

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

ХІМІЧЄВ ЯРОСЛАВ ОЛЕКСІЙОВИЧ

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
завідувач кафедри механізації
сільського господарства
канд. техн. наук, доцент

_____ Анатолій ПОЛЯКОВ
« ____ » _____ 2023 р.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДИЗЕЛЬНОГО
ПАЛИВА В УМОВАХ АГРАРНОГО ВИРОБНИЦТВА
Спеціальність 208 Агроінженерія

Кваліфікаційна робота
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

Керівник:
докт. техн. наук, професор
Єн Дар КІМ

Оцінка: ____/____/_____
бали/за шкалою ЄКТС/за національною шкалою

Київ – 2023

1 АНАЛІЗ ВИМОГ ДО ПАЛИВА ТА ШЛЯХИ ВПЛИВУ НА ЙОГО ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ

1.1 Вимоги, що пред'являються до палива

У розвитку сучасного суспільства можна виділити ряд ключових особливостей, таких як підвищення раціональності і ефективності використання доступних нині енергоресурсів, розробка і впровадження енергозберігаючих технологій, пошук і освоєння поновлюваних енергоджерел.

Як наслідок світових запасів нафти, що поступово виснажуються, (що обумовлене обмеженістю її геологічних запасів, підвищуються ціни на традиційні моторні палива. Неприятлива екологічна обстановка, що склалася у світі, впливає як на довкілля, так і на стан здоров'я людей. Усі вище перелічені причини говорять про актуальність робіт, спрямованих на пошук раціональнішого і ефективнішого використання доступних нині енергоресурсів.

Погіршення світової екологічної обстановки також вимагає прийняття нових, жорсткіших вимог, що пред'являються до палива, використовуваного в агропромисловому комплексі.

На підтвердження цього, Європейська економічна комісія прийняла екологічні стандарти Євро, що вимагають зниження вмісту вуглеводнів і оксидів азоту у вихлопних газах автотракторних дизелів до 0,25 і 2 г/кВт-год, відповідно, при цьому димність газів, які відпрацьовані, повинна знизитися до 0,15 г/кВт-год [1].

Більше 60% світової автотракторної техніки оснащені дизельними двигунами. Наприклад, для задоволення щорічних потреб в дизельному паливі підприємств агропромислового комплексу, потрібно більше 5 млн. тон. Проте, при використанні мінерального дизельного палива, в атмосферу потрапляє досить велика кількість шкідливих викидів [26].

Таким чином, можна констатувати, що необхідність рішення проблем енергозбереження і підвищення енергоефективності використання існуючих ресурсів, що накопичилися, в агропромисловому комплексі очевидна і безальтернативна. Світовий досвід показує, що диверсифікація джерел енергозабезпечення [12] є одним із стійких напрямів розвитку сільськогосподарської галузі.

За міжнародними оцінками JFC, Україна могла б заощадити до 45% споживання енергії, що порівняно з річним об'ємом використання енергії Францією і Великобританією.

Необхідність рішення проблем енергозбереження і підвищення енергоефективності, що накопичилися, в економіці, промисловості, сільському господарстві, очевидна і безальтернативна. Кожне сільськогосподарське підприємство може розраховувати тільки на себе і споживати лише ті ресурси, які має в розпорядженні. Наприклад, витрати на паливо в структурі витрат автопідприємств складають близько 40 %, і із зростанням цін на дизельне паливо ця процентна складова істотно збільшується.

Саме для такої економії в області паливозбереження необхідно не лише утримувати паливну апаратуру дизельних двигунів в справному стані [21, 22], але і вивчати різні можливості поліпшення експлуатаційних характеристик автотракторних дизелів: за рахунок застосування альтернативних моторних палив [7, 8, 17], за рахунок енергонасичення палива зовнішньою комбінованою дією. Пропоновані рішення можуть стати істотною підмогою для зменшення витрати палива з розрахунку на одиницю продукції, що випускається.

Останнім часом в досить великій частині досліджень поліпшення техніко-економічних і екологічних показників двигунів зв'язується виключно з процесами утворення суміші та горіння палива в камері згорання. Досягнення науково-технічного прогресу, освоєння нових матеріалів і технологій вже зараз дозволяють створювати двигуни практично здійснених

конструкцій, тому подальше поліпшення показників їх роботи може бути досягнуте шляхом дії на споживане паливо, у тому числі зміною його складу при певних типах обробки.

До основних типів сумішевого палива, яке використовуються в дизелях, відносяться: мінеральне дизельне паливо (літнє, зимове, арктичне), композиційне паливо, біопаливо, сумішеве паливо.

До способів обробки палива можна віднести: деароматизацію палива з метою його приведення у відповідність з існуючими вимогами до екологічно чистих дизельних палив, ультразвукову обробку, намагнічування, електростатичну і електромагнітну обробку палива.

1.2 Шляхи зменшення витрат палива

В різний час, залежно від досягнень науково-технічного прогресу, були розроблені і випробувані різні способи зниження витрати палива без помітної втрати, а іноді і з підвищенням потужності двигуна внутрішнього згорання.

Одним із способів є вприскування води в циліндри працюючого двигуна. Уперше у світовій практиці вприскування води в циліндри двигуна застосував угорський інженер Вспкі на початку ХХ століття.

Під час II Світової війни система вприскування води активно застосовувалася в авіації, дозволяючи, наприклад, підвищити потужність моторів бомбардувальника Дуглас А- 26 «Інвейдер» на 10...20% від номінальної стендової потужності [29].

Принципова схема роботи системи уприскування води в двигун внутрішнього згорання представлена на рисунку 1.1.

Рисунок 1.1 - Принципова схема роботи системи уприскування води в двигун внутрішнього згорання

У Радянському Союзі також велися розробки подібних технічних методів. Один з сучасніших пристроїв здійснює вприскування води через

насос-форсунку під час робочого ходу поршня двигуна з подальшим випуском суміші пари води з газами, що відпрацювали. При цьому формується кільцевий потік води, що впорскує, уздовж внутрішньої стінки циліндра.

Недоліками цього способу є в основному значне ускладнення конструкції, а також нерівномірний розподіл суміші по циліндрах і недостатня енергетична здатність паливної суміші в порівнянні з початковим паливом.

Відомі і інші способи і пристрої для реалізації цієї ідеї.

Система вприскування води в двигун внутрішнього згорання, поза сумнівом, має свої переваги. Серед них важливо відмітити:

- збільшення потужності двигуна до 20%;
- зменшення витрати палива до 20%;
- можливість (при необхідності) працювати на менш якісних сортах палива зі збереженням (чи не критичному зниженні) основних експлуатаційних показників використовуваної техніки;
- підвищення загального ККД механізму і чіткості його роботи, внаслідок чого збільшується термін роботи двигуна;
- істотне зниження ризику детонації ДВС у момент пікових навантажень;
- економічна доцільність, розмір якої прямо пропорційний масштабам використання цієї системи у великих господарствах.

Але, на жаль, існують і вагомні недоліки:

- загальна складність при установці системи на двигун, оскільки при щонайменших невірностях в установці системи вприскування води на «маленьких» або ж повністю відкритих заслінках двигун працюватиме украй нестабільно;
- необхідність в додатковому баку з водою;
- гранична пильність до герметичності системи;
- використання тільки дистильованої води, оскільки звичайна вода неодмінно містить різні солі, які при випарюванні рідини стануть осідати на внутрішніх стінках деталей двигуна і з часом можуть або привести його в

непридатність, або щоб уникнути цього періодично вимагати ретельного і витратного за часом обслуговування;

- незручність зимової експлуатації, оскільки вода замерзає при 0 градусів. Для запобігання замерзанню можливе додавання метанолу, але це створює додаткові труднощі при розрахунках зміни пропорцій залежно від температури довкілля.

Наступним способом зниження витрати палива є наддування.

Наддування двигуна внутрішнього згорання використовується для підвищення його питомої потужності за рахунок збільшення подання палива і, відповідно, потрібної для його згорання маси повітря.

Використання наддування для підвищення питомої потужності двигуна дозволяє зберегти практично без змін його габаритні розміри і масу, збільшити вантажопідйомність і швидкість.

Системи наддування кваліфікуються в наступному порядку:

- 1) за способом подання повітря без нагнітача за рахунок інерції стовпа самого повітря або газу;
- 2) по конструкції нагнітача;
- 3) по виду приводу нагнітача;
- 4) за типом зв'язку між наддувочним агрегатом і двигуном (рисунок 1.2).

Рисунок 1.2 - Системи наддування

Розглянемо види наддування з нагнітачем детальніше. Існує декілька варіантів приводу агрегатів наддування:

- 1) від колінчастого валу двигуна - прямо або через пристрій що відключається «приводні нагнітачі»;
- 2) від стороннього джерела енергії, наприклад від електродвигуна («електропідтримуване наддування»);
- 3) від турбіни («турбонаддув»).

Турбонаддув є одним з найбільш широко поширених способів зниження витрати палива. Застосування турбонаддува дозволяє нагнітати повітря в циліндри двигуна під тиском за допомогою використання газів двигуна, що відпрацювали (газотурбінне наддування) (рисунок 1.3).

Двигуни, що використовують газотурбінне наддування, часто називають «турбопоршневими» або «комбінованими» двигунами.

У 1963 році уперше в автотракторній промисловості нашої країни було освоєно повнопотокове виробництво дизелів з турбонаддувом ЯМЕ-238НБ для тракторів К-700. Пізніше було організовано серійне виробництво 12-ти циліндрових дизелів з наддуванням ЯМЗ-240Н для кар'єрних самоскидів БелАЗ і 8-ми циліндрових дизелів ЯМЗ-238Н, 238 П і 238 Ф для автомобілів МАЗ і КрАЗ.

Турбокомпресори застосовуються для наддування рядних і V -подібних двигунів потужністю до 550 кВт.

Нині, один турбокомпресор типорозміру ТКР 11 здатний забезпечити наддування автомобільного дизеля потужністю до 480 кВт; ТКР 9 до 330 кВт; ТКР 7 до 220 кВт і ТКР 5,5 до 95 кВт.

Але, не дивлячись на значні успіхи, досягнуті в цьому напрямі, дослідження і розробка нових методів і способів оптимізації роботи двигунів з турбонаддувом не припиняються.

