

діяльності на установці. За результатами моніторингу розробляється звіт оператора, який підлягає верифікації. Верифікатор проводить верифікацію на підставі договору, укладеного з оператором. На підставі інформації, отриманої під час верифікації, оператору видається верифікаційний звіт, що має містити висновок верифікатора за результатами верифікації. Звіт оператора, визнаний за результатами верифікації задовільним, подається до уповноваженого органу разом з верифікаційним звітом та заявою про прийняття звіту оператора. Уповноважений орган протягом 20 робочих днів з дня подання документів для прийняття звіту оператора: перевіряє подані оператором документи на відповідність вимогам законодавства; приймає рішення про прийняття звіту оператора; повертає оператору подані документи разом із вмотивованим висновком у разі відмови у прийнятті звіту оператора. Протягом 10 робочих днів з дня отримання оператором рішення уповноваженого органу про відмову у прийнятті звіту оператора оператор має право усунути зазначені в рішенні уповноваженого органу обставини, що стали підставою для відмови у прийнятті звіту оператора, та повторно подати до уповноваженого органу документи для прийняття звіту оператора.

## **ОЦІНКА ВПЛИВУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ, ЯКІ ПРАЦЮЮТЬ НА БІОДИЗЕЛЬНИХ ПАЛИВАХ**

*Позднякова О.І., к.х.н., доц.,  
Харківський національний автомобільно- дорожній університет,  
Україна  
pei.xadi@gmail.com*



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

The European Commission support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents which reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

Світова спільнота зіткнулася з необхідністю економії та заміни найближчим часом енергоносіїв органічного походження на альтернативні види палива. Сприяє цьому постійне посилення норм викидів забруднюючих речовин в ВГ

та необхідність суттєвого обмеження емісії CO<sub>2</sub>. Викиди парникових газів (ПГ) від транспорту збільшуються швидшими темпами, ніж із іншого сектора. Сектор значною мірою залежить від викопного палива, на частку якого припадає 96,3 % всіх транспортних палив у 2018 р. На транспорт також припадає 15 % світових викидів ПГ та 23 % від загального обсягу викидів CO<sub>2</sub>, які пов'язані з енергетикою. Кількість автотранспортних засобів, що експлуатуються у світі, ще у 2017 р. перевищила 1,5 млрд одиниць. Автомобілізація стала значним явищем, що впливає на різні аспекти глобального сталого розвитку: соціальні, економічні, екологічні та інші. Збільшення кількості автомобілів призводить до підвищення різних викидів, у тому числі парникових газів, тепла, зростання обсягів продуктів зносу шин і гальмівних механізмів. Автомобілебудування, що прискорено розвивається, вимагає використання значного обсягу природних ресурсів: енергії, води, металів, нафтопродуктів тощо. Крім того, відмічають значну теплову емісію, що надходить в атмосферу від автотранспортних засобів. Але головний негативний вплив автомобілізації на оточуюче середовище (о. с.) пов'язано з емісією відпрацьованих газів (ВГ) в атмосферу.

Електромобілі, здавалося б, екологічно нешкідливі, мають у своєму складі Li батареї, які дуже небезпечні для навколишнього середовища та погано піддаються утилізації. Крім того, енергія, яку вони споживають при зарядці акумуляторів, часто не є «зеленою», а виробляється з застосуванням вуглевмісної сировини. Якщо розглядати електромобілі як масові засоби транспорту, то через кілька років їх експлуатації з'являться серйозні проблеми з утилізацією великої кількості акумуляторних батарей Li, які містять велику кількість токсичних речовин, а також з отриманням основної долі електроенергії за допомогою альтернативних джерел.

Зростання споживання енергії, при обмеженості в ресурсах змушує шукати альтернативну заміну невідновлюваним енергоресурсам. Необхідно шукати шляхи зменшення впливу теплових двигунів на о. с. Одночасно з впровадженням електромобілів інтенсивні роботи проводяться з переведення дизельних двигунів на біопалива як у багатьох країнах. Розвиток виробництва та застосування біопалива пов'язаний із низкою глобальних причин, таких як ціни на мінеральне паливо, обмеженість запасів природних

