

Булік Ю.В., Павлюк В.І., Куденчук В.В.  
*Луцький національний технічний університет*

## **РЕНОВАЦІЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ БЕНЗИНОВИХ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ**

Ринок автомобілів нашої країни характеризується значним середнім віком. Виникають труднощі забезпечення запасними частинами для проведення ремонту транспортних засобів, що експлуатуються десятки років. Постійне удосконалення апаратної та програмної частин електронних систем керування роботою двигунів призводить до мінімізації уніфікованих елементів та зменшення можливостей під час відновлення їх роботоздатності.

Замінюючи окремі несправні компоненти, під час ремонту, є можливість використати елементи з інших електронних систем узгоджуючи їхню сумісність за параметрами і характеристиками та беручи до уваги нормативну технічну документацію. Крім того оновлена система підлягає налаштуванню з коригуванням алгоритму роботи: правкою залежностей між вхідними і вихідними параметрами за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення. Перелік вхідних та вихідних параметрів визначається аналізом основних чинників за впливом на робочі характеристики. Таким чином може бути вирішена задача реновації електронних систем автомобіля, у тому числі систем керування живленням та запалюванням двигунів внутрішнього згоряння. Вихідним керованим робочим параметром для системи живлення є кількість палива, а для системи запалювання момент випередження запалювання. Внаслідок коригувань отримуються відповідні карти для керування роботою електронних систем двигуна за умови забезпечення оптимальних показників складу суміші на різних режимах і умовах його роботи.

У роботі запропоновано функціональну схему алгоритму реновації електронних систем керування двигуном автомобіля. Наведений приклад методики налаштування системи живлення за загальновідомою схемою алгоритму роботи програмного модуля електронних систем керування двигуном автомобіля. Вихідним параметром за яким проводилося налаштування оновленої у наслідок реновації системи, що наведена для прикладу, є подача кількості палива за цикл з дотриманням значень складу суміші відповідно до умов і режиму роботи бензинового двигуна внутрішнього згоряння.

Через особливості процедури переобладнання колісних транспортних засобів, що експлуатуються на дорогах загального користування, реновації частіше можуть підлягати електронні системи спеціальних транспортних засобів.

Загалом проведені дослідження вказують на можливості відновлення роботоздатності автомобілів та їх двигунів, зокрема електронних систем керування двигунів внутрішнього згоряння, шляхом обґрунтованої реновації цих систем у межах визначених нормативною документацією відповідно до діючого законодавства щодо переобладнання колісних транспортних засобів.

**Ключові слова:** реновація, ремонт, електронні системи двигуна внутрішнього згоряння, схема, алгоритм, параметри.

### **ВСТУП**

Часто рухомий склад з великим пробігом ще має значний залишковий ресурс механічної частини, проте не може експлуатуватися через певні несправності електронних систем. Відновлення таких транспортних засобів ускладнюється тим, що потрібно замінити електричні та електронні вузли та елементи, які зняті з виробництва і можуть бути відсутні чи не доступні на ринку запчастин. Крім того, наявні системи керування роботою двигуна можуть не забезпечувати вимог екологічних норм, що постійно підвищуються і стають жорсткішими.

### **АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ**

Через складну ситуацію у державі середній вік, майже половини автомобілів нашої країни (45% за даними AUTO-Consulting), становить понад 20 років [1]. Можливість продовження терміну використання транспортних засобів визначає потребу їх модернізації, зокрема і шляхом реновації систем керування силових агрегатів. Для деяких колісних транспортних засобів (сільськогосподарська автотракторна техніка, спецтехніка, спортивні і ретро-автомобілі та інші) це чи не єдиний спосіб відновлення [2, 3].

Інколи двигуни мало відрізняються конструкцією механічної частини та мають суттєві відмінності апаратної частини та алгоритмів роботи системи керування (наприклад системи живлення та запалювання бензинових двигунів). Це зумовлено широким впровадженням електронних систем виконаних з певними особливостями конструкційних і схематичних рішень навіть для окремих моделей автомобілів. Можливості програмного забезпечення дозволяють оновити компоненти та адаптувати роботу відновлених реновацією електронних систем [4–9].

## ЦІЛЬ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою роботи є подальший розвиток алгоритму реновації електронних систем керування двигуном, за рахунок розширення операційного простору керованих змінних параметрів для систем живлення і запалювання бензинових двигунів.

