

DOI <https://doi.org/10.32782/2078-0877-2026-26-2-4>

УДК 657.6:657.44

В. П. Савінов¹, аспірант

ORCID: 0009-0007-3582-7306

С. В. Галько², канд. техн. наук

ORCID: 0000-0001-7991-0311

¹Запорізький національний університет²Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

e-mail: galkosv@gmail.com

ВПЛИВ МАГНІТНО-ВИХРЕВОЇ ОБРОБКИ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА НА ПРОЦЕС СУМІШОУТВОРЕННЯ ТА ГОРІННЯ В ДИЗЕЛЬНОМУ ДВИГУНІ

Анотація. Між електричними і магнітними полями існує глибокий внутрішній зв'язок. Будь-яка зміна магнітного поля завжди супроводжується появою електричного поля і навпаки. Електричне поле може створюватися не тільки зарядами, але і магнітним полем, джерелом якого є постійні магніти та електричні мікроструми, що циркулюють усередині молекул палива.

У роботі досліджується вплив магніто-вихревої обробки дизельного палива на його фізичні характеристики та параметри процесу згоряння у двигуні. Експериментально показано, що проходження палива через систему послідовно встановлених постійних магнітів різних геометричних розмірів та магнітних характеристик призводить до зміни параметрів упорскування, кута випередження запалення та динаміки горіння. При цьому спостерігається зниження щільності палива, температури спалаху, зольного залишку, вмісту сірки, навантаження на мотор при збереженні потужності двигуна. Отримані результати інтерпретуються з позицій гідродинаміки, фазових ефектів та кінетики горіння.

Ключові слова: електричне поле, магнітне поле, електрофізична дія, магнітогідродинаміка, якість палива.

Постановка проблеми. Основними показниками, що характеризують роботу двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ) є потужність мотора, момент, що крутить, економічність і токсичність відпрацьованих газів, ці параметри визначають ефективність руху автомобіля на низьких і середніх оборотах [1, 2]. Якість палива істотно впливає на потужність та економічність двигуна. Крім конструктивних параметрів ці показники залежать від особливостей та налаштувань систем живлення та запалення, ступеня зношування деталей тощо. В останні роки зріс інтерес до методів підвищення енергоефективності палива шляхом обробки його магнітними та електричними полями. Однак відсутність системної теорії взаємодії магнітних полів із складними рідинами, такими як автомобільне паливо, обмежує можливості оптимізації конструкцій. У цьому дослідженні запропоновано комплексний підхід, оснований на поєднанні вихрових потоків, електромагнітних ефектів та молекулярних струмів у замкнутому контурі.

Аналіз останніх досліджень. В останні роки відзначається зростання інтересу до методів фізичного та електромагнітного впливу на вуглеводневі палива з метою підвищення їхньої енергетичної ефективності та екологічних показників. Ряд досліджень присвячені впливу постійних магнітних полів на процеси сумішоутворення та горіння у ДВЗ. Експериментальні роботи Faris та ін. [3] та Elzanaty та ін. [4] показали, що магнітна дія на паливо призводить до зниження його витрати на 10...12,5 % та зменшення викидів шкідливих речовин за рахунок зміни фізико-хімічних властивостей палива та параметрів процесу згоряння.

Зміна в'язкості та поверхневого натягу вуглеводневих рідин під дією магнітного поля досліджено в роботі [5], де встановлено вплив магнітного поля на міжмолекулярні взаємодії та реологічні характеристики палива. Магнітогідродинамічні ефекти в рідких середовищах докладно



розглянуті в огляді Sheikholeslami та Ganji [6], що показав суттєвий вплив магнітного поля на структуру потоку та процеси тепломасообміну.

Електрофізична дія на вуглеводневі палива вивчена Морозовою І. [7], де в її роботах показано зниження нагароутворення на 20...25 % та зростання паливної економічності до 5 %. Теоретичні основи взаємодії магнітних полів із провідними рідинами викладені в роботах Ландау Л. Д. та Ліфшиця Є. М. [8] та лекціях Фейнмана Р. [9]. Процеси сумішоутворення та горіння дизельних палив із застосуванням оптичної діагностики досліджено у [10] показали залежність кінетики горіння та утворення сажі від фізико-хімічних властивостей палива. Ряд авторів [11, 12] вказує на можливість зміни кластерної структури вуглеводневих молекул під дією магнітного поля, що покращує умови випаровування та займання.

Нормативні вимоги до якості дизельного палива визначені ДСТУ 7688:2015 [13], використаним у цій роботі для порівняльного аналізу експериментальних даних. Вплив вихрових структур та магнітогідродинамічних хвиль на енергомасообмін у провідних рідинах розглянуто у [14]. Таким чином, аналіз літератури та досліджень підтверджує перспективність магнітних та електрофізичних методів впливу на паливо. Водночас більшість досліджень обмежується вивченням ламінарного режиму перебігу рідини та не враховує сукупного впливу вихрових потоків, міжмолекулярних взаємодій та часу перебування палива в зоні магнітного поля, що обґрунтовує необхідність подальших комплексних досліджень.