Відомі і інші способи і обладнання для підвищення ефективності роботи двигунів з турбонаддувом.

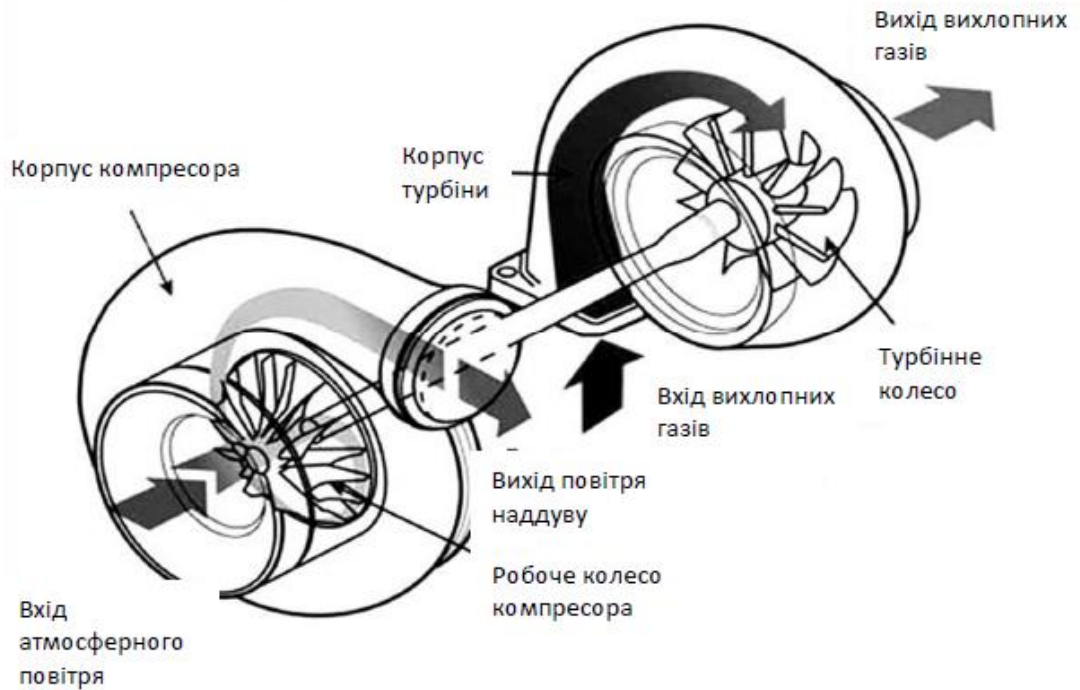


Рисунок 1.3 - Принципова схема роботи турбонаддува

При застосуванні в двигунах турбонаддува знижуються витрати палива і експлуатаційні витрати. При використанні турбонаддува можна оптимізувати роботу двигуна при розрядженому повітрі, наприклад, у високогірних умовах. Зважаючи на меншу міру стискування двигуна з турбонаддувом, останній має можливість працювати на дешевших видах палива. Турбонаддув також має і позитивний побічний ефект - оскільки турбіна встановлена у випускному тракті двигуна, знижується шум вихлопу газів, що відпрацювали, і менше забруднює шкідливими викидами довкілля.

Проте, існують і недоліки, до яких відносяться в першу чергу більш високі механічні і теплові навантаження, ніж у двигунів без наддування, менш сприятливе протікання кривої моменту двигуна, що крутить, на деяких режимах роботи (особливо при високих мірах наддування), гірша прийомистість (двигун з вільним наддуванням).

Наступний спосіб зниження витрати палива - додавання газу в дизельне паливо. Зважаючи на відсутність системи запалення, на цьому типі двигунів

не можлива повна заміна одного виду палива на інше. Проте зниження його витрати на 50 - 70% цілком реальне. Майже двократна різниця у вартості цих видів палив цілком виправдовує економічний ефект.

Співвідношення суміші газ-дизель залежить від обертів двигуна: чим вони нижчі, тим більше витрата дизельного палива. У пропанових системах це співвідношення складає 50/50. Застосування метану дозволяє збільшити цей показник до 75...80%. Слід зазначити, що найкращі показники на користь цього рішення проявляються за умови рівномірної роботи двигуна (використання в дизель-генераторі, русі автомобіля з дизельним двигуном по трасі).

Один з винаходів цієї тематики - спосіб подання горючого газу в робочі циліндри газодизеля [49]. Технічним результатом винаходу є: підвищення економічності робочого процесу, збільшення потужності і прийомистості газодизелів, зменшення забруднення довкілля.

Існують також і інші способи для поліпшення роботи дизельних двигунів на двох видах палива, підвищення їх екологічних характеристик і ефективності використання [3, 4, 5, 28].

Враховуючи сучасні тенденції в постійному зростанні цін на паливо, сегмент газодизельних систем розвивається досить активно. Світові лідери вже поставляють на різні ринки газодизельні автомобілі і трактори, і надалі цей процес розвиватиметься ще більше.

Недоліки в основному полягають в підвищеній увазі при експлуатації транспортного засобу на газу, відносній дороговизні устаткування і мізерній інфраструктурі газових заправок. Додамо також, що реальна економія проявлятиметься тільки при великих пробігах (для автомобілів приблизно 50000 км в рік) або досить тривалій роботі сільськогосподарської техніки.

1.3 Способи збільшення потужності палива

До основних типів палива, використовуваних в дизелях, можна віднести: мінеральне дизельне паливо, яке у свою чергу підрозділяється на літнє, зимове

і арктичне; композиційне паливо; біопаливо; сумішеве паливо. Крім того, сумішеве паливо, а також біодобавки, впливають на працездатність форсунок і паливної апаратури дизельних двигунів, що було доведено результатами відповідних випробувань [6, 10].

Деякими авторами вживається термін «паливо з поліпшеними екологічними показниками», але його, як правило, можна віднести до одного з вищеперелічених типів. До способів обробки палива можна віднести:

1. деароматизацію палива з метою його приведення у відповідність з існуючими вимогами до екологічно чистих дизельних палив;
2. ультразвукову обробку;
3. намагнічування, електростатичну і електромагнітну обробку палива.

Емульгування так само можна віднести до способів обробки палива. Такі палива є композиційними.

До способів обробки також можна віднести нагрів або охолодження палива або паливоповітряні суміші перед поданням в камеру згорання. Крім того, деякими авторами пропонується вносити в паливо присадки, що в принципі також можна віднести до способів його обробки, нехай навіть ці присадки по відношенню до його складу хімічно нейтральні.

Суть цього методу приведення дизельного палива з палива з пониженим вмістом ароматичних вуглеводнів, що задовольняє вимогам за вмістом аренів на дизельне паливо екологічно чисте, полягає в екстракції аренів. Проте, як правило, такі методи спрямовані не на підвищення інтенсифікації процесу випаровування або горіння палива в камері згорання, а на отримання певного складу і процентного співвідношення вихлопних газів двигуна. Як констатують деякі автори, безпосереднє внесення присадок в паливо дозволяє понизити димність; токсичність вихлопних газів; осадження кристалів парафіну при низьких температурах для мінеральних палив і палив рослинного походження; поліпшити змащуючі властивості вуглеводневих

палив; поліпшити експлуатаційні властивості палива і розширити асортимент палив.

Усі внесені в магнітне поле тіла, в тому або іншому ступені намагнічуються, створюючи власне магнітне поле, яке накладається на зовнішнє магнітне поле. Міра намагнічення тіла залежить від молекулярної структури і форми тіла.

Елементарний магнітний диполь з магнітним моментом \vec{P}_m в зовнішньому полі \vec{B} випробовує дію моменту сил, прагнучих розгорнути його уздовж цього поля \vec{B} . При однаковому напрямку векторів магнітного диполя \vec{P}_m і магнітного поля \vec{B} власне поле диполя посилює зовні поле.

Диполь \vec{P}_m - прецесує навколо силової лінії магнітного поля \vec{B} з ларморівською частотою

$$\vec{\omega}^t = \frac{|e|}{2} \vec{B}, \quad (1.1)$$

де $|e|$ - абсолютна величина заряду електрона,

m - його маса,

\vec{B} - індукція зовнішнього поля,

$\vec{\omega}^t$ - вектор миттєвої кутової швидкості прецесії.

Прецесія магнітного диполя призводить до появи додаткового орбітального струму:

$$\Delta I = e \frac{\omega^t}{2\pi}, \quad (1.2)$$

і, що відповідає йому, наведеного орбітального моменту:

$$\Delta \vec{p}_m = - \frac{e^2 S_{\perp}}{4\pi m}, \quad (1.3)$$

де S_{\perp} - площа проекції орбіти електрона в круговому русі на площину, перпендикулярну зовнішньому магнітному полю.

Оскільки по напрямку вектор Δp_m протилежний до вектору \vec{B} , те додаткове власне наведене магнітне поле усередині контура із струмом зменшує (послабляє) дію зовнішнього поля.

У електрона, окрім орбітального моменту кількості руху, є власний («спіновий») момент кількості руху і власний («спіновий») магнітний момент, які пов'язані між собою гіромагнітним відношенням, удвічі більшим, ніж гіромагнітне відношення орбітальних моментів. Магнітні диполі в речовині за певних умов можуть утворювати більш менш впорядковану структуру у відсутність зовнішнього магнітного поля, так зване, спонтанне намагнічування. У таких речовин величина магнітної сприйнятливості χ досягає досить великих значень, і нижче приведену залежність вже не можна вважати лінійною

$$\vec{B} = \mu_0(1 + \chi(H)) \cdot \vec{H}, \quad (1.4)$$

де \vec{B} - індукція зовнішнього поля,

μ_0 - магнітна постійна,

χ - величина магнітної сприйнятливості,

H - напруженість магнітного поля.

У однорідному магнітному полі на магнітний диполь діє момент сил, прагнучий орієнтувати його так, щоб його магнітний момент був спрямований по полю. У неоднорідному магнітному полі такі замкнуті струми втягуються в область з більшою напруженістю поля.