Для цього потрібно запропонувати алгоритм оновлення електронних систем живлення і запалювання бензинових двигунів на основі реновації систем, що дозволить розширити номенклатуру застосовуваних компонентів. Проаналізувати вхідні і вихідні параметри та їх залежності. Використати відомі методики отримання і коригування робочих характеристик основних параметрів для налаштування цих систем. Застосувати для налаштування роботи систем автомобільного двигуна наявне спеціальне програмне забезпечення.

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Використовуючи загальний підхід щодо реновації наявних систем з метою оновлення та відновлення їх роботоздатності, можна скласти загальну схему алгоритму реновації електронних систем керування двигуном автомобіля (рис.1).

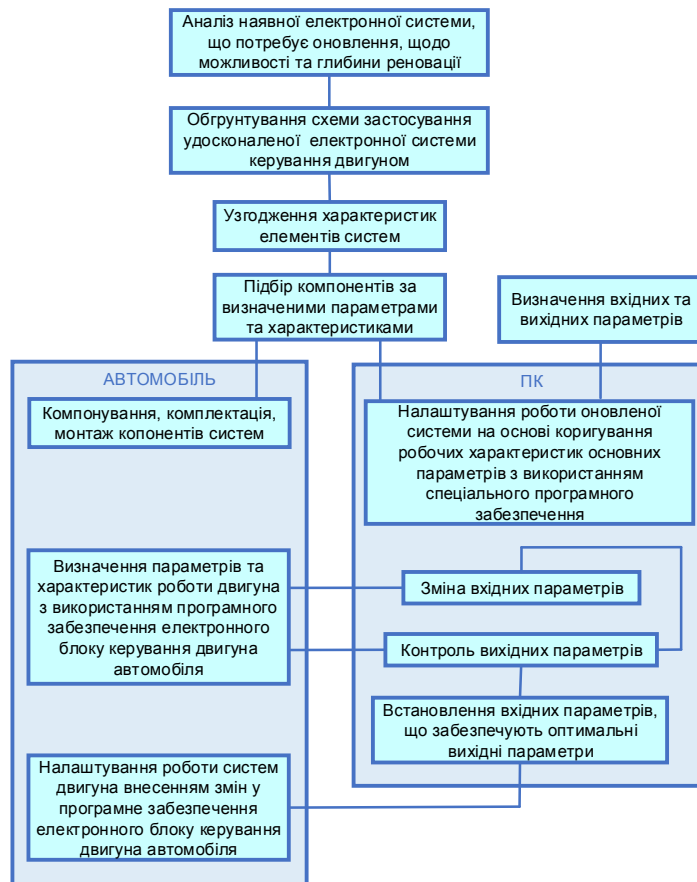


Рисунок 1 – Функціональна схема алгоритму реновації електронних систем керування двигуном автомобіля

На початковому етапі необхідно провести аналіз електронної системи щодо доцільності, можливості та глибини планованої реновації. Вибрати і обґрунтувати схему застосування оновленої електронної системи керування. Далі проаналізувати параметри та характеристики елементів системи щодо можливості їх узгодженої роботи у системі, а на основі аналізу здійснити підбір окремих компонентів. Провести комплектацію, компонування комплексу та монтаж обладнання на транспортному засобі.

Наступним етапом є визначення вхідних та вихідних параметрів, котрі характеризують роботу системи. Дослідити потребу і можливості налаштування характеристик роботи системи, використовуючи спеціальне програмне забезпечення і його можливості взаємодії з модулем керування двигуном автомобіля.

Після цього провести поетапне налаштування системи за відомими методиками [4–9] забезпечуючи контроль параметрів на основі даних отриманих зворотним зв'язком.

Аналізуючи, загалом, залежності вхідних і вихідних параметрів систем живлення і запалювання бензинових двигунів встановлено ряд основних чинників (навантаження на двигун, частота обертання колінчастого вала), що визначатимуть функції вихідних величин (паливоподача, момент випередження запалювання), що характеризують роботу систем на певних її режимах (ступінь прогрівання двигуна, склад суміші (AFR за англ. *air to fuel ratio* [4–9])) (рис. 2).

