

3. Klinkovshtein, G.I., Afanasyev, M.B. Organizatsiya dorozhnogo dvizheniya. – 5-e izd., pyeryerab. i dop. – M.: Transport, 2001. – 247 s.

4. Mayak, M. M. Do pytannya vyznachennya tekhnichnoyi shvydkosti mis'koho marshrutnoho avtobusu v zalezhnosti vid umov yoho ekspluatatsiyi / M. M. Mayak, S. V. Mel'nychuk, R. M. Holovnya, S. P. Chuyko // Suchasni tekhnolohiyi v mashynobuduvanni ta transporti. – 2018. – # 1. – S. 58-65.

5. Babkov, V.F., Khendel G.R. Printsypy proektirovaniya rekonstruktsii avtomobilnykh dorog // Trudy MADI. Vyp. 100. – M.: MADI, 1976. – S.5-33.

6. Timokhovets, V. D. Sovyershynstvovaniye myetodov distantsionnogo monitoringa transportnykh potokov dlya proektirovaniya ulichno-dorozhnoy sety krupnykh gorodov : dis. na polucheniye styepeyeni kand. tekhn. nauk / Timokhovets V. D. – Omsk, 2020 – 133.

7. Burlutskiy, A. A. Obyespyecheniye effyektivnosti funktsionirovaniya dorozhnoy syeti krupnogo goroda na osnovyye uchyeta yeyo vzaimodyeystviya s potokami passazhirskogo transporta (na primyerye g. Tomska): dys. na polucheniye styepeyeni kand. tekhn. nauk / Burlutskiy A. A. – Tomsk, 2015 – 196.

УДК 656.025.4

DOI: 10.33868/0365-8392-2021-4-268-

© М. О. Афонін, канд. техн. наук,  
доцент кафедри транспортних  
технологій,  
e-mail: maksym.o.afonin@lpnu.ua,  
ORCID: 0000-0001-5850-7478;  
© Т. М. Постранський, канд. техн. наук,  
доцент кафедри транспортних  
технологій,  
e-mail: taras.m.postranskyi@lpnu.ua,  
ORCID: 0000-0001-6120-9914  
(Національний університет "Львівська  
політехніка")

© М. А. Афонин, канд. техн. наук,  
доцент кафедры транспортных  
технологий,  
e-mail: maksym.o.afonin@lpnu.ua,  
ORCID: 0000-0001-5850-7478;  
© Т. М. Постранский, канд. техн. наук,  
доцент кафедры транспортных  
технологий, витрати палива  
e-mail: taras.m.postranskyi@lpnu.ua,  
ORCID: 0000-0001-6120-9914  
(Национальный университет  
"Львовская политехника")

© Maksym Afonin, Ph.D., Associate  
Professor of Transport Technologies  
Department,  
e-mail: maksym.o.afonin@lpnu.ua,  
ORCID: 0000-0001-5850-7478;  
© Taras Postranskyi, Ph.D., Associate  
Professor of Transport Technologies  
Department,  
e-mail: taras.m.postranskyi@lpnu.ua,  
ORCID: 0000-0001-6120-9914  
(Lviv Polytechnic National University)

## МОДЕЛЮВАННЯ ПОРЕЙСОВИХ ВИТРАТ НА ПАЛЬНЕ З УРАХУВАННЯМ СЕЗОННИХ ЧИННИКІВ ТА ЧАСТКИ ПРОБІГУ ЗА КОРДОНОМ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОРЕЙСОВЫХ РАСХОДОВ  
НА ТОПЛИВО С УЧЕТОМ СЕЗОННЫХ ФАКТОРОВ  
И ДОЛИ ПРОБЕГА ЗА ГРАНИЦЕЙ

MODELLING OF TRIP FUEL CONSUMPTION  
OUTGOINGS CONSIDERING SEASONAL FACTORS  
AND ABROAD MILEAGE QUOTE

**Анотація.** Стаття присвячена вивченню актуального питання обліку і прогнозування параметрів міжнародних автомобільних перевезень. У роботі проведений статистичний аналіз великого масиву даних щодо виконання рейсів автомобілями автотранспортного підприємства (м. Львів) до країн Балтії. Визначено основні чинники, які впливають на витрату пального під час виконання таких колекцій. Встановлено залежність між наднормативною витратою палива та сезонними чинниками. Визначено залежність зміни витрати пального від частки пробігу за кордоном. Побудовано математичну модель визначення порейсових витрат на пальне з урахуванням сезонних чинників та частки пробігу за кордоном.

