

І. В. Грицук¹
В. П. Волков¹
Є. О. Український²
Т. В. Волкова¹
В. П. Кужель³

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ ЗАСОБАМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет

²ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

³Вінницький національний технічний університет

Метою дослідження є удосконалення методу забезпечення паливної економічності вантажних автомобілів засобами інтелектуальних транспортних систем у змінних умовах експлуатації. Аналіз процесів забезпечення оперативного контролю витрати палива вантажних транспортних засобів показує перспективність їх реалізації на основі сучасних інтелектуальних транспортних систем, головним інструментарієм якого є метод дистанційного моніторингу. Дистанційний моніторинг вантажних транспортних засобів є досить ефективним інструментом, який призначений не тільки для стеження як за місцезнаходженням, так і за переміщенням у просторі транспортних засобів, а також за певною кількістю параметрів їх технічного стану. Розроблена математична модель удосконаленого методу забезпечення паливної економічності вантажних автомобілів, яка охоплює процесну й аналітичну складову з метою оцінки як граничних значень, так і формування оптимальних характеристик і можливості забезпечення прогнозу як параметрів технічного стану, так і витрати палива транспортним засобом у процесах транспортування вантажів. Математична модель побудована на основі диференціальних і алгебраїчних рівнянь, розроблених у ХНАДУ (Харківський національний автомобільно-дорожній університет), НТУ (Національний транспортний університет) і особисто авторами, яка була адаптована з відповідними змінами в частині вихідних даних і алгебраїчних рівнянь для удосконалення наявного методу. Удосконалений метод визначення і розрахунку витрати палива транспортним засобом в умовах експлуатації базується на інформаційно-програмному комплексі (ІПК) «Віртуальний механік „HADI-12”» і ІПК «Service Fuel Eco „NTU-HADI-12”» ХНАДУ.

У результаті авторами сформульований як загальний підхід до формування, удосконалення методу забезпечення показників паливної економічності транспортного засобу категорії N3 (вантажного) в реальних умовах експлуатації засобами саме інтелектуальних транспортних систем, так власне й алгоритми вирішення поставлених задач забезпечуються реалізацією системної взаємодії таких трьох взаємопов'язаних складових: процесної, аналітичної та інформаційної.

Ключові слова: автомобіль, паливна економічність, математична модель, метод, витрата палива, моніторинг, інформаційні джерела, інтелектуальні транспортні системи, умови експлуатації.

Вступ

Ефективність функціонування транспортних засобів (ТЗ) залежить від умов їх експлуатації. У процесах технічної експлуатації вантажних автомобілів економія виражається насамперед у вигляді раціонального використанні паливно-мастильних матеріалів. Щоб з'ясувати, як підвищити економічну ефективність, необхідно зрозуміти, як на практиці досягається економія палива, виявити джерело її формування. У загальному до 50 % вартості перевезень на пряму чи опосередковано залежить як від якості, так і від ефективності ТЕА. Паливна економічність автомобіля безпосередньо оцінює ефективність його використання. Під час експлуатації рухомого складу здійснюють технічні та організаційні заходи з метою ефективного використання паливної економічності ТЗ та енергозбереження. Паливна економічність натеper є однією з найважливіших експлуатаційних властивостей ТЗ, роль якої постійно зростає. У наявних підприємств автомобільного транспорту (ПАТ) на частку палива припадає приблизно 25 % усіх витрат на виконання перевезень вантажів. Щорічними обстеженнями дослідної лабораторії Великобританії встановлено вплив на величину витрати палива 17 різних факторів [1]. Загальна кількість чинників, що визначають паливну економічність, значно вища. В роботі [1] розглянуто типові конструктивні та експлуатаційні фактори, що впливають на витрату палива в процесі експлуатації. Авторами зазначено, що дорожні, транспортні та природно-

кліматичні умови визначають собівартість перевезень, продуктивність автомобілів та безпеку руху. З досвіду експлуатації автомобілів відомо, що при однаковій середній швидкості витрата палива може коливатися до 20 % і залежатиме від нерівномірного характеру руху. Питанням моніторингу та контролю витрати палива параметрів технічного стану ТЗ в умовах експлуатації приділяється достатньо уваги в дослідженнях вітчизняних та зарубіжних науковців. Значний внесок у розвиток теорії щодо способів, методів та методик моніторингу основних експлуатаційних показників і параметрів технічного стану транспортних засобів на різних видах транспорту зробили в [2, 3].

Аналіз процесів забезпечення оперативного контролю витрати палива вантажних ТЗ показує перспективність їх реалізації на основі сучасних інтелектуальних транспортних систем, головним інструментарієм якого є метод виключно дистанційного моніторингу. Цей тип моніторингу вантажного ТЗ є досить ефективним інструментом, призначення якого – контроль не тільки за місцезнаходженням та переміщенням ТЗ, а також за великою кількістю параметрів їх технічного стану.

Моніторинг якості руху і витрати палива ТЗ дає можливість службі експлуатації та технічній службі ПАТ отримувати оперативну інформацію про показники паливовикористання і своєчасно здійснювати профілактичні дії на основі параметрів технічного стану. Для операторів системи (водіїв та диспетчерів) випереджальне діагностування є одним із підходів попередження зайвих витрат часу [4].

Забезпечення контролю та управління витратою палива та параметрами технічного стану вантажних ТЗ категорії N_3 у змінних умовах їх експлуатації пропонується вирішувати завдяки удосконаленням і формуванням методу визначених показників, що забезпечують паливну економічність на основі інтелектуальних транспортних систем.

Метою дослідження є удосконалення методу забезпечення паливної економічності вантажних автомобілів засобами інтелектуальних транспортних систем визначенням і розрахунком витрати палива вантажними ТЗ в умовах експлуатації.

