

3. На заміну скасованому стандарту введено національні стандарти, які не гармонізовано з базовим міжнародним стандартом ISO 15550:2002 та які не покривають питання приведення параметрів двигунів до стандартних умов у повному обсязі.
4. Відсутність у новій нормативній базі чіткої методики коригування результатів випробувань створює проблему порівнянності експериментальних даних, отриманих за різних атмосферних умов, на різних моторних стендах та при різних комплектаціях двигунів.
5. Пропонується обговорення шляхів заповнення методологічної прогалини: розробка національного стандарту, або додатку до базового з адаптацією існуючих міжнародних методик або створення галузевих рекомендацій для забезпечення достовірності та порівнянності результатів стендових випробувань.

Література

1. ISO 15550:2002. Internal combustion engines — Determination and method for the measurement of engine power — General requirements. – 2002. Режим доступу: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ec01b57f-8d79-4506-87c2-1c7f4666d8e2/iso-15550-2002>
2. Дизель 4ДТНА1. Керівництво з експлуатації 4ДТНА1.КЕ. – Харків: ХКБД, 2015. – 83 с.

УДК 662.767:621.43:504.062

ВИКОРИСТАННЯ СИНТЕТИЧНИХ ПАЛИВ (E-FUELS) ЯК ШЛЯХ ДО ВУГЛЕЦЕВО-НЕЙТРАЛЬНОГО АВТОМОБІЛЕБУДУВАННЯ

Душкін Станіслав Сергійович, канд. техн. наук, доцент кафедри екології,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: dushkin@khadi.kharkov.ua, ORCID: 0000-0002-9345-9632

Сучасне автомобілебудування стоїть перед необхідністю вирішення глобальних екологічних проблем, зокрема скорочення викидів парникових газів і залежності від викопного палива. Традиційні двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ) є значним джерелом викидів CO₂, що посилює кліматичні зміни. У відповідь на ці виклики індустрія активно досліджує та впроваджує альтернативні рішення, такі як гібридні та електричні силові установки. Однак повний перехід на електромобілі стикається з низкою труднощів, включаючи високу вартість акумуляторних батарей, обмежену інфраструктуру для зарядки та проблеми утилізації відпрацьованих елементів [1–2].

Особливого значення набуває пошук рішень, які дозволять зберегти та модернізувати існуючий автопарк з ДВЗ, зменшивши його негативний вплив на довкілля. У цьому контексті синтетичне паливо (e-fuels) постає як перспективна альтернатива. Вироблене з використанням відновлюваної електроенергії, води та вуглекислого газу (CO₂), воно може забезпечити вуглецево-нейтральну

роботу ДВЗ, не вимагаючи значних змін у конструкції двигуна або існуючій заправній інфраструктурі [3]

Основна перевага e-fuels полягає в їхньому потенціалі до створення замкненого вуглецевого циклу. Вуглекислий газ, що виділяється під час спалювання палива, компенсується тим CO₂, що був використаний у процесі його виробництва. Це відкриває шлях до декарбонізації транспортного сектору, особливо у сферах, де використання електромобілів є складним, наприклад, у важкому вантажному транспорті, авіації та на спеціалізованій техніці. У роботі розглядаються ключові аспекти виробництва e-fuels, їхні екологічні переваги та економічні виклики, а також оцінюється їхня роль у стратегії сталого розвитку автомобільної галузі.

Розвиток технологій e-fuels ґрунтується на кількох ключових етапах: виробництві зеленого водню шляхом електролізу води, уловлюванні вуглекислого газу з атмосферного повітря або промислових джерел, а також синтезі вуглеводнів за допомогою хімічних процесів, зокрема синтезу Фішера–Тропша. Цей процес передбачає реакцію водню з CO₂ у присутності каталізаторів при високій температурі та тиску, що дозволяє отримати рідкі синтетичні палива, сумісні з існуючими інфраструктурними рішеннями – нафтопроводами, заправними станціями та двигунами внутрішнього згоряння [4].

Одним із головних викликів при впровадженні e-fuels є енергетичний баланс. Для виробництва одного літра синтетичного палива потрібна значна кількість електроенергії, що ставить під сумнів доцільність такого підходу в умовах обмежених ресурсів або незначного частки відновлюваної енергетики в енергетичному міксі. Так, згідно з результатами моделювання життєвого циклу (LCA), загальна ефективність шляху «електроенергія → e-fuel → ДВЗ» складає лише близько 13%, тоді як для електромобіля цей показник досягає понад 70%. Така різниця обумовлює перевагу електромобілів з точки зору енергоефективності, особливо у міських умовах експлуатації. Проте e-fuels можуть відігравати важливу роль у секторах, де електрифікація є складною або економічно недоцільною. Наприклад, у вантажних перевезеннях на далекі відстані, морському транспорті та авіації використання високоцілних енергетичних рідких палив залишається необхідністю. У цих випадках синтетичні палива можуть забезпечити суттєве скорочення викидів без зміни технічних характеристик машин і механізмів [5].

Законодавчі та економічні умови також відіграють вирішальну роль у перспективі впровадження e-fuels. У Європейському Союзі вже запропоновано ввести квоти на використання синтетичних палив у авіаційному секторі до 2030 року в межах пакету «Fit for 55». Подібні ініціативи стимулюють інвестиції в технології уловлювання CO₂ і електролізу, що сприяє поступовому зниженню вартості виробництва таких палив [6].