**Ключові слова:** міжнародні перевезення, витрата пального, сезонні чинники, частка пробігу за кордоном, порейсові витрати.

**Анотація.** Стаття посвячена изучению актуального вопроса учета и прогнозирования параметров международных автомобильных перевозок. В работе проведен статистический анализ большого массива данных по выполнению рейсов автомобилями автотранспортного предприятия (г. Львов) в страны Балтии. Определены основные факторы, влияющие на расход топлива при выполнении таких кругорейсов. Установлена зависимость между сверхнормативным расходом топлива и сезонными факторами. Определена зависимость изменения расхода горючего от доли пробега за границей. Построена математическая модель определения порейсовых затрат на топливо с учетом сезонных факторов и доли пробега за границей.

**Ключевые слова:** международные перевозки, расход горючего, сезонные факторы, доля пробега за границей, порейсовые расходы.

**Abstract.** The article is devoted to the study of the topical issue of international road transport accounting and forecasting, namely the definition of not the variability of the international transport market, but specifically the impact of seasonal factors on the freight companies direct costs. In the process of reviewing the literature, the technical factors of truck's linear fuel consumption are considered and generalized. Although, they were not considered separately.

The statistical analysis of the operational indicators obtained as a result of motor transport enterprise cargo operations (Lviv) to the Baltic States, is carried out in the work. The main factors that affect fuel consumption during such round trips are identified. The relationship between unregulated fuel consumption and seasonal factors has been established. The dependence of the change in fuel consumption on the share of mileage abroad is determined. A mathematical model for determining the fuel travel costs has been built. It considered seasonal factors and the share of mileage abroad.

Obtained research results illustrate the interdependencies between the main trip indicators, which are meaned by statistical processing of a large array of data. The article is relevant because it considers the possibility of modeling the costs of the trucking company to operate trips, taking into account changes in fuel consumption and the share of mileage abroad.

The authors of the article reveal the issue of actual fuel overconsumption at different times of the year, considering seasonal correction factors. The obtained model of changing truck company operating costs, taking into account seasonal factors, allows engineers and managers to more accurately plan and forecast the process of international freight.

**Keywords:** international transportation, fuel consumption, seasonal factors, share of mileage abroad, travel expenses.

## Вступ

Управління міжнародними перевезеннями вимагає від менеджменту середньої та вищої ланки здійснення додаткових заходів організаційного характеру, які повинні базуватися на статистичних даних. Якщо підприємство здійснює більш ніж десять колорейсів на місяць в одному напрямку, необхідно проводити детальну аналітику всіх експлуатаційних показників виконання цих рейсів. Особлива потреба в цьому виникає тоді, коли напрямок перевезень за замовленнями є стабільним протягом понад одного року.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Відомо, що основна стаття витрат у здійсненні міжнародних вантажних автомобільних перевезень – це витрати на пальне. З технічної точки зору, яка стосується особливостей рухомого складу та режимів його експлуатації, проведено великий обсяг досліджень і випробувань [1-2]. Окрім цього, в Україні є чинним нормативний документ "Норми витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті" [3], відповідно до якого розраховують нормативну витрату палива із застосуванням лінійної норми витрати палива, встановленої для кожного конкретного автомобіля, та коефіцієнтів її коригування, проте за результатами аналізу масиву виконаних рейсів стає можливим визначення додаткових чинників, які впливають на фактичну витрату палива [4]. Прогнозовані витрати на паливо для виконання міжнародних рейсів є важливим аспектом у плануванні перевезень [5]. Цей

чинник не є однаково значимим для різних автопідприємств, оскільки закупівля пального для виконання стандартних рейсів в одному напрямку та у великій кількості зазвичай передбачає наявність постійного постачальника дизельного палива у країнах транзиту чи призначення.