Розробка математичної моделі удосконаленого методу забезпечення паливної економічності вантажних автомобілів

Процес удосконалення і формування методу забезпечення паливної економічності ТЗ (на прикладі вантажного автомобіля категорії N_3) у змінних умовах експлуатації засобами контролю за допомогою інтелектуальних систем (саме транспортних) передбачає збір та уточнення інформації щодо витрати палива, фактичного технічного стану, а також методів і засобів забезпечення їх реалізації. Виразити цю задачу пропонується як складну функцію (система рівнянь (1)) у реалізації відповідних задач, враховуючи інформацію як про параметри витрати палива, так і технічного стану:

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{Gp}(\bar{H}_i, t, \Delta t, \bar{X}_i(t), \bar{X}_i(t - \Delta t), \dots, \bar{X}_i(t - n\Delta t), DK_{ii}) = S_{GII}; \\ S_{GII} = \Omega_i^{m_i}(e_Q, r)^j; \\ S_{GII} = F_{Gp}(S_{T3S}; S_{T3L}; S_{T3M}); \\ S_{GII} = F_{Gp}((M_{i1}, M_{i2}, M_{i3}); (T_{ST3}, P_{DU})); \\ M_{i1} = F_{i1i}(\bar{X}_{GMi}(t)); \\ M_{i2} = F_{i2i}(\bar{X}_{G2i}(t)); \\ M_{i3} = F_{i3i}((\bar{X}_{Mt13i}(t)); (\bar{X}_{Mt23i}(t)); (\bar{X}_{Mt33i}(t)); (\bar{X}_{Mt43i}(t))); \\ T_{ST3} = F_{ST3i}((\bar{X}_{GMi}(t)), DK_{ii}); \\ P_{DU} = F_{DUi}(\bar{X}_{DUi}(t)). \end{array} \right. \quad (1)$$

де F_{Gp} – інформація, що характеризує параметри як витрати палива, так і технічного стану вантажного ТЗ (категорії N_3) у різних умовах експлуатації за умови взаємодії з інфраструктурою; \bar{H}_i – вектор органа(ів) керування двигуном і автопоїздом в часі t ; t – час (поточний); Δt – інтервал проведення вимірювань; n – кількість інтервалів у минулому; $\bar{X}_{i(t)}$ при $i = 1, \dots, m$ – параметри як витрати палива, так і характеристики технічного стану в процесах моніторингу у різних умовах експлуатації та взаємодії вже з інфраструктурою, які визначені, виміряні, охоплюють перелік ретроспективних факторів, як-от швидкість ТЗ, завантаження вантажного автопоїзда та інші; m – кількість характеристик і параметрів, які вимірюються; DK_{ii} – статус несправностей вантажного автомобіля (автопоїзда) за результатами їх визначення; Ω – оператор

відображення; S_{Gn} – система (багаторозмірний показник) забезпечення паливної економічності ТЗ у різних умовах експлуатації засобами контролю, базуючись на інтелектуальних транспортних системах (наприклад, тут це система S_{Gn} , тобто відображення основних властивостей підоб'єктів e_Q та їх відношень r для m_i в частині контролю J в l , підоб'єктів як одержання інформації, так і підоб'єктів щодо забезпечення паливної економічності у складових; m_i – кількість каналів (шляхів, засобів) одержання інформації про параметри стану ТЗ; – залежності (зв'язки) між об'єктами забезпечення паливної економічності ТЗ та засобами спостереження; e_Q – показник забезпечення паливної економічності, тобто множина підоб'єктів ТЗ; r – множина, яка характеризує відношення між ними; J – завдання як оперативного контролю, так і управління; S_{T3S} – складова функціоналу забезпечення S_{Gn} саме інформацією стосовно експлуатації ТЗ на основі рішень, як варіант – серверних, виконання моніторингу; S_{T3L} – складова функціоналу забезпечення S_{Gn} інформацією щодо експлуатації вантажного автомобіля (автопоїзда) на основі саме локального джерела інформації, на основі якого проведено моніторинг; S_{T3M} – складова функціоналу забезпечення S_{Gn} інформацією стосовно експлуатації ТЗ на основі баз даних (переважно мережевих) для виконання моніторингу; F_{Gnp} – інформація про параметри процесу підвищення паливної економічності ТЗ в умовах експлуатації (I), як поєднання об'єктивних і суб'єктивних факторів експлуатації ТЗ; F_{ili} – інформація про параметри нормування витрати палива на маршруті (частині маршруту) ТЗ; F_{i2i} – інформація про параметри повної маси вантажного ТЗ; F_{i3i} – інформація про основні параметри реальних умов експлуатації ТЗ з такими умовами, як: дорожньо-транспортні, природно-кліматичні, культура праці у різноманітних умовах експлуатації при взаємодії також з інфраструктурою; F_{ST3i} – інформація, яка повною мірою характеризує параметри технічного стану ТЗ; F_{DUi} – інформація, яка повною мірою характеризує параметри режимів керування ТЗ; $\bar{X}_{Gmi}(t)$ при $i = 1, \dots, m$ – параметри, які характеризують норми витрати палива при русі на маршруті (частині маршруту) ТЗ, що визначені і вже входять у перелік саме ретроспективних факторів; $\bar{X}_{G2i}(t)$ при $i = 1, \dots, m$ – параметри, які характеризують повну масу (M_{i2}) ТЗ; $\bar{X}_{M13i}(t)$, $\bar{X}_{M23i}(t)$, $\bar{X}_{M33i}(t)$, $\bar{X}_{M43i}(t)$ при $i = 1, \dots, m$ – параметри, які описують умови експлуатації ТЗ, які поділяються на: дорожньо-транспортні, природно-кліматичні, культура праці у різних реальних умовах експлуатації за умови взаємодії з інфраструктурою, що визначені і вже входять у перелік саме ретроспективних факторів; $\bar{X}_{Gmi}(t)$ – при $i = 1, \dots, m$ – параметри технічного стану ТЗ у процесах моніторингу, які вже визначені і входять у перелік саме ретроспективних факторів; $\bar{X}_{DUit}(t)$ – при $i = 1, \dots, m$ – параметри режимів керування ТЗ.

