

УДК 629.017
UDC 629.017

Волков¹ В. П., Внукова¹ Н. В., Позднякова¹ О. І., Волкова¹ Т. В., Онищук В. П.², Стельмащук В. В.²
Харківський державний автомобільно-дорожній університет¹
Луцький національний технічний університет²

ВПЛИВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ НА КЛІМАТИЧНІ ЗМІНИ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ТРАДИЦІЙНИХ ТА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВ

Одним з головних напрямків запобігання критичного впливу на довкілля є застосування на ТЗ альтернативних палив, зокрема біодизельних палив. Заходи по мінімізації впливу автотранспорту та його інфраструктури на довкілля можуть значно покращують якість оточуючого середовища та позитивно впливають на здоров'я людей. При оцінці ефективності тих чи інших напрямків покращення стану довкілля необхідно застосовувати комплексний підхід, який аналізує діяльність автотранспорту протягом усього його життєвого циклу. Такий підхід дозволить знайти оптимальне співвідношення між позитивними та негативними наслідками застосування будь-якого рішення, а саме біодизельного палива і не допустити зростання споживання природних ресурсів та емісії одних речовин при зменшенні впливу інших забруднювачів довкілля.

Автомобільний транспорт на сучасному етапі являється потужним джерелом антропогенних викидів оксидів вуглецю у світі, тому визначення напрямків зменшення споживання природних ресурсів та емісії токсичних речовин протягом життєвого циклу ТЗ дозволить скоротити його вплив на кліматичні зміни нашої планети.

Метою роботи явилось визначення екологічних наслідків для клімату при застосуванні біодизельного палива на транспортних засобах (ТЗ). За допомогою комп'ютерної програми проведено комплексну оцінку впливу на довкілля при роботі базових моделей тягачів VOLVO, які застосовують біодизельне паливо різного складу. Встановлено, що незначне зменшення емісії CO₂ при застосуванні сучасного біодизельного палива, супроводжується суттєвим зростанням емісії NO_x, витрат води і енергії при використанні біодизельного палива першого покоління.

Ключові слова: парниковий ефект, біодизельне паливо, життєвий цикл транспортних засобів.

ВСТУП

В даний час автомобільний парк України нараховує приблизно 11 млн. одиниць дорожніх транспортних засобів (ТЗ), структура яких виглядає наступним чином [1, 2]: вантажних ТЗ - 15,5 %, автобусів - 2,6 %, легкових ТЗ - 81,9 %. Майже всі вантажні ТЗ і автобуси працюють на дизельному паливі, що не кращим чином впливає на навколишнє середовище.

Одним з головних напрямків запобігання критичного впливу на довкілля є застосування на ТЗ альтернативних палив, зокрема біодизельних палив. Заходи по мінімізації впливу автотранспорту та його інфраструктури на довкілля можуть значно покращують якість оточуючого середовища та позитивно впливають на здоров'я людей. При оцінці ефективності тих чи інших напрямків покращення стану довкілля необхідно застосовувати комплексний підхід, який аналізує діяльність автотранспорту протягом усього його життєвого циклу. Такий підхід дозволить знайти оптимальне співвідношення між позитивними та негативними наслідками застосування будь-якого рішення, а саме біодизельного палива і не допустити зростання споживання природних ресурсів та емісії одних речовин при зменшенні впливу інших забруднювачів довкілля.

За даними [1] Україна у 2019 р. зайняла 29 місце у світовому рейтингу країн світу за емісією CO₂, яка склала 196,4 млн. т. В умовах зменшення промислового виробництва і зростання кількості ТЗ все більшу частку у цьому процесі грає автотранспорт. Відомо, що 18 % від цієї кількості CO₂ постачає транспорт, причому головним чином дорожній транспорт [2]. В Україні велику частку ТЗ складають автомобілі старіші за 10-15 років, які не відповідають сучасним європейським екологічним стандартам. Більша їх частка не пристосована до використання альтернативних палив, а саме біодизельних палив. У зв'язку з цим в Україні необхідно застосовувати такі природоохоронні заходи, які підходять і для старих ТЗ.

Актуальність роботи обумовлена тим, що автомобільний транспорт на сучасному етапі являється потужним джерелом антропогенних викидів оксидів вуглецю у світі, тому визначення напрямків зменшення споживання природних ресурсів та емісії токсичних речовин протягом життєвого циклу ТЗ дозволить скоротити його вплив на кліматичні зміни нашої планети.

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Європейський союз посилив обмеження на викиди вуглекислого газу для ТЗ з ДВС. Європейський парламент встановив цільовий показник скорочення викидів CO₂ в 37,5 % до 2030

року в порівнянні з лімітом на 2021 р. Тимчасова мета скорочення викидів CO₂ для автомобілів на 15 % до 2025 року. Встановило норми викидів CO₂ для нових мікроавтобусів (31 %) до 2030 року [3]. Споживання енергії в транспортному секторі залежить, головним чином, від наступних факторів:

- інтенсивності перевезень;
- різноманітності транспортних засобів (співвідношення автомобілів, автобусів, і т. і.);
- використання різних видів палива і їх співвідношення в кожному виді транспорту;
- енергоємності (включаючи ефективність використання палива різними видами транспорту).

Планові показники скорочення викидів парникових газів (ПГ) на тривалу перспективу для ЄС визначені Європейською комісією у Дорожній карті переходу до конкуренто спроможної низьковуглецевої економіки до 2050 року. Передбачено скорочення викидів ПГ країнами ЄС у транспортному секторі на 60 % до 2050 року (порівняно з рівнем 1990 року) [4].

Запропоновано декілька головних напрямків зниження емісії вуглекислого газу від автотранспорту відповідно до сценарію BLUE MAP, що розглядаються Міжнародним енергетичним агентством [5]. Вони детально розглянуті у роботі [3]. Основна роль в зниженні викидів CO₂ відводиться [5]:

- підвищенню паливної економічності ТЗ (52 %);
- застосування біопалив (17 %);
- застосування електромобілів та автомобілів з комбінованими енергоустановками (17 %);
- застосування водню (14 %).

Детальний аналіз можливих шляхів зниження енергоспоживання та емісії CO₂ в Україні проведено у роботі [2] де виділено 3 основних напрямки:

Підвищення ефективності використання дорожніх транспортних засобів, що перебувають в експлуатації - найбільш ефективне в сучасних умовах для України. Напрямок охоплює, зокрема: організацію та планування поїздок; техніку управління транспортними засобами; управління технічним станом; підвищення якості палива тощо.