**Постановка проблеми.** Ринок міжнародних автомобільних перевезень для українських вантажоперевізників є досить мінливим. Основними чинниками, які впливають на ціноутворення і наповнення пропозицій, є курс валюти, сезон, ціни на пальне та регуляторна політика відповідних органів. Останній чинник зазвичай є досить відчутним в останні місяці кожного року.

У таких умовах прогнозувати будь-які показники діяльності підприємства досить складно, проте багато процесів є циклічними, що дає змогу відслідковувати і кількісно оцінювати вплив сезонних чинників на експлуатаційні витрати автотранспортних підприємств.

**Мета роботи.** Провести статистичний аналіз показників перевезень, які здійснюються автотранспортним підприємством у певному стабільному напрямку та сформувати модель експлуатаційних витрат з урахуванням сезонних чинників.

**Базові положення дослідження.** Для досягнення поставленої мети дослідження необхідно проаналізувати понад 200 виконаних рейсів в одному напрямку, який є пріоритетним для розроблення статистичної моделі. До уваги взяті повністю виконані колорейси до Латвії, Литви та Естонії автомобілями однієї марки з подібним за-

вантаженням – 20-22 т. Для аналізу необхідно провести збір таких даних, як загальний пробіг рейсу, загальні витрати пального, тариф на перевезення, перевитрата палива за рейс, частка пробігу за кордоном та операційний прибуток.

### Основна частина

Транспортне підприємство здійснює перевезення різноманітної продукції, проте без використання спеціалізованого рухомого складу, лише тентованими напівпричепами. Основним напрямком перевезення є країни Балтії, оскільки цей керунок вигідний своєю собівартістю, відносно високими ставками, мінімальним часом доставлення та малими витратами в дорозі. Тому постало завдання для організації перевезень на постійній основі, щоб забезпечити роботою підприємство на довготривалий час. Це потребує виконання 30 та більше колорейсів за місяць. Перший етап полягає у проведенні статистичного аналізу експлуатаційних показників перевезень та оцінці взаємозв'язків між ними. Наступний етап – створення математичної моделі визначення експлуатаційних витрат.

**Застосовані методи.** Для збору даних щодо операційної діяльності підприємства для здійснення перевезень у напрямку країн Балтії використано бази даних MS SQL. Для оцінки взаємозв'язків між експлуатаційними показниками виконаних рейсів застосовано методи кореляційного аналізу. Модель експлуатаційних витрат автотранспортного підприємства побудована методом множинної регресії.

**Проміжні результати.** За результатами спостережень проведено оцінку зв'язків між основними техніко-економічними показниками, які по-

тенційно можуть бути застосованими в математичній моделі. На **рис. 1** наведено кореляційні поля, які відображають взаємозв'язок між витратами палива, часткою пробігу за кордоном, довжиною колорейсів, вартістю виконаного рейсу та чистим прибутком.

Відповідно до результатів, які наведено на **рис. 1**, можна зробити такі висновки:

- відсоток пробігу за кордоном прямо залежить від вартості, відстані та чистого прибутку та є обернено пропорційним до витрат пального;

- тариф на перевезення є прямо пропорційним до відстані, чистого прибутку і частки пробігу за кордоном, обернено пропорційним до витрати палива;