Процесна складова системи, як зазначалося вище, характеризує і власне формує процес забезпечення паливної економічності вантажного ТЗ (категорії N_3) в реальних (тобто змінних) умовах експлуатації на основі інформації саме оперативного контролю. Аналітична складова так само призначена для оцінки як граничних значень, так і для формування оптимальних характеристик і моделювання (прогнозування) параметрів як технічного стану, так і витрати палива транспортного засобу в процесі перевезення вантажів. Аналітична складова до того ж виконує і розрахунково-аналітичну функцію, яка полягає у формуванні певної складової виконання оперативного контролю для забезпечення паливної економічності ТЗ при застосуванні процесів забезпечення економічності. Для цього на рисунку 1 показана схема алгоритму забезпечення паливної економічності автомобіля (вантажного ТЗ категорії N_3) в реальних умовах експлуатації за допомогою засобів контролю, які базуються на інтелектуальних транспортних системах, розроблених на основі положень [1, 2, 3–6].

Отже, в частині запропонованої розрахунково-аналітичної системи з урахуванням змінного характеру процесів запропонована норма витрати палива на розрахунковій ділянці:

$$G_{Pi j}^{норм}(t) = \frac{\left(\left(G_{б.лін}^{норм} + G_{Пр j}^{норм}(t) \cdot m_{np i} \right) \cdot S_{ij} + G_{тр.роб i j}^{норм}(t) \cdot m_{вант j} \cdot S_{вант i j} \right) \cdot (1 + 0,001 \cdot K_{Z i j}(t))}{100}, \quad (2)$$

де $G_{Pi j}^{норм}(t)$ – норма витрати палива (приведена) для i -ї ділянки j -ї поїздки ТЗ, (л/100 км); $G_{б.лін}^{норм}$ – норма витрати палива (базова лінійна) ТЗ, (л/100 км); $G_{Пр j}^{норм}$ – норма витрати палива (на одну тону маси спорядженого напівпричепа) для j -ї поїздки, (л/100 т·км); $m_{np i}$ – маса напівпричепа (споряджена), (т); S_{ij} – довжина ділянки i для j -ї їздки, (км); $G_{тр.роб i j}^{норм}$ – норма витрати палива для виконання транспортної роботи, (л/100 т·км); $m_{вант j}$ – маса вантажу, який перевозиться ТЗ для j -ї їздки, (т); $S_{вант i j}$ – відстань їздки (з вантажем) на ділянці i j -ї їздки, (км); $K_{Z i j}(t)$ – коригуючий коефіцієнт (сумарний), який враховує саме конкретні умови експлуатації ТЗ для i -ї ділянки j -ї їздки.