Підвищення ефективності транспортної системи загалом з оптимізацією використання різних видів транспорту та покращенням інфраструктури, розвитком інформаційних систем у та взаємодії між різними видами транспорту, поліпшенням організації транспортного руху і т. і. Оновлення автомобільного парку на енергетично більш ефективні конструкції транспортних засобів.

Оптимальне поєднання у часі наведених вище заходів забезпечить виконання міжнародних зобов'язань України для захисту довкілля, зокрема, зменшенню емісії CO₂.

Кілька літературних джерел наголошують на важливості урахування ролі біопалива у можливому зменшенні викидів ПГ протягом життєвого циклу у порівнянні з викопним паливом для формування і розробку політики та прийняття рішень щодо вибору найкращих типів біопалива першого, другого та третього покоління, наприклад, [6, 7]. Викиди CO₂ від спалювання біомаси є кліматично нейтральним завдяки поглинанню біомаси CO₂ під час вирощування [8]. Рослинна сировина в природних умовах засвоюється аеробними організмами. При цьому біогенному процесі виділяється певна кількість енергії, так само як в процесі техногенного окислення (спалювання палива в двигуні).

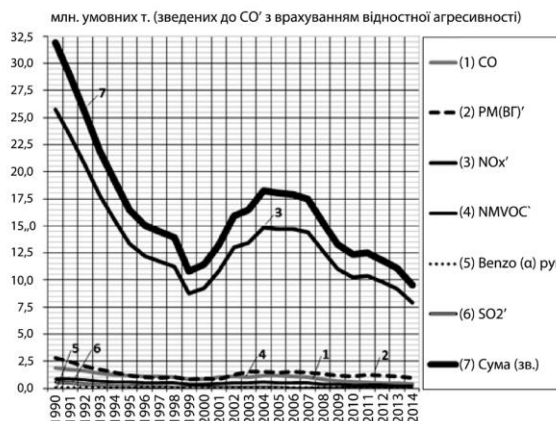
Зазвичай у якості біопалива для автотранспорту розглядають біогаз, біоетанол та біодизельне паливо. У нашій роботі ми розглядали екологічні питання застосування біодизельного палива на ТЗ.

Багато фахівців, наприклад, [9] ствержують, що двигуни, які працюють на дизельному паливі (ДП) мають оптимальні співвідношення масогабаритних, експлуатаційних, екологічних, енергетичних та економічних властивостей і тому ще довго буде залишатися безальтернативною енергетичною установкою. Світовий досвід вирішення екологічних проблем, які виникають при емісії відпрацьованих газів дизельних двигунів, зокрема данні Міністерства енергетики США (Department of Energy - DOE), вказують на те, що застосування біодизельного палива знижує викиди практично всіх шкідливих речовин, за винятком оксидів азоту [10].

Дані, які представлені у роботі [2] на рис. 1. свідчать, що оксиди азоту (NO_x) сьогодні є визначальним забруднювачем повітря міст. На другому місці зважені частинки (PM_{2.5}), що продукують переважно ТЗ з дизельними ДВЗ [2]. Покращення паливної економічності ТЗ завдяки підвищенню ефективності робочого процесу двигунів має як результат збільшення температури термодинамічного циклу і, відповідно, збільшення викидів саме оксидів азоту. Зростання частки дизельних ТЗ, а також використання, наприклад, біоетанолу в складі сумішевих бензинів, мають наслідками, зазвичай, збільшення викидів оксидів азоту та інших забруднювачів.

Безсумнівно, технологія отримання (підготовка сировини, умови реакції, очищення біодизельного палива від домішок) істотно впливає на якість біодизельного палива. Відомі два основних підходу до вирішення цього питання. Перший підхід має на увазі використання сучасних видів біодизельного палива і мінімізацію недоліків їх експлуатаційних характеристик за рахунок застосування сумішевих палив з низьким вмістом біодизельного палива, наприклад, B5-B7.

В цьому випадку недоліки паливних характеристик біодизельного палива не чинитимуть істотного впливу на паливну систему. З іншого боку, для використання біодизельного палива і сумішевих палив пропонується провести модифікацію двигуна (підігрів паливного бака, виготовлення паливних шлангів, прокладок зі стійких до біодизельного палива, матеріалів і ін.).



1-вміст CO; 2 – вміст твердих часток (PM) у відпрацьованих газах (BГ); 3 – вміст оксидів азоту (NO_x); 4 – вміст не метанових летючих вуглеводнів (NMVOC); 5 – вміст бензапірену (benzo(a)pyrene); 6 – вміст оксидів сірки (SO_2); 7 – сума

Рисунок 1. - Загальні зведені викиди BГ (в умовних зведених тонах відносно CO з врахуванням відносної агресивності) різних забруднювачів [2]

Другий підхід націлений на отримання біодизельного палива з кращими експлуатаційними характеристиками і меншою собівартістю [11].

Згідно з новими вимогами ЄС, які почали діяти з 1 травня 2018 року, у ДП додають біокомпоненти двох типів: FAME (Fatty Acid Methyl Esters), тобто метилові ефіри жирних кислот (МЕЖК) та HVO (Hydrotreated Vegetable Oil) гідроочищену рослинну олію (ГРО). На сучасному етапі МЕЖК - найбільш часто використовувана в світі біодобавка до палива і відноситься до 1 покоління біодизельного палива. Сировиною для МЕЖК є, наприклад, рапсове масло, яке головним чином застосовується у країнах ЄС для виготовлення біодизельного палива. Якщо ж використовувати МЕЖК в великій кількості, то можуть виникнути проблеми з мотором. Біодобавкою другого покоління є ГРМ. Сировиною для ГРМ є органічні біовідходи, наприклад, гідроване рослинне масло, риб'ячий жир і т. і. Біододаток другого покоління ГРМ добре підходить для всіх ТЗ. Біододаток першого покоління МЕЖК не можна використовувати в старих моделях ТЗ [4, 12].

