

УДК 620.3

REDUCING FUEL CONSUMPTION AND ENVIRONMENTAL POLLUTION THROUGH THE USE OF NANOMATERIAL ADDITIVES IN FUEL

ЗНИЖЕННЯ ВИТРАТ ПАЛИВА ТА ЗМЕНШЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ
ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ПРИСАДОК НАНОМАТЕРІАЛІВ ДО ПАЛЬНОГО

Latysh O.M./ Латиш О.М

Старший викладач

Senior Lecturer

ORCID:0000-0001-8914-2889

National University "Odessa Maritime Academy"

Національний Університет «Одеська Морська Академія»

Анотація. Альтернативні види палива привертають велику увагу. Відновлювальні джерела енергії, включаючи біопаливо, паливні елементи та сонячні технології, дають змогу зменшити споживання викопного палива та отримати можливість контролювати викиди парникових газів в атмосферу.

Ключові слова: біопаливо, біодизель, наночастинки, нанопаливо.

Abstract. Alternative fuels are attracting a lot of attention. Renewable energy sources, including biofuels, fuel cells, and solar technologies, make it possible to reduce fossil fuel consumption and control greenhouse gas emissions into the atmosphere.

Keywords: biofuel, biodiesel, nanoparticles, nanofuel.

Вступ.

Проблема глобального потепління вже зараз, а особливо у майбутньому, буде одним із найбільших викликів двадцять першого століття. За останні сто років середня температура Землі зросла приблизно на 0,4-0,8°C.

Експерти зі зміни клімату прогнозують, що якщо тенденція збережеться, то до кінця сторіччя середня глобальна температура зросте на 2-5 °C. Наслідки використання викопного палива спричиняють небезпечне підвищення рівня незгорілих вуглеводнів, оксиду вуглецю (CO) та оксидів азоту (NO_x), двоокису вуглецю (CO₂), метану (CH₄), двоокису сірки (SO₂), що призводить до несприятливих екологічних змін. Крім того, вихлопні гази спричиняють забруднення повітря, а гази, що виділяються, значною мірою впливають на клімат, утримуючи тепло. Викопне паливо залишається основним джерелом енергії для роботи двигунів та виробництва електроенергії для промислових та побутових цілей, однак продукти його згоряння та збільшення використання автомобілів створюють негативний вплив на навколишнє середовище. Нафта

як паливо – ресурс, який не відновлюється і вичерпується, а її ціна є нестабільною через збільшення обсягів її використання. Таким чином, стало дуже важливим питання вивчення можливостей і перспектив використання технологічно доступних і глобально придатних відновлюваних джерел енергії в якості альтернативного палива. Серед різних альтернативних видів палива привертають велику увагу відновлювальні джерела енергії, включаючи біопаливо, паливні елементи та сонячні технології, щоб зменшити споживання викопного палива та отримати можливість контролювати викиди парникових газів в атмосферу. Застосування двигунів, які використовують біодизель у транспортному та енергетичному секторах отримало розвиток в останні десятиліття, і відстежується тенденція розвитку досліджень, спрямованих на пошук нових ДВЗ з низьким рівнем викидів, енергозбереженням та високими показниками ефективності.

ДВЗ широко використовуються як джерела енергії та електроенергії у багатьох сферах завдяки високому ККД, меншому споживанню палива, а також значній екологічності. ДВЗ залишаються основним джерелом для забезпечення енергією транспорту. Надійність, довговічність та паливна ефективність дизельних двигунів роблять їх найпоширенішим типом двигунів у різних галузях.

Біодизель є одним із альтернативних джерел енергії для транспортної галузі через швидке зменшення запасів нафти та збільшення попиту на енергію, з іншого боку, використання біодизеля зменшує забруднення навколишнього середовища.