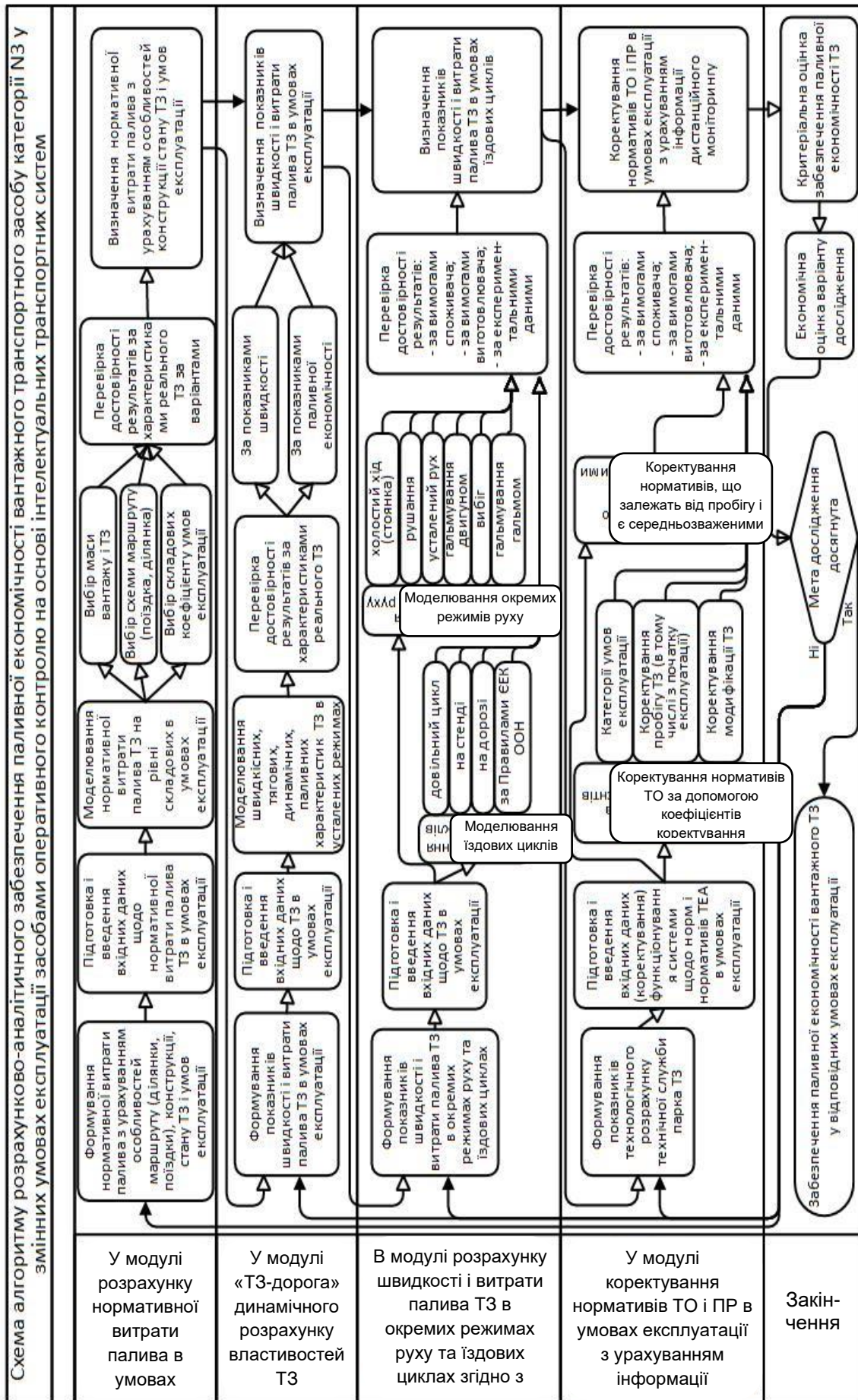


Рис. 1. Алгоритм розрахунково-аналітичного забезпечення паливної економічності вантажного ТЗ у змінних умовах експлуатації засобами контролю на основі інтелектуальних транспортних систем

Зважаючи на те, що досить часто процеси експлуатації ТЗ і, відповідно, витрати палива на ділянках оцінювання паливної економічності носять змінний характер, авторами було запропоновано використати коефіцієнт паливовикористання, який, власне, і враховує режими руху ТЗ на ділянках маршруту $k_{не ij}^{p.p.}(t)$ і коефіцієнт стійкої економії палива $k_{ек.нал.j}^{cm.}(t)$:

$$k_{не ij}^{p.p.}(t) = 1 - \frac{G_{Пij}^{\phi}(t)}{G_{Пij}^{норм}(t)}; \quad (3)$$

$$k_{ек.нал.j}^{cm.}(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e^{-\frac{\delta G_{Пij}(t)}{G_{Пij}^{норм}(t)} \cdot 10}, \quad (4)$$

де $k_{не ij}^{p.p.}(t)$ – коефіцієнт використання палива, який враховує саме режими руху автомобіля на i -й ділянці j -ї поїздки; $G_{Пij}^{\phi}(t)$ – витрата палива (фактична) саме на ділянці маршруту на i -й ділянці j -ї їздки; $G_{Пij}^{норм}(t)$ – витрата палива, нормативна на i -й ділянці j -ї їздки; $k_{ек.нал.j}^{cm.}(t)$ – коефіцієнт сталої (стійкої) економії використання палива для j -ї їздки; n – кількість ділянок j -ї їздки; $\delta G_{Пij}(t)$ – економія палива приведена для i -ї ділянки j -ї їздки, л/100 км; $G_{Пij}^{норм}(t)$ – норма витрати палива на i -й ділянці j -ї їздки, л/100 км.

Отже, авторами були обрані математичні моделі на основі як диференціальних, так і алгебраїчних рівнянь, які були розроблені в ХНАДУ, НТУ й особисто авторами з метою визначення паливної економічності ТЗ саме в реальних умовах експлуатації при описі і відтворенні адаптованих процесів у розрахунково-аналітичному забезпеченні під відповідні зміни в частині вихідних даних і алгебраїчних рівнянь для удосконалення наявного методу.

Формування процесів забезпечення потрібною інформацією дослідження S_{Gn} (багаторозмірний показник) базується на базі (1) рішень зовнішніх серверів S_{T3S} , відповідно до положень [3, 5, 10].

Також потрібні локальні джерела інформації ТЗ S_{T3L} і мережеві бази даних ТЗ S_{T3M} . Така сукупність забезпечує можливість створення сховища накопиченої інформації, підтримки середовища користувачів для отримання і редагування отриманої інформації, систематизації отриманої інформації та її відображення у суцільному комплексі. У процесах формування інформаційного поля процесів спостереження параметрів витрати палива і технічного стану ТЗ в умовах експлуатації були отримані основні джерела інформації та їх результати. Це координати вантажного ТЗ на мапі в реальному часі експлуатації, експлуатаційні моделі доріг, отримані результати трекінгу ТЗ тощо. В таблиці 1 показано основні джерела інформації про умови експлуатації для формування системи дистанційного оперативного контролю витрати палива і технічного стану ТЗ з урахуванням особливостей інфраструктури. Для вирішення основних завдань технічної експлуатації ТЗ необхідна інформація про закономірності зміни витрати палива ТЗ та їх технічного стану під впливом експлуатаційних факторів. Відомості про вказані закономірності необхідні для ефективного застосування науково-обґрунтованих нормативів, підтримання ТЗ в роботоздатному стані, тобто для управління саме нею [6, 7].

Умови експлуатації ТЗ впливають на основні режими роботи їх складових, тобто прискорюючи або сповільнюючи зміну параметрів витрати палива і технічного стану. Саме в експлуатаційних умовах реалізуються показники ефективності технічної експлуатації.

Урахування визначених умов експлуатації необхідне при визначенні потреби в основних матеріальних ресурсах процесів експлуатації. До них відносять запасні частини і матеріали, виробничо-технічну базу, працюючий персонал тощо. У процесах експлуатації ТЗ прийнято розрізняти такі умови: дорожньо-транспортні, які характеризують рух; природно-кліматичні і сезонні; транспортні (або умови перевезення), а також культура праці тощо [6, 7]. До найбільш важливих факторів умов експлуатації, що змінюються в широких межах, належать дорожні, транспортні і кліматичні умови. Складові коефіцієнту умов експлуатації за допомогою системи моніторингу визначалися у такий спосіб [7]:

- для реалізації процесів дослідження паливної економічності, технічного стану і оцінки умов експлуатації ТЗ розроблена експлуатаційна модель автомобільної дороги, яка покладена в основу інформаційної взаємодії системи:

$$F_{ets}(R_i V_R)_i = (Idt_{RV_i}, Categ_{RV_i}, Cod_{Dil_i}, Dt_{Descr_i}, Tp_{RV_i}, Tp_{Rn_i}, Tr_{V_i}), \quad (5)$$

