УДК 629.113.52

О. О. Галущак
О. І. Лукавий

АКТУАЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ БЕЗВУГЛЕЦЕВИХ ВИДІВ ПАЛИВ У ДВИГУНАХ З ІСКРОВИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ

Вінницький національний технічний університет;

Анотація *У роботі проаналізовано властивості безвуглецевих альтернативних палив, зокрема водню та аміаку, як перспективних моторних палив для зменшення екологічного навантаження від транспортного сектору. Наведено основні схеми використання аміаку як палива для автомобілів.*
Ключові слова: аміак, ДВЗ, автомобілі, альтернативні палива, екологія.

Abstract *The paper analyzes the properties of carbon-free alternative fuels, in particular hydrogen and ammonia, as promising motor fuels for reducing the environmental burden from the transport sector. The main schemes for using ammonia as a fuel for cars are presented..*
Keywords: ammonia, internal combustion engines, cars, alternative fuels, ecology.

Вступ

На сьогодні двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ) з іскровим запалюванням залишаються одними з основних силових установок легкового автомобільного транспорту, до яких висувається комплекс вимог, пов'язаних із потужнісними, економічними та екологічними показниками.

Одним із найсерйозніших негативних наслідків, що виникають під час спалювання викопного палива в ДВЗ з іскровим запалюванням, є зміна клімату, яка розглядається як глобальна антропогенна екологічна небезпека. Серед парникових газів найбільш вагомим є вуглекислий газ (CO_2), що дає підстави вважати його основною причиною посилення парникового ефекту. У зв'язку з цим виникає необхідність розширення застосування альтернативних видів палива з низьким або нульовим вмістом вуглецю в їх молекулярному складі.

Результати дослідження

У сучасних умовах, незважаючи на стрімке зростання використання відновлюваних джерел енергії, залежність людства від викопного палива (вугілля, нафти, природного газу тощо) залишається дуже високою. Частка викопного палива у світовому первинному енергоспоживанні у 2024 році становила 83% (рис. 1).



Рис. 1. Первинне світове споживання енергії у 2024 році

Попит на природний газ та вугілля практично не змінився, а споживання нафти відновилося майже до допандемічного рівня. Одним із найочевидніших наслідків є посилення парникового ефекту.

Основною причиною посилення парникового ефекту є значні обсяги викидів парникових газів – вуглекислого газу (CO_2), метану (CH_4), озону (O_3), закису азоту (N_2O) тощо. Серед них найбільш впливовим є CO_2, який довго зберігається в атмосфері (до кількох століть), тому саме він має найбільший внесок у глобальне потепління [1].

Для зменшення загального обсягу викидів у транспортному секторі протягом десятиліть проводилися численні дослідження, спрямовані на вдосконалення конструкції двигунів, систем упорскування та якості палива. Вичерпність нафтових ресурсів стимулює розвиток альтернативних моторних палив. Одним із пріоритетних напрямів вважається використання безвуглецевих палив [1].

Серед них особливу увагу привертають газові палива, які забезпечують швидке та рівномірне змішування з повітрям. У табл. 1 подано їх термодинамічні характеристики у порівнянні з бензином.

Табл. 1 - Термодинамічні властивості різних типів палив

Властивості	Бензин	Водень	Аміак
Нижча теплота згоряння, МДж/кг	44,5	120	18,8
Щільність в рідкому стан, кг/м3 , при p = 1,013 бар і температура, t, °C	750-770 15 °C	70,8 -253 °C	0,73
Прихована теплота випаровування, кДж/кг	348,7	455	1370
Ламінарна швидкість горіння, м/с	0,58	3,51	0,015
Температура самозаймання, K	503	773 … 850	930
Октанове число	90 … 98	> 100	130
Масовий вміст вуглецю, %	85,5	-	-
Масовий вміст водню, %	14,5	100	17,7
Масовий вміст азоту, %	-	-	82,3

Запропоновані альтернативні палива, мають нульовий масовий вміст вуглецю, що вигідно відрізняє їх від традиційних вуглеводневих палив. Одним із найбільш перспективних безвуглецевих енергоносіїв вважається водень. Його основні переваги як моторного палива полягають у високій питомій теплоті згоряння та значній швидкості поширення полум'я в повітрі. Разом із тим водень має і суттєві недоліки: низьку густину, високу пожежо- та вибухонебезпечність, а також потребу у зберіганні на борту транспортного засобу за допомогою дорогих кріогенних технологій, що істотно підвищує вартість транспортного засобу [2].