Формування мети статті. Метою статті є порівняльний аналіз фізико-хімічного стану дизельного палива до і після магніто-вихревої обробки у розробленому пристрої в реальних умовах експлуатації транспортних засобів.

Основна частина. Якщо рідина, що проводить, або газоподібне середовище знаходяться в магнітному полі, то при її гідродинамічних рухах в ній індукуються електричні поля і виникають електричні струми. У свою чергу, на ці струми в магнітному полі діють сили Лоренца, які можуть суттєво впливати на характер руху рідини. З іншого боку, ці струми змінюють і саме магнітне поле [15]. Таким чином, формується складна картина взаємодії магнітних полів та гідродинамічних явищ, яка повинна розглядатися на основі спільної системи рівнянь поля та рівнянь руху рідини. Для застосування магнітної гідродинаміки необхідно, щоб для розглянутого руху характерні відстані і проміжки часу були великі порівняно з довжиною пробігу і часу пробігу носіїв струму (електронів, іонів). При виконанні цієї умови середовище може розглядатися як суцільна рідина, що проводить. Закон збереження енергії у звичайній гідродинаміці виражається рівнянням:

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\rho v^2}{2} + \rho \varepsilon \right) = -\operatorname{div} \mathbf{q}, \quad (1)$$

де \mathbf{q} – щільність потоку енергії;

$\operatorname{div} \mathbf{q}$ – дивергенція потоку енергії;

ρ – густина рідини;

ε – внутрішня енергія одиниці маси рідини;

v – швидкість потоку;

$\rho v^2/2$ – густина кінетичної енергії.

Ліва частина рівняння (1) – це швидкість зміни повної енергії (кінетичної і внутрішньої) в одиниці об'єму.

Права частина:

- знак « $-$ » означає, що енергія зменшується, якщо вона витікає з об'єму;
- $\operatorname{div} \mathbf{q}$ описує, як енергія переноситься через простір.



За наявності у провідному середовищі магнітного поля до густини енергії додається магнітна енергія $\mathbf{H}^2/8\pi$, а до густини потоку енергії – вектор Пойнтінга в гаусовій системі одиниць

$$\mathbf{S} = \frac{c}{4\pi} [\mathbf{E} \times \mathbf{H}] \quad (2)$$

де c – швидкість світла;

\mathbf{H} – напруженість магнітного поля;

\mathbf{E} – напруженість електричного поля.

У гаусовій системі одиниць напруженість електричного поля

$$\mathbf{E} = -\frac{1}{c} [\mathbf{v} \times \mathbf{H}]. \quad (3)$$

Таким чином, закон збереження енергії в магнітній гідродинаміці виражається рівнянням

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\rho v^2}{2} + \rho \varepsilon + \mathbf{H}^2 / 8\pi \right) = -\operatorname{div} \mathbf{q}, \quad (4)$$

де щільність потоку енергії

$$\mathbf{q} = \rho \mathbf{v} \left(\frac{v^2}{2} + \omega \right) + \frac{1}{4\pi} [\mathbf{H} \times [\mathbf{v} \times \mathbf{H}]], \quad (5)$$

де ω – ентальпія на одиницю маси:

$$\omega = \varepsilon + \frac{p}{\rho},$$

де p – тиск.

Доданок p/ρ – це робота, яку виконує тиск при переміщенні рідини (енергія «проштовхування» об'єму).

За наявності поздовжнього магнітного поля поперечні переміщення рідини поширюються у середовищі як магнітогідродинамічні хвилі. Через «замороженість» магнітних силових ліній у провідній рідині, поперечне зміщення частинок рідини призводить до їх викривлення і до розтягування, і в деяких місцях, згущення [16, 17]. Характер діючих у магнітному полі сил такий, як би магнітні силові лінії прагнули скорочуватися і водночас відштовхуватися одна від одної. В результаті при їх викривленні з'являються квазіпружні сили, що прагнуть знову випрямити їх, що призводить до виникнення коливань [18].

В результаті проведених численних досліджень пошуку оптимальних режимів, комбінацій впливу неоднорідними постійними магнітними полями на потік дизельного палива були визначені конструктивні параметри пристрою, що забезпечують підвищення ефективності процесу згорання палива.

У цьому пристрої дані положення магнітогідродинаміки використовуються для опису взаємодії вихрового потоку палива з неоднорідним магнітним полем в системі накопичувальних камер. У розробленій конструкції використовуються принципи: магнітогідродинаміки, спрямованого завихрення потоку, збільшеного часу взаємодії рідини з магнітним полем. Конструктивно корпус магнітної системи виконаний з діамагнітного матеріалу, що унеможливило створення силових ліній магнітного поля. Геометричні параметри (дифузори, міжреберні простори) конструкції проектувалися з дотриманням закону збереження енергії речовини в замкнутому просторі та з дотриманням умов безперервності. Постійні магніти розташовані перпендикулярно напрямку руху палива, що забезпечує максимальну тривалість впливу магнітного поля на потік та збільшення часу взаємодії палива з магнітним полем у кожній камері

пристрою. У ході математичного моделювання та розрахунків було визначено такі основні параметри:

- загальний об'єм конструкції з постійними магнітами малої індукції;
- час знаходження палива всередині конструкції;
- час взаємодії палива з магнітним полем у кожній камері;
- кутова швидкість обертання потоку;
- центробіжне прискорення палива;
- число обертів палива всередині конструкції;
- кутові швидкості;
- час потоку палива.