де $F_{ets}(R_i V_R)_i$ – функціонал інформаційної підтримки, який аналогічний відповідним параметрам паливної економічності і технічного стану ТЗ у встановлений час експлуатації ТЗ на дорозі;

Idt_{RV_i} - позначення і ділянки маршруту руху ТЗ (місто, за містом); $Categ_{RV_i}$ – категорія і ділянки маршруту автомобільної дороги в умовах експлуатації; Cod_{Dil_i} – код ділянки маршруту автомобільної дороги, Dt_{Descr_i} – реєстраційний опис ділянки маршруту автомобільної дороги, Tr_{RV_i} – особливості дороги, наприклад, кількість полос руху ТЗ, Tr_{Rt_i} – тип (особливість) складу і технології дорожнього покриття ділянки, Tr_{V_i} – геометричні параметри шляху руху на ділянці маршруту в межах дороги;

- на основі експлуатаційної моделі автомобільної дороги була розроблена інформаційна модель у частині положення, ділянки і маршруту вантажного ТЗ на автомобільній дорозі руху в умовах експлуатації. Кожна ділянка моделі дороги у вигляді вектора визначених інформаційних параметрів:

$$F_{ets} = (RV_{Trc})_i = (Idt_{RV_i}, Idt_{PR_i}), \quad (6)$$

де Idt_{RV_i} – позначення і фрагмента ділянки відстані руху вантажного ТЗ; Idt_{PR_i} – позначення фрагмента ділянок маршруту руху вантажного ТЗ.

Таблиця 1

Інформаційні джерела, які використано для удосконалення методу забезпечення паливної економічності вантажних автомобілів засобами ITS

№ з/п	Характеристика (складова) умов експлуатації, процедура моніторингу	Основні джерела інформації для функціонування системи дистанційного оперативного забезпечення паливної економічності і параметрів технічного стану ТЗ в реальних умовах експлуатації
1	Положення реального ТЗ на мапі (трек)	спеціальні програми трекерів ТЗ; http://view.torque-bhp.com/ ; http://ian-hawkins.com:8080/ тощо
2	Транспортні умови експлуатації вантажного ТЗ	http:// yandex.ua/
3	Атмосферно-кліматичні умови	http://ready.arl.noaa.gov/READYcmet.php ; https://meteopost.com/
4	Дорожні умови експлуатації вантажного ТЗ	https://yandex.ua/maps/ http://view.torque-bhp.com/
5	Ідентифікація ТЗ і його складових / процеси визначення витрати палива і технічного стану в умовах ITS	http://view.torque-bhp.com/ http://carlife.in.ua/vin-kod програми трекерів ТЗ

Із визначених складових ділянок маршруту інформаційної моделі в частині положення ТЗ на автомобільній дорозі формується маршрут руху у вигляді об'єкта, який супроводжується вектором параметрів:

$$F_{Is} (RV_{Mart})_i = (Idt_{RV_i}, Idt_{Rt_i}), \quad (7)$$

де Idt_{RV_i} – позначення і ділянки відстані руху вантажного ТЗ; Idt_{Rt_i} – позначення маршруту руху вантажного ТЗ категорії N₃.

- швидкісна експлуатаційна модель режимів руху ТЗ у відповідних умовах експлуатації є функціоналом лінійних подій, які корелюються з маршрутом руху:

$$F_{ets} (RV_{Rt_{Prop}})_i = (Idt_{RV_i}, Idt_{Rt_i}, Rt_{Prop_i}, Idt_{SR_i}, Codt_{Fst_i}, Codt_{End_i}, Val_{V_i}, Dt_i, Base_{Spd_i}), \quad (8)$$

де Idt_{RV_i} – позначення фрагменту ділянки руху вантажного ТЗ; Idt_{Rt_i} – позначення відстані маршруту руху вантажного ТЗ; Rt_{Prop_i} – тип відстані маршруту руху вантажного ТЗ; Idt_{SR_i} – позначення фрагменту ділянки швидкісного руху ТЗ; $Codt_{Fst_i}$ і $Codt_{End_i}$ – початок і кінець відповідно ділянки (фрагменту) швидкісного режиму руху вантажного ТЗ; Val_{V_i} – встановлена спостереженням критична швидкість руху вантажного ТЗ (швидкісна геозона); Dt_i – дата (час) встановлення швидкості руху вантажного ТЗ; $Base_{Spd_i}$ – позначення встановленої (базової) швидкості на ділянці руху вантажного ТЗ. Водночас вирішуються задачі визначення і взаємодії дорожніх, транспортних та атмосферно-кліматичних умов і відбувається оцінка стану експлуатаційної характеристики автомобільної дороги;

- оцінка стану і типу покриття дороги в експлуатації [7]. За допомогою результатів спостереження системи формується оцінка стану і типу покриття дороги в експлуатації. Параметри (характерні ознаки), що розпізнають умови дорожні, саме за якими визначаються основні обмеження допустимої швидкості руху ТЗ, є базові характеристики дороги, які стосуються повздовжнього профілю дороги, висоти над рівнем моря, ширини проїзної частини і стану дорожнього покриття, зчеплення коліс із дорогою тощо. Інформація про типи, особливості і величини дорожніх дефектів (пошкоджень) порівнюються із нормативним показниками за швидкістю руху вантажного ТЗ, визначається ступінь їх відхилення та формується дольова оцінка стану дорожніх умов (за станом покриття дороги) [7]:

$$O_{Dp}(t)_i = (O_{Dp_1}, O_{Dp_2}, O_{Dp_3}), \quad (9)$$

де O_{Dp_1} – дуже добрий і добрий стан, O_{Dp_2} – задовільний стан дороги, O_{Dp_3} – незадовільний стан покриття [6–10].