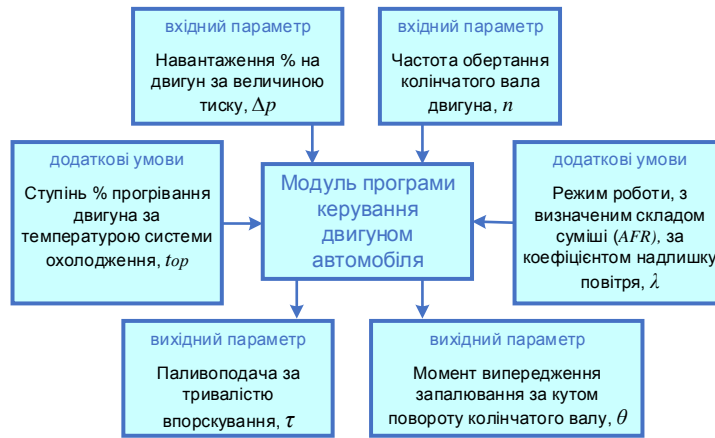


Рисунок 2 – Схема алгоритму роботи програмного модуля електронних систем керування двигуном автомобіля

Використання спеціального програмного забезпечення для персонального комп'ютера, у тому числі, надане розробниками для вільного користування, дає можливість доступу до модуля програми керування двигуном автомобіля. Функціонал програм дозволяє зчитувати поточні значення параметрів налаштування системи та вносити корективи у роботу систем, змінюючи значення у масиві початкових даних, вводячи поправочні коефіцієнти, правлячи закладені залежності між величинами.

У зв'язку з необхідністю проведення дозвільних процедур [10] під час переобладнання колісних транспортних засобів, що експлуатуються на дорогах загального користування, глибина реновації з можливістю відновлення робоздатності автомобілів та їх двигунів, зокрема електронних систем керування двигунів внутрішнього згоряння є, в першу чергу, доцільною для спеціальних колісних транспортних засобів.

Для оновлення системи керування двигуна об'ємом 1,8 L DR PH (KE-jetronic) автомобіля Ауді 100 1986 р.в. використана електронна система управління двигуном (ЕСУД) МІКАС 7.6, що застосовується для автомобілів вітчизняного виробництва Daewoo ЗАЗ та є прямим апаратним аналогом BOSCH MOTRONIC M1.5.4. Оновлена комплектація включає наступні елементи: головка блока циліндрів, впускний колектор, форсунки, паливна рампа, регулятор тиску, регулятор холостого ходу, датчик вільного кисню, датчик детонації, паливний насос, паливний фільтр, реле, датчик положення колінчастого та розподільчого валів, датчик положення дросельної заслінки, датчик атмосферного тиску та температури впускного повітря.

За допомогою вітчизняного програмного забезпечення, записані LOG файли необхідних параметрів та сигналів для аналізу роботи двигуна на різних режимах. Ці файли мають текстовий формат і для зручності варто додатково використати програмне забезпечення для візуалізації інформації (рис.3).

На основі аналізу даних таких файлів за допомогою програмного забезпечення відкориговані значення керуючих сигналів ЕСУД за паливоподачею за умови забезпечення ефективної роботи двигуна. Для коригування параметрів знадобилося шість ітерацій. Остаточні результати проведених налаштувань наведені на рисунках 4, 5.