Швидкість руху палива в магістралі при $\varnothing 8$ мм у легкових автомобілях становить $v \approx 0,03 \dots 0,06$ м/с, що показує повільний потік ($Re < 2000$) і тривалий час перебування палива в зоні магнітного поля.

Отримані розрахункові значення підтверджують, що при заданих магнітних та геометричних параметрах пристрою забезпечується стійкий режим завихрення потоку та достатній час магнітного впливу для зміни фізико-хімічних характеристик палива.

Опис роботи конструкції. Конструктивна схема пристрою для магнітної обробки палива приведена на рис. 1. Розрахунок конструкції виконаний виходячи із внутрішнього діаметра паливної магістралі 8 мм. Загальна довжина корпусу – 115–120 мм, внутрішній діаметр циліндра системи – 34 мм, довжина дифузора – 26 мм, довжина конфузора – 27 мм. Кількість поперечних вставок – 3 шт, гвинтова втулка – 1 шт. Постійні магніти із щільністю магнітного потоку 0,56 мТл...0,68 мТл.

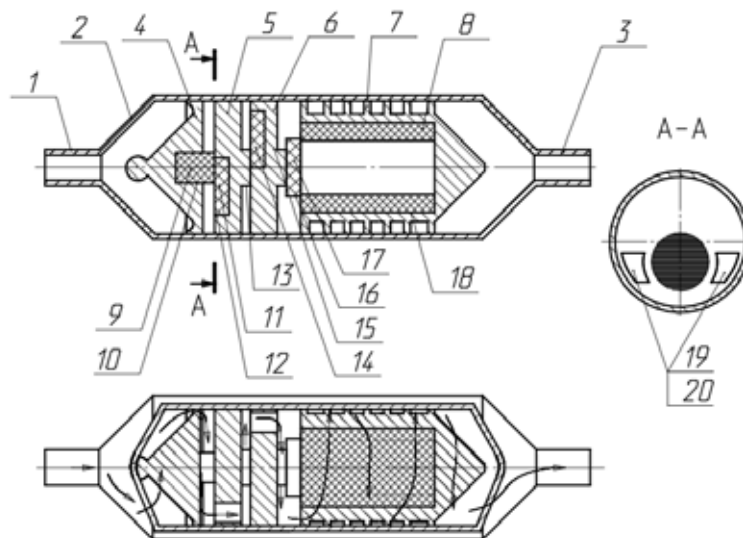


Рис. 1. Конструктивна схема пристрою для магнітної обробки палива: 1, 3 – вхідний та вихідний штуцер; 2 – дифузор; 4, 5, 6 – поперечне ребро; 7 – гвинтова втулка; 8, 9, 11, 14, 17 – постійний магніт; 10, 12, 18 – місця для встановлення постійних магнітів; 13, 15 – упори поперечних ребер; 16 – накопичувальна камера між поперечним ребром і гвинтовою втулкою; 19, 20 – прохідні отвори в поперечних ребрах [19]

Паливо надходить через вхідний штуцер 1, де відбувається формування спрямованого вихрового потоку і потім потрапляє в дифузор 2. У дифузорі відбувається збільшення статичного тиску рідини та зниження швидкості потоку, що призводить до посилення Ван-дер-ваальсових



міжмолекулярних взаємодій та формування більш однорідної структури палива. Посилення міжмолекулярних взаємодій супроводжується виникненням додаткових мікрострумів у вихровому потоці середовища, що зумовлює перерозподіл енергетичних рівнів атомів та зміну параметрів спин-орбітальної взаємодії в молекулярних структурах палива. Далі потік послідовно проходить через систему поперечних ребер 4, 5, 6 і прохідних отворів 19, 20, що призводить до поділу основного потоку рідини на кілька дрібніших потоків і виникнення різноспрямованих вихрових потоків руху із заданою кутковою швидкістю. При цьому паливо піддається впливу неоднорідного магнітного поля, створеного постійними магнітами 8, 9, 11, 14, 17, розташованими перпендикулярно напрямку руху потоку. У накопичувальній камері 16, утвореній між поперечним ребром і гвинтовою втулкою 7, забезпечується додатковий час перебування палива, протягом якого відбувається стабілізація його фізико-хімічних параметрів після гідромагнітного (гідроенергетичного) впливу перед наступним рухом по гвинтовій втулці.

В результаті спільної дії гідроенергетичних факторів (вихрового руху потоку, інерційних ефектів та магнітного поля) та посилення Ван-дер-ваальсових міжмолекулярних взаємодій збільшується ефективний час взаємодії палива з магнітним полем. Це сприяє перерозподілу енергії в молекулярних структурах палива, зміні конфігурації вуглеводневих кластерів та підвищенню ступеня однорідності паливної суміші. Послідовне проходження палива через багатоканальну систему магнітного впливу формує багатоступінчастий режим обробки, при якому сумарний час ($t = 9,5 \dots 11,8$ с) гідромагнітного (гідроенергетичного) впливу істотно перевищує час проходження палива через прямолінійну ділянку трубопроводу і забезпечує стійкість досягнутого фізико-хімічного стану.

