не лише фактичні дані, а й технічні характеристики обладнання та режими його роботи. У [3] представлено аналітичний метод розрахунку норм споживання бензину та дизельного палива, що ґрунтується на комплексному підході. Він базується на двох ключових джерелах: паспортних даних машини та результатах виробничого (дослідного) визначення витрат палива.

На основі паспортних характеристик визначають розрахункові норми витрат палива на одну машино-годину роботи.

Якщо в паспортних даних вказані витрати палива в режимі номінальної потужності на одну мото-годину роботи, то витрати палива на одну машино-годину визначають за формулою:

$$q = H \cdot K_{\Pi} , \quad (1)$$

де q — норма витрат палива, кг/маш.год;

N — норма витрат палива під час роботи машини в режимі номінальної потужності, кг/мото-год.

K_{Π} — коефіцієнт внутрішньозмінного використання машин, що враховує перехід від середньорічного наробітку машин в мото-годинах до середньорічного наробітку машин в машино-годинах (річний режим роботи), приймають згідно з додатком 32 [4].

Якщо в паспортних даних наведено питомі витрати палива, то загальні витрати палива на одну машино-годину визначають за іншою формулою:

$$q = q_0 \cdot N_e \cdot K_{\Pi}, \quad (2)$$

де q_0 — питомі витрати палива за номінальної потужності двигуна, г/кВт год, приймають за даними інструкції з експлуатації двигуна;

N_e — номінальна потужність двигуна машини, кВт, приймають за даними інструкції з експлуатації машини;

0,001 — перевідний коефіцієнт грамів у кілограми.

Отже, аналітичний метод використовує паспортні характеристики техніки та точні розрахункові формули, тоді як емпіричний базується на практичних даних. Поєднання обох підходів допомагає ефективно оцінювати та оптимізувати витрати палива. Проте існує ще один важливий підхід — нормативний метод. На відміну від попередніх, він спирається на офіційно затверджені норми, розроблені державними та галузевими органами. Такі нормативи базуються на комплексних дослідженнях і встановлюють стандартизовані показники для кожного типу техніки. В Україні такими основними нормативними документами є [1], [2].

Кожен із розглянутих методів має свої особливості та сферу застосування. Аналітичний і емпіричний методи дозволяють прогнозувати витрати палива на основі технічних характеристик і статистичних даних, тоді як нормативний підхід забезпечує узгодженість із державними стандартами. Однак у деяких випадках для максимальної точності необхідні безпосередні вимірювання у реальних умовах експлуатації. Саме на цьому базується експериментальний метод, який передбачає практичні випробування для визначення фактичної витрати палива.

Відповідно до [1], якщо в технічній документації заводу-виробника обладнання відсутні норми або технічні дані, необхідні для їх розрахунку, комісією проводяться контрольні заміри витрати палива.

Для проведення замірів відбираються три технічно справних автомобілі (якщо суб'єкт має таку кількість автомобілів однієї моделі, в іншому випадку допускається виконати заміри на меншій кількості автомобілів). Заміри витрати палива проводять за температури навколишнього середовища не нижче 10 °C (крім автомобілів, які призначені для виконання робочих операцій лише в зимовий час — снігонавантажувальні автомобілі, снігоочисники тощо).

Рекомендується виконати не менше ніж три заміри витрати палива на одну технологічну операцію (л), на годину роботи обладнання (л/год) чи на пробіг спецавтомобіля під час виконання спеціальної роботи (л/100 км). Результати замірів оформлюють актом, усереднюють і пропонують для застосування як тимчасову норму витрати палива.

Застосування різних методів розрахунку витрат палива дозволяє отримати максимально точні результати залежно від умов експлуатації техніки. Проте, окрім економічної складової, важливим аспектом залишається екологічний вплив споживання палива.

Сучасні технології дозволяють не лише оптимізувати витрати палива, а й значно зменшити негативний вплив на навколишнє середовище. Одним із ключових рішень для зниження викидів шкідливих речовин у дизельних двигунах є система реагентів селективної каталітичної нейтралізації відпрацьованих газів.