копалин, негативний вплив на екологію традиційних енергоносіїв. Частка біопалива у світовому енергобалансі становить лише 4 %, а для транспортних засобів споживання становить 3 %. Щоб зменшити залежність від палива на нафтовій основі, а також для пом'якшення наслідків зміни клімату, біопалива розглядаються як одні з перспективних альтернативних види палива для транспорту. Сумарний світовий обсяг застосування біокомпонентів моторного палива досяг 125 млн. т у 2019 р. Так, у країнах ЄС на долю біопалива припадає 4,4 % загального енергоспоживання на транспорті, а доля електроенергії становить 1,4 %. Наразі основним способом використання біомаси в енергетиці є опалення. Чверть теплової енергії житлові та комерційні будівлі у всьому світі одержують від біопалива. У меншою мірою біопаливо застосовується на транспорті і для вироблення електрики (2,1%). Основний обсяг енергії з біологічних джерел на транспорті одержують автомобілі. Як біопаливо на транспорті в даний час застосовуються біоетанол і біодизель.

Запропоновано декілька головних напрямків зниження емісії вуглекислого газу від автотранспорту відповідно до сценарію BLUE MAP, що розглядаються Міжнародним енергетичним агентством. Основна роль у зниженні викидів CO<sub>2</sub> відводиться: підвищенню паливної економічності ТЗ (52 %); застосування біопалив (17 %); застосування електромобілів та автомобілів з комбінованими енергоустановками (17 %); застосування водню (14 %).

Технологічні зміни та створення інноваційних технічних засобів автомобільного транспорту являється найбільш пріоритетним напрямком зменшення впливу ТЗ на довкілля. Цей напрямок досліджується у багатьох спеціальних статтях та виходить за рамки нашої роботи.

Застосування інших трьох напрямків поряд с безумовними перевагами з позиції скорочення емісії CO<sub>2</sub>, приводить до появи інших екологічних проблем, якщо аналізувати повний життєвого цикл (LCA-аналіз).

Електромобілі були визнані ключовою технологією у скороченні викидів та енергоспоживання у секторі мобільності. Відомо, що електромобілі не утворюють емісію CO<sub>2</sub> безпосередньо, але це відбувається при їх виробництві. Останнім часом все більше дискусій ведеться про те, наскільки екологічні електрокари. Спеціалістами

інжинірингової компанії Ricardo, що займається дослідженнями в автомобільній промисловості, встановлено, що виробництво одного легкового автомобіля в середньому спричиняє викид 5,6 т. еквівалента CO<sub>2</sub> в атмосферу, а для електромобіля ця цифра в середньому становить 8,8 т. Причому, майже половина викидів припадає на процес виробництва батарей. На додаток до викидів CO<sub>2</sub>, що утворюються під час виробництва електромобілів, майже всі країни ЄС генерують значні викиди CO<sub>2</sub> ще й під час заряджання акумуляторів транспортних засобів. У більшості країн Європи викопні джерела одержання енергії поки що переважають над відновлюваними.

Таким чином, якщо враховувати увесь цикл LCA -аналізу електромобілів, то не можливо вважати їх екологічно безпечними. Досягти цього можливо буде тільки тоді коли електроенергія, яку споживають акумулятори електромобілів, буде отримуватися «зеленими методами», а саме, за допомогою альтернативних джерел енергії. До того ж необхідно знайти економічно ефективні та екологічно безпечні засоби утилізації токсичних компонентів акумуляторів.

Ще одним із напрямків зменшення парникового ефекту визнано використання водню. Цей газ можна спалювати в ДВЗ, або використовувати в паливних елементах автомобілів. Крім того, водень використовується, як сировина для промисловості, наприклад при отриманні біодизельного палива 2 покоління. Застосування водню на транспорті також не слід вважати екологічно безпечним, якщо враховувати сучасні методи отримання чистого водню в промисловості. Середня емісія вуглекислого газу під час виробництва водню становить майже 10 г CO<sub>2</sub>/г H<sub>2</sub>. Виробництво з низьким рівнем викидів становить менше 1 % від загального виробництва водню в останні роки. Майже все спеціалізоване виробництво водню (понад 99 %) в даний час базується на викопному паливі, головним чином на паровому риформінгу природного газу та вугілля. У 2021 р. близько 70 % енергетичної потреби в виробництві водню було задоволено через природний газ і близько 30 % через вугілля. Використання біомаси становить лише 0,1 % від глобального виробництва H<sub>2</sub>.

Багато літературних джерел наголошують на важливій ролі біопалива у зменшенні викидів ПГ у порівнянні з викопним паливом

за рахунок вибору найкращих типів біопалива першого, другого та третього покоління.