Після визначення оцінки фрагментів ділянок відбувається об'єднання оцінок стану покриття дороги за виявленими фрагментами, дефектами і формується для фрагментів і спільних ділянок моделі руху ТЗ:

$$O_{Dp_i}(t)_i = \max_{j=1..N} O_{Dp_{ij}}(t_j)_i, \quad (10)$$

де $O_{Dp_i}(t)_i$ – фіксована оцінка j -х дефектів на i -й ділянці фрагменту моделі режимів руху вантажного ТЗ, N – виявлені на фрагменті ділянки дефекти (пошкодження), t – час.

Функціонал розглянутого фрагменту ділянки дороги покриття формується на основі окремих подій, які створюють визначення стану дороги та умов експлуатації для виявлених дефектів (пошкоджень і елементів) [7]:

$$F_{ets}(Evt_{Pot})_i = (Idt_{RV_i}, Dt_i, Dist_i, Dft_i, Discr_i), \quad (11)$$

де Idt_{RV_i} – позначення i -ї ділянки руху ТЗ; Dt_i – дата (час) встановлення швидкості ТЗ;

$Dist_i$ – відстань від початку маршруту (координата); Dft_i – оцінка дефекту в балах; $Discr_i$ – дефект;

- оцінка транспортних умов експлуатації [7]. Оцінка транспортних умов експлуатації визначається як результат неперервних (періодичних) перевірок. Тоді встановлюється подія, яка впливає на встановлені фактори безпеки руху ТЗ та особливість уваги саме на їх особливості. Зазвичай оцінку виконують оператори в процесах руху ТЗ, транспортні детектори, інші учасники спостереження руху вантажних ТЗ і самі учасники руху. Результати проведених неперервних (періодичних) перевірок заносяться у бази даних вимірних параметрів та об'єктів системи спостереження. Кожна подія (зміна) транспортних умов експлуатації характеризується векторно, а саме:

$$F_{ets}(RV_{TmInf})_i = (Idt_{RV_i}, Tp_i, Disc_i, Obj_i, ObjId_i, DtUpd_i), \quad (12)$$

де Idt_{RV_i} – позначення i -ї ділянки руху ТЗ; Tp_i – зміна (обмеження) транспортних умов експлуатації (насиченість транспорту, аварія тощо); $Disc_i$ – опис події зміни (обмеження) транспортних умов експлуатації; Obj_i – позначення зміни (обмеження) транспортних умов експлуатації; $ObjId_i$ – оцінка стану (показника впливу) зміни (обмеження) транспортних умов експлуатації; $DtUpd_i$ – дата (час) проведення оцінки [6–10].

Оцінка стану відповідно до зміни (обмеження) транспортних умов експлуатації з погляду на нормативні документи і маршрутну документацію (згідно з планом перевезень) здійснюється за бальною системою [7, 8]:

$$O_{etc}(t)_i = (O_{etc_1}, O_{etc_2}, O_{etc_3}), \quad (13)$$

де O_{etc_1} – оптимальний стан, O_{etc_2} – такий, що вимагає уваги, O_{etc_3} – терміново потребує втручання [7].

Об'єднання оцінок зміни (обмеження) транспортних умов експлуатації за результатами впливу здійснюється на ділянках швидкісної моделі режимів руху вантажного ТЗ:

$$O_{etc_i}(t)_i = \max_{j=1..N} O_{etc_{ij}}(t_{ej})_i, \quad (14)$$

де $O_{etc_i}(t)_i$ – фіксована оцінка j -ї події на i -му фрагменті ділянки моделі режимів руху ТЗ, N – кількість встановлених на фрагменті ділянки подій, t – час.

Коригування швидкості руху і витрати палива вантажного ТЗ залежно від сформованих (встановлених) умов експлуатації здійснюється за $K_{zij}(t)$ – коригуючий сумарний коефіцієнт, який враховує саме дорожні умови експлуатації ТЗ для i -ї ділянки j -ї їздки [1]. Акцентовано саме на забезпеченні безпеки ТЗ у відповідних умовах експлуатації та раціонального його управління. Пропонується коригувати швидкість руху ТЗ відповідно до раціональної витрати палива і сформованих умов експлуатації. Пріоритет тоді віддається безпеці і паливній економічності. Процес коригування швидкості ТЗ здійснюється за фрагментами ділянок експлуатаційної моделі дороги відповідно до переліку подій, що накопичені за результатами попереднього моніторингу і базуються на основі складових коефіцієнту умов експлуатації [7]:

$$K_{zij}(t) = (O_{Dp_i}(t)_i, O_{Dc_i}(t)_i, O_{Gt_i}(t)_i), \quad (15)$$

де $O_{Dp_i}(t)_i$ – оцінка дорожніх умов експлуатації на основі типу і стану дороги і його покриття; $O_{Dc_i}(t)_i$ – оцінка транспортних умов експлуатації; $O_{Gt_i}(t)_i$ – оцінка економії палива ТЗ у відповідних умовах експлуатації на основі рішень серверів і локальних джерел інформації під час порівняння з базовими лінійними нормами витрати палива ТЗ, які встановлені нормативними показниками.

Для кожної ситуації в межах руху ТЗ $K_{zij}(t)$ повинен бути визначений і коригування швидкості руху ТЗ має проводитися відповідно до встановленого спостереженням на маршруті руху залежно від умов експлуатації, за мінімальної витрати палива на маршруті руху.

Швидкість руху ТЗ $V_i(t)_i$ на i -му фрагменті ділянки визначається:

$$V_i(t)_i = F(V_{ib}(t)_i, V_i(t-\tau)_i, K_{zij}(t-\tau)_i), \quad (16)$$

де $V_{ib}(t)_i$ – рекомендована (базова) швидкість ТЗ; $V_i(t-\tau)_i$ – встановлена швидкість ТЗ за результатами моніторингу; $K_{zij}(t-\tau)_i$ – встановлений сумарний коригуючий коефіцієнт, що враховує умови експлуатації ТЗ.