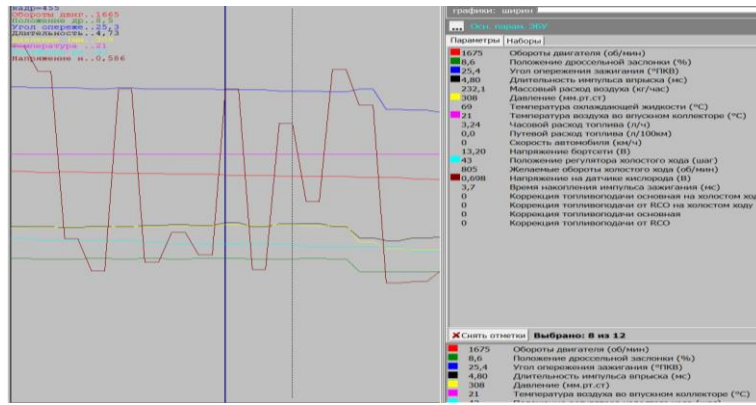


Рисунок 3 – Приклад візуалізації даних LOG файлу для аналізу роботи двигуна

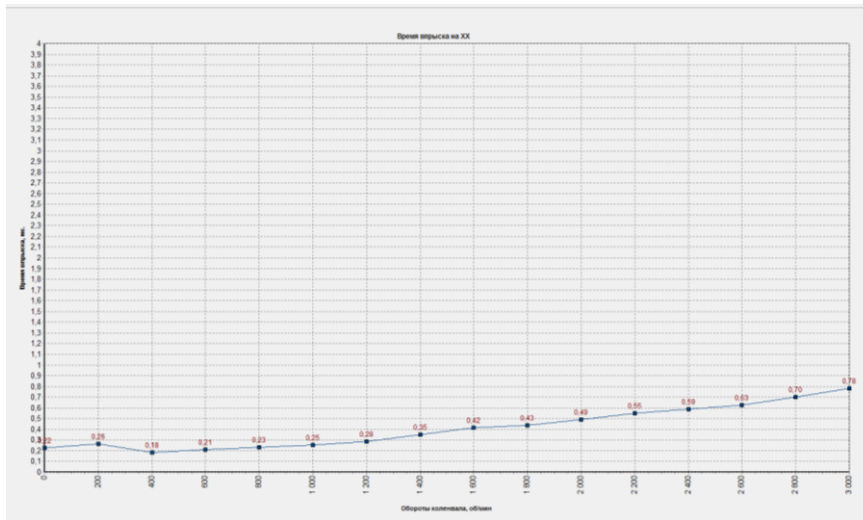


Рисунок 4 – Відкоригований графік часу впорскування палива у режимі холостого ходу (положення регулятора холостого ходу 20 кроків)

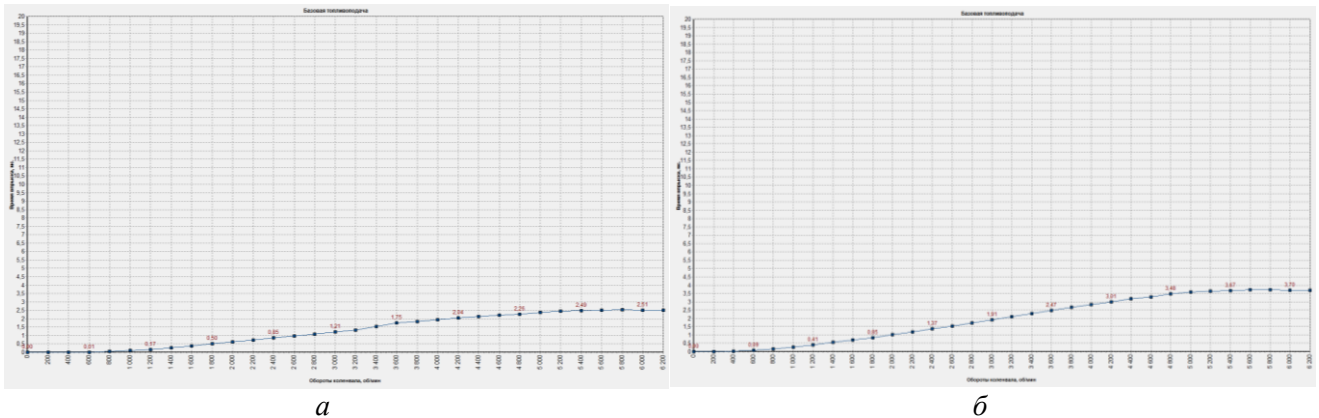


Рисунок 5 – Графіки відкоригованої паливоподачі для різного значення розрідження у впускному колекторі: *а* – 360 мм.рт.ст.; *б* – 500 мм.рт.ст.

### ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Такий підхід дозволить оптимізувати роботу двигуна за вибраними критеріями у визначених умовах на різних режимах роботи та збільшить можливості відновлення роботоздатності електронних систем керування роботою двигуна.

Не дивлячись на те, що встановлена система зі стандартними налаштуваннями призначена для використання на двигунах з робочим об'ємом 1,6 L, завдяки розширенню меж операційного простору, змінні параметри відкориговані таким чином, що система ефективно працює на двигуні з робочим об'ємом 1,8 L. Проведені експериментальні дослідження є підтвердженням ефективності

даного підходу, який може бути доцільним для відновлення техніки, для якої недоступні деякі запчастини та електронні компоненти.