На даний момент 64 країни мають власні біопаливні програми, або мандати на долю біопалива в кінцевій паливній суміші. Прогнозується, що ринок біодизеля збільшуватиметься із середньорічними темпами +4,9 %, що призведе ринок до обсягу приблизно 63 млн. т. до кінця 2030р. У 2019 р. ЄС оголосив, що обов'язковою метою є десятивідсоткове змішування компонентів відновлюваних джерел енергії з звичайним ДП для транспортного сектора. В даний час сировиною для основної частини біодизелю є олії сільськогосподарських рослин. Ця сировина вважається малоперспективною внаслідок високої вартості та негативних економічних та екологічних наслідків її використання.

На сучасному етапі в основному у промисловості випускається біодизельне паливо 1 покоління. Воно складається з метилових етерів жирних кислот (FAME), що утворюються в процесі трансестерифікації мастил і жирів з метанолом. Переваги біодизельного палива 1 покоління були розглянуті у численних статтях. До основних належать такі: вони є відновлюваним джерелом енергії; не ведуть до техногенної емісії та накопичення вуглекислого газу в атмосфері, негативні наслідки їх застосування для о. с. істотно менші порівняно з нафтопродуктами. Біодизельне паливо містить дуже мало сірки. За даними більшості досліджень, у ВГ двигуна, що утворюються при згорянні біодизелю, значно знижується (в середньому на 50 %) вміст вуглеводнів, твердих частинок сажі, монооксиду вуглецю, а також ароматичних сполук порівняно з традиційним. Застосування біодизельного палива в порівнянні з нафтовим ДП дозволяє знизити витрати невідновлюваних природних ресурсів на 55-65 %; зменшити викиди парникових газів у 3,5-4,6 рази; знизити збитки навколишньому середовищу на 15-16 %; зменшити витрати з урахуванням екологічних збитків на 40 %. Біодизельне паливо знижує кількість ПГ на 33–80 % порівняно з викопним паливом. Незважаючи на позитивні аспекти застосування біодизелю, існує і ряд проблем: деякі експлуатаційні характеристики біодизельного палива потребують поліпшення; низька окислювальна стабільність, обмежені терміни зберігання, невисока теплотворна здатність (на 5-20 % менше, ніж у ДП), полімеризація складових палива з утворенням відкладень у

двигуні та ін. Широке поширення біодизельного палива в майбутньому може сприяти збільшенню голоду в масштабах планети та негативно вплинути на продовольчу безпеку. Біопаливо є вуглецево-нейтральним. Але, за іншими даними, наприклад, отримання біодизельного палива супроводжується суттєвим споживанням енергії, води та земельного фонду. Споживання цих ресурсів при отриманні біодизельного палива 1 покоління перевищує аналогічну витрату при використанні ДП на 4-6 % для енергії та на 13-70 % для споживання води залежно від складу біодизельного палива. Перелічені фактори призвели до необхідності переходу на біопаливо другого покоління, сировиною для яких мають стати нехарчові види біомаси, в основному, відходи сільського господарства та харчової промисловості.

Біодизельне паливо 2 покоління - НВО складається з гідрогенізованих рослинних олій або тваринних жирів, рафінованих з використанням водню під впливом каталізатора. Лідером із застосування біодизельного палива є Євросоюз, на який припадає 41 % світового попиту на дизельні біокомпоненти, що становить 15,9 млн т, або близько 7,4 % обсягу споживання ДП в ЄС. Переважна частка біокомпонентів, що застосовуються в ЄС – близько 85,5 % (13,6 млн. т) припадає на FAME, решта 14,5 % (2,3 млн. т) – це НВО. Серед рідких відновлюваних палив найменший вуглецевий слід характерний НВО - 2,2 г-екв.СО<sub>2</sub>/МДж. Для порівняння, показник викидів викопного дизельного палива становить 94 г СО<sub>2</sub> екв/МДж, що практично в 6 разів перевищує відповідне значення для НВО, який отримано з відпрацьованої олії (RED 2). Отримання та переробка біомаси мікродоростей у біодизель (3 покоління) залишаються дорогим та нерентабельним процесом.