З огляду на ці обмеження значний практичний інтерес становить використання аміаку як вторинного носія водню. Перспективність аміаку як моторного палива зумовлена низкою його переваг:

– аміак легший за повітря та добре розчиняється у воді, що дає змогу ефективно контролювати його витоки та знижує ризик займання чи вибуху;

– низька в'язкість аміаку сприяє якіснішому розпилюванню та сумішоутворенню порівняно з бензином [3];

– під час повного згоряння аміаку утворюється лише один шкідливий компонент – NO_x у відносно невеликих кількостях, оскільки температура горіння аміачно-повітряних сумішей є нижчою, а продукти з вуглецевмісними сполуками практично відсутні;

– аміак широко застосовується як відновлювач у системах селективної нейтралізації викидів [2].

Завдяки низькій в'язкості аміаку покращуються умови його розпилення в камері згоряння. Високе октанове число (ОЧ = 130) робить його придатним для використання в двигунах із високим ступенем стискання, мінімізуючи ризик детонації [4].

Запаси аміаку можуть зберігатися за підвищених температур: за тиску 0,6–0,7 МПа він переходить у рідкий стан. Температура кипіння аміаку становить –33,4 °C

Аміак має низку переваг для застосування у двигунах внутрішнього згоряння як одне з перспективних альтернативних палив. Серед ключових переваг – низька вартість, широка сировинна база та доступність на світовому ринку. Під час спалювання аміаку основним токсичним продуктом є оксиди азоту (NO_x). Їх кількість є відносно невеликою, оскільки температура горіння аміачно-повітряних сумішей є нижчою порівняно з традиційними вуглеводневими паливами [4]. Крім того, аміак розглядають як ефективний носій водню, адже він містить значну об'ємну частку хімічно зв'язаного водню.

Аміак розглядають як перспективне безвуглецеве альтернативне паливо, яке можна використовувати як у паливних елементах, так і шляхом розкладання на водень. У численних дослідженнях встановлено, що аміак може застосовуватись як у двигунах з іскровим запаленням, так і у дизельних двигунах. У ДВЗ з іскровим запаленням аміак часто використовують у суміші з воднем (рис. 2).

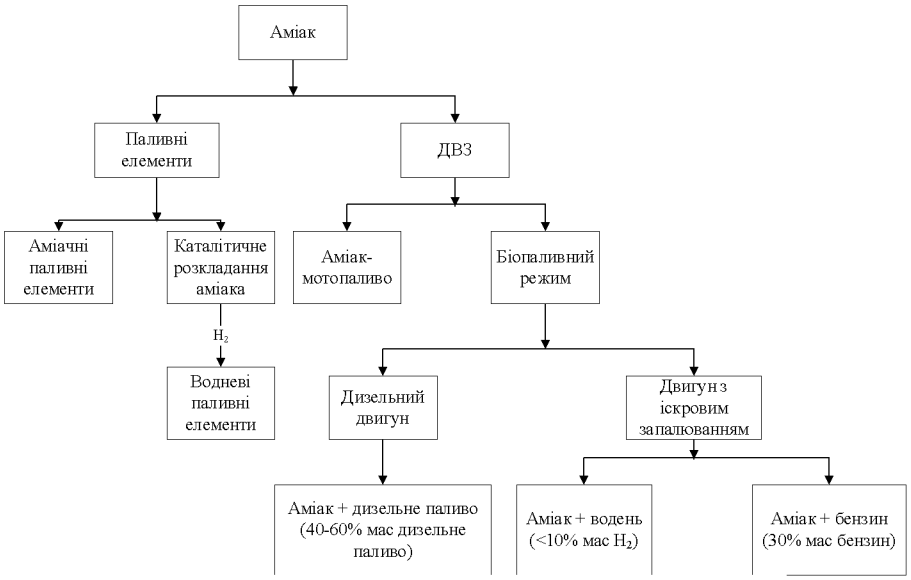


Рис. 2. Можливості використання аміаку на транспортних засобах

Для використання аміаку як безвуглецевого альтернативного палива у двигунах внутрішнього згоряння не потрібно суттєво змінювати їх конструкцію [4], за винятком необхідності встановлення резервуарів для зберігання палива з урахуванням високої прихованої теплоти випаровування NH_3.