Аналіз зміни питомої магнітної сприйнятливості χ_p вуглеводнів залежно від молекулярної маси і будови молекул показує, що найбільшими діамагнітними властивостями з $\chi_p = (0,895 \dots 0,83) \times 10^{-9} \text{кг}^{-1}$ є легкі фракції алканів, молекулярні маси яких $(72 \dots 300) \times 10^{-3} \text{кг/моль}$.

Саме вони і служать сировиною для вироблення бензинів і дизельного палива.

Циклани, у яких молекулярна маса $(70 \dots 135) \times 10^{-3} \text{кг/моль}$, характеризуються $\chi_p = (0,82 \dots 0,84) \times 10^{-9} \text{кг}^{-1}$. Бензол і його гомологи, нафтоароматичні вуглеводні і багатоядерна ароматика мають ще нижчі значення магнітної сприйнятливості $\chi_p = (0,7 \dots 0,76) \times 10^{-9} \text{кг}^{-1}$.

Доля парафінонафтоєвих вуглеводнів в газових і масляних фракціях істотно зменшується, при цьому вміст ароматичних вуглеводнів підвищується

- це викликає збільшення магнітної сприйнятливості відповідних фракцій. Магнітна сприйнятливість фракцій, що становлять «залишки нафти», значно більше, чим у легких фракцій. Цей ефект пов'язаний зі збільшенням долі змісту парамагнітних компонентів в цих фракціях [24].

Одним з перших дослідників, хто намітив шляхи теоретичного обґрунтування механізму дії електромагнітних полів на теплотворну здатність вуглеводнів, був Я.Г. Дорфман [2]. При пропусканні палива через електричне поле певної характеристики відбувається поляризація молекул палива і утворюються диполі, які під дією того ж електричного поля придбавають певну орієнтацію. При цьому, пара сил $-F$ і $+F$, діюча з боку однорідного зовнішнього електричного поля E , прагне повернути диполь у напрямі поля (рисунок 1.4).

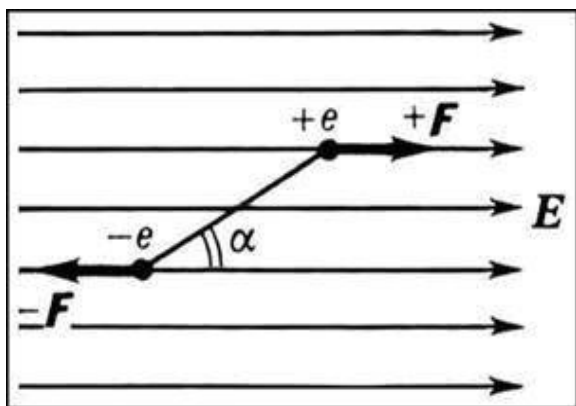


Рисунок 1.4 - Електричний диполь в однорідному електричному полі

Розглянемо рішення, що найчастіше зустрічаються, в області обробки палива магнітним полем.

У активаторі (рисунок 1.5) два магніти встановлені послідовно по ходу руху палива по паливопроводу. Між магнітами розташований роздільник-регулятор відстані, який виконаний з немагнітного матеріалу. Таким чином досягається поставлене завдання.

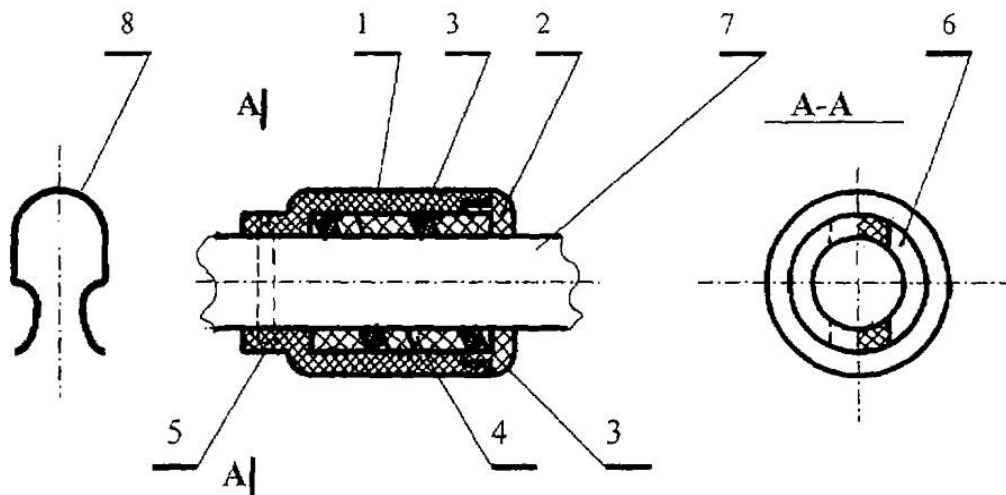


Рисунок 1.5 - Загальний вигляд пристрою

Це дозволяє підвищити ефективність згорання палива в камерах згорання двигунів. Також, була розроблена технічна документація до випуску дослідної партії пропонуваніх магнітних активаторів палива. Виготовлені ручним способом декілька активаторів при випробуваннях показали добрі результати.

Основним недоліком цього технічного рішення є неможливість регулювання напруженості магнітного поля і отримання стабільних результатів при істотній зміні швидкості і об'єму потоку рідкого палива.

Суть наступного винаходу полягає в дії на паливо полем надвисоких частот і полем ближньої зони металевої наноструктури, що виникає при опроміненні наноструктури енергією надвисоких частот. Заявлений спосіб реалізується в пристрої (рисунок 1.6), який містить герметичний корпус 1, усередині якого встановлені магніти 2 з розташованими на них випромінюючими елементами.

Корпус 1 герметично сполучений з виходом коаксіального переходу 3, до входу якого підключений вихід перетворювача напруги 4. Перетворювач напруги 4 містить послідовно сполучені генератор СВЧ-коливань 5, аттенюатор 6, підсилювач СВЧ-потужність 7 і генератор модулюючої напруги 8, вихід якого підключений до другого входу аттенюатора. Генератор СВЧ-коливань 5 і аттенюатор 6 виконані з можливістю перебудови їх параметрів.

Магніти 2 з розташованими на них випромінюючими елементами можуть бути виконані наприклад, у вигляді тороїдальних багатовиткових ізолюваних обмоток 9, 10 (рисунок 1.7), намотаних на кільцеві елементи 11 з радіопрозорого матеріалу - феримагнетика, наприклад фериту марки 25БА170, намагніченого до насичення у напрямі 12.

У конкретному виконанні пристрій для обробки палива (рисунок 1.8) складається з короткозамкнутого коаксіального корпусу 1, внутрішній об'єм якого заповнений наноструктурами 2 (магнітами з розташованими на них випромінюючими елементами) і розділений перегородкою 13, виконаною з радіопрозорого матеріалу.

Корпус 1 забезпечений патрубками 14 для проходу рідкого палива, герметизуючою перегородкою 15 і безконтактними дросельними з'єднаннями 16, 17 для підключення до виходу триступінчатого коаксіального переходу 3, згорнутого уздовж осі симетрії, до входу якого підключений підсилювач потужності енергії СВЧ-перетворювача (4) напруги, екранований кришкою 18 і розміщений на друкованій платі (19).

Автори стверджують, що екологічна безпека при реалізації способу і пристрою забезпечується відсутністю у складі облаштування елементів з радіоактивного матеріалу, а також зменшенням змісту шкідливих домішок (CO, HC, NO, SO) у відпрацьованих (вихлопних газах) в результаті якнайповнішого згорання палива.

Крім того, забезпечуються економічність двигуна і економія палива при збереженні високої надійності. Проте складність у виготовленні є основним недоліком цього пристрою.