Щоб отримати рівну кількість енергії біопалива, під сировинні культури для виробництва біодизельного палива необхідно відвести в три рази більше землі, ніж під цукрову тростину для виробництва етанолу. До того ж [9] емісія CO_2 при вирощуванні сировини для виробництва біодизельного палива у 4-14 разів перевищує таку для біоетанолу та біометану. Це є суттєвою перешкодою для поширення біодизельного палива [9]. Вирощування соняшнику і ріпаку дає набагато менший обсяг біопалива з одного гектара. Звичайний обсяг врожаю соєвих бобів, що культивуються в Бразилії, становить 600-700 л дизельного еквівалента на гектар, в той час як врожаї ріпаку в Європі складають близько 1100 л дизельного еквівалента на гектар. А у країнах ЄС для виробництва біодизельного палива в основному використовується ріпакова олія. Згідно з даними ІЕА (Міжнародне Енергетичне Агенство), біопаливо конкурує з виробництвом рослинних продуктів харчування [13].

Біодизельне паливо, яке отримують з МЕЖК, підходить для використання в стандартних дизельних двигунах. Воно може використовуватися у чистому виді (B100), або у вигляді суміші з традиційними дизельними паливами. На сучасному етапі найбільш поширені у ЄС види біодизельного палива це B5 та B7, іноді B10.

Згідно аналізу WTW, який застосовують до енергоносіїв та їх використання транспортними засобами, зменшення використання природних ресурсів та емісії токсичних речовин необхідно запровадити протягом усього життєвого циклу ТЗ. Аналіз WTW включає видобуток сировини, виробництво енергоносія, його доставку до ТЗ та кінцеве використання. За таким принципом у роботі [12] проаналізовано вплив на довкілля на усіх стадіях отримання біопалива для основних промислових технологічних процесів. Процес поділяють на 4 основних етапів:

- сільсько-господарський етап на якому спостерігається високе споживання енергії, емісія оксидів азоту (в наслідок застосування мінеральних добрив). Крім того, виробництво біопалива конкурує за землі для вирощування продуктів харчування;

- індустріальний етап на якому з олійної сировини отримують метилові МЕЖК. На цій стадії відмічено високе споживання енергії, природного газу, електроенергії, етанолу, гексану і т. і;

- на етапі транспортування емісія CO₂ залежить від відстані, на яку необхідно доставити сировину;

- на етапі збереження кінцевого продукту слід враховувати, що термін зберігання біодизельного палива не перевищує 3 місяців.

Таким чином, якщо враховувати тільки емісію вуглекислого газу при використанні біодизельного палива, то дійсно 100 % біопаливо, наприклад B100, являється CO₂ нейтральним. Але комплексний вплив біопалива на стійкий розвиток можна оцінити тільки за допомогою методології аналізу WTW, який значно ширше враховує екологічні аспекти, починаючи від викидів ПГ та виснаження викопних ресурсів до аспектів закислення ґрунтів, зміни землекористування, зростання споживання води та токсичності речовин, які використовуються для отримання МЕЖК та утворюються у якості побічних речовин у процесі його виробництва.

Проведений аналіз проблеми зниження викидів діоксиду вуглецю від автомобільного транспорту показує, що:

- прискорення процесів глобального потепління являється однією з головних проблем сучасності і автотранспорт грає одну з провідних ролей у зростанні емісії вуглекислого газу;

- основними способами зниження викидів CO₂ можна назвати: підвищення паливної економічності ТЗ, застосування біопалив, використання комбінованих енергоустановок і застосування водневих паливних елементів;

- серед різноманітної сировини для отримання біопалив найбільший вплив на довкілля на усіх стадіях виробництва, оказують технології біодизельного палива;

- застосування біодизельного палива приводить до зменшення емісії токсичних речовин та CO₂, але часто супроводжується зростанням емісії оксидів азоту. Крім того, суттєвий позитивний ефект спостерігається при вмісті біододатків до дизельного палива, починаючи з B20, а на сучасному етапі в основному використовують в ЄС паливо B5 та B7.

Таким чином ціллю нашої роботи явилось визначення комплексного впливу на кліматичні зміни тягачів VOLVO протягом життєвого циклу при використанні біодизельного палива.

Для досягнення цієї мети необхідно було вирішити наступні завдання:

- оцінити витрати води, енергії, емісію CO₂, NO_x та природних ресурсів при роботі ТЗ VOLVO на біопаливі різного складу за допомогою екологічного калькулятора;

- порівняти вплив на довкілля базових моделей тягачів при роботі на біопаливах різного складу та при різних вимогах стандартів EURO до палива;

- визначити позитивні та негативні фактори впливу на довкілля при використанні біопалив на прикладі ТЗ VOLVO та проаналізувати їх співвідношення;

- проаналізувати можливість впровадження різних заходів зменшення емісії CO₂ в сучасних умовах в Україні.

РЕЗУАТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Об'єктом наших досліджень являлися базові моделі ТЗ VOLVO FM, FH, FL, FE. Для покращення екологічних показників вантажівок та визначенню шляхів зменшення їх впливу на довкілля у корпорації було створено комп'ютерну програму «Environmental Footprint Calculator» [14]. Оцінку проводили для повного життєвого циклу ТЗ. Проаналізували вплив на довкілля сучасних та перспективних видів ДТ різного складу та для різних стандартів палива (Euro3-6). Позначки B7 та B30 вказують на використання біодизельного палива з вмістом МЕЖК у кількості відповідно 7 % та 30 % у суміші з традиційним ДТ. Позначкою B0 позначено нафтове ДТ без біододатків. Можливо також визначити масу матеріалів ТЗ, яка підлягає рециклінгу. Витрата палива у середньому складає 23л/100 км, а загальний пробіг для усіх моделей - 100000 км.

Автомобільна корпорація VOLVO приділяє велику увагу питанням захисту довкілля протягом усього життєвого циклу виробництва ТЗ, зокрема вантажівок. З 70-х років 20 сторіччя дотепер емісія токсичних газів вантажівок скоротилася на 90 %. Крім того, скоротилося використання палива та на 40 % емісія вуглекислого газу при русі ТЗ [14]. Двигун тягача Volvo, який працює на Euro 6, має вдвічі менший рівень викидів твердих частинок, а також зменшений обсяг викидів оксиду азоту — майже на 80 %.

Environmental Footprint Calculator дозволяє користувачам ТЗ VOLVO оцінити ефективність різних напрямків зменшення впливу вантажівок на кліматичні зміни нашої планети та застосовувати такі заходи, які забезпечують ефективне використання природних ресурсів та зменшення емісії діоксину вуглецю протягом всього життєвого циклу ТЗ VOLVO.