Проведені лабораторні порівняльні дослідження класичного дизельного палива і палива після проходження через неоднорідні магнітні поля в конструкції показали наступні результати [20], які наведені у таблиці 1. Лабораторні аналізи двох зразків проводилися повних три доби.

1. Щільність палива. Фактичні значення: вихідний зразок – 832 кг/м^3 ; після магнітної обробки – 828 кг/м^3 . Після обробки спостерігається незначне зниження густини палива (приблизно на 0,5 %). Дана зміна свідчить про перерозподіл молекулярних асоціацій і зменшення ступеня кластеризації вуглеводневих структур, що призводить до формування більш однорідного середовища.

2. Температура спалаху. Фактичні значення: вихідний зразок – 69°C ; після магнітної обробки – 48°C . Зниження температури спалаху після магнітного впливу вказує на підвищення частки більш легких та активних фракцій у паровій фазі палива. Це може бути пов'язано зі зміною міжмолекулярних взаємодій та ослабленням Ван-дер-ваальсових зв'язків між молекулярними кластерами, що полегшує випаровування та займання палива.

Таблиця 1

Результати лабораторних випробувань дизельного палива

Найменування показників вимірювання	Норми згідно з ДСТУ 7688:2015	Результати випробувань палива	
		до обробки	після магнітно-вихрової обробки
Густина за температури 15°C , кг/м^3 , літнє паливо	820...845	832	828
Температура спалаху у закритому тиглі, $^\circ\text{C}$, не нижче	55	69	48
Зольність, % (мас.), не більше	0,01	0,0145	0,01
Фракційний склад за температури 250°C , випаровується, % (об), не більше	65	39	41
Вміст сірки, мг/кг , не більше Євро 4	50	105	10,5



3. Зольний залишок. Фактичні значення: вихідний зразок – 0,0145 %, після магнітної обробки – 0,01 %. Після магнітної обробки зольність знизилася більш ніж 1,5 рази. Це є важливим результатом, оскільки зменшення зольності свідчить про зниження концентрації неорганічних та важких домішок, що потенційно знижує утворення твердих відкладень у камері згоряння та на елементах паливної апаратури.

4. Фракційний склад (випар при 250 °С). Фактичні значення: вихідний зразок – 39 %, після магнітної обробки – 41 %. Спостерігається збільшення частки фракцій, що випарувалися, при температурі 250 °С після магнітного впливу. Це вказує на підвищення леткості палива і більш рівномірний розподіл фракцій по молекулярній масі, що може позитивно впливати на процес сумішоутворення та повноту згоряння.

5. Зміст сірки. Фактичні значення: вихідний зразок – 105 мг/кг, після магнітної обробки – 10,5 мг/кг. Після проходження палива через магнітну систему вміст сірки знизився на порядок. Ця зміна може бути пов'язана з перерозподілом сірковмісних сполук та їх частковою агрегацією або осадженням у процесі магнітогідродинамічного впливу. Істотне зниження вмісту сірки є важливим чинником зменшення корозійної активності палива і викидів сірчистих сполук при згорянні.

Висновок за результатами аналізу: результати лабораторних випробувань показують, що магнітна (гідроенергетична) обробка дизельного палива призводить до помітних змін його фізико-хімічних характеристик: спостерігається зниження щільності та зольності палива, збільшується частка легких фракцій, зменшується температура спалаху, суттєво знижується вміст сірки, підвищується однорідність фракційного складу.

Сукупність отриманих змін вказує на перерозподіл молекулярних кластерів вуглеводнів та ослаблення міжмолекулярних Ван-дер-ваальсових зв'язків під дією гідромагнітних та гідроенергетичних факторів. Це сприяє формуванню більш активного та однорідного паливного середовища, що потенційно покращує умови займання, сумішоутворення та повноти згоряння в циліндрах ДВЗ. Таким чином, результати лабораторних випробувань дозволяють зробити висновок про те, що проходження дизельного палива через область неоднорідного силового магнітного поля та гідроенергетичний вплив супроводжується зміною міжмолекулярних взаємодій та перерозподілом енергетичних станів молекулярних структур палива.

Було проведено тривалі ходові експлуатаційні випробування на різних видах автомобілів, що мали різний об'єм мотора, за призначенням використання, масою та часом випуску. У статті представлені результати випробувань для автомобіля Mercedes Vito 116, 2017 року випуску, об'єм мотора – 2,2 л, вид палива – дизель. Спосіб встановлення пристрою приведений на рис. 2. Час ходових випробувань з 2020 року до поточного 2026 року. Оригінальна витрата палива без магнітно-вихрової обробки у міському режимі експлуатації автомобіля зафіксована – 10,5 л/100 км.