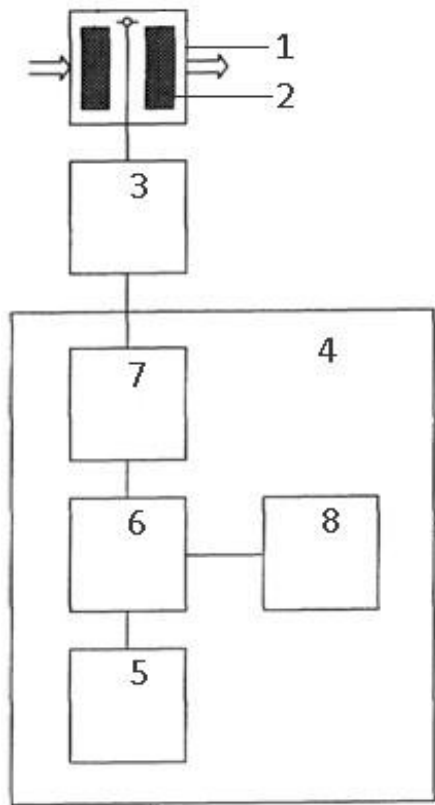


Рисунок 1.6 - Схема пристрою

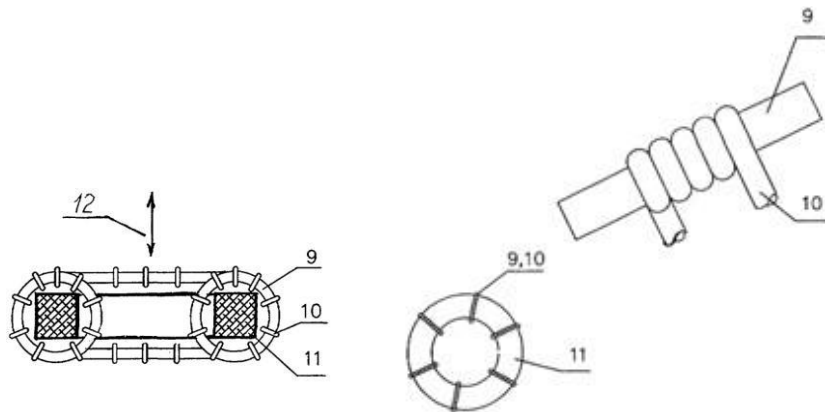


Рисунок 1.7 - Тороїдальні багатовиткові ізольовані обмотки

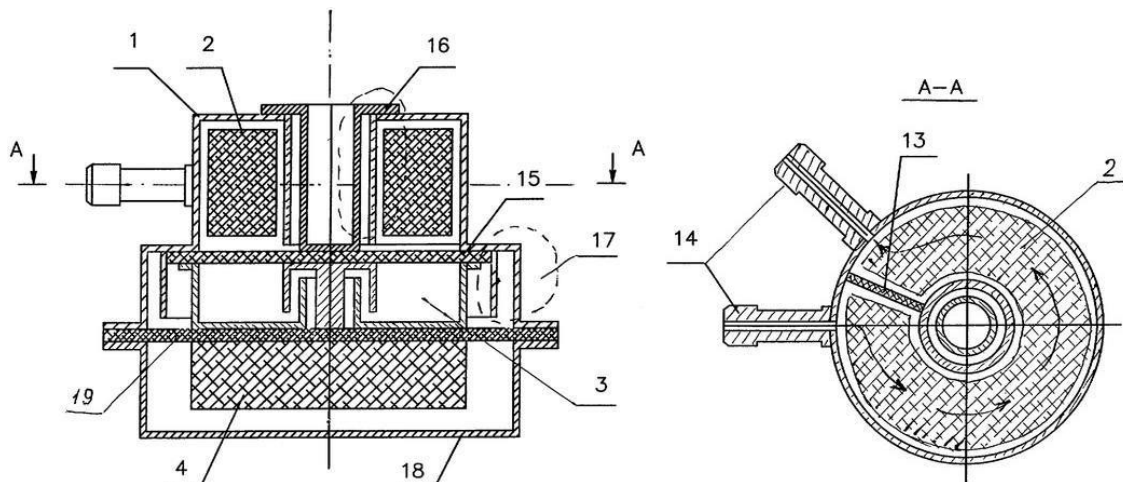


Рисунок 1.8 - Загальний вигляд пристрою

Пристрій для магнітної обробки рідкого палива складається з котушки, що містить секції 1 (не менше 6 штук з відстанню між ними 8-10 см), намотані на паливопровід 2 з діамагнітного матеріалу, і сполучені між собою паралельно і паралельно з генератором струму 3 автомобілі (рисунок 1.9).

Висновки секцій котушки підключені до генератора транспортного засобу так, що напрям силових ліній магнітних полів, що створюються ними усередині паливопроводу протилежно спрямовані потоку палива. Автор стверджує, що таке з'єднання забезпечує різке зниження електричного опору системи секцій електромагніту, отже, підвищення сили струму і напруженості магнітних полів в кожній з секцій і як результат - активізацію (намагнічування) палива, що веде до зміни поверхневого натягнення і, як наслідок до підвищення його теплотворної здатності, зниження рівня токсичності вихлопних газів.

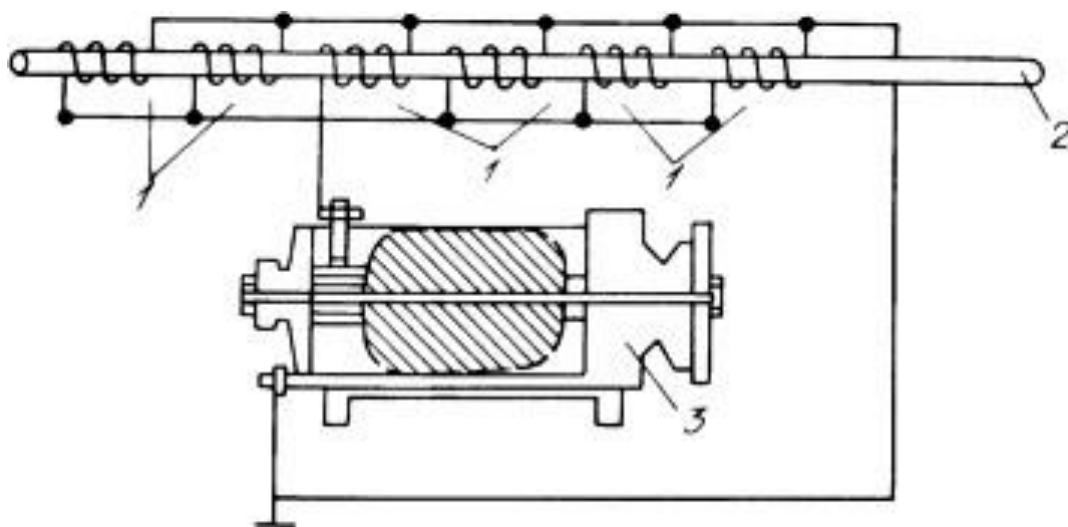


Рисунок 1.9 - Технологічна схема пристрою

У цьому пристрої здається сумнівним факт різкого зниження електричного опору системи секцій електромагніту. Крім того, цей ефект - як і для диспергаторів - залежить від швидкості руху палива, тобто на неодружених оборотах він буде мінімальним.

Відоме також обладнання магнітної обробки палива для карбюраторних двигунів. Пристрій складається з немагнітного корпусу 1, в який вмонтовані з проміжком один відносно одного дві пари постійних магнітів 2. Між магнітами 2 кожних пари виконані проточні канали 3, що відповідають по розмірах і місце розташуванні вихідним отворам дифузорів карбюратора (не показаний). Діаметр каналу 3 не перевищує довжини магніту 2. Діаметр проточних каналів 3 визначений діаметром дифузора, а довжина магніту 2 діаметром крапала. Але кутам корпусу 1 виконані отвори 4 під кріпильні елементи. З торців корпус 1 по периметру впритул огинає магнітопровід, виконаний у вигляді двох С-подібних скоб 5.

Корпус 1 виконаний у вигляді пластини, товщина якої складає приблизно десяту частину її довжини. Пристрій працює таким чином.

Корпус 1 встановлюють і кріплять між карбюратором і колектором. При русі паливної суміші з карбюратора в колектор між частками виникають зіткнення і тертя, що призводить до зарядки часток статичною електрикою. Проходячи через проточні канали 3, суміш потрапляє в магнітне поле, що створюється магнітами 2, і намагнічується. Молекули суміші, отримавши дипольний момент, орієнтуються в просторі силовими лініями магнітного нуля, що сприяє більше рівномірному їх розподілу за об'ємом циліндра і, внаслідок цього, повнішому згоранню вуглецевмісних часток при займанні суміші.

Магнітопровід служить обмежувачем магнітного нуля за межами корпусу. Товщина корпусу 1 така, що конструктивних змін ДВС не знадобиться (рисунок 1.10).

Експериментальна перевірка показала, що вміст СО у вихлопних газах на випробовуваному автомобілі знизилася з 2,8% до 0,1%, СН знизилося в 3 рази.

Рисунок 1.10 - Технологічна схема пристрою

До недоліків цього пристрою можна віднести низьку ефективність дії магнітів на паливо, що поступає в камери згорання.

Розглянемо рішення, що найчастіше зустрічаються, в області обробки палива електростатичним полем.

У пристрої, представленому на рисунку 1.11, електризація палива, що рухається, забезпечується за усім обсягом, у тому числі при малих швидкостях, за рахунок виконання вхідного 5 і вихідного 6 паливопроводів, металевих кульок 4 і проточної камери з матеріалів з однаковою поляризаційною орієнтацією і більшою діелектричною проникністю, чим у палива.

Насправді, в цьому пристрої (як і в попередньому) основні параметри порції палива після обробки залежатимуть від часу її знаходження в паливопроводі, і для виконання умови «повноцінної» обробки у разі малих швидкостей течії довжину пристрою слід істотно збільшити.

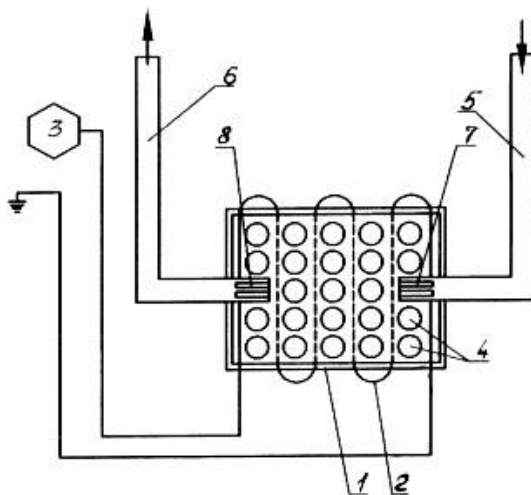


Рисунок 1.11 - Функціональна схема пристрою для обробки палива для двигуна внутрішнього згорання

Пристрій для електростатичної обробки рідкого палива складається з корпусу 1 з внутрішньою камерою 2 з відстійною порожниною 3, вхідним 4 і вихідним 5 каналами (рисунок 1.12). У відстійній порожнині 3 встановлений негативний електрод 6 з голкоподібними елементами, а у внутрішній камері 2 встановлений позитивний електрод 7 з голкоподібними

елементами, підключені до високовольтного джерела енергії, наприклад котушка запалення, через блок управління 8.

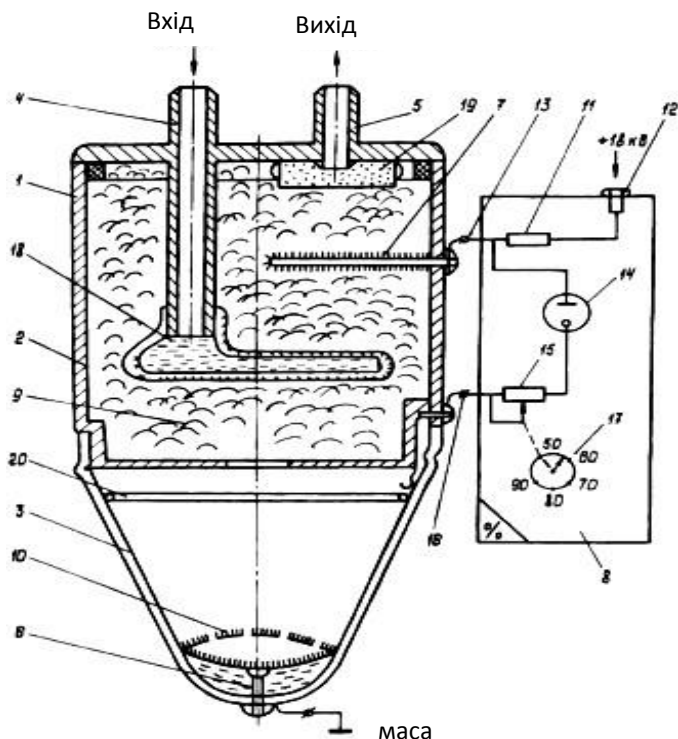


Рисунок 1.12 - Принципова схема пристрою для електростатичної обробки рідкого палива

В даному випадку автор переслідує мету не обробити паливо з метою підвищення ефективності процесу його горіння, а очищення від забруднень.