На рис. 2 представлено приклад розрахунку використання природних ресурсів та емісію забруднюючих речовин протягом життєвого циклу вантажівки VOLVO FM при використанні палива B7 та для стандартів Euro-5. Як видно з рис. 2, практично вся емісія токсичних речовин та витрата матеріалів відбувається на етапі експлуатації ТЗ. Результати визначення витрати матеріалів та емісії забруднюючих речовин представлено на рис. 3.

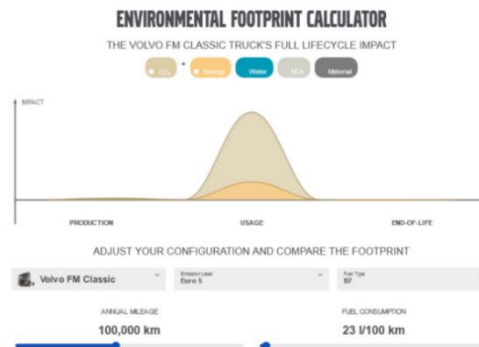


Рисунок 2 – Використання природних ресурсів та емісія забруднюючих речовин протягом життєвого циклу вантажівки VOLVO FM

Результати розрахунків залежності емісії забруднюючих речовин та споживання ресурсів від виду палива, як приклад, для моделі тягачів VOLVO FM наведено у таблиці 1.



Рисунок 3 - Результати розрахунку витрати природних ресурсів та емісії забруднюючих речовин при використанні палива B100

Розрахунки для стандартів на паливо Euro-3 проводили тому, що в Україні багато старих ТЗ середній вік яких 12-14 років, (у тому числі і тягачів VOLVO) і вони можуть працювати на такому паливі. Відомо, що на сучасному етапі у країнах ЄС вже діють стандарти Euro-6.

Таблиця 1 – Залежність емісії забруднюючих речовин та споживання ресурсів від виду палива для вантажівок VOLVO FM.

Паливо Euro-3					
1	2	3	4	5	6
Тип палива	Емісія CO ₂ ; кг-екв. CO ₂	Витрата енергії; МВт*год (MWh)	Витрата води; м ³	Емісія оксидів азоту NO _x ; кг	Маса матеріалів, рециклінгу; кг
Паливо Euro-3					
B0	1680000	6350	1920	10500	3390

B7	1630000	6630	2290	10800	3390
B30	1490000	7540	3510	11800	3390
Паливо Euro-4					
B0	1690000	6430	2070	7390	3490
B7	1650000	6700	2440	7630	3490
B30	1500000	7620	3670	8340	3490
Паливо Euro-5					
B0	1700000	6440	2240	4250	3490
B7	1650000	6720	2610	4410	3490
B30	1510000	7630	3830	4880	3490

Продовження таблиці 1

Паливо Euro-6					
1	2	3	4	5	6
B0	1710000	6510	10000	1050	3520
B7	1670000	6790	10400	1110	3520
B100	1070000	10500	15300	1840	3520

Програма дозволяє розрахувати емісію токсичних речовин та витрату природних ресурсів для 2 покоління біодизельного палива, а саме HVO для деяких моделей тягачів VOLVO. У таблиці 2, як приклад, наведені результати розрахунку для VOLVO FE при використанні HVO. Для інших моделей ТЗ спостерігалися подібні тенденції.

Таблиця 2 – Залежність емісії забруднюючих речовин та споживання ресурсів від виду палива для вантажівок VOLVO FE

Паливо Euro-3					
Тип палива	Емісія CO ₂ ; кг-екв. CO ₂	Витрата енергії; МВт·год (MWh)	Витрата води; м ³	Емісія оксидів азоту NO _x ; кг	Маса матеріалів, рециклінгу; кг
Паливо Euro-3					
B0	228000	877	259	1400	1690
B7	222000	913	308	1440	1690
B30	203000	1030	469	1570	1690
HVO	95600	1230	96	1640	1690
Паливо Euro-4					
B0	230000	886	350	989	1690
B7	225000	922	399	1020	1690
B30	205000	1040	559	1110	1690
HVO	97,600	1240	186	1220	1690
Паливо Euro-5					
B0	231000	888	372	576	1690
B7	225000	925	421	596	1690
B30	206000	1040	581	658	1690
HVO	98100	1240	208	811	1690
Паливо Euro-6					
B0	232000	895	438	157	1700
B7	227000	932	487	165	1700
B100	148000	1422	1140	260	1700
HVO	98200	1240	208	387	1700

Як видно, при застосуванні покоління біодизельного палива суттєво, більше ніж у 2,3 рази, зменшується емісія вуглекислого газу при застосуванні палива HVO у порівнянні з B0 та приблизно у 2 рази зменшується споживання води. Але для усіх стандартів палива одночасно зростає емісія оксидів азоту. Наприклад, при застосуванні Euro-6 – у 2,5 рази. При цьому для палива HVO споживання енергії протягом життєвого циклу ТЗ також зростає на 38 % у порівнянні з B0 при застосуванні стандарту Euro-6.

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Було проаналізовано залежність зменшення емісії вуглекислого газу від стандартів Euro та виду палива. Для усіх моделей отримали практично однакові результати. Приклад розрахунку для моделі VOLVO FM наведено у таблиці 3.

Таблиця 3 – Зменшення емісії CO₂ в залежності від стандартів Euro та виду палива

Тип палива	Euro-3	Euro-4	Euro-5	Euro-6
B0	100%	100%	100%	100%
B7	-3,0%	- 2,4%	-2,9%	- 2,3%
B30	-11,30%	- 11,2%	-11,2%	
B100				- 37,4%

При розрахунках ми приймали емісію вуглекислого газу для звичайного нафтового дизельного палива (B0) за 100 %.