Зважаючи на глобальну мету досягнення кліматичної нейтральності, дедалі більше країн інтегрують e-fuels у свої довгострокові стратегії декарбонізації. Зокрема, у ЄС розробляються механізми сертифікації синтетичних палив як «вуглецево-нейтральних», що передбачає суворий облік

походження електроенергії, використаної у процесі електролізу та синтезу. Такий підхід дозволяє запобігти ситуаціям, коли виробництво e-fuels здійснюється з використанням викопного палива, що нівелює екологічні переваги цієї технології.

Оцінка життєвого циклу (LCA) свідчить, що лише за умов використання електроенергії з відновлюваних джерел та ефективного уловлювання CO₂ вуглецевий слід e-fuels може бути мінімізований до рівня, близького до нуля. У практичних умовах викиди можуть варіюватися в залежності від джерела CO₂, ефективності електролізерів і логістичних витрат. Наприклад, при використанні CO₂ з біогенних джерел або атмосферного повітря вуглецевий баланс є більш сприятливим, тоді як використання CO₂ з вугільних ТЕС знижує кліматичний ефект синтетичних палив [5].

Не менш важливим аспектом є інтеграція e-fuels у існуючі логістичні ланцюги. На відміну від водню чи електроенергії, які потребують створення нової інфраструктури, синтетичні рідкі палива можуть транспортуватися, зберігатися та застосовуватися з використанням наявної інфраструктури для бензину та дизельного палива. Це забезпечує значні переваги в умовах країн із розгалуженою мережею АЗС та великою кількістю діючих транспортних засобів з ДВЗ.

У контексті України застосування e-fuels може стати стратегічним напрямом для поступового скорочення залежності від імпортованих енергоносіїв і зменшення викидів у транспортному секторі. З огляду на наявний потенціал розвитку відновлюваної енергетики – зокрема сонячної та вітрової – Україна має можливості для розгортання пілотних установок з виробництва синтетичних палив. Це також сприятиме технологічній модернізації промисловості та інтеграції до європейських зелених ініціатив [7].

Таким чином синтетичні палива (e-fuels) становлять перспективний напрямок розвитку для декарбонізації автомобільного транспорту, особливо у секторах, де електрифікація є технічно складною або економічно невиправданою. Завдяки можливості використання існуючої інфраструктури та збереженню парку двигунів внутрішнього згорання, e-fuels можуть стати перехідним рішенням на шляху до вуглецево-нейтральної економіки і незважаючи на низьку енергоефективність у порівнянні з електромобілями, ці палива мають важливе стратегічне значення у формуванні диверсифікованого паливного балансу. Їх впровадження потребує системної підтримки на рівні державної політики, зокрема через стимулювання інвестицій у технології уловлювання CO₂, виробництва зеленого водню та масштабування електролізу.

Література

1. Душкін С.С. Екологізація енергетичних систем: виклики, перспективи та інновації в переході до сталого розвитку. II-га Міжнар. наук.-практ. конф. «Енергетичні установки та альтернативні джерела енергії 2025». Харків: ХНАДУ, 2025. С. 178-181.

2. Душкін, С.С. Нові підходи до сталого розвитку міст. Міжнар. наук.-техн. конф. «Сталий розвиток транспортних систем: наука і практика». Харків, ХНАДУ, 25-26 листопада 2024 р. С. 238-240.
3. Estevez, R., Aguado-Deblas, L., López-Tenllado, F. J., Bautista, F. M., Romero, A. A., & Luna, D. Internal Combustion Engines and Carbon-Neutral Fuels: A Perspective on Emission Neutrality in the European Union. *Energies*, 2024, Vol. 17, Iss. 5, pp. 1172. DOI: <https://doi.org/10.3390/en17051172>
4. Roy, A. A., Dutta, A. A review of the Fischer–Tropsch synthesis process, mechanism, surface chemistry and catalyst formulation. *Fuel Processing Technology*. 2020. Vol. 199. P. 106302. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2019.106302>.
5. Fasihi, M., Bogdanov, D., Breyer, C. Techno-economic assessment of power-to-liquids (PtL) fuels production and global trading based on hybrid PV–wind power plants. *Energy Procedia*. 2016. Vol. 99. P. 243–268. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.10.115>
6. European Green Deal: Commission proposes transformation of EU economy and society to meet climate ambitions. European Commission, 2021. URL: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_3541
7. Зелене відновлення України: дорожня карта декарбонізації промисловості: аналітичний звіт. Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2023. 43 с.

УДК 621.43.003

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМІЧНОГО ККД ЦИКЛУ ДВИГУНА З ІСКРОВИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ З УРАХУВАННЯМ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА СКЛАДУ РЕАЛЬНОГО РОБОЧОГО ТІЛА

Корогодський Володимир Анатолійович, докт. техн. наук, професор каф. ДВЗ, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: korohodskiy@ukr.net , ORCID: [0000-0002-1605-4631](https://orcid.org/0000-0002-1605-4631)

Хомутов Максим Анатолійович, аспірант, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: m.a.homutov@gmail.com , ORCID: [0009-0006-9184-7646](https://orcid.org/0009-0006-9184-7646)

Стрижак Гліб Олександрович, студент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: strizakgleb29@gmail.com , ORCID: [0009-0002-1850-3557](https://orcid.org/0009-0002-1850-3557)

Кананикін Олексій Вячеславович, студент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: lehapozitiv02@gmail.com, ORCID: [0009-0006-3603-5143](https://orcid.org/0009-0006-3603-5143)

Любжин Ігор Олександрович, студент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: igorlubzin1@gmail.com

Вступ

Сучасний розвиток транспортних систем висуває підвищені вимоги до ефективності та екологічності двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ). Для