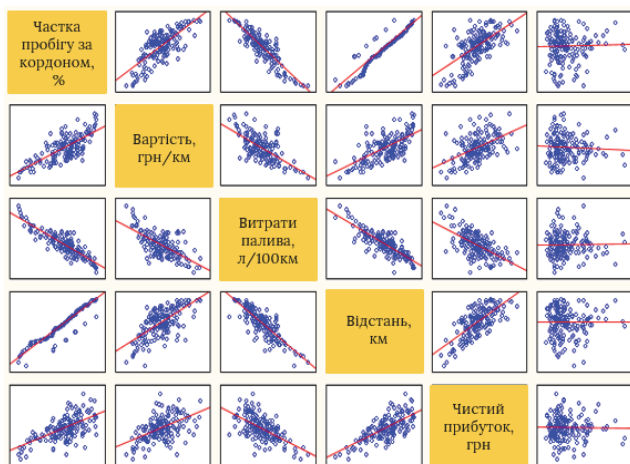
- щодо витрат палива спостерігаємо сильний обернений зв'язок із такими показниками, як частка пробігу за кордоном та відстань, слабший зв'язок – із такими показниками, як вартість та чистий прибуток;

- чистий прибуток прямо залежить від таких показників, як частка пробігу за кордоном, відстань і тариф. Також наявна обернена пропорційність до показника витрати палива.

**Основні результати.** Вплив сезонності на експлуатаційні витрати автотранспортного підприємства виражений насамперед у витратах пального, оскільки вони не є постійними. Для більшої достовірності результатів проаналізовані дані з автомобілів Volvo FH12 та Renault Magnum mach, які відповідають екологічним нормам "Євро-5". Також варто зазначити, що значення витрати та перевитрати пального у цих автомобілів є досить подібними і не відрізняються більше ніж на 3-5%, наприклад, річна перевитрата пального автомобілів Volvo становить 1210 л дизельного палива, а для Renault – 1178 л. На **рис. 2** наведено зміну перевитрат пального цих автомобілів поза місячною нормативною витратою за виконані рейси протягом року.

Варто зазначити, що для адекватності результатів на цьому етапі обробляли лише ті рейси, дальність яких становила від 3300 до 3600 км. Від'ємні значення на діаграмі свідчать про те, що за виконаний рейс автомобіль витратив пального менше, ніж було розраховано інженерами автотранспортного підприємства вже з урахуванням коефіцієнтів коригування. Варто зазначити, що до уваги брали тільки пробіги з вантажем.

Також проведені дослідження зміни величин витрат пального залежно від частки пробігу за кордоном (**рис. 3**).