Електростатична обробка є «побічним ефектом».

Розглянемо рішення, що найчастіше зустрічаються, в області обробки палива електромагнітним полем.

Активатор рідини, що містить робочу зону труби з робочим тілом у вигляді біметалічних голок усередині і зовнішнім електромагнітним індуктором, при цьому робоче тіло виконане у вигляді біметалічних голок із зовнішньою поверхнею з немагнітного металу, титану, з серцевиною з феромагнітного матеріалу, дозволяє підвищити ефективність обробки палива (рисунок 1.13).

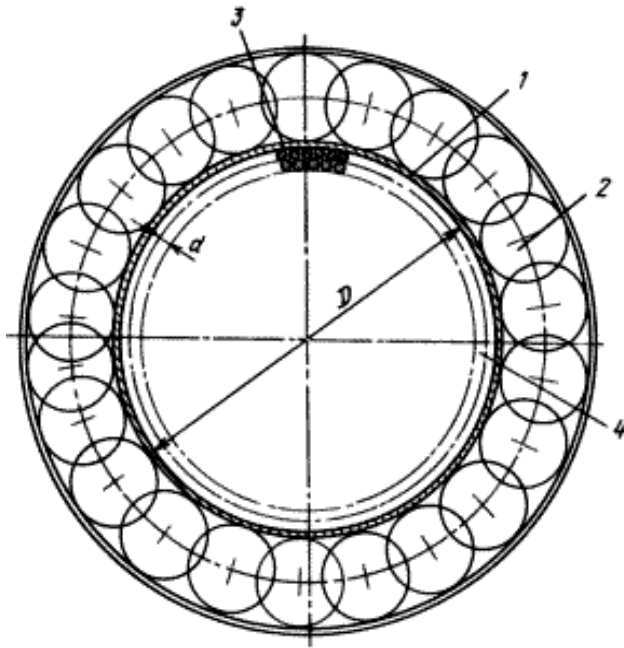


Рисунок 1.13 - Принципова схема активатора

В даному випадку відбувається збільшення «площі контакту» палива з електромагнітним полем.

Електромагнітна обробка палива дійсно сприяє зміні його характеристик при дотриманні деяких умов, головними з яких є напруженість поля в зоні обробки палива і частота її зміни.

Відрізнити звукову і ультразвукову обробку палива досить просто - якщо звук при обробці палива чутний, то обробка відбувається на звукових частотах, якщо ж немає - те на ультразвукових.

Як правило, ефекти кавітацій розвиваються на частотах понад 10 кГц, при цьому суть кавітації - періодична локальна концентрація енергії високої густини, яка пов'язана з пульсаціями бульбашок кавітацій.

За рахунок локального пониження тиску у фазі розрідження в рідині утворюються каверни (бульбашки кавітацій), що заповнюються насиченою парою цієї ж рідини.

Під дією підвищеного тиску у фазі стискування, а також сил поверхневого натягнення, каверна закривається, при цьому пара конденсується на межі розділу двох фаз - рідкій і газоподібній. Всередину

каверни дифундує розчинений в рідині газ, який потім піддається сильному адіабатичному стискуванню.

У момент згортання каверни кавітації тиск може досягати 100 МПа, а температура - до 10000 К, і тоді ж в рідині починає поширюватися сферична ударна хвиля.

Якщо періодично в рідині генерувати імпульсну розтягуючу напругу, то присутні в ній «центри» кавітації, якими є стійкі парові і парогазові бульбашки малих розмірів, починають рости і утворювати, так званий «кластер кавітації».

Діаметр бульбашок, що утворюються при кавітації, знаходиться в межах 0,01...1,0 мм, а їх максимальний резонансний розмір можна визначити з відношення

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_p} \sqrt{\frac{3 \cdot k}{p}} \left(P_{ст} + \frac{2 \cdot \sigma}{R_p} \right), \quad (1.5)$$

де $P_{ст}$ - гідростатичний тиск;

σ - коефіцієнт поверхневого натягнення рідини;

p - густина;

k - відношення теплоємностей газу при постійному тиску і постійному об'ємі;

R_p - резонансний радіус бульбашки.

Величина максимального ударного тиску бульбашки, що згортається, визначається наступним вираженням

$$P = P_2 \left[(k - 1) \cdot \frac{P_0}{P_2} \right]^{k(k-1)}, \quad (1.6)$$

де P_2 і P_0 - тиск газу у бульбашці і рідині відповідно, k - відношення теплоємностей газу при постійному тиску і постійному об'ємі.

Кількість і розмір бульбашок кавітацій залежать як від параметрів поля (інтенсивності, частоти, звукового тиску), так і від характеристик рідини (в'язкості, густині, температури, коефіцієнта поверхневого натягнення, тиску парогазової суміші).

По інтенсивності поля підрозділяються таким чином: низькій (до 0,5Вт/см), середній (від 0,5 до 10 Вт/см) і високій (від 10 до 100 Вт/см) інтенсивності, яку можна визначити по формулі

$$I = 2 \cdot (\pi \cdot f \cdot \xi)^2 \rho \cdot c, \quad (1.7)$$

де f - частота;

ξ - амплітуда коливальних зміщень;

ρ - густина;

c - швидкість звуку в середовищі.

У каверну кавітації можуть проникати пари рідини і розчинені в ній гази, а також речовини з високою пружністю пари. Проте, ні іони, ні молекули нелетких розчинених речовин проникати в неї не можуть.

Енергії, що виділяється при згортанні каверни, досить для збудження, іонізації і дисоціації молекул води, газів і речовин з високою пружністю пари усередині неї. При цьому довгі молекулярні ланцюги можуть перетворюватися в легкі вуглеводневі радикали газових і дистилатів паливних фракцій. Енергія розриву зв'язків у вуглеводнях змінюється в межах 40...400 кДж/моль, при цьому міцність зв'язку в середині молекули нормального парафіну менша, ніж у кінці. Крім того, при кавітації великої інтенсивності і упродовж тривалого періоду часу порушуються вуглецеві зв'язки в молекулах парафіну. При цьому, при розриві зв'язку С-Н від вуглеводневої молекули відривається водень, а при розриві зв'язку С-С вуглеводнева молекула розривається на дві нерівні частини. В результаті відбуваються зміни вже фізико-хімічного складу вуглеводів - зменшення молекулярної ваги, температури кристалізації і ін., що викликає зміну в'язкості, густини, температури спалаху нафтопродукту.

В результаті мікрокрекінгу на молекулярному рівні в оброблюваних нафтопродуктах накопичуються «активовані» частки: радикали, іони, іонно-радикальні утворення. На відміну від обробки нафти, кавітація обробка вже готового палива проводиться, як правило, двома способами - за допомогою прокачування палива через пасивні диспергатори (рисунок 1.14), в певних зонах яких виникає і підтримується процес утворення газових або парогазових

бульбашок кавітацій, що згортаються при підвищенні місцевого гідростатичного тиску в рідині і створенням зон підвищеного і зниженого тиску за рахунок використання активних робочих органів пристроїв, що генерують звукові і ультразвукові коливання, наприклад магнітострикційних вібраторів.



Рисунок 1.14 - Пасивний диспергатор

У пасивних диспергаторів є істотний недолік - утворення каверн можливе тільки досягши певної швидкості руху палива усередині нього. До цього критичного значення швидкості руху палива воно оброблятися не буде, тобто процес обробки розпочинається з деяких значень, пов'язаних з оборотами двигуна, і інтенсивність обробки палива залежить також від них. Для пристроїв же, що генерують коливання, цей недолік відсутній, більше того, можна задати залежність інтенсифікації обробки, наприклад, прямо пропорційну оборотам двигуна. Установка «кавітатора» на двигун здійснюється, як правило, за наступними схемами (рисунок 1.15).

Рисунок 1.15 - Схеми установки «кавітатора» на двигун

Кавітація використовується для обробки палива у багатопаливних двигунах, що часто встановлюються на судах і військовій техніці.

Що набирають популярність останнім часом біопалива і сумішеві палива мають ряд недоліків, серед яких, наприклад, підвищена в'язкість, що не дозволяє при низьких температурах здійснювати пуск двигуна безпосередньо на цих типах палива.

Для змішування багатокомпонентних палив також застосовують різного роду змішувачі, завихорювачі і ін. Проте, правильніше, було б застосувати в обох випадках пристрої, що генерують звукові/ультразвукові коливання, що дозволяють як змішати, так і додатково обробити паливо.

Існують способи мікрохвильової обробки палива, безпосередньо щоб змінити його структуру. В результаті обробки, наприклад, в мікрохвильовій печі «асоціати» молекул, що утворилися в результаті їх взаємодії, розбиваються на окремі молекули, при цьому перебудовується їх просторова структура, внаслідок чого паливо згорає швидше і ефективно. Зокрема, при обробці бензинів спостерігався приріст октанового числа, причому для високооктанових марок такий приріст виявився вищий. Проте такий тип обробки має істотний недолік - при безпосередній установці на двигун знадобиться пристрій, що як правило, включає магнетрон, який має високу енергоємність.

Відомий спосіб створення компактного і недорогої пристрої для енергонасичення палива дизельних двигунів, споживаючого невелику кількість енергії і що має досить високий коефіцієнт корисної дії. Для обробки палива використовувалася голівка динамічна високочастотна T262-8 з наступними характеристиками: $P_{\max}=75$ Вт, $R=8$ Ом, $SPI=90$ Дб/Вт, $df=1250\dots 25000$ Гц; місткість об'ємом ~ 100 мл для розміщення в ній динаміка (рисунки 1.16, 1.17); розроблений спеціально для цих цілей генератор коливань з двома діапазонами частот $50\dots 200$ Гц і 4.17 кГц, такий, що підключається до бортової мережі $12\dots 14$ В.