Після цього здійснюється коригування режиму руху ТЗ у відповідних умовах його експлуатації.

Далі (див. рис. 1) відбувається визначення показників швидкості і витрати палива ТЗ в умовах експлуатації, яке базується на описі їх характеристик [1, 8, 9, 10]. Формування показників швидкості і витрати палива ТЗ в умовах експлуатації виконується на основі підготовки і введення вхідних даних щодо ТЗ в умовах експлуатації. Після цього здійснюється моделювання швидкісних, тягових, динамічних, паливних характеристик ТЗ. Після завершення моделювання здійснюється перевірка достовірності результатів за характеристиками реального ТЗ, а саме за показниками швидкості і за показниками паливної економічності. В описаній інформаційній моделі системи оперативного контролю витрати палива [5, 6, 7, 9, 10] програмне забезпечення для роботи системи в умовах ITS має структуру [5, 10], яка зображена на рисунку 2.

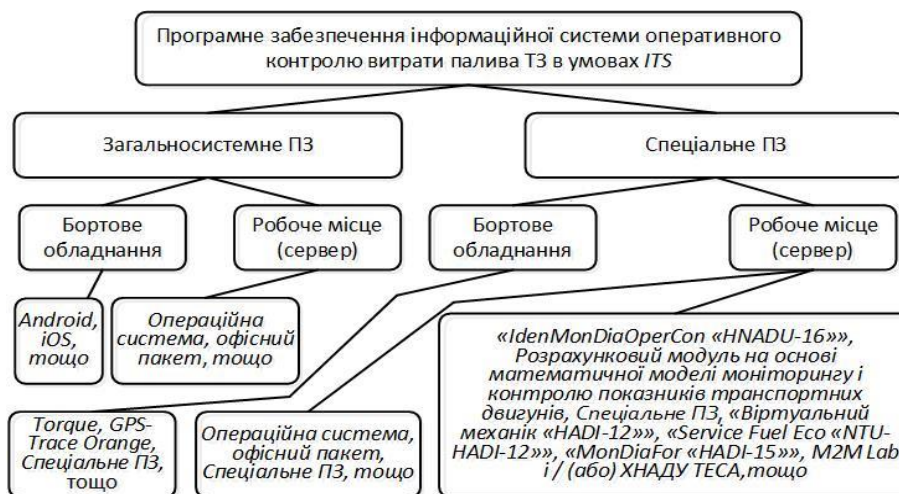


Рис. 2. Структура ПЗ інформаційної системи контролю витрати палива ТЗ в умовах ITS

Програмне забезпечення складається з основних компонентів, має адресну направленість і поділяється на загальне програмне забезпечення (ПЗ) і спеціальне ПЗ. Програмне забезпечення покликано об'єднати бортове обладнання і робоче місце оператора чи серверної частини.

Для забезпечення контролю витрати палива вантажним ТЗ категорії N_3 при перевезенні вантажів використовувалася система дистанційного контролю витрати палива на основі інтелектуальних транспортних систем [5]. Для здійснення поставленого завдання в аналітичній частині системи було удосконалено основні підходи і реалізації на основі математичних моделей, що дозволяють визначати, аналізувати й оцінювати паливну економічність, що базується насамперед на витраті палива в умовах експлуатації.

Реалізація процесів удосконалення в частині підходів полягає у варіативності використання удосконалених у необхідних частинах доступних прикладних математичних програм із розроблених попередньо [8, 9], а саме: розрахунок швидкості і витрати палива ТЗ в окремих режимах руху та їздових циклах згідно з Правилами КВТ ЄЕК ООН [9, 10]; формування заходів для підтримання технічного стану ТЗ на основі імовірнісної моделі системи ТЕА-АСУ технологічного розрахунку ПАТ / модуль коректування нормативів ТО і Р в умовах експлуатації з урахуванням інформації дистанційного моніторингу [5]. Удосконалений метод було розроблено на основі математичної моделі моніторингу і контролю показників двигунів ТЗ / НТУ; розрахункового модуля динамічної системи «ТЗ-дорога» в інформаційно-програмному комплексі (ІПК) «IdenMonDiaOperCon „HNADU-16”» і ІПК «MonDiaFor „HADI-15”» [9] / ХНАДУ; у складі: «Технічний регламент віртуального підприємства з експлуатації автомобільного транспорту „ХНАДУ ТЕСА”» та «Результати визначення показників технологічного розрахунку комерційної експлуатації інженерно-технічної служби (ІТС) під час ТО і Р з використанням програмного продукту «Віртуальний механік „HADI-12”» і «Технологічного розрахунку комерційної експлуатації інженерно-технічної служби (ІТС) під час ТО і Р та екологічних показників роботи ТЗ «Service Fuel Eco „NTU-HADI-12”» [9] / ХНАДУ». У кожній із математичних програм удосконаленню підлягали тільки необхідні для аналізу паливної економічності компоненти і складові.

Висновки

Сформульований загальний підхід до удосконалення і формування методу забезпечення паливної економічності вантажних автомобілів засобами інтелектуальних транспортних систем, а саме забезпечення паливної економічності автомобіля (вантажного ТЗ категорії N_3) у реальних (переважно змінних) умовах експлуатації. Визначено, що саме на реалізації системної взаємодії трьох взаємопов'язаних складових процесної, інформаційної та аналітичної і базуються необхідні процеси вирішення поставлених завдань.

Удосконалено метод визначення і розрахунку витрати палива вантажних ТЗ категорії N_3 в умовах експлуатації з використанням системних положень і методів дослідження. Для виконання поставленого завдання в аналітичній частині системи було удосконалено основні підходи і реалізації на основі математичних моделей, що дозволяють визначати, аналізувати й оцінювати паливну економічність, що базується насамперед на витраті палива в умовах експлуатації.