Аналіз емісії вуглекислого газу показує, що при використанні біодизельного палива замість традиційного B0 спостерігається зменшення емісії CO₂ для усіх базових моделей. При рівних умовах максимальні абсолютні значення спостерігаються для моделей VOLVO FM. Найменші значення емісії CO₂ при усіх стандартах та для усіх видів палива, які розглянуті у роботі, мають VOLVO FE. Як свідчать дані табл. 3, зміна стандартів палива від Euro-3 до Euro-6 практично не впливає на емісію CO₂. Для палива B7 емісія CO₂ зменшується у порівнянні з B0 у середньому лише на 2,65 %. А серед біодизельних палив, які використовуються у світі, такий склад на сучасному етапі являється найбільш поширеним. Суттєве зменшення емісії спостерігається лише при значному зростанні біокомпонентів у ДП. Для палива B30 воно складає в середньому 11,23 % (табл. 3). Для палива B100, при відповідності стандартам Euro-6, складає 37,4 % (табл. 3).

Таким чином, зміна стандартів палива від Euro-3 до Euro-6 практично не впливає на емісію CO₂. Для найбільш поширених сучасних біодизельних палив (B7) зменшення емісії CO₂ у порівнянні з B0 не суттєво. Значний позитивний ефект спостерігається починаючи з палива B30.

Проаналізували залежність зростання емісії оксидів азоту від стандартів Euro та виду палива для кожної моделі тягачів. Для усіх моделей отримали однакові результати. Їх середні значення наведені у таблиці 4. При розрахунках приймали емісію оксидів азоту для палива B0 за 100 %.

Таблиця 4 – Зростання емісії оксидів азоту в залежності від стандартів Euro та виду палива

Тип палива	Euro-3	Euro-4	Euro-5	Euro-6
B0	100 %	100 %	100 %	100 %
B7	+2,83 %	+3,35 %	+4,07 %	+ 5,44 %
B30	+11,82 %	+ 12,75 %	+15,12 %	
B100				+ 71,2 %

Аналіз емісії оксидів азоту показує, що при використанні біодизельного палива замість традиційного B0 спостерігається його зростання для кожної моделі тягачів. При рівних умовах максимальні абсолютні значення емісії оксидів азоту спостерігаються для моделей VOLVO FM (табл. 1). Зростання долі біододатків у ДП у всіх випадках (від B0 до B100) приводить до збільшенню емісії оксидів азоту. Для палива B7 зростання емісії NO_x складає від 2,86 до 5,4 % в залежності від стандарту Euro (табл. 4), а для B30 – від 11,82 до 15,12 %. Максимальне зростання емісії NO_x - 25,3 % спостерігаються для палива B100.

Безумовно, для усіх моделей спостерігається суттєве абсолютне зменшення емісії оксидів азоту при зміні стандартів від Euro 3 до Euro 6 для однакового типу палива. Наприклад для моделі VOLVO FE для палива B0 емісія оксидів азоту у цьому випадку зменшується приблизно у 10 разів.

Слід зазначити, що потенціал глобального потепління у NO_x у 22-25 разів більший за CO₂ [15]. Це особливо треба брати до уваги, коли враховують вплив автотранспорту на парниковий ефект. У нашому випадку зменшення емісії CO₂ при використанні біодизельних палив, що являється позитивним ефектом, супроводжується зростанням емісії NO_x, негативний вплив яких на парниковий ефект значно більший.

Результати, які отримані, корелюються з даними і для інших вантажівок, наприклад дизельних двигунів D-245.12C [16]. У роботі [16] запропонована методика оптимізації складу біодизельного палива, що складається з суміші ДТ і ріпакової, або соняшникової олії у дослідженнях на дизельних двигунах D-245.12C. В якості головних параметрів для оптимізації складу біодизельних палив вибрані димність і вміст оксидів азоту в ДТ. Підкреслюється, що серед газоподібних токсичних

компонентів ВГ дизельних двигунів від 30 до 80 % по масі і від 65 до 95 % по еквівалентній токсичності приходится на оксиди азоту NO_x [17]. Для палива В20, яке складається з нафтового ДТ і метилових ефірів ріпакової олії (МЕРО) при випробуванні дизеля Д-245.12С встановлено зниження емісії NO_x на 10,2 % в порівнянні з В0, але для В60 спостерігається зростання емісії NO_x на 6,49 %. Це корелюється з отриманими нами результатами по зростанню емісії NO_x при збільшенні частки біодобавки в ДТ для вантажівок VOLVO. Слід зазначити, що для біодизельного палива на основі соняшникової олії зменшення емісії NO_x спостерігається на 4,4 % тільки починаючи з В15 в порівнянні з В0. Причому, подальше збільшення частки біодобавки до 40 % (В40) не впливає на зниження емісії NO_x .

У США, проводилися дослідження впливу складу біодизельного палива на викиди шкідливих речовин [10]. Викиди оксидів азоту в порівнянні з роботою на ДП зростали на 1 – 10 % [18]. Але у роботі [10] для важких ТЗ, які були обладнані дизелями Cummins ISM 2000 та працювали на паливі В20 відзначалося деяке зниження викидів оксидів азоту - на 5 %, що, мабуть, можна пояснити особливостями складу застосовуваного палива та режимів роботи двигуна в даному їздовому циклі

Виконаний аналіз залежності зростання витрат води (табл.5) від стандартів Euro та виду палива показав, що для усіх моделей отримали практично однакові результати. Середні значення наведені у таблиці 5. При розрахунках приймали витрату води палива В0 за 100 %.

Таблиця 5 – Зростання витрат води в залежності від стандартів Euro та виду палива

Тип палива	Euro-3	Euro-4	Euro-5	Euro-6
В0	100 %	100 %	100 %	100 %
В7	+12,82 %	+ 16,3 %	+12,53 %	+12,7 %
В30	54,70 %	+ 69,56%	+64,65 %	
В100				+25,30 %

Аналіз потреб у воді показує, що при використанні біодизельного палива замість традиційного В0 спостерігається значне зростання витрат води для усіх моделей VOLVO для усіх стандартів Euro. Як і для емісії NO_x та CO_2 найгірші значення для моделей VOLVO FM (табл.1).

За даними таблиці 5 при заміні палива В0 на В7 витрати води зростають у середньому на 13,9 %, а при використанні В30 – на 55-65 % (табл. 5).

У роботі [4] відмічалось, що використання води у галузі виробництва біопалива впливає на соціальну стабільність. Постійне зростання виробництва біопалива додає додаткове навантаження на водні ресурси багатьох регіонів, які уже потерпають від її нестачі [19]. Причому, як на стадії вирощування так і у процесі переробки рослинної сировини у олію, а потім у і МЕЖК [19, 12].