Після встановлення пристрою для магнітної обробки палива витрата його в теплу пору року становила 6,2...6,5 л/100 км у міських умовах експлуатації та ідентичних навантаженнях. У холодну пору року – 6,8...7,0 л/100 км протягом кількох зимових періодів.

При витратах палива від 6,2 л/100 км до 10,5 л/100 км час перебування палива в активній зоні пристрою становить 11,8...9,5 с. Наявність елемента, що створює вихор, формує обертальний рух потоку з кутовою швидкістю 2...5 рад/с, що відповідає 20...50 об/хв. За час проходження через пристрій потік здійснює в середньому 3...4 повні обороти, забезпечуючи інтенсивне перемішування палива та тривалу дію магнітного поля. При цьому через пробіг 1000...1200 км повністю зникла димність із вихлопної системи, з'явилася краща тяга і легкість при зрушенні з місця, а також під час руху автомобіля.



*Пристрій для
магнітної
обробки палива*

Рис. 2. Спосіб встановлення пристрою для магнітної обробки палива на автомобіль Mercedes Vito 116CDI



Рис. 3. Витрата палива на автомобілі Мерседес Віто 116CDI, травень-вересень 2025 р., режим експлуатації – місто



Рис. 4. Витрата палива на автомобілі Мерседес Віто 116CDI, листопад 2025-лютий 2026 р., режим експлуатації – місто

Також були проведені порівняльні випробування витрат палива автобуса ЗАЗ-А09А2D в стандартній комплектації та з магнітною системою. Двигун Mercedes Benz, модель 4D34i. Випробувальне обладнання – ваги автомобільні, зав. № 071201345 (чотири платформи моделі RW-05P), модель RW-2601P, комплект апаратури для визначення витрати палива, пройденого шляху та часу зав. № 180096, модель «CORRSYS-DATRON». Випробування автобуса проводилися при русі по асфальтобетонній дорозі за одним маршрутом. Дистанція маршруту для кожного виміру складала 2500 м. Під час руху і вимірів кожної ділянки маршруту водій-випробувач максимально можливо повторював режим руху – швидкість руху, обороти двигуна, обрана передача КПП.

Дані параметри при кожному вимірюванні контролювалися загальним часом проходження маршруту. Маса автобуса під час проведення випробувань – 7540 кг. За ТУ У 29.1-25480917-249:2020 споряджена маса – 6600 кг, повна маса – 9400 кг. Навантаження імітувалося баластом, що був рівномірно розподілений на підлозі салону автобуса. Пристрій для магнітної обробки різної конструкції монтувався до паливної магістралі автобуса після паливного фільтра. Результати вимірів наведено у таблиці 2.

Аналіз експериментальних даних показав наявність стійких відмінностей між встановленою експериментальною магнітною конструкцією та стандартною комплектацією за параметрами витрати палива та часу проходження дистанції, що відображено на графіках (рис. 5–7).

Таблиця 2

Показники контрольних вимірів витрати палива під час руху автобуса ЗАЗ-А09А2D на треку ПрАТ «ЗАЗ»

Витрата палива на стандартній комплектації												
№ тесту	Контрольна точка 1				Контрольна точка 3		Контрольна точка 4		Контрольна точка 5		Фініш	
	Витрата	Час	Витрата	Час	Витрата	Час	Витрата	Час	Витрата	Час	Витрата	Час
	л	с	л	с	л	с	л	с	л	с	л	с
1	0,197	64	0,269	98	0,398	145	0,437	188	0,573	230	0,582	260
2	0,15	78	0,193	102	0,321	166	0,355	196	0,455	246	0,477	260
3	0,145	80	0,191	106	0,291	168	0,325	198	0,427	250	0,444	264

Витрата палива при встановленні пристрою для магнітної обробки												
№ тесту	Контрольна точка 1		Контрольна точка 2		Контрольна точка 3		Контрольна точка 4		Контрольна точка 5		Фініш	
	Витрата	Час	Витрата	Час	Витрата	Час	Витрата	Час	Витрата	Час	Витрата	Час
	л	с	л	с	л	с	л	с	л	с	л	с
1	0,113	83	0,153	109	0,222	172	0,242	198	0,373	256	0,388	285
2	0,115	79	0,165	105	0,232	169	0,273	200	0,39	253	0,401	285
3	0,135	80	0,163	104	0,235	167	0,273	203	0,393	254	0,407	283