Удосконалений метод визначення і розрахунку витрати палива ТЗ в умовах експлуатації базується на ІПК «Віртуальний механік „HADI-12”» і ІПК «Service Fuel Eco „NTU-HADI-12”» ХНАДУ. В кожній із математичних програм удосконаленню підлягали тільки необхідні компоненти і складові для аналізу паливної економічності вантажного ТЗ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Особливості забезпечення нормування показників і керування паливною економічністю транспортного засобу в умовах експлуатації / І. В. Грицук та ін. *Вісник машинобудування та транспорту*. університет. 2022. Вип. № 1(15). С. 52–59.
- [2] Грицук І. В. Концепція забезпечення оптимального температурного стану двигунів і транспортних засобів в умовах експлуатації: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.20. Харків, 2016. 552 с
- [3] Особливості моніторингу стану транспортних засобів з використанням бортових діагностичних комплексів» / В. П. Матейчик та ін. *Управління проектами, системний аналіз і логістика*. 2014. Вип. 13. С. 126–138.
- [4] Особливості формування методики застосування класифікації умов експлуатації транспортних засобів в інформаційних умовах ІТС / В. П. Волков та ін. *Вісник НТУ «ХПИ». Серія: Транспортне машинобудування*. 2017. № 14(1236). С. 10–20.
- [5] Матейчик В. П., Цюман М. П. Дослідження впливу регульованих параметрів на паливну економічність і екологічні показники бензинового двигуна з системою нейтралізації відпрацьованих газів». *Наукові нотатки: міжвуз. зб.* Луцьк, 2010. № 28. С. 331–335.
- [6] Особливості алгоритму дослідження паливної економічності та екологічних показників транспортного засобу з урахуванням прогріву в процесі руху» / В. П. Матейчик та ін. *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: електронне наукове фахове видання*; Харьк. нац. автомоб.-дор. університет. 2015. Вип. 8. С. 31–38.
- [7] Інформаційні системи моніторингу технічного стану автомобілів: монографія / за ред. В. П. Волкова. Харків: Вид-во Панов А. М., 2018. 298 с.
- [8] Технічний регламент програмного продукту «Віртуальний механік «HADI-12»» при реєстрації в ньому нового транспортного засобу / Волков В. П. та ін.; заявник і патентовласник Волков В.П. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 47233 від 15.01.2013. Заявка від 15.11.2012 №47525.

[9] Технічний регламент програмного продукту «Service Fuel Eco «NTU-HADI-12»» при звичайній роботі (твір науково-практичного характеру) / Волков В. П. та ін.; заявник і патентовласник ХНАДУ. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 53292 від 24.01.2014. Заявка від 22.11.2013 № 53604.

[10] ДСТУ UN/ECE R 83-05:2009. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження колісних транспортних засобів стосовно викидів. Київ: Держспоживстандарт України, 2011. 56 с.

Грицук Ігор Валерійович – д-р техн. наук, професор, професор кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, e-mail: gritsuk_iv@ukr.net

Волков Володимир Петрович – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, e-mail: volf-949@ukr.net

Волкова Тетяна Вікторівна – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри транспортних технологій, e-mail: wolf949@ukr.net

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

Український Євген Олександрович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автомобільного транспорту, e-mail: e.a.ukrainskyi@gmail.com

Приазовський державний технічний університет, м. Дніпро

Кужель Володимир Петрович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, e-mail: kuzhel2017@gmail.com, kuzhel_v@vntu.edu.ua

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

I. Gritsuk¹
V. Volkov¹
Ye. Ukrainskyi²
T. Volkova¹
V. Kuzhel³

Improving the method of providing fuel economy of trucks by means of intelligent transport systems

¹Kharkiv National Automobile and Highway University

²Azov State Technical University

³Vinnitsia National Technical University

The purpose of the study is improving the method of ensuring the fuel efficiency of trucks by means of intelligent transport systems in variable operating conditions. The analysis of the processes of ensuring the operational control of the fuel consumption of cargo vehicles shows the perspective of their implementation on the basis of modern intelligent transport systems, the main tool of which is the method of remote monitoring. Remote monitoring of cargo vehicles is an effective tool designed not only for tracking the location and movement of vehicles, but also for a certain number of parameters of their technical condition. A mathematical model of an improved method of ensuring the fuel economy of trucks has been developed, which includes a process and analytical component for estimating limit values, forming optimal characteristics and forecasting technical condition parameters and fuel consumption by the engine and vehicle in the processes of cargo transportation. The mathematical model is built on the basis of differential and algebraic equations developed at KhNADU (Kharkiv National Automobile and Road University), NTU (National Transport University) and personally by the authors, which was adapted with appropriate changes in the part of the initial data and algebraic equations to improve the existing method. The improved method for determining and calculating the fuel consumption of a vehicle in operating conditions is based on the information and software complex (ISK) "Virtual Mechanic "HADI-12" and the ISK "Service Fuel Eco "NTU-HADI-12" of Khnadu.

As a result, the authors formulated as a general approach to the formation and improvement of the method of ensuring the fuel economy of a cargo vehicle of category N3 in the conditions of operation by means of intelligent transport systems, and actually the processes of solving the set tasks are based on the implementation of the system interaction of three interrelated components: process, information and analytical.

Key words: car, fuel efficiency, mathematical model, method, fuel consumption, monitoring, information sources, intelligent transport systems, operating conditions.

Gritsuk Igor – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor at the Department of Technical Operation and Service of Automobiles, e-mail: gritsuk_iv@ukr.net

Volkov Volodymyr – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Department of Technical Operation and Service of Automobiles, e-mail: volf-949@ukr.net

Ukrainskyi Eugene – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Road Transport, e-mail: e.a.ukrainskyi@gmail.com

Volkova Tetiana – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Transport Technologies, e-mail: wolf949@ukr.net

Kuzhel Volodymyr – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Automobiles and Transport Management, e-mail: kuzhel2017@gmail.com, kuzhel_v@vntu.edu.ua