За своїми властивостями біодизель подібний до дизельного палива, але відрізняється вмістом кисню, що забезпечує краще згоряння. Тим не менш, при спалюванні біодизеля виділяється менше енергії, ніж при спалюванні дизельного палива. Основна перевага біодизеля полягає в тому, що двигун не потребує жодних змін, зберігаючи майже таку саму продуктивність, що й існуючий дизельний двигун, з майже нульовими викидами незгорілих вуглеводнів, оксиду вуглецю та твердих частинок.

Основною проблемою спалювання біодизельного пального, при вмісті біодизеля в суміші понад 20 %, є значні викиди у вигляді оксиду азоту (NO_x), що призводить до погіршення характеристик згоряння.

Для управління рівнем викидів оксидів азоту (NO_x), ключовими технологічними факторами роботи двигуна є: ступінь стиснення палива, час впорскування палива, тиск з яким впорскується паливо. Змінюючи і контролюючи ці фактори, можна покращити характеристики двигуна при роботі на біодизельному паливі [1]. Додавання наночастинок до дизельного або наночастинок до біодизельного пального - це новий спосіб покращити характеристики згоряння та ефективно зменшити викиди парникових газів для двигунів внутрішнього згоряння без негативного впливу на вихідну потужність.

Нанопаливо - це суспензія наночастинок (принаймні один розмір менше 100 нм) в базовому паливі з властивостями, що покращують згоряння палива. На властивості нанопалива, особливо на стабільність, значною мірою впливає тип наночастинок, розміри та концентрація, які додаються в рідину, а також спосіб приготування цієї суміші. Диспергування наночастинок у базовому паливі суттєво впливає на реологічну поведінку та теплофізичні властивості нанопалива. Нанопаливо має високу поверхневу енергію завдяки своїй великій площі поверхні, що сприяє агрегації палива з наночастинками та формуванню мікрочастинок.

Додавання наночастинок до біодизельного палива скорочує затримку займання, покращує швидкість окислення та зменшує викиди вихлопних газів. Атоми кисню, що містяться в наночастинках, покращують горіння. Наночастинок диспергуються в паливі і сприяють кращому змішуванню повітря з паливом та покращенню хімічної реактивності під час горіння, що підвищує продуктивність двигуна, покращує згоряння та якість викидів.

Основними цілями додавання наночастинок до дизельного та біодизельного палива є сприяння високому співвідношенню площі поверхні до об'єму та збільшення кількості реакційно здатних поверхонь. Це дозволяє наночастинкам діяти як ефективний хімічний каталізатор, який покращує схему

змішування палива з повітрям і ефективність згоряння палива, що згодом призводить до повного згоряння хімічного каталізатора. Нанодобавки слугують носіями вторинної енергії в рідинах та інтенсифікують процес горіння.

Існує багато варіантів наноприсадок на основі металів це: залізо (Fe), алюміній (Al), магній (Mg), марганець (Mn), срібло (Ag), золото (Au), мідь (Cu), бор (B), кремнезем (Si), графен, тощо. Наночастинки оксидів металів добре сумісні з біопаливом, такі як оксид алюмінію (Al_2O_3), оксид кобальту (Co_3O_4), оксид церію (CeO_2), оксид титану (TiO_2), оксид цинку (ZnO), оксид міді (CuO), тощо, додаються в нанорозмірах до рідкого палива для покращення його якості. Вуглецеві нанотрубки (ВНТ) також є прикладами наночастинок, які покращують експлуатаційні характеристики палива шляхом модифікації фізико-хімічних властивостей.

Нанофлюїди - це новий тип твердо-рідинних композитів, що складаються з твердих частинок розміром в декілька нанометрів, диспергованих в будь-якій базовій рідині [2]. Аналогічно наночастинки можна додавати до біодизельних сумішей як до базового пального. Це нове паливо називається нано-дизель-біодизель. Наночастинки які використовують для покращення палива, як правило, поділяються на речовини для диспергування палива та речовини, що підвищують продуктивність двигунів. Вони також поділяються на антиоксиданти, присадки для підвищення цетанового числа, антидетонатори, проти замерзаючі присадки, присадки для підвищення стабільності, антикорозійні присадки, каталізатори на паливній основі, противозносні присадки і т.д. [3].