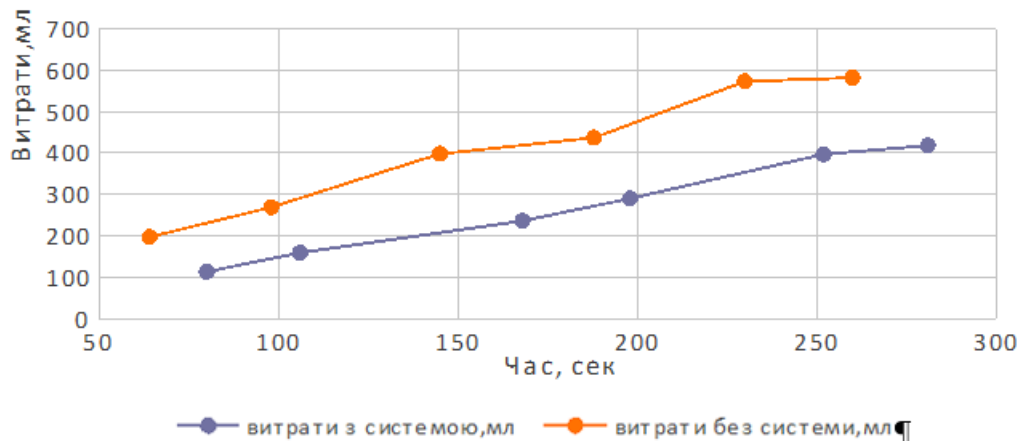


Рис. 5. Порівняння показників витрати палива автобуса ЗАЗ-А09А2D. Тестове випробування 1

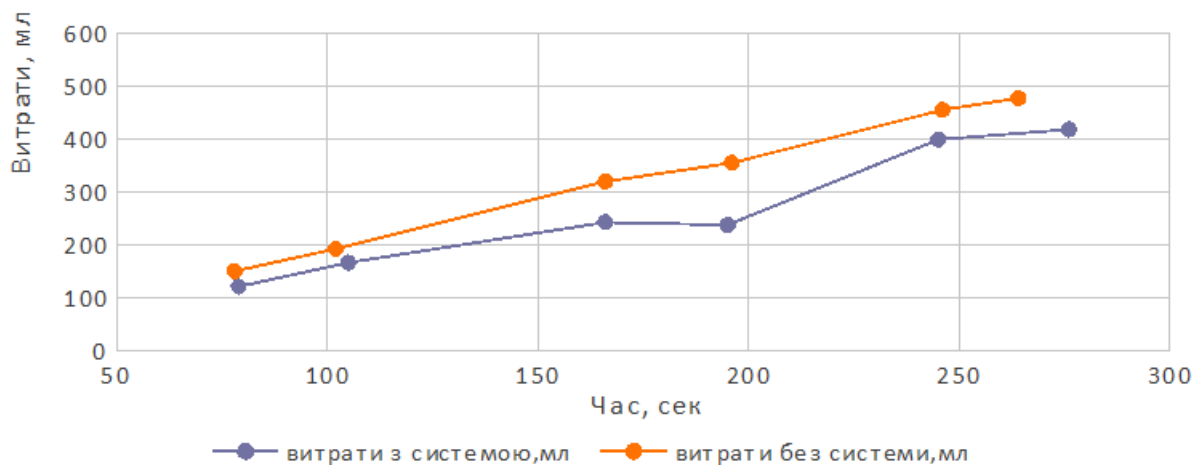


Рис. 6. Порівняння показників витрати палива автобуса ЗАЗ-А09А2D. Тестове випробування 2

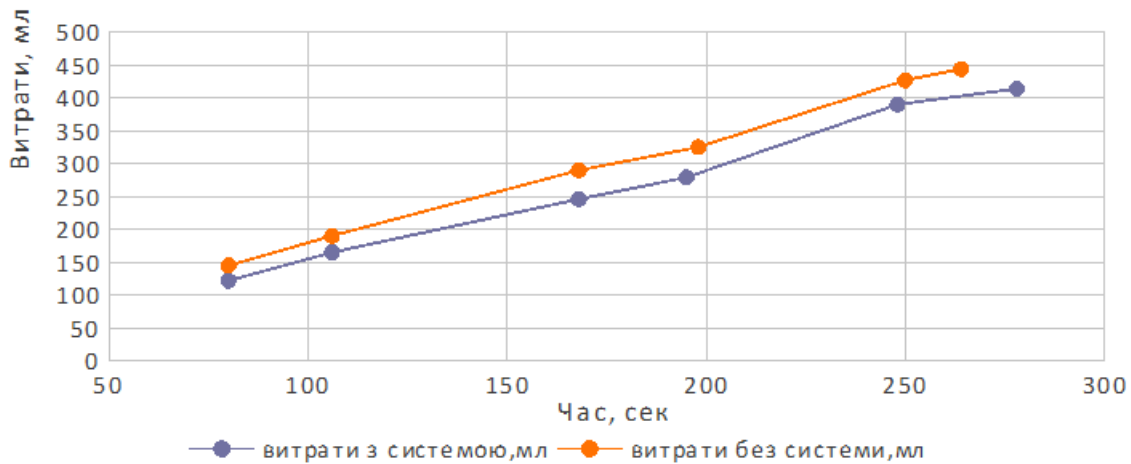


Рис. 7. Порівняння показників витрати палива автобуса ЗАЗ-А09А2D. Тестове випробування 3

Середня сумарна витрата палива на фініші для експериментальної магнітної конструкції склала 0,398 л, тоді як для стандартної комплектації – 0,501 л. Відносне зниження витрат палива визначається за виразом

$$\Delta Q = \frac{Q_{cm} - Q_{екс}}{Q_{cm}} 100\% \quad (5)$$
$$\Delta Q = \frac{0,501 - 0,398}{0,501} 100\% \approx 21\%.$$

Таким чином, застосування магнітної конструкції забезпечує економію палива близько 21 % порівняно зі стандартною паливною системою. На всіх контрольних точках спостерігається менша витрата палива в експериментальному режимі. Різниця зростає зі збільшенням дистанції, що свідчить про системний характер ефекту, а чи не на локальні відхилення вимірів. Найбільш виражений ефект зафіксований у середній частині дистанції (КТЗ–КТ4), де зниження витрати досягає 20...28 %. Середній час проходження дистанції: експериментальна конфігурація ≈ 278 с; стандартна комплектація ≈ 261 с. Відносне збільшення часу: $\Delta t \approx 6,5$ %, що свідчить про зміну режиму роботи двигуна у бік більш економічного режиму, але менш динамічного руху.