У багатьох ситуаціях саме брак води, а не землі, може виявитися головним обмежуючим фактором виробництва сировини для біопалива. Близько 70 % прісної води в світі витрачається на сільськогосподарські потреби. Багато країн відчувають все більший дефіцит водних ресурсів для сільського господарства в результаті зростання конкуренції з побутовим і промисловим секторами. А виробництво біодизельного палива потребує великих витрат води на усіх стадіях виробництва, при цьому, чим більше частка біодобавки у паливі, тим більше води потрібно на виробництво такого палива.

Провели аналіз залежності зростання витрат енергії від стандартів Euro та виду палива. Для усіх моделей отримали однакові результати. Вони наведені у таблиці 6. При розрахунках приймали витрату енергії для палива В0 за 100 %. Витрати енергії протягом життєвого циклу ТЗ практично не залежать від виду стандартів Euro для однієї моделі вантажівки.

Таблиця 6 – Зростання витрат енергії в залежності від стандартів Euro та виду палива

Тип палива	Euro-3	Euro-4	Euro-5	Euro-6
В0	100 %	100 %	100 %	100 %
В7	+4,25 %	+4,20 %	+4,18 %	+ 4,13 %
В30	+18,15 %	+18,30 %	+17,87 %	
В100				+ 59,77%

Найбільші витрати енергії спостерігаються для моделей VOLVO FM. При застосування палива В7 вони зростають на 4,2 % (табл. 6), а для В30 – на 18 %. Як видно з табл. 6, значне зростання спостерігається при використанні палива В100.

Встановлено, що з ростом вмісту ріпакової олії в біодизельній суміші тривалість її згоряння збільшується, і при наявності масла більше 60 % процес згоряння не встигає закінчитися до моменту відкриття випускного клапана двигуна.

При роботі дизеля Cummins на суміші B20 витрата палива зростає на 1,7-2,7 %, а при роботі на чистому біодизельному паливі B100 з ріпакової олії - на 14 % в порівнянні з ДП [10]. Застосування сумішевого палива B20 знижує потужність приблизно на 1-2 %, що практично непомітно в експлуатації. При використанні палива B100 потужність знижується приблизно на 8 % в порівнянні з ДП.

Результати, які були отримані, дозволили проаналізувати ефективність застосування біодизельного палива на ТЗ VOLVO у Харківській області. За даними регіонального сервісного центру ГСЦ МВС України у Харківській області до війни було зареєстровано загалом 50 тягачів VOLVO FH та 1 тягач VOLVO FMX. Якщо припустити, що усі ці вантажівки будуть використовувати паливо B7, то зменшення емісії CO₂ для одного ТЗ буде складати 30 т, відповідно для 51 ТЗ – 1530 т. Але зростає споживання води, енергії та емісії NO_x. Для 51 одиниці ТЗ зростання споживання води на - 16320 м³, емісії NO_x – приблизно на 6,6 т. Таким чином, не можливо однозначно позитивно характеризувати вплив на довкілля застосування біодизельного палива на ТЗ.

Результати, які отримані, доводять, що використання біодизельного палива при будь-яких співвідношеннях з звичайним ДП для усіх моделей ТЗ дійсно приводить до зменшенню емісії CO₂, але супроводжуються зростанням емісії оксидів азоту. Данні, які наведені, дозволяють спрогнозувати значне зростання споживання води при розвитку галузі виробництва біопалива в Україні, яка по забезпеченню власними водними ресурсами на душу населення займає одно з останніх місць у Європі. Як відмічалось вище, застосування біопалив являється не єдиним заходом зменшення емісії вуглекислого газу при експлуатації автотранспорту. На нашу думку, більш ефективними, в сучасних умовах України, можуть бути шляхи, які зазначені у роботі [2].

Стимулювання альтернативних видів моторних палив і джерел енергії має здійснюватися виключно на основі комплексного аналізу їх ефективності з врахуванням всіх складових, зокрема, WTW-аналізу, витрат на інфраструктуру, життєвого циклу транспортного засобу тощо.

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано основні способи зниження емісії CO₂ на ТЗ до яких відносяться: підвищення паливної економічності ТЗ, застосування біопалив, використання комбінованих енергоустановок і застосування водню;

2. Проведено оцінку впливу звичайного ДП та біодизельного палива на зміни клімату на прикладі вантажівки VOLVO FM за допомогою спеціалізованої комп'ютерної програми. Показано, що заміна традиційного дизельного палива на біодизельне дійсно приводить до зменшення емісії діоксидів вуглецю, але суттєве зменшення (на 12 % та 62 %) спостерігається тільки для палива B30 та B100. Для типових сучасних біодизельних палив B7 зменшення емісії CO₂ не більше 3 %.

3. Стимулювання альтернативних видів моторних палив і джерел енергії має здійснюватися виключно на основі комплексного аналізу їх впливу на довкілля з врахуванням всіх складових життєвого циклу транспортного засобу. При комплексному аналізі впливу тягачів VOLVO на оточуюче середовище було встановлено, що зростання частки біододатку у ДП приводить до зростання споживання води та енергії а також емісії оксидів азоту від 3 % (для B7) до 13 % (для B30) при однаковому стандарті Euro. А для палива B100 при стандарті Euro 6 емісія оксидів азоту зростає на 70 % у порівнянні з нафтовим дизельним паливом B0.

4. Застосування біодизельного палива 2 покоління (HVO) дозволяє суттєво, більше ніж у 2, 3 рази, зменшити емісію CO₂ порівнянні з B0 і у 2 рази зменшити споживання води. Але одночасно зростає емісія оксидів азоту – у 2,5 рази та на 38 % споживання енергії.

5. В сучасних умовах України зменшити емісію CO₂, споживання енергії та взагалі, вплив на довкілля від автотранспорту можливо більш ефективними шляхами, ніж застосування біодизельного палива з урахуванням його недоліків. Наприклад, шляхом підвищення ефективності транспортної системи, управління ТЗ, оновленням парку автомобілів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Мировой Атлас Данных Украина Окружающая среда. [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://knoema.ru/atlas/%D0%A3%D0%>

2. Редзюк, А. М., Клименко, О. А. Щодо стратегії підвищення ефективності використання енергії дорожнім транспортом. - Науково-виробничий журнал № 4 (256) 2018 р. с.2-10.