**Рис. 1.** Матрична діаграма розсіювання техніко-економічних показників автотранспортного підприємства

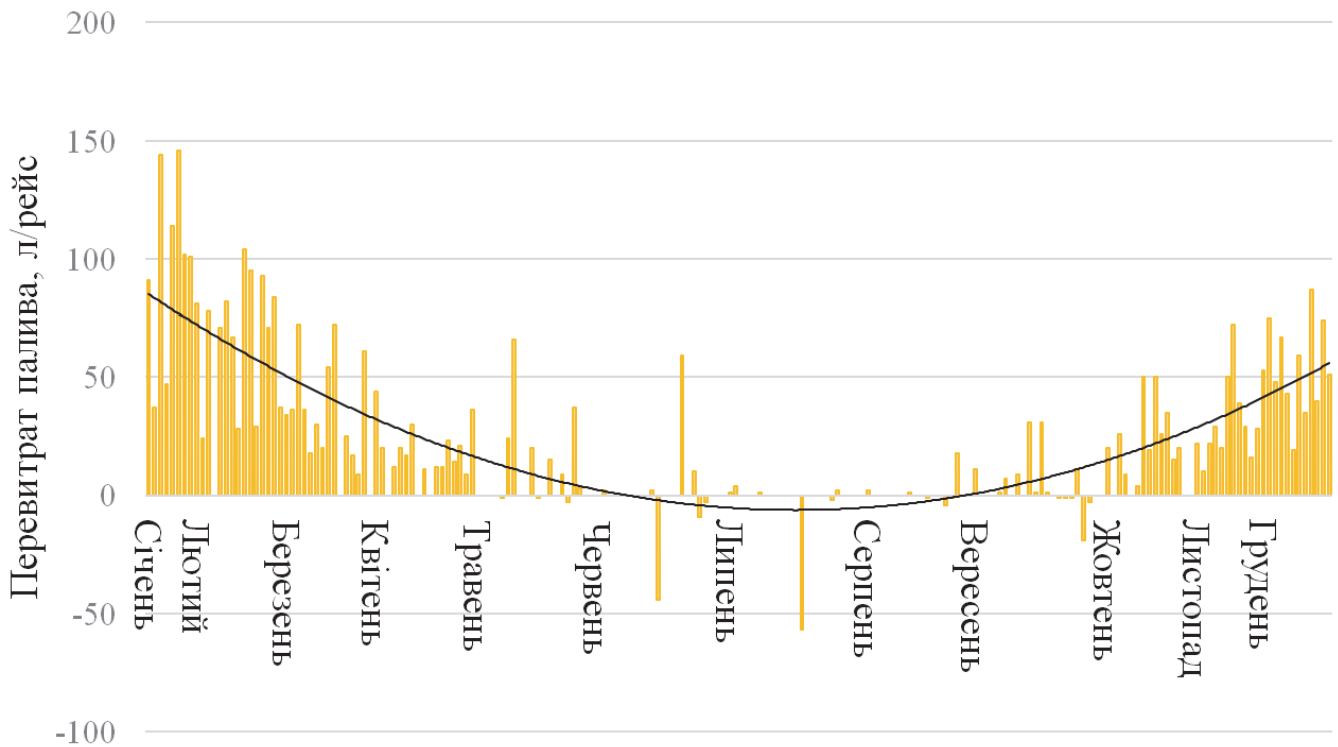


Рис. 2. Перевитрата пального за виконаними рейсами у країні Балтії автомобілями Volvo FH12 та Renault Magnum тач протягом року