Отримані результати вказують, що експериментальна магнітна конструкція знижує миттєву та сумарну витрату палива, стабілізує процес подачі та згоряння палива, зменшує енергетичні втрати на неефективні режими роботи двигуна. Одночасно спостерігається помірне зниження динамічних характеристик (хоча більшою мірою це залежить від водія), що є типовим компромісом між економічністю та продуктивністю.

Експериментальні дані та сукупний аналіз підтверджують, що досліджувана технічна модифікація дозволяє досягти стійкого і повторюваного зниження витрат палива в середньому на 21 % при збільшенні часу проходження дистанції на 6...7 %.

Результати досліджень викладені у статті можуть бути використані при розробці конструкцій та систем, орієнтованих на підвищення паливної ефективності транспортних засобів.

Висновок. В результаті проведених досліджень розроблена та експериментально апробована конструкція пристрою магнітної обробки дизельного палива, що забезпечує формування спрямованого вихрового потоку та багатоступінчастий гідромагнітний (гідроенергетичний) вплив на паливне середовище. Сукупний аналіз параметрів витрати палива і часу його обробки дозволяє зробити висновок, що магнітні конструкції пристроїв сприяють оптимізації процесів сумішоутворення та згоряння, знижуючи сумарні енергетичні втрати.



Лабораторні випробування вихідного палива та палива після проходження через магнітну систему показали наявність стійких змін його фізичних та фізико-хімічних характеристик, включаючи щільність, температуру спалаху, зольність, фракційний склад та вміст сірки. Отримані відмінності виходять за межі похибки вимірів та мають систематичний характер.

Сукупність виявлених змін свідчить про перерозподіл міжмолекулярних взаємодій і зміну енергетичного стану молекулярних асоціацій палива під дією магнітних і гідроенергетичних факторів. У процесі проходження палива через силове магнітне поле формується стан молекулярних структур з іншими енергетичними характеристиками в порівнянні з вихідним станом. Це, у свою чергу, забезпечує більш стабільне займання та повніше протікання процесів горіння в циліндрах ДВЗ.

Отримані експериментальні результати підтверджують перспективність застосування спільно магнітних та гідроенергетичних методів впливу для модифікації властивостей дизельного палива та підвищення ефективності процесів його згоряння. Подальші дослідження доцільно направити на розширення експериментальної бази та уточнення фізичних механізмів впливу магнітних полів на молекулярну структуру вуглеводневих палив.

Список використаних джерел

1. Alrefo I.F., Rawashdeh M.O., Matsulevych O., Vershkov O., Halko S., Suprun O. Designing the functional surfaces of camshaft cams of internal combustion engines. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2024. No 3. P. 72–78. DOI: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2024-3/072>.
2. Alrefo I.F., Rawashdeh M.O., Matsulevych O., Vershkov O., Halko S., Suprun O. Designing passenger vehicle diesel engine cams with enhanced dynamic characteristics. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu* 2025. No 6. P. 61–68. DOI: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2025-6/061>.
3. Faris A. S., Al-Naseri S. K., Jamal N., Isse R., Abed M., Fouad Z., Kazim A., Reheem N., Chaloob A., Mohammad H., Jasim H., Sadek J., Salim A., Abbas A. Effects of magnetic field on fuel consumption and exhaust emissions in two-stroke engine. *Energy Procedia*. 2012. Vol. 18. P. 327–338. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.05.044>
4. Elzanaty H., Mohamed E., Abdelrahman M. Influence of magnetic field on the properties of hydrocarbon fuels and combustion characteristics. *Fuel*. 2019. Vol. 253. P. 1120–1128. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.05.052>
5. Hristov J. Magnetic field influence on viscosity and surface tension of fuels. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. 2014. Vol. 354. P. 7–12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2013.10.040>
6. Sheikholeslami M., Ganji D. D. Magnetohydrodynamics and heat transfer in liquid fuels under magnetic fields. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017. Vol. 79. P. 612–625. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.083>
7. Морозова И. В. Поліпшення експлуатаційних показників теплових двигунів за допомогою електрофізичного впливу на паливо. *Наукоємні технології*. 2016. № 1. С. 102–106. URL: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=TIIfsFUAAAAAJ&citation_for_view=TIIfsFUAAAAAJ:u-x6o8ySG0sC
8. Landau L. D., Lifshitz E. M. Field Theory. *Theoretical Physics*. Oxford: Pergamon Press. 1984. Vol. 4. P. 215–224.
9. Feynman R. P., Leighton R. B., Sands M. The Feynman Lectures on Physics. 1964. Vol. II: Electromagnetism and Matter. Addison-Wesley.
10. Zhao H., Ladommatos N. Optical diagnostics for soot and combustion in diesel engines. *Progress in Energy and Combustion Science*. 1998. Vol. 24(3). P. 221–255. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0360-1285\(97\)00021-2](https://doi.org/10.1016/S0360-1285(97)00021-2)
11. Al-Obaidi S. H., Mohammed M. K. Effect of magnetic field on physical properties of diesel fuel. *International Journal of Engineering Research & Technology*. 2013. Vol. 2(7). P. 1–6.
12. Kabeel A. E., El-Agouz S. A. Review of magnetic field applications in fuel systems. *Applied Thermal Engineering*. 2011. Vol. 31. P. 2039–2046. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2011.03.008>
13. ДСТУ 7688:2015. Паливо дизельне. Технічні умови. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2015.