Додавання різних наночастинок до біодизеля покращує якість рідини, яка є стабільною в широкому діапазоні умов, а також фізико-хімічні властивості палива, підвищує концентрацію кисню в сажовому фільтрі. Крім того, додавання наночастинок до біодизеля знижує рівень викидів вихлопних газів, дає змогу більшій кількості палива контактувати з атомами повітря, покращує індекс в'язкості, зменшує час ідентифікації та покращує хімічну взаємодію. Суміші нано-біодизеля показали себе як високоефективне та перспективне

паливо [4]. Через велику кількість енергії, депонованої в металевих частинках, високе співвідношення площі поверхні до об'єму, підвищену кількість активних центрів, збільшену швидкість каталітичної реакції, високу каталітичну активність, здатність підвищити теплотворність рідкого палива, а отже, поліпшити характеристики двигуна.

Диспергування наноматеріалів оксида церію CeO_2 , оксида алюмінію Al_2O_3 , оксид цинку ZnO , вуглецевих нанотрубок ВНТ, алюмінію Al , марганця Mn , магнія Mg і оксиду графену GO в чистому біодизельному паливі знижує значення температури спалаху при одночасному підвищенні значень в'язкості і густини [5], [6]. Крім того, теплотворна здатність чистого біодизеля зростає при додаванні вуглецевих нанотрубок CNT, графену та наночастинок алюмінію Al [7]. Використання наночастинок оксиду цинку ZnO підвищує значення температури спалаху, в'язкості, густини та теплоти згоряння палива.

Вибір рівня дозування наночастинок у паливній суміші.

Присадки - це речовини на основі металів, які додаються в паливо і основною метою яких є покращення якості суміші за рахунок надання корисних властивостей. Діапазон кількості паливних присадок обмежений від 25 ppm. до декількох тисяч ppm. Межа дозування присадок залежить лише від коефіцієнта викидів сажі та типу двигуна. Наночастинки покращують ефективність процесу згоряння, а отже, збільшують потужність двигуна. Використання двох різних наночастинок в якості паливних добавок може досягти комплексного впливу наночастинок і поліпшити експлуатаційні характеристики та викиди двигунів.

Приготування та стабільність нанопалива.

Стабільна і однорідна суспензія нанопалива є надзвичайно важливою характеристикою, оскільки вона впливає на її продуктивність як теплоносія та теплофізичні властивості. Стабільну колоїдну суміш, що складається з різного палива та наночастинок, готують одним із методів або комплексними методами з використанням мішалки, ультразвукової ванни, ультразвукового руйнівника та гомогенізатора високого тиску. Стабільність нанопалива може бути підвищена за допомогою більш тривалого часу ультразвукової обробки[8].

Подовження часу обробки ультразвуком допомагає зменшити агрегацію частинок і сприяти стабільній і кращій дисперсії наночастинок у базових рідинах [9]. Результати залежать від часу ультразвукової обробки. Оптимальний час обробки ультразвуком відрізнявся для різних типів наночастинок і базових рідин. Поверхнево-активні речовини - це хімічні сполуки, що додаються до наночастинок, які допомагають зменшити поверхневий натяг нанорідини і збільшити поглинання частинок. Деякі типи поверхнево-активних речовин, такі як: гексадецилтриметиламоній бромід, цетилтриметиламоній бромід, додецилбензолсульфонат натрію, поліоксиетилен, нонілфеніловий ефір, широко використовуються [10].

За однакових концентрацій поверхнево-активних речовини при зменшенні розмірів частинок теплопровідність збільшується [11]. Додавання поверхнево-активної речовини широко застосовується для покращення дисперсності наночастинок у базовій рідині та мінімізації коагуляції та агрегації частинок. Для запобігання агрегації частинок під час формування нанопалива часто використовують диспергатор.