### ВИСНОВОК

Запропоновано алгоритм реновації систем живлення і запалювання бензинових двигунів. Вказано на потребу і можливості використання спеціального програмного забезпечення для коригування робочих характеристик основних параметрів із застосуванням існуючих методик налаштування таких систем.

### ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Який середній вік автомобілів в Україні та Європі : Авто-мото. *u-news.com.ua*. URL: <https://u-news.com.ua/144764-yakyi-serednii-vik-avtomobiliv-v-ukraini-ta-yevropi.html>
2. Автoreновація від техкомплект: друге життя старих газонів, ЗІЛ та МАЗ. AUTO-Consulting. URL: <https://autoconsulting.ua/article.php?sid=53034>
3. Заміна карбюраторної системи живлення двигунів ваз 21051 системою впорскування палива / В.Ю. Калієнко, І.Г. Шелепко, А.О. Корпач // Тези XIV Всеукраїнська наукова on-line конференція студентів, магістрів та аспірантів з міжнародною участю «Сучасні проблеми екології» 15 березня 2018 року. – Житомир: ЖДТУ, 2018. – 57 с. URL: <http://ventportal.com/ua/node/468>
4. Greg Banish. Engine Management: Advanced Tuning Paperback – Illustrated, April 10, 2007.
5. Методики діагностики. [www.injectorservice.com.ua](http://www.injectorservice.com.ua). URL: <https://injectorservice.com.ua/diagnostics.php#0>
6. How to Tune and Modify Automotive Engine Management Systems - All New Edition: Upgrade Your Engine to Increase Horsepower (Motorbooks Workshop) – Softcover. Publisher: Motorbooks; Revised, All New ed. edition (July 21, 2013)
7. Engine Modeling and Control Modeling and Electronic Management of Internal Combustion Engines by Rolf Isermann. Springer, July 1, 2014. - 637 p.
8. Tony Candela. EFI Conversions: How to Swap Your Carb for Electronic Fuel Injection. Publisher: CarTech. – 144 p.
9. Greg Banish. Designing and Tuning High-Performance Fuel Injection Systems. Publisher: CarTech. – 128p.
10. Які основні вимоги та порядок здійснення переобладнання транспортних засобів? Головний сервісний центр МВС. URL: <https://hsc.gov.ua/index/poslugi/faq/yaki-osnovni-vimogi-ta-poryadok-zdiysnennya-pereobladnannya-transportnih-zasobiv/>

### REFERENCES

1. Yakyi serednii vik avtomobiliv v Ukraini ta Yevropi : Avto-moto. *u-news.com.ua*. URL: <https://u-news.com.ua/144764-yakyi-serednii-vik-avtomobiliv-v-ukraini-ta-yevropi.html>
2. Avtorenovatsiia vid tekhkomplekt: druhe zhyttia starykh hazoniv, ZIL ta MAZ. AUTO-Consulting. URL: <https://autoconsulting.ua/article.php?sid=53034>
3. Zamina karbiuratornoi systemy zhyvlennia dvyhuniv vaz 21051 systemoiu vporskuvannia palyva / V.Iu. Kaliienko, I.H. Shelepko, A.O. Korpach // Tezy KhIV Vseukrainska naukova on-line konferentsiia studentiv, mahistriv ta aspirantiv z mizhnarodnoiu uchastiu «Suchasni problemy ekolohii» 15 bereznia 2018 roku. – Zhytomyr : ZhDTU, 2018. – 57 s. URL: <http://ventportal.com/ua/node/468>
4. Greg Banish. Engine Management: Advanced Tuning Paperback – Illustrated, April 10, 2007.
5. Metodyky diahnostyky. [www.injectorservice.com.ua](http://www.injectorservice.com.ua). URL: <https://injectorservice.com.ua/diagnostics.php#0>
6. How to Tune and Modify Automotive Engine Management Systems - All New Edition: Upgrade Your Engine to Increase Horsepower (Motorbooks Workshop) – Softcover. Publisher : Motorbooks; Revised, All New ed. edition (July 21, 2013)
7. Engine Modeling and Control Modeling and Electronic Management of Internal Combustion Engines by Rolf Isermann. Springer, July 1, 2014. - 637 p.
8. Tony Candela. EFI Conversions: How to Swap Your Carb for Electronic Fuel Injection. Publisher : CarTech. – 144 p.
9. Greg Banish. Designing and Tuning High-Performance Fuel Injection Systems. Publisher : CarTech. – 128p.
11. Yaki osnovni vymohy ta poriadok zdiisnennia pereobladnannya transportnykh zasobiv? Holovnyi servisnyi tsentr MVS. URL: <https://hsc.gov.ua/index/poslugi/faq/yaki-osnovni-vimogi-ta-poryadok->