До розрахунку норм витрат палива відповідно до [1], [3] були включені дані щодо споживання реагентів системи селективної каталітичної нейтралізації (SCR) відпрацьованих газів. Ця система є ключовою технологією для зниження рівня оксидів азоту (NOx) у вихлопних газах дизельних двигунів, що дозволяє відповідати сучасним екологічним стандартам, таким як Євро-5 та Євро-6.

Система SCR працює шляхом впорскування спеціального реагенту (AdBlue — водного розчину сечовини) у потік відпрацьованих газів. У результаті хімічної реакції під впливом високої температури оксиди азоту перетворюються на нешкідливі азот і водяну пару, що суттєво знижує екологічне навантаження [5].

Згідно з [3], витрату реагента системи селективної каталітичної нейтралізації (SCR) визначають на основі паспортних даних техніки або, за їх відсутності, шляхом використання розрахункових коефіцієнтів.

Якщо в паспортних даних зазначені витрати реагенту на одну мото-годину роботи, їх коригують за допомогою понижувального коефіцієнта для переведення літрів у кілограми. Після цього розраховують витрату реагента на одну машино-годину роботи, використовуючи коефіцієнт, який враховує режим експлуатації.

У разі відсутності фактичних даних, норму витрати реагента встановлюють залежно від витрати палива. Для цього застосовують спеціальний коефіцієнт витрати реагента, що враховує конструктивні особливості транспортного засобу, технічний стан і умови експлуатації.

Висновки

Розрахунок і планування витрат палива є важливими складовими раціонального використання ресурсів у сфері експлуатації дорожніх машин, транспортних засобів та обладнання. Використання точних методик дозволяє визначати реальні потреби у паливі, що сприяє підвищенню загальної ефективності експлуатації техніки. Застосування розрахункових підходів дає змогу здійснювати економічне обґрунтування використання паливно-енергетичних ресурсів, прогнозувати їхню витрату та визначати шляхи підвищення паливної ефективності. Додатково, урахування сучасних екологічних вимог у процесі розрахунку сприяє зниженню рівня викидів шкідливих речовин, що досягається завдяки впровадженню технологій нейтралізації вихлопних газів, зокрема застосуванню реагентів селективної каталітичної нейтралізації, таких як AdBlue. Таким чином, комплексний підхід до планування витрат палива не лише оптимізує використання ресурсів, а й забезпечує відповідність сучасним екологічним та економічним стандартам.

Список літератури

1. Методичні рекомендації з нормування витрат палива, електричної енергії, мастильних, інших експлуатаційних матеріалів автомобілями та технікою. Київ, 2023. 42 с. (Інформація та документація).
2. СОУ 42.1-37641918-094:2017 Дорожні машини та механізми. Норми витрат паливно-мастильних матеріалів. Київ, 2017. 57 с. (Інформація та документація).
3. М 42.1-37641918-792:2024 Методика розроблення розрахунків витрат ресурсів на експлуатацію дорожніх машин і механізмів. Київ, 2024. 43 с. (Інформація та документація).
4. Кошторисні норми України. Настанова з визначення вартості будівництва, затверджені наказом від 01.11.2021 № 281. Київ, 2021. 67 с. (Інформація та документація).
5. Що таке AdBlue — навіщо та коли його потрібно використовувати. 2024 р. URL: <https://www.systopt.com.ua/article-shho-take> (дата звернення 20.08.2025).