Для оцінки стабільності нанопалива використовують різні методи, включаючи седиментаційний метод, аналіз дзета-потенціалу, УФ-спектроскопія, растровий електронний мікроскоп, метод рівноваги, метод динамічного розсіювання світла. Властивості процесу згоряння палива можна покращити шляхом додавання до палива наночастинок металів або оксидів металів у нанорозмірному діапазоні в проміле або ваговому відсотковому співвідношенні. Мета використання наночастинок металів це підвищення стабільності роботи двигуна, покращення процесу згоряння та характеристик продуктів згоряння за рахунок покращення властивостей та розчинності паливної суміші.

Висновки .

Додавання оптимальної кількості наночастинок металів, оксидів металів, вуглецевих нанотрубок в мінеральному паливі, біопаливі, або суміші мінерального палива та біопалива, сприяє зниженню питомих витрат палива,

покращенню ККД, значному покращенню економічних характеристик двигуна, сприяє більш повному згоранню та зниженню шкідливих викидів в відпрацьованих газах.

Список використаної літератури

1. Chung SJ, Leonard JP, Nettleship I, Lee JK, Soong Y, Martello DV, et al. Characterization of ZnO nanoparticle suspension in water: Effectiveness of ultrasonic dispersion. *Powder Technol.* 2009;194(1–2):75–80.
2. S.U. Choi, J.A. Eastman Enhancing thermal conductivity of fluids with nanoparticles, *Developments and Application of Non-Newtonian Flows ASME Journal of Heat Transfer*, 66 (1995), pp. 99-105
3. H. Venkatesan, et al. A comprehensive review on the effect of nano metallic additives on fuel properties, engine performance and emission characteristics. *International Journal of Renewable Energy Research (IJRER)* 7 (2) (2017), pp. 825-843
4. T. Kegl, et al. Nanomaterials as fuel additives in diesel engines: a review of current state, opportunities, and challenges. *Progress in Energy and Combustion Science* 83 (2021), p. 100897
5. N. Banapurmath, et al. Effect of silver nano-particle blended biodiesel and swirl on the performance of diesel engine combustion *Int J Sustain Green Energy*, 3 (6) (2014), pp. 150-157
6. N. Banapurmath, et al. Experimental investigation on direct inj. diesel engine fuelled with graphene, silver and multiwalled carbon nanotubes-biodiesel blended fuels/Yakıt Olarak Grafen, Gümüş ve Çoktabakalı Karbon Nano Tüp-Biyodizel Yakıt Karışımlarının DI Mot. Kul. Den. İnc. *International Journal of Automotive Engineering and Technologies*, 3 (4) (2014), pp. 129-138
7. G. Balaji, M. Cheralathan Effect of CNT as additive with biodiesel on the performance and emission characteristics of a DI diesel engine. *International Journal of ChemTech Research* 7 (3) (2015), pp. 1230-1236
8. Hong KS, Hong TK, Yang HS. Thermal conductivity of Fe nanofluids

depending on the cluster size of nanoparticles. Appl Phys Lett. 2006;88(3):031901.

9. Amrollahi A, Hamidi AA, Rashidi AM. The effects of temperature, volume fraction and vibration time on the thermo-physical properties of a carbon nanotube suspension (carbon nanofluid). Nanotechnol. 2008;19(31):315701.

10. Shanbedi M, Heris SZ, Maskooki A. Experimental investigation of stability and thermophysical properties of carbon nanotubes suspension in the presence of different surfactants. J Therm Anal Calorim. 2015;120(2):1193–201.

11. Xia G, Jiang H, Liu R, Zhai Y. Effects of surfactant on the stability and thermal conductivity of Al₂O₃/de-ionized water nanofluids. Int J Therm Sci. 2014;84:118–24.

Тези відправлені: 24.10.2025 р.

Латиш .О.М.