**Y. Bulik, V. Pavliuk, V. Kudenchuk, Renovation of petrol engine control systems internal combustion**

The car market of our country is characterized by a significant average age. There are difficulties in providing spare parts for the repair of vehicles that have been in use for decades. Constant improvement of the hardware and software parts of electronic engine control systems leads to the minimization of unified elements and the reduction of possibilities during the restoration of their operability. When replacing individual faulty components, during repairs, it is possible to use elements from other electronic systems, agreeing on their compatibility in terms of parameters and characteristics and taking into account regulatory technical documentation. In addition, the updated system is subject to adjustment with adjustment of the work algorithm: editing of dependencies between input and output parameters with the help of specialized software. The list of input and output parameters is determined by the analysis of the main factors affecting the performance characteristics. In this way, the task of renovating the car's electronic systems, including power and ignition control systems of internal combustion engines, can be solved. The output controlled operating parameter for the power system is the amount of fuel, and for the ignition system, the timing of the ignition advance. As a result of the adjustments, appropriate maps are obtained for controlling the operation of the engine's electronic systems under the condition of ensuring optimal indicators of the composition of the mixture in various modes and conditions of its operation. The work proposes a functional scheme of the algorithm for the renovation of electronic car engine control systems. An example of the method of setting up the power system according to the well-known scheme of the algorithm of the software module of the electronic control systems of the car engine is given. The initial parameter used to adjust the updated as a result of the renovation of the system given as an example is the supply of the amount of fuel per cycle in compliance with the values of the mixture composition in accordance with the conditions and mode of operation of the petrol internal combustion engine. Due to the specifics of the procedure for converting wheeled vehicles operated on public roads, electronic systems of special vehicles may be subject to renovation more often. In general, the conducted studies indicate the possibility of restoring the performance of cars and their engines, in particular electronic control systems of internal combustion engines, through a justified renovation of these systems within the limits defined by regulatory documentation in accordance with the current legislation on the conversion of wheeled vehicles.

**Key words:** renovation, repair, electronic systems of the internal combustion engine, scheme, algorithm, parameters.

*БУЛІК Юрій Володимирович*, кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій Луцького національного технічного університету, e-mail: [yurii.bulik@lutsk-ntu.com.ua](mailto:yurii.bulik@lutsk-ntu.com.ua), Yuriy Bulik <https://orcid.org/0000-0002-9787-434X>

*ПАВЛЮК Василь Іванович*, кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій Луцького національного технічного університету, e-mail: [v.pavliuk@lutsk-ntu.com.ua](mailto:v.pavliuk@lutsk-ntu.com.ua), Vasyl Pavliuk <https://orcid.org/0000-0002-0678-3566>

*КУДЕНЧУК Василь Віталійович*, магістрант кафедри автомобілів і транспортних технологій Луцького національного технічного університету, e-mail: [kvvasyok@gmail.com](mailto:kvvasyok@gmail.com)

*Yurii BULIK*, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Automobiles and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: [yurii.bulik@lutsk-ntu.com.ua](mailto:yurii.bulik@lutsk-ntu.com.ua), Yuriy Bulik <https://orcid.org/0000-0002-9787-434X>

*Vasyl PAVLIUK*, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Automobiles and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: [v.pavliuk@lutsk-ntu.com.ua](mailto:v.pavliuk@lutsk-ntu.com.ua), Vasyl Pavliuk <https://orcid.org/0000-0002-0678-3566>

*Vasyl KUDENCHUK*, master of Automobiles and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: [kvvasyok@gmail.com](mailto:kvvasyok@gmail.com)

DOI 10.36910/automash.v2i21.1210