3. Кутенев, В.Ф., Козлов, А.В., Теренченко, А.С., Шюте, Ю. В. Проблемные вопросы ограничения выбросов CO₂ от автотранспортных средств. [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://www.aae-press.ru/j0062/art016.htm>
4. A PESTLE Analysis of Biofuels Energy Industry in Europe Spyridon Achinas, Johan Horjus, Vasileios Achinas and Gerrit Jan Willem Euverink Sustainability 2019, 11, 5981; www.mdpi.com/journal/sustainability
5. Energy Technology Perspectives. Scenarios and Strategies to 2050. — Paris: International Energy Agency, 2006. — 486 p.
https://www.bigpowernews.ru/photos/50/10250_cuyWlXyAoVlibjt6STdoUiiYyF3aaLCh.pdf
6. Achinas, S.; Euverink, G. J. W. Feasibility study of biogas production from hardly degradable material in co-inoculated bioreactor. *Energies* 2019, 2, 1040.
7. Ghanimeh, S.; Khalil, C. A.; Ibrahim, E. Anaerobic digestion of food waste with aerobic post-treatment: Effect of fruit and vegetable content. *Waste Manag. Res.* 2018, 36, 965–974.
8. Cherubini, F.; Strømman, A.H. Life cycle assessment of bioenergy systems: State of the art and future challenges. *Bioresour. Technol.* 2011, 02, 37-451.
9. Presser S, Nazarian A., Millo A. Laser driven calorimetry measurements of petroleum and biodiesel fuel. *Fuel*, 2018, vol.214.-p.656-666.
10. Нагорнов, С. А., Дворецкий, Д. С., Романцова, С. В., Таров, В. П. Техника и технологии производства и переработки растительных масел: Тамбов, И-во: ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. [Электронный ресурс] – режим доступа:
http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/159/73159/51472?p_page=5
11. Kuchkina, A. Yu., Sushchik, N. N. Feedstocks, Methods and Perspectives of Biodiesel Production. *Journal of Siberian Federal University. Biology* 1 (2014), 7, 14-42.
12. Bonomi, A., Klein, B. C., Chagas, M. F., Dias Souza, N R. Technical Report Comparison of Biofuel Life Cycle Analysis Tools Phase 2, Part 1: FAME and HVO/HEFA. [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://task39.sites.olt.ubc.ca/files/2019/05/Task-39-CTBE-biofuels-LCA-comparison-Final-Report-Phase-2-Part-1-February-11-2019.pdf>
13. Field, C. B., Campbell, J. E., Lobell, D. B. Biomass energy: the scale of the potential resource, *Trends in Ecology and Evolution*, Vol 23. [Электронный ресурс] – режим доступа:
<http://www.cas.miamioh.edu/~stevenmh/field%20et%20al%202008.pdf>
14. «Environmental Footprint Calculator». [Электронный ресурс] – режим доступа:
<https://www.volvotrucks.ru/ru-ru/trucks/volvo-fh/volvo-fh-lng1.html>
15. Бекетов, В. Е., Лобов, А. А., Чамара, О.А., Евтухова, Г.П., Свирин, А. В. Киотский протокол как первый шаг на пути решения проблемы глобального потепления климата. Коммунальное хозяйство городов. Научно-технический сборник №81, с.111-120. -[Электронный ресурс] – режим доступа: http://eprints.kname.edu.ua/5622/1/111-120_%D0%91%D0%B5%D0%95.pdf
16. Марков, В.А., Девянин, С.Н., Зыков, С.А. Оптимизация состава биотоплив с добавками метиловых эфиров рапсового и подсолнечного масел. *Журнал Транспорт на альтернативном топливе* 2016г., №5(53), с.12-31.
17. Марков, В.А., Баширов, Р.М., Габитов, И. И., Токсичность отработанных газов дизелей. – М.: Из-во МГТУ им. Баумана, 2002.-376 с.
18. Wolfensberger, U. Treibstoff im Vordergrund des Interesses / U. Wolfensberger // *Schweizer Landtechnik*. – 1992. – Jg. 53. –№ 7. – S. 4 – 8.
19. UNEP. The Bioenergy and Water Nexus; Oeko-Institut and IEA Bioenergy Task 43; UNEP: Nairobi, Kenya, 2011. - [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.cbd.int/agriculture/2011-121/UNEP-WCMC2-sep11-en.pdf>

REFERENCES

- 1 Mirovoy Atlas Danyih Ukraina *Okruzhayuschayi Sreda.*: <https://knoema.ru/atlas/%D0%A3%D0%>
2. Redzyuk, A. M., Klimenko, O. A. (2018) Chodo strategii pidvyichenyi efektyvnosti vykorystanyi energii dorozhnim transportom. *Nauchnyiy-vyirobnyichiey zhurnal*, 4 (256),2-10.
3. Kutenev V. F., Kozlov A. V., Terechenko A. S., Chyute YU. V. Problemnyie voprosyi ogranicheniyi vyibrosov CO₂ ot avtotransportnyih sredstv. <http://www.aae-press.ru/j0062/art016.htm>
4. Achinas S., Horjus J., Achinas V., Willem G. J. (2019). A PESTLE Analysis of Biofuels Energy Industry in Europe. *Euverink Sustainability*. 11, 5981; www.mdpi.com/journal/sustainability