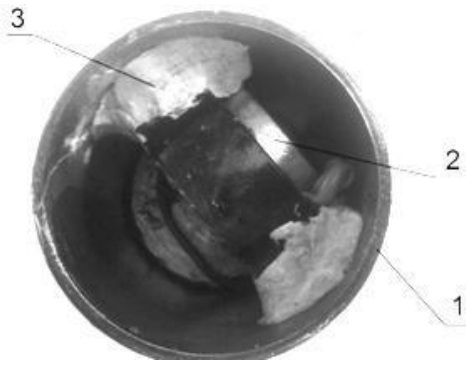


Рисунок 1.16 - Ємність зі встановленою в ній ГДВ (верхня кришка демонтована) :

1 - місткість; 2 - ГДВ; 3 - герметик, що забезпечує нерухомість ГДВ відносно місткості

Таким чином, проведені дослідження підтвердили можливість використання навіть малопотужних «збагачувачів» палива, працюючих на принципах одночасної дії, як електромагнітного поля, так і акустичних коливань, і дозволяють рекомендувати їх до використання в автотракторній техніці, але в даному випадку не був вибраний оптимальний діапазон частот і потужність установки, а також не пояснена фізика процесу.

1.4 Аналіз екологічності автотракторних двигунів

З моменту винаходу двигуна внутрішнього згорання більше ста років тому, робилися численні спроби підвищення його економічності і екологічності. На початку створення двигунів показники ефективності роботи двигуна внутрішнього згорання були пріоритетними, то нині екологічна складова являється не менше, а іноді і важливішим показником.

Забруднення планети побічними продуктами господарської діяльності людини досягає, іноді, страхітливих розмірів. Процес привнесення і виникнення в довкіллі нових, зазвичай не характерних фізичних, хімічних або біологічних агентів, перевищення їх природного середньобагаторічного рівня в різних середовищах, призводить до дуже негативних дій як на саму природу, так і на здоров'я людини.

Чадний газ і оксиди азоту, що інтенсивно виділяються при роботі автомобіля, є однією з головних причин головних болів, втоми, невмотивованого роздратування, низької працездатності. Сірчистий газ, що виділяється, впливає на геном людини, сприяючи розвитку безпліддя і природжених аномалій. У більшості великих міст світу також широко поширені захворювання органів кровообігу і дихання, інфаркти і інсульты, гіпертонія і злоякісні новоутворення.

Саме тому нині захист довкілля є пріоритетним завданням державного рівня. За допомогою законів і підзаконних актів, держави регулюють норми викиду шкідливих речовин автотранспортом, постійно посилюючи екологічні вимоги до них.

Виробники двигунів внутрішнього згорання постійно удосконалюють свою продукцію, домагаючись зниження показників шкідливих викидів. У економічно розвинених країнах проблема шкідливих викидів актуальна на стільки серйозно, що призводить до заборони експлуатації автотранспортних засобів, Євро (, що не відповідають прийнятим нормам.

Так, в Німеччині (м. Гамбург) з 31 травня 2018 року набула чинності заборона на в'їзд до центру міста автомобілів з дизельними двигунами, що не відповідають нормам Євро 6 [34]. На перших порах, на порушників заборони накладатиметься відносно невеликий штраф, що становить залежно від типу транспортного засобу від 25 до 75 євро за кожне порушення. Але це тільки почало майбутніх масштабних обмежень.

У США сумний скандал із заниженням шкідливих викидів автомобілями «Фольксваген» з дизельними двигунами, що дістав назву «дизельгейт», привів до відгуку більше 300 тисяч вже проданим дизельних автомобілів і величезним грошовим штрафам. Фольксваген визнає, що наслідки ситуації на даний момент «не піддаються кількісній оцінці» (с), проте вже зараз офіційно і відкрито декларує збитки концерну в 16,2 млрд. євро [35].

Усі вищезгадані причини примушують шукати нові, перспективні шляхи рішення зниження шкідливих викидів дизельних двигунів. У всьому

світі здійснюються наукові дослідження в цій області, проводяться дослідження і здійснюються перспективні розробки.

Здійснюється аналіз існуючих у вітчизняній і світовій практиці методик і результатів оцінки життєвого циклу силових установок, традиційних і альтернативних палив. Досліджуються найбільш значимі стадії життєвого циклу дизельних двигунів, працюючих на традиційному або альтернативних паливах, - стадії здобичі сировини, виробництва палив і експлуатація ДВС. Визначаються вимоги до математичних моделей і методів розрахунку екологічної безпеки дизельних двигунів на різних паливах в повному життєвому циклі з урахуванням вимог стандартів серії ISO 14000.

Вивчаються можливості підвищення екологічної безпеки малогабаритних двигунів, розробляються методики оцінки виконання досліджень екологічної безпеки малогабаритних дизельних двигунів внутрішнього згорання на стадіях виробництва і експлуатації з урахуванням основних чинників дії на довкілля, методика розрахунку параметрів процесу згорання і утворення оксидів азоту в циліндрі малогабаритного дизеля, що дозволяє оцінити викиди шкідливих речовин в довкілля на стадії його експлуатації, обґрунтовується обрання найбільш раціональних засобів підвищення його екологічної безпеки.

Ріст забруднення довкілля від викидів автомобільного і автотракторного транспорту також став причиною посилення вимог і до якісних екологічних характеристик вироблюваного і використовуваного палива.

Таким чином, можна зробити висновок про те, що дослідження шляхів зниження шкідливих викидів в атмосферу при роботі двигунів внутрішнього згорання мають бути спрямовані не лише на самі двигуни, але і на можливі позитивні ефекти від дії різного характеру на використовуване дизельне паливо.

Висновки

Грунтуючись на аналізі реалізацій існуючих способів, а також роботи різного типу пристроїв для електростатичної, магнітної, електромагнітної і кавітації обробки палива, можна констатувати наступне.

1. Оскільки конструкція більшості сучасних двигунів доведена практично до досконалості, те прогнозоване поліпшення їх показників може бути досягнуте, майже виключно, за рахунок вдосконалення процесів паливопідготовки (паливообробки), що дозволяють змінити структуру і склад палива.

2. Існуючі рішення в області паливообробці носять несистематизований характер, при цьому досить часто при застосуванні того або іншого способу обробки просто констатується поліпшення різних параметрів двигунів - від потужності до екологічних - без пояснення фізичних основ процесів, що відбуваються.

Підводячи підсумок, можна зробити висновок про те, що усі пропоновані рішення спрямовані на використання окремих ефектів, що реалізуються при різних способах обробки палива. Зокрема, при ультразвуковій обробці палива не виявлені фізичні основи процесів енергонасичення, ефекту економії палива і не визначені параметри і режими пристрою для обробки палива, у тому числі потужність випромінювання і час дії на паливо. Тому, вибрана тема кваліфікаційної роботи є актуальною.

2 МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для дослідження було вибрано автотракторне дизельне паливо ДСТУ 7688:2015.

При дослідженнях доцільно встановити основні параметри, що впливають на зміну витрати дизельного палива після обробки його в пристрої для ультразвукової обробки палива.

Для визначення змін фізико-механічних характеристик палива потрібно розглянути зміни коефіцієнта поверхневого натягу та густини.

Також, доцільно дослідити характер вприскування палива до і після обробки його в пристрої ультразвукової обробки палива.

Експлуатаційні властивості дизельного палива характеризуються поряд з енергетичними характеристиками також екологічними показниками тому в якості одного з параметрів доцільно розглянути і димність відпрацьованих газів.

2.1 Методика дослідження фізико-механічних характеристик палива

Методика дослідження зміни фізико-механічних характеристик дизельного палива до і після обробки його в пристрої ультразвукової обробки палива складається з дослідження зміни коефіцієнта поверхневого натягу (методом відриву кільця і краплинним методом), густини.

2.1.1 Метод відриву кільця

Методика проведення експерименту виглядає таким чином. Установка для визначення коефіцієнта поверхневого натягу є технічними вагами, з підвішеним на одному плечі кільці і встановленій під кільцем посудині з рідиною і вільною чашею вагів на іншому (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Ваги важільні ВР- 100

Перед проведенням вимірів ваги урівноважують з підвішеним сухим кільцем. Обережно підливають в посудину рідину до тих пір, поки кільце не торкнеться поверхні рідини, при цьому при зважуванні кільця рівновага вагів порушиться.

На другу чашу вагів кладуть аркуш паперу, на який дуже повільно і обережно, сиплють дрібний пісок до тих пір, поки кільце не відірветься від поверхні рідини.

Після цього знімають кільце і визначають масу листа з піском на чаші. Маса визначається з погрішністю $\pm 0,01$ грама. За допомогою штангенциркуля вимірюють внутрішній і зовнішній діаметр кільця.

Коли рідина змочує кільце, сили поверхневого натягнення F_1 і F_2 , діючі на його зовнішню і внутрішню поверхні діаметрами D і d , спрямовані всередину рідини, як показано на рисунку 2.2 і створюють сумарну силу поверхневого натягнення.

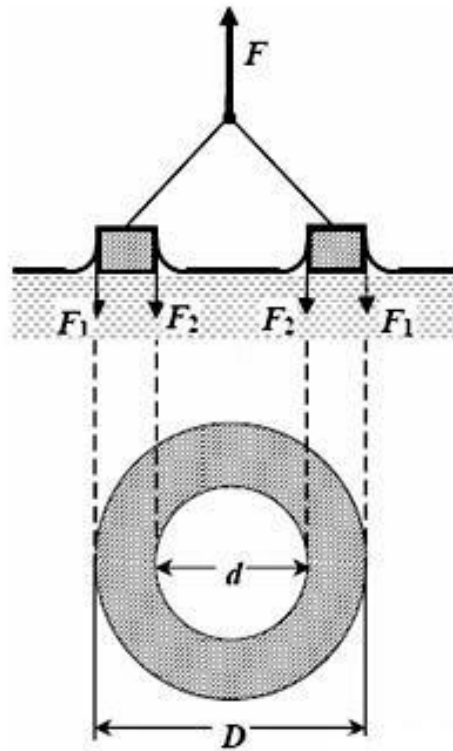


Рисунок 2.2 - Дія сил поверхневого натягнення

Щоб відірвати кільце від поверхні рідини, потрібно прикласти спрямовану вгору силу F .