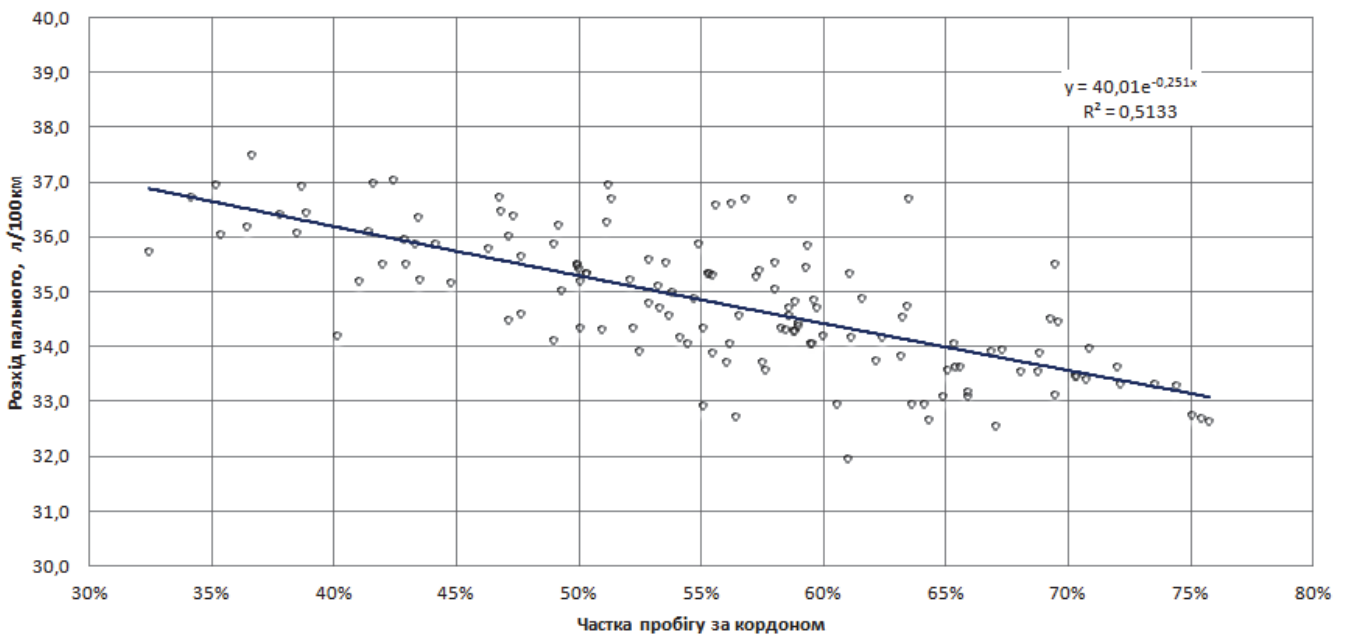


Рис. 3. Залежність зміни витрат пального від частки пробігу за кордоном (із вантажем)

Аналіз попередніх результатів указує на те, що в моделюванні експлуатаційних витрат на виконання рейсів, окрім постійних непрямих витрат підприємства, витрат на зарплату та відрядження водіям та нормованих витрат на швидкозно-

шувані (витратні) матеріали і запасні частини, необхідно враховувати не лише лінійну витрату палива з урахуванням коефіцієнтів коригування, але й реальне відхилення від цієї норми. Також до чинників, які визначають величину витрат для

виконання рейсів, варто віднести частку пробігу автомобіля за кордоном, оскільки якість пального та прозорість самого процесу заправки у країнах Європи може суттєво впливати на витрату пального.

На основі багатофакторного регресійного аналізу отримано математичну модель визначення витрат на пальне залежно від сезонних чинників та частки пробігу за кордоном:

$$C_{n.c.} = C_{розр} \cdot C_{л} + L \cdot C_{л} \cdot (k_c + k_q), \quad (1)$$

де:

$C_{розр}$  – сума розрахункової нормативної витрати пального на колорейс;

$C_{л}$  – середньозважена вартість 1 л пального;

$L$  – загальна довжина колорейсу;

$k_c$  – коефіцієнт, який відображає вплив сезонних чинників на понаднормативну витрату пального;

$k_q$  – коефіцієнт, який відображає вплив частки пробігу за кордоном на понаднормативну витрату пального.

Величини коефіцієнтів, які відображають вплив сезонності та частки пробігу за кордоном, є емпіричними (наведені у **табл. 1**), а їхні значення залежать від розрахункових параметрів колорейсів:

Слід наголосити, що отримана модель та її коефіцієнти мають сенс свого застосування лише в площині обмежень, сформованих напрямком перевезень – країни Балтії, довжиною колорейсів – 3300-3600 км, а також максимальною і мінімальною частками пробігу за кордоном.

Також важливим моментом є визначення вартості 1 л пального, оскільки вона має бути середньозваженою відповідно до частки пробігу за кордоном. Розрахункову нормативну витрату пального на колорейс визначають інженери автопідприємства і розраховують відповідно до [3] із застосуванням лінійної норми витрати палива,

встановленої для кожного конкретного автомобіля, норми на виконання транспортної роботи з урахуванням завантаження та коефіцієнтів коригування.

## Висновки

Попередні результати досліджень показують, що до прогнозування транспортних процесів, які апріорі дуже важко йому піддаються, необхідно підходити з точки зору збирання даних за відносно стабільний період, але не менш ніж за рік спостережень. Варто зазначити, що моделювання витрат для кращого фінансового планування на майбутнє рекомендовано проводити за наявності стабільного напрямку стосовно замовлень та перспективи щодо їхнього збільшення. Цю кількість самостійно може визначати керівництво автопідприємства, але очевидно, що ця цифра має бути не меншою за 25-30 колорейсів на місяць.

Проведено дослідження взаємозв'язків між техніко-економічними показниками виконання рейсів до країн Балтії. Регресійний аналіз указує на наявність взаємозв'язків між витратами палива, часткою пробігу за кордоном, довжиною колорейсів, вартістю виконаного рейсу та чистим прибутком. Коефіцієнти кореляції для цих величин становлять 0,59-0,72.