References

1. Metodychni rekomendatsii z normuvannia vytrat palyva, elektrychnoi enerhii, mastylnykh, inshykh ekspluatatsiinykh materialiv avtomobiliamy ta tekhnikoju (Methodological recommendations for the regulation of fuel consumption, electric energy, oil, other operating materials for automobiles and equipment). Kyiv, 2023. 42 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].
2. SOU 42.1-37641918-094:2017 Dorozhni mashyny ta mekhanizmy. Normy vytrat palyvno-mastylnykh materialiv (SOU 42.1-37641918-094:2017) Road vehicles and mechanisms. Fuel and oil consumption standards). Kyiv, 2017. 57 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].
3. М 42.1-37641918-792:2024 Metodyka rozroblennia rozrakhunkiv vytrat resursiv na ekspluatatsiiu dorozhnikh mashyn i mekhanizmiv (М 42.1-37641918-792:2024) Methodology for the development of resource consumption calculations for road vehicles and mechanisms). Kyiv, 2024. 43 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

4. Koshtorysni normy Ukrainy. Nastanova z vyznachennia vartosti budivnytstva (osting standards of Ukraine. Regulations on the determination of construction costs), zatverdzeni nakazom vid 01.11.2021 No. 281. Kyiv, 2021. 67 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

5. Shcho take AdBlue — navishcho ta koly yoho potribno vykorystovuvaty (What is AdBlue — when and how it should be used). 2024 p. URL: <https://www.systopt.com.ua/article-shho-take> (Last accessed 20.08.2025) [in Ukrainian].

Sergii Illiash, Ph.D, <https://orcid.org/0000-0002-3001-8012>

Yulia Makovska, Ph.D, <https://orcid.org/0000-0003-1107-7727>

Tetiana Stasiuk, <https://orcid.org/0000-0001-5921-4503>

Lyudmila Parasyuk, <https://orcid.org/0000-0002-2482-4464>

State Enterprise «National Institute for Development Infrastructure» (SE «NIDI»), Kyiv, Ukraine

PECULIARITIES OF CALCULATING FUEL CONSUMPTION RATES FOR MACHINERY AND EQUIPMENT

Abstract

Introduction. The article considers the features of calculating fuel consumption rates for machines and mechanisms. The main methods for determining fuel rates are analyzed, the influence of technical, operational and external factors is taken into account, and the environmental component is considered, in particular, the impact of fuel consumption on the environment and the use of SCR systems to reduce harmful emissions.

The rational use of fuel and energy resources is one of the key tasks in the field of operation of vehicles and road construction equipment. An important role in this process is played by modern methods of assessing fuel consumption and the use of selective catalytic neutralization (SCR) systems, which allow reducing harmful emissions. To achieve maximum fuel efficiency, it is necessary to take into account a wide range of factors that affect the operation of equipment.

Issues. Calculating fuel consumption rates is a complex process due to the variety of factors that influence it. The main problems facing researchers and engineers are the great variability of equipment operating conditions (terrain relief, climatic conditions, soil type, etc.), the dependence of fuel consumption on the technical condition of machines, the control method and the level of process automation, the lack of a universal methodology that takes into account all aspects of the operation of different types of equipment, the need to develop effective algorithms for optimizing fuel consumption.

Purpose. The purpose of the study is to analyze modern approaches to calculating fuel consumption rates, identify key factors affecting fuel consumption, and develop recommendations for optimizing the use of fuel resources in mechanical engineering and the transport sector.

Materials and methods. The article is of a review nature. The article uses a systematic approach, which is a set of general scientific methodological principles (requirements), based on the consideration of objects as systems.

Results. The article considers the issues of calculating fuel consumption rates for road machines and mechanisms as an important stage of planning and optimizing costs in the construction, transport and municipal industries. The need to determine the standard fuel consumption to reduce operating costs and rational use of enterprise resources is substantiated.

Conclusions. The study allowed us to identify the main factors affecting fuel consumption and assess the effectiveness of various methods for calculating fuel consumption standards. It was established that to ensure optimal use of fuel and energy resources, it is necessary to take into account a complex of technical, operational and external parameters. Recommendations have been developed to improve calculation methods, which will increase the efficiency of machines and mechanisms, reduce fuel costs and reduce the environmental impact of vehicles.

Keywords: fuel consumption, machine, mechanism, norm, standardization, fuel efficiency.