Вимірявши за допомогою вагів силу F відриву кільця і знаючи його масу і розміри, отримуємо вираження для коефіцієнта поверхневого натягнення рідини σ :

$$\sigma = \frac{F}{\pi(D+d)}, \quad (2.1)$$

де F - сила відриву кільця;

D - зовнішній діаметр кільця;

d - внутрішній діаметр кільця;

Сила відриву кільця F визначається по формулі:

$$F = mg, \quad (2.2)$$

де g - прискорення вільного падіння;

m - маса краплі = $M - M_1$;

M_1 - Маса чаші з вантажем, що урівноважує кільце;

M - Маса чаші з вантажем, достатнім для відриву кільця.

2.1.2 Краплинний метод

Краплинний метод визначення коефіцієнта поверхневого натягнення також називають сталагмометричним, або методом рахунку крапель.

Чим більше крапля, тим більшу роль грає потенційна енергія сили тяжіння. Основна маса у міру росту краплі збирається внизу і у краплі утворюється шийка.

Сила поверхневого натягнення спрямована вертикально по дотичній до шийки, урівноважуючи силу тяжіння, діючу на краплю. Тепер, краплі досить зовсім небагато збільшиться і сили поверхневого натягнення вже не зможуть урівноважити силу тяжіння. Шийка краплі швидко звужується і в результаті крапля відривається.

Для проведення експерименту використовується установка, схемний показана на рисунку 2.3.

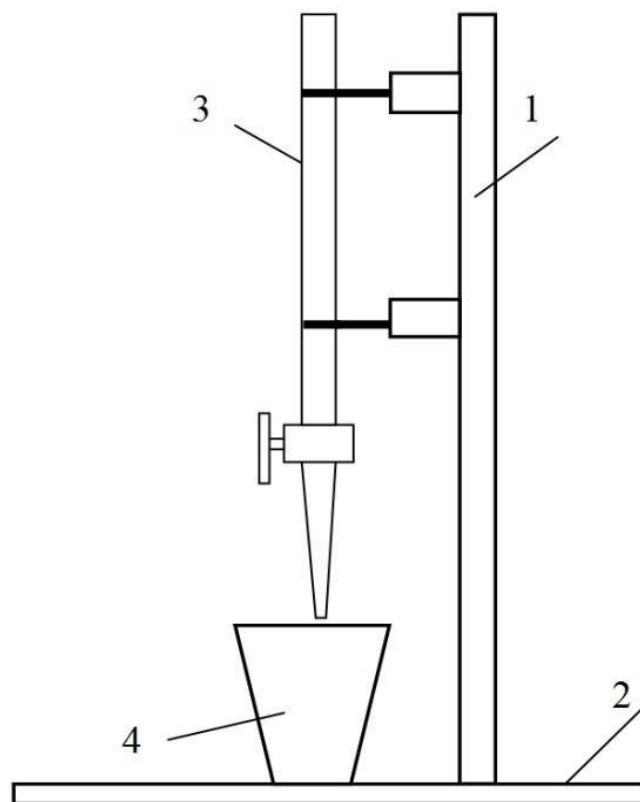


Рисунок 2.3 - 1 - штатив з утримувачами; 2 - основа; 3 - бюретка з краном; 4 - мірною склянка

Із спостережень над відривом краплі можна визначити чисельне значення коефіцієнта поверхневого натягнення рідини. Знаючи радіус шийки краплі, можна визначити силу поверхневого натягнення :

$$f = 2\pi r\sigma, \quad (2.3)$$

де r - радіус шийки краплі;

$2\pi r$ - довжина кола шийки;

σ - коефіцієнт поверхневого натягнення рідини.

У момент відриву краплі:

$$f = mg, \quad (2.4)$$

Звідси:

$$\sigma = \frac{mg}{2\pi r}, \quad (2.5)$$

Якщо відомі маса краплі m і r , то можна визначити σ .

Враховуючи складність визначення радіусу шийки краплі, на практиці часто користуються методом порівняння коефіцієнтів поверхневого натягнення двох рідин - досліджуваною і еталонною (коефіцієнт поверхневого натягнення якої вже відомий).

В якості еталонної рідини зазвичай використовують воду.

Для води:

$$m_0g = 2\pi r_0\sigma_0, \quad (2.6)$$

Для досліджуваної рідини:

$$mg = 2\pi r\sigma, \quad (2.7)$$

Вважаючи $r = r_0$ і, поділивши почленно другу рівність на першу, отримаємо:

$$\sigma / \sigma_0 = m / m_0, \quad (2.8)$$

звідки:

$$\sigma = \sigma_0 \left(\frac{m}{m_0} \right), \quad (2.9)$$

де σ_0 - коефіцієнт поверхневого натягнення еталонної рідини;

m - маса краплі досліджуваної рідини;

m_0 - маса краплі еталонної рідини;

σ - коефіцієнт поверхневого натягнення досліджуваної рідини.

2.1.3 Методика дослідження густини палива

У більшості випадків густина рідин ρ може бути визначена за допомогою ареометрів. Ареометр АНТ- 2 (рисунок 3.9) є скляною трубкою, розширена (нижня) частина якої заповнена баластом - чистим і сухим металевим дробом, залитим шаром смоли з температурою плавлення не нижче 80°C. Це класичний лабораторний ареометр для виміру густини дизельного палива, поєднаний з термометром для підвищення точності виміру.

Технічні характеристики ареометра:

- довжина: 30 см
- температурний діапазон виміру приладу : від - 20°C до +35°C.
- ціна ділення шкали: 0,5 кг/м³

Використовується для виміру густини дизельних палив будь-яких марок (літнього, зимового, арктичного). Розрізняють ареометри для рідини легше за воду і для рідини важче за воду. У ареометрів першого типу відлік шкали робиться від 1,000 до 0,700, а у ареометрів другого типу - від 1,000 і вище. Виміри густини ареометром проводять при 20°C. Густина автомобільних палив визначається згідно ДСТУ 7688:2015.

Відібрану для аналізу пробу нафтопродукту дуже обережно переносять в циліндр для вимірів. При цьому, важливо не допустити збовтування щоб уникнути утворення бульбашок повітря і зменшення до мінімуму випару низькокиплячих складових. Для перенесення високолетких зразків в циліндр завжди використовується сифон.

Частина стержня ареометра, що залишилася над поверхнею рідини, при його зануренні в циліндр повинна залишатися сухою, оскільки зайва рідина може вплинути на точність відліку. Точка на шкалі ареометра, в якій поверхня рідини перетинає шкалу ареометра, є правильною точкою відліку густини рідини (рисунок 2.4).

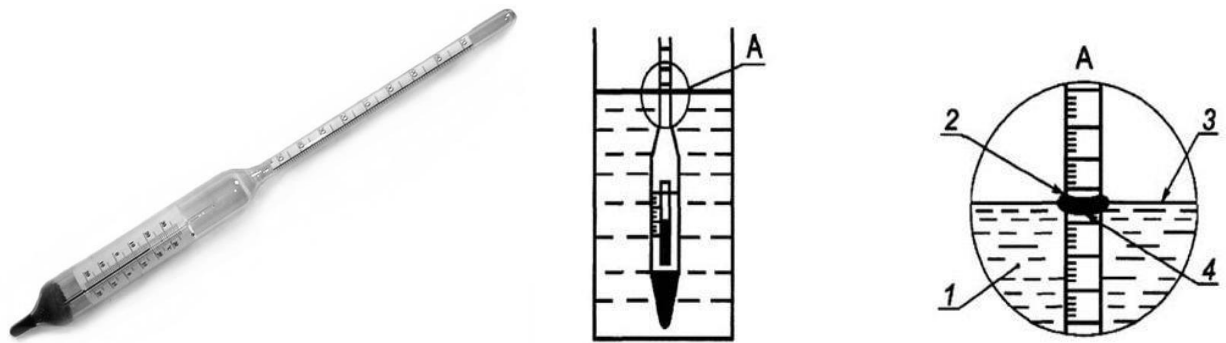


Рисунок 2.4 – Визначення результатів ареометра АНТ-2: 1 - досліджувана рідина, 2 - точка визначення результатів, 3 - горизонтальна площина поверхні рідини, 4 - меніск

Завдяки баласту під час виміру густини ареометр знаходиться у вертикальному положенні. На верхній частині нанесена шкала. Чим менше густина рідини, тим глибше занурюється в неї ареометр, тому верхні ділення шкали відповідають найменшій, а нижні - найбільшій густині. Відлік результатів робиться по нижньому меніску. Чим менше густина рідини, тим глибше занурюється в неї ареометр, тому рахунок ділень шкали ареометра завжди йде зверху вниз. Проміжки між цифрами розділені на дрібніші ділення, що дозволяє вимірювати густину з точністю до третього знаку.

2.2 Методика оцінки вприскування палива

Методика дослідження змін характеристик вприскування дизельного палива до і після обробки його у пристрої ультразвукової обробки палива включала проведення експериментів за визначенням залежності показників форми факела і дозування розпилювання.

Для перевірки працездатності форсунок двигуна, а так само для спостереження за змінами показників вприскування палива, використовуються лабораторні стенди з форсунками (рисунок 2.5).



Рисунок 2.5 - Лабораторний стенд

Стенд складається з місткості для випробовуваного палива, нагнітального насоса, вимірювального манометра і безпосередньо форсунки, через яку здійснюється вприскування палива.

2.3 Методика оцінки екологічних показників

Методика дослідження коефіцієнта надлишку повітря. Для дослідження змін коефіцієнта надлишку повітря в газах, що відпрацювали, використовувався газоаналізатор МЕТА АВТОТЕСТ МП (рисунок 2.6).

Прилад обладнаний послідовним портом для зв'язку з будь-якої ПЕВМ для передачі результатів вимірів і формування бази даних, а також оформлення протоколів вимірів токсичності автотранспортних засобів с додатковим програмним забезпеченням "АВТОТЕСТ", встановленим на ПЕВМ.

При необхідності, на вимогу, реалізується можливість управління роботою приладу з боку ПЕВМ.