Біопаливо другого покоління виробляють з будь-яких відходів. Вважається що це дозволяє не тільки уникнути конкуренції біоенергетики з харчовим сектором економіки, а й вирішити, принаймні частково, проблеми утилізації відходів різних виробництв. За оцінками фахівців, на кожного мешканця великого міста за рік припадає близько 4 кг таких відходів а з стічних вод великих міст - близько 6 кг/рік на кожного мешканця. Але в таких відходах багато води, а це шкідлива домішка при отриманні 2 покоління. Сировину необхідно сушити тому, що може бути омилення. Попередня

підготовка цього виду сировини потребує значних енергетичних витрат. У країнах Європейського Союзу ресурси відпрацьованих олій оцінюються у 0,7–1,0 млн. т/рік, у Китаї – 2,5 млн т/рік. Слід зазначити, що для забезпечення світового виробництва змішаного палива B20 необхідно 200-300 млн. т. ліпідів на рік. Однак, існуючі у світі запаси нехарчових ліпідів для виробництва біодизельного палива у світі обмежені кількістю 10-15 млн. т. на рік, що явно недостатньо для виробництва навіть змішаного палива. У разі збільшення частки HVO у паливній промисловості отримання достатньої кількості сировини стане проблемою.

Добре відомі і десятки років використовуються дві технології отримання біодизелю – гідролізне виробництво та технологія Фішера-Тропша. При отримання моторних палив по методу Фішера-Тропша вихід корисних продуктів становить 30 % від маси вихідної сировини. Для порівняння: вихід світлих нафтопродуктів при глибокій паливній переробці нафти досягає 70 %. Тому рослинна сировина неспроможна задовільнити глобальні енергетичні потреби людства. До головних переваг HVO відносяться досить високі показники теплоти згоряння, цетанового числа, хімічна стабільність. Можливо змішувати HVO у необмеженому співвідношенні з нафтовим дизелем без погіршення якості товарного палива, або у 100 % нерозбавленому вигляді. HVO є стійким до впливу мінусових температур. Він має більш високу температуру спалаху, тому його використання є безпечнішим.

На сучасному етапі біодизельні палива вже використовує ряд автомобільних корпорацій. Сучасні дизельні двигуни DAF для серій LF, CF і XF вже підходять для використання палива HVO. Поточне покоління вантажівок DAF може працювати на HVO без технічного переобладнання, або зниження експлуатаційних характеристик автомобіля. Виробництво та використання палива HVO супроводжується зниженням викидів CO<sub>2</sub> на 90 %, на 33 % менше твердих частинок, на 9 % менше азоту.

Але ряд автоконцернів обмежують, або взагалі забороняють дизельне паливо з біокомпонентами, як, наприклад, у дизелях Renault. Mazda Motor не допускає використання даного виду дизпалива, якщо вміст біокомпонентів становить 5 % і більше. Політика Citroen полягає в допуску біодизеля в автомобілях з моторами, які адаптовані для використання в ЄС. Для гарантійних дизелів Mitsubishi KIA заборонено використання біодизеля, в тому числі ДП з 5 % добавкою біопалива. Volkswagen допускає використання дизельного палива при

5 % біокомпоненті. На люку бензобака автомобілів Volkswagen міститься вказівка "Не для біодизеля".

Таким чином, в даний час одночасно розвиваються кілька напрямків із заміни традиційних палив на альтернативні енергоносії для автотранспорту. Застосування їх з позицій LCA-аналізу не є однозначним.

В умовах післявоєнної України з урахуванням обмежених фінансових ресурсів, пошкодженої дорожньо-транспортної інфраструктури, великими площами замінованих земель, зруйнованими джерелами постачання електроенергії, на наш погляд, не слід очікувати швидкого впровадження біодизельних палив та електромобілей. В Україні вони можуть бути забезпечені завдяки: заходам інформаційного характеру; встановленням обов'язкових до виконання в країні стандартів енергетичної ефективності ТЗ та їх складових; економічному стимулюванню вибору більш енергетично ефективних конструкцій транспортних засобів. Реалізація всього доступного комплексу заходів теоретично може зменшити споживання енергії дорожнім транспортом у 2050 р. орієнтовно до 65...70 % від рівня 2018 р. при цьому завдання зменшення споживання енергії та зменшення викидів CO<sub>2</sub>, не повинні бути самоціллю і мають узгоджуватися з питаннями розвитку економіки країни, екологічними та іншими аспектами з врахуванням всіх складових, зокрема, LCA - аналізу. ці напрямки найбільш прийнятні для України в найближчій перспективі.

## **ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ**

*Прокопенко Н.В., доц., к.б.н.,  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,  
Україна  
natvikpro08@gmail.com*

Відходи агропромислового комплексу – це приваблива сировина для отримання теплової та електричної енергії, прямого використання