5. Energy Technology Perspectives. Scenarios and Strategies to 2050. Paris: International Energy Agency, 2006. — 486 p.
https://www.bigpowernews.ru/photos/50/10250_cuyWlXyAoVIibjt6STdoUiiYyF3aaLCh.pdf
6. Achinas, S.; Euverink, G. J. W. (2019) Feasibility study of biogas production from hardly degradable material in co-inoculated bioreactor. *Energies*, 2, 1040.
7. Ghanimeh, S.; Khalil, C. A.; Ibrahim, E. (2018) Anaerobic digestion of food waste with aerobic post-treatment: Effect of fruit and vegetable content. *Waste Manag. Res.*, 36, 965–974.
8. Cherubini, F.; Strømman, A. H. (2011) Life cycle assessment of bioenergy systems: State of the art and future challenges. *Bioresour. Technol.*, 02, 37–451.
9. Presser S, Nazarian A., Millo A. (2018) Laser driven calorimetry measurements of petroleum and biodiesel fuel. *Fuel*, 214, 656–666.
10. Nagornov S.A., Dvoretzkii D. S., Romantsova S. V., Tarov V. P. (2010) Tehnika i tehnologii proizvodstva i pererabotki rastitelnykh masel. Tambov: GOY VPO TGTU
http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/159/73159/51472?p_page=5
11. Kuchkina, A. Yu., Sushchik, N. N. (2014). Feedstocks, Methods and Perspectives of Biodiesel Production. *Journal of Siberian Federal University. Biology* 7, 14–42.
12. Bonomi, A., Klein, B. C., Chagas, M. F, Dias Souza, N R. (2019) Technical Report Comparison of Biofuel Life Cycle Analysis Tools Phase 2, Part 1: FAME and HVO/HEFA.
<http://task39.sites.olt.ubc.ca/files/2019/05/Task-39-CTBE-biofuels-LCA-comparison-Final-Report-Phase-2-Part-1-February-11-2019.pdf>
13. Field, C. B., Campbell, J. E., Lobell, D. B. Biomass energy: the scale of the potential resource, *Trends in Ecology and Evolution*, 23
<http://www.cas.miamioh.edu/~stevenmh/field%20et%20al%202008.pdf>
14. «Environmental Footprint Calculator». <https://www.volvo-trucks.ru/ru-ru/trucks/volvo-fh/volvo-fh-ling1.html>
15. Beketov, V. E., Lobov, A. A, Chmara, O. A., Evtuhova, G. P, Svirin, A. V. Kiotskii protokol kak pervykh chag na pyti recenyi problemu globalnogo potepneniya klimata. *Komunalnoe hozyiistvo gorodov. Nauchno-tehnicheskii sbornik*. 81, 111–120.
http://eprints.kname.edu.ua/5622/1/111-120_%D0%91%D0%B5%D0%95.pdf
16. Markov, V. A., Debyinin, S. N., Zyukov, S. A. (2016). Optimizatsiya sostava biotopliv s dobavkami metilovykh efirov rapsovoho i podsolnechnoho masel. *Zhurnal Transport na alternativnom toplive*. 5, 53, 12–31.
17. Марков, В. А., Баширов, Р. М., Габитов, И. И., (2002). Токсичность отработанных газов дизелей. М.: МГТУ им. Баумана, 376.
18. Wolfensberger, U. (1992). Treibstoff im Vordergrund des Interesses. *Schweizer Landtechnik*. 53, 7, 4 – 8.
19. UNEP. The Bioenergy and Water Nexus; Oeko-Institut and IEA Bioenergy Task 43; UNEP: Nairobi, Kenya. (2011): <https://www.cbd.int/agriculture/2011-121/UNEP-WCMC2-sep11-en.pdf>

V. Volkov, N. Vnykova, O. Pozdnyakova, T. Volkova, V. Onyshchuk, V. Stelmashchuk. Impact of vehicles on climate change when using traditional and alternative fuels.

One of the main areas of prevention of critical impact on the environment is the use of alternative fuels, in particular biodiesel fuels, on vehicles. Measures to minimize the impact of motor transport and its infrastructure on the environment can significantly improve the quality of the surrounding environment and have a positive effect on people's health. When evaluating the effectiveness of certain directions for improving the environment, it is necessary to apply a comprehensive approach that analyzes the activity of motor vehicles throughout their entire life cycle. This approach will make it possible to find the optimal ratio between the positive and negative consequences of using any solution, namely biodiesel fuel, and to prevent the increase in the consumption of natural resources and the emission of certain substances while reducing the impact of other environmental pollutants.

The purpose of the work was to determine the environmental consequences for the climate when biodiesel fuel is used in vehicles. A comprehensive assessment of the impact on the environment was carried out with the help of a computer program during the operation of basic models of VOLVO tractors that use biodiesel fuel of different composition. It was established that a slight decrease in CO₂ emissions is accompanied by a significant growth of NO_x emissions, water and energy consumption when using first-generation biodiesel fuel.

Key words: greenhouse effect, biodiesel fuel, vehicle life cycle

ВОЛКОВ Володимир Петрович доктор технічних наук, завідувач кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, E-mail: volf-949@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2202-3441>

ВНУКОВА Наталія Володимирівна, доктор технічних наук, проф., завідувач кафедри екології, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail vnukovanv@ukr.net, orcid.org/0000-0002-4097-864X;

ПОЗДНЯКОВА Олена Ігорівна, кандидат хімічних наук, доцент кафедри екології, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail pei.xadi@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7409-2839>

ВОЛКОВА Тетяна Вікторівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри транспортних технологій, Харківський національний автомобільно-дорожній університет E-mail: wolf949@ukr.net, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8546-4119>

ОНИЩУК Василь Петрович, кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький національний технічний університет, e-mail: Vasyl.Onyshchuk@lutsk-ntu.com.ua, <https://orcid.org/0000-0002-5316-408X>

СТЕЛЬМАЩУК Валерій Віталійович, кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій Луцького національного технічного університету, e-mail: Val.stelmashchuk@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3813-3143>

Vladimir VOLKOV, doctor of technical science, head of Department of Technical Exploitation and Service of Cars, Kharkiv National Automobile and Highway University, E-mail: volf-949@ukr.net ,ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2202-3441>

Nataliia VNYKOVA, doctor of technical science, professor, head of department of ecology, Kharkiv National Automobile and Highway University e-mail vnukovanv@ukr.net, orcid.org/0000-0002-4097-864X

Olena POZDNYAKOVA, candidate of chemical science, association prof. of ecology department, Kharkiv National Automobile and Highway University, e-mail pei.xadi@gmail.com, orcid.org/0000-0002-7409-2839

Tetiana VOLKOVA, Assistant professor, ph.d. in technical science of Department Transport Technology, Kharkiv National Automobile and Highway University, E-mail: wolf949@ukr.net, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8546-4119>

Vasyl ONYSHCHUK, PhD in Engineering, head of the department of Automobiles and Transport Technologies department, Lutsk National Technical University e-mail: Vasyl.Onyshchuk@lutsk-ntu.com.ua, <https://orcid.org/0000-0002-5316-408X>

Valery STELMASHCHUK, Ph.D in Engeneering, associate professor of automobiles and transport technologies department, Lutsk National Technical University, e-mail: Val.stelmashchuk@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3813-3143>.

DOI 10.36910/automash.v2i19.902