Проаналізовано виконані рейси протягом кінця 2020 року та початку-середини 2021 року і встановлено, що реальні значення перевитрати пального від закладених нормами для певного сезону можуть відрізнятись в межах 70-120 л за рейс довжиною 3300-3600 км. Це спонукає до введення коефіцієнтів, які можуть бути використані в моделі визначення експлуатаційних витрат на виконання рейсів окремо від значення нормативної витрати палива для певного періоду року.

Отримано залежність витрати палива від частки пробігу за кордоном. Відповідно до емпіричних даних, рейси, які передбачають 50 і більше відсотків руху за межами України, є більш

Таблиця 1

### Емпіричні значення коефіцієнтів регресійної моделі для розрахункових параметрів колорейсів

Сезон перевезень	$k_c$	Частка пробігу за кордоном	$k_q$
Зимовий	0,0179	20-40%	0,0125
Весняний	0,0141	40-50%	0,0093
Літній	0	50-60%	0,0063
Осінній	0,0089	60-80%	0,0029

економними у плані витрати палива, що можна пояснити кращою якістю пального. Цей чинник обов'язково повинен бути врахованим у моделюванні експлуатаційних витрат автотранспортного підприємства, якщо мова йде про міжнародні перевезення.

### Література

1. Крайник Л. В., Грубель М. Г. Багатофакторне нормування витрат палива автомобілів в реальній експлуатації. – Х.: Автомобільний транспорт. Збірник наукових праць ХНАДУ. – Вип. 21. – 2007. – С. 43 – 48
2. Діденко О. О., Юфест Г.Н. Нормування витрати пального та мастильних матеріалів на автомобільному транспорті. – К.: Техніка, 1970. – 269 с.
3. Норми витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0043361-98#Text>.
4. Дослідження факторів впливу на загальні витрати виконання оборотного рейсу у міжнародному сполученні з використанням математичної теорії експерименту / В. П.Сахно, С. М. Шарай, І. С. Мурований, В. М. Поляков. // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. – 2021. Том 1. №16– С. 159-167.
5. Бондарев, С. І. Проблеми визначення вартості витрат палива на міжнародних автомобільних перевезеннях / С. І. Бондарев // Автомобільний транспорт зб. наук. пр. – 2016. – Вип. 39. – С. 116-119.

### References

1. Krainyk, L. V., Hrubel, M. H. (2007). Bahatofaktorne normuvannya vytrat palyva avtomobiliv v realniiy ekspluatatsiyi [Multifactor rationing of car fuel consumption in real operation]. Avtomobilnyi transport [Road transport], Volume 21, 43-48 (in Ukrainian).
2. Didenko, O. O., Yufest, H. N. (1970). Normuvannya vytraty palnoho ta mastylnykh materialiv na avtomobilnomu transporti [Standardization of fuel and lubricant consumption in road transport]. Kyiv: Tekhnika (in Ukrainian).
3. Normy vytrat palyva i mastylnykh materialiv na avtomobilnomu transporti [Consumption rates of fuel and lubricants in road transport]. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0043361-98#Text> (in Ukrainian).
4. Sakhno, V. P., Sharay, S. M., Murovany, I. S., Polyakov, V. M. (2021). Doslidzhennia faktoriv vplyvu na zahalni vytraty vykonannia oborotnoho reisu u mizhnarodnomu spoluchenni z vykorystanniam matematychnoyi teorii eksperymentu [Investigations of influence factors on the total costs for conducting turnaround haul in international transportation with using mathematical theory of experiment]. Modern technologies in mechanical engineering and transport. [Suchasni tekhnolohiyi v mashynobuduvanni ta transporti], Volume 1, Issue 16, 159-167 (in Ukrainian).
5. Bondariev, S. I. (2016). Problemy vyznachennia vartosti vytrat palyva na mizhnarodnykh avtomobilnykh perevezenniakh [Problems of determining the fuel cost for international road transportation]. Avtomobilnyi transport [Road transport], Volume 39, 116 – 119. (in Ukrainian).