14. Tsiklauri G., Beresnev I. Magnetohydrodynamic waves and vortex flows in conductive liquids. *Physics of Fluids*. 2003. Vol. 15. P. 112–121. DOI: <https://doi.org/10.1063/1.1527005>.
15. Al-Quraan T.M.A., Vovk O., Halko S., Kvitka S., Suprun O., Miroshnyk O., Nitsenko V., Zayed N.M., Islam A. Energy-Saving Load Control of Induction Electric Motors for Drives of Working Machines to Reduce Thermal Wear. *Inventions*. 2022. 7(4). 92. DOI: <https://doi.org/10.3390/inventions7040092>.
16. Галько С. В., Галько Т. І., Зеленков Д. М. Математична обробка параметрів магнітного поля індукційних вітроелектромеханічних нагрівачів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Технічні науки*. Запоріжжя : ТДАТУ, 2025. Вип. 25, т. 3. С. 10–18. DOI: <https://doi.org/10.32782/2078-0877-2025-25-3-1>
17. Vovk O., Kvitka S., Halko S., Strebkov, O. Energy-saving control of asynchronous electric motors of driving working machines. *Modern Development Paths of Agricultural Production: Trends and Innovations*. Cham: Springer International Publishing. 2019. P. 415–423. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-14918-5_43.
18. Landau L. D., Lifshitz E. M. Electrodynamics of Continuous Media. *Theoretical Physics*. Oxford : Pergamon Press. 1984. Vol. 8. P. 313–339.
19. Пристрій для магнітної обробки рідкого вуглеводневого палива: пат. 154314 Україна: МПК F02M 27/04 (2006.01), F02B 51/04 (2006.01), номер заявки u202302953, заявл. 19.06.2023, опубл. 01.11.2023, бюл. №44/2023.
20. Протокол випробувань: Випробувальна лабораторія нафтопродуктів УДУНТ, Дніпро, протокол випробувань №18/Д1, 18/Д2 від 12.09.2025 р.

Дата першого надходження статті до видання: 10.03.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 05.04.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 25.05.2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)



V. Savinov¹, S. Halko²

¹Zaporizhzhia National University

²Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University

THE INFLUENCE OF MAGNETIC-VORTEX TREATMENT OF DIESEL FUEL ON THE PROCESS OF MIXTURE FORMATION AND COMBUSTION IN A DIESEL ENGINE

Summary

By examining interaction processes in the material world through environmental energy and their influence on the internal molecular structure, new interpretations of natural phenomena can be developed. Electric charges arise when different substances come into close contact. In some materials, charges can move freely, whereas in others this is not possible. The interaction between bodies depends on their shape and relative position, while electric charges are distributed throughout their volume.

A close relationship exists between electric and magnetic fields, manifested in their ability to transform into each other. Any change in a magnetic field induces an electric field, and conversely, a changing electric field generates a magnetic field. An electric field can be created not only by moving charges but also by a time-varying magnetic field. The sources of magnetic fields include permanent magnets and electric microcurrents circulating within fuel molecules.

This study investigates the effect of magnetic vortex treatment of diesel fuel on its physical properties and combustion parameters in a diesel engine. It is experimentally shown that passing fuel through a system of sequentially arranged permanent magnets with different geometric dimensions and magnetic permeability characteristics, forming a vortex flow structure, leads to changes in injection parameters, ignition timing, combustion duration, and combustion dynamics. A decrease in fuel density, flash point, ash content, and sulfur concentration is observed.



Modification of the energy and structural parameters of the fuel improves its homogeneity, increases the proportion of active fractions, and enhances evaporation and mixture formation conditions. This ensures more stable ignition and more complete combustion in internal combustion engine cylinders. The results confirm the potential of magnetic and electrophysical methods for modifying diesel fuel properties and improving combustion efficiency. Further studies should focus on expanding the experimental base and clarifying the physical mechanisms of magnetic field influence on hydrocarbon fuel molecules.

Keywords: electric field, magnetic field, electrophysical impact, magnetohydrodynamics, fuel quality.