Аміак як газоподібне паливо може подаватися безпосередньо у впускний трубопровід. Однак через низьку ламінарну швидкість горіння та високу температуру самозаймання його використання супроводжується зниженням потужності та погіршенням паливної економічності двигуна.

У низці досліджень запропоновано застосування аміаку в охолодженому та зрідженому стані з подальшим упорскуванням у рідкій фазі. Такий підхід дозволяє знижувати максимальну температуру горіння аміачно-повітряної суміші і, як наслідок, скорочувати утворення NO_x.

Для покращення якості згоряння аміаку в ДВЗ необхідно забезпечити належну інтенсивність вихрового руху аміачно-повітряної суміші під час наповнення циліндра. Важливо враховувати, що подавання аміаку у рідкому стані може негативно впливати на формування завихрень і рівномірність сумішоутворення, тому це питання потребує додаткового дослідження.

Застосування аміаку як моторного палива у ДВЗ має кілька переваг порівняно з традиційними вуглеводневими паливами:

• аміак є безвуглецевим альтернативним паливом, тому під час його згоряння не утворюються продукти з вмістом вуглецю (CO_2, CO, сажа тощо);

• аміак може вироблятися з відновлюваних джерел енергії, зокрема шляхом отримання водню через електроліз води із використанням сонячної чи вітрової енергії, а далі синтезу аміаку з атмосферного азоту;

• аміак застосовується у системах селективного каталітичного відновлення (SCR) для нейтралізації токсичних оксидів азоту (NO_x) у відпрацьованих газах.

На рис. 3 наведено основні варіанти подачі аміаку в ДВЗ.



Рис. 3. Варіанти подачі аміаку в ДВС

Згідно зі схемою, аміак може подаватися трьома способами:

• впорскування у впускний трубопровід (аналогічно подачі газоподібного палива);

• подача через трубку Вентурі на впуску двигуна, що забезпечує змішування завдяки ефекту розрідження;

• пряме впорскування аміаку в циліндр, що дозволяє точно контролювати кількість палива і покращує сумішоутворення.

Висновки

Аміак є перспективним безвуглецевим паливом для двигунів внутрішнього згоряння, оскільки в результаті використання не утворює CO_2 та може застосовуватися як у двигунах з іскровим запалюванням, так і у дизельних. Завдяки високому октановому числу (ОЧ = 130) він придатний для двигунів із високим ступенем стискання, що сприяє підвищенню ефективності та зменшенню викидів CO CO_2. Основним недоліком є утворення NO_x, але їх кількість залишається відносно невеликою та може бути ефективно знижена сучасними системами селективного каталітичного відновлення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Oil and gas emissions up to three times what is reported URL: https://www.rfi.fr/en/international-news/20221109-oil-and- gas-emissions-up-to-three-times-what-is-reported-monitor (дата звернення: 20.11.2025).

2. Dung, N. V. A Solution for Converting Gasoline Engines to Use Ammonia with A Combination Power System / N. V. Dung, A. Y. Dunin, N. T. Quynh, L. D. Thi, T. H. Truong // – 2024. – V. 602. – pp. 649-661.

3. Dung, N. V. Simulation of the operating process of a spark ignition engine powered by carbon-free fuel / N. V. Dung, A. Y. Dunin, N. T. Quynh, L. D. Thi // – 2024. – V. 602. – pp. 649-661.

4. Pelé, R. Performances and pollutant emissions of spark ignition engine using direct injection for blends of ethanol/ammonia and pure ammonia / R. Pelé, P. Brequigny, J. Bellettre, C. Mounaïm-Rousselle // International Journal of Engine Research. – 2023. – doi: 10.1177/14680874231170661.

Олександр ГАЛУЩАК – канд. техн. наук, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет,

Олександр ЛУКАВИЙ – студент гр. 1АТ-24м, кафедра автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет

Oleksandr HALUSHCHAK - candidate. technical of Sciences, Associate Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University,

Oleksandr LUKAVYY - student of 1AT-24m group, Department of Automobile and Transport Management, Vinnytsia National Technical University