Прилад забезпечує наступні режими вимірів і функціональні можливості:

- вимір концентрації оксиду вуглецю, діоксиду вуглецю, вуглеводнів, кисню, частоти обертання колінчастого валу автомобіля з будь-яким числом циліндрів і обчислення λ -параметра;
- індикація і виведення результатів вимірів на принтер у вигляді протоколу з вказівкою держ.номера автомобіля, номера приладу, поточної дати і часу;
- автоматичну корекцію нуля при включенні приладу і надалі на вимогу без відключення пробозабірної системи від вихлопної труби автомобіля;
- автоматичне відділення і евакуацію конденсату з проби газу в системі пробопідготовки приладу;
- контроль потоку проби;
- компенсацію змін атмосферного тиску.

Принцип дії приладу заснований на вимірі величини поглинання інфрачервоного випромінювання джерела молекулами вуглеводнів, діоксиду вуглецю і оксиду вуглецю в областях 3,4 мкм; 4,25 мкм; 4,7 мкм, відповідно. Концентрація кисню визначається електрохімічним методом.

У датчику кисню міститься вимірювальний і порівняльний електроди, що знаходяться в електроліті і відокремлені від аналізованого газу полімерною мембраною.

На вимірювальному електроді кисень, що продифундував через мембрану, електрохімічний відновлюється, і в зовнішньому ланцюзі виникає електричний струм, сила якого пропорційна парціальному тиску кисню в газі над мембраною. Проба аналізованого газу поступає в електромагнітний клапан, а потім - в проточну дзеркальну кювету, де визначувані компоненти, взаємодіючи з випромінюванням, викликають його поглинання у відповідних спектральних діапазонах.

Методика дослідження показників димності. Для дослідження змін димності, використовувався вимірювач димності відпрацьованих газів, МЕТА - 01 МП (рисунок 2.7).



Рисунок 2.7 Вимірювач димності газів, що відпрацьовали, МЕТА - 01 МП

Прилад призначений для експресного виміру димності відпрацьованих газів автомобілів, тракторів, а також інших транспортних засобів і стаціонарних установок, оснащених двигунами із займанням від стискування. Результат вимірів представляється в одиницях коефіцієнта поглинання (натурального показника послаблення світлового потоку) K , m^{-1} і в одиницях коефіцієнта послаблення N , % по ДСТУ 4276:2004.

Основним нормованим параметром димності є натуральний показник послаблення світлового потоку K , допоміжним - коефіцієнт послаблення світлового потоку N . Прилад дозволяє проводити вимір димності автомобілів, оснащених двигунами із займанням від стискування по ДСТУ 4276:2004 в режимі реєстрації пікового (максимального) значення димності в режимі вільного прискорення двигуна.

Можливо також вимір в додатковому режимі, відображення поточного значення димності в режимі максимального числа оборотів валу двигуна.

У приладі передбачено:

- індикація умов виміру: атмосферного тиску і температури навколишнього повітря;
- автоматична реєстрація і зберігання пікових значень димності в циклі до 10-ти прискорень двигуна;
- вибір чотирьох останніх значень і обчислення середнього значення;
- вимір і автоматична корекція свідчень по температурі відпрацьованих газів;
- автоматична корекція нуля;
- виведення результатів виміру димності у вибраному режимі у вигляді протоколу на друкуючий пристрій або у базу даних комп'ютера (залежно від модифікації);
- збереження у внутрішній пам'яті даних до 40 результатів поодиноких вимірів димності ТС з можливістю їх виводу у вигляді протоколу на друкуючий пристрій або у базу даних комп'ютера.

Під час роботи приладу, на його дисплеї відображаються показники послаблення світлового потоку K , % і коефіцієнт послаблення світлового потоку N , m^{-1} . Показник масової концентрації сажі, $г/м^3$ знаходиться по таблиці 3.3 співвідношень вищезгаданих показників.

Таким чином, описані методики дослідження по визначенню густини, характеристик вприскування палива, коефіцієнта надлишку повітря, показників димності.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПАЛИВА

Явище кавітації було теоретично передбачене Рейнольдсом [31] задовго до того, як його уперше виявили при випробуваннях ескадреного міноносця англійського військово-морського флоту «Деринг» в 1893 р., коли швидкість міноносця виявилася значно нижча передбачуваної. Це було викликано погіршенням характеристик гвинта внаслідок виникнення бульбашок пари на його лопатях. Цей ефект був названий кавітацією.

Кавітацією називається явище пароутворення і виділення повітря, обумовлене пониженням тиску в рідині. Причина виникнення кавітації - кипіння рідини при нормальній температурі і низькому тиску. Появі кавітації сприяє розчинене у воді повітря, яке виділяється при зменшенні тиску. Теоретично рідина починає кипіти, коли тиск в деяких ділянках потоку знижується до тиску її насиченої пари. Насправді тиск, при якому починається кавітація, істотно залежить від фізичного стану рідини. Якщо рідина містить велику кількість розчиненого повітря, то зменшення тиску призводить до виділення повітря з рідини і утворення газових порожнин, або каверн (cave - англ. порожнина), в яких тиск вищий, ніж тиск насиченої пари рідини. За наявності в рідині мікроскопічних, невидимих оком бульбашок кавітація може виникати при тисках, що перевищують тиск насиченої пари.

Кожна бульбашка кавітації, формуючись з ядра, росте до кінцевих розмірів, після чого згортається. Увесь процес відбувається впродовж декількох мілісекунд. Бульбашки можуть з'являтися один за одним настільки швидко, що здаються однією каверною [32].

Існує гідродинамічна кавітація, яка виникає за рахунок локального пониження тиску в потоці рідини при обтіканні нею твердого тіла, а також акустична кавітація. Остання виникає при проходженні через рідину акустичних коливань.

Оскільки звукові і ультразвукові коливання відносяться до акустичної дії, розглянемо цей вид детальніше.

Акустична кавітація в даному випадку є засобом концентрації енергії звукової хвилі низької густини у високу густину енергії, пов'язану з пульсаціями і згортанням бульбашок кавітацій. У момент згортання бульбашки кавітації, значення тиску і температури газу за деякими даними досягають 100 мПа і 10000°C, після чого сферична ударна хвиля поширюється в рідині, швидко затухаючи в просторі.

Для того, щоб в рідині утворилася порожнина, необхідно розсунути її сусідні молекули на відстань не менш подвійної довжини проміжку між ними. Максимальна розтягуюча напруга, яка може витримати рідину, розраховується по формулі [27]

$$P \approx 2\sigma/R, \quad (3.1)$$

де σ - поверхневе натягнення рідини;

R - радіус бульбашки.

Наприклад, для води при $R=2 \times 10^{-10}$ м $P=1000$ МПа, міцність кавітації не перевищує декількох десятків мПа. Чим нижче частота акустичної хвилі, тим нижче пороговий тиск. Для частоти 1 кГц пороговий тиск не перевищує 105 Па при нормальному статичному тиску і температурі ($P_{\infty} \approx 0,1$ МПа, $T \approx 20$ °C) [19].

Більшість проведених теоретичних досліджень, розглядають поведінку одиничної бульбашки кавітації. У реальних же умовах добитися існування поодинокі бульбашки досить складно. Навіть при тиску, що не набагато перевищує поріг кавітації, відразу з'являється безліч бульбашок кавітацій, що займають певну частину простору. Ця частина називається областю кавітації [16].

При імпульсній розтягуючій нарузі в рідині бульбашки кавітацій ростуть, утворюючи так званий кластер кавітації, форма і довжина якого визначаються початковим спектром розмірів зародків кавітацій, характером напруги, що прикладається, і граничними умовами. Усі зародки досягають максимального розміру одночасно, і середовище може вважатися практично монодисперсним, таким, що містить бульбашки тільки одного розміру.

Впродовж життєвого циклу, бульбашки кавітацій втрачають сферичну форму більшою чи меншою мірою залежно від максимального радіусу, частоти акустичного поля, в'язкості, наявності поверхнево-активних речовин і тому подібне. В основному, найбільші деформації спостерігаються на завершальній стадії стискування [13].

Таким чином, область кавітації є своєрідним трансформатором потужності, в якому порівняно повільно накопичувана енергія звільняється впродовж дуже короткого часу, внаслідок чого миттєва потужність у багато разів перевершує середню, таку, що вводиться випромінювачем в область кавітації [11].

Акустична кавітація в рідинах ініціює різні фізико-хімічні явища: сонолюмінесценцію (світіння рідин), хімічні ефекти (звукохімічні реакції), ерозію твердого тіла (руйнування поверхні), диспергування (подрібнення твердих часток в рідині) і емульгування (змішування і гомогенізація рідин, що не змішуються). Саме тому акустична кавітація є об'єктом вивчення в цій роботі.

Відомо, що паливо циркулює з бака через декілька паливних насосів до двигуна, при цьому його частина знову повертається у бак. Такий шлях через нагріті елементи системи паливоподачі може сприяти значному нагріву палива, особливо якщо використовується невеликий його об'єм (бак транспортного засобу рідко буває повним). При нагріві палива охолоджувальний ефект на заряді, що входить, зменшується і спостерігається втрата потужності в межах 0,5...1%. Особливо це стосується системи CommonRail - температура палива, циркулюючого в ній, може досягати 140°C. Підвищена температура палива може привести до зниження ефективності і довговічності паливної апаратури, прискореного старіння пластмас і еластомерів, а також зажадати установки «пасток» для вуглеводнів в паливній системі.

За даними виробників дизель-генераторів результатом підвищення температури палива вище 55 °C можуть стати наступні ефекти [15]:

- двигун не може розвинути повну потужність, оскільки з ростом температури палива кількість повітря, що поступає, в циліндри знижується, і паливо повністю не згорає;
- на робочих поверхнях паливної апаратури можуть з'явитися задираки внаслідок втрати в'язкості палива, і, отже, його змащуючих властивостей при збільшенні його температури;
- жорсткіша робота двигуна внаслідок більше раннього займання розігрітого палива;
- самозупинка двигуна внаслідок заповітрення паливної системи парами легких фракцій, що виділяються з палива при високій температурі і ін.

За даними компанії Nissan, підтримка палива в холодному стані украй важлива для потужних двигунів і автомобілів з високою продуктивністю, особливо, якщо вони використовуються в жаркому кліматі [36].

Оскільки однією з проблем, пов'язаних з системою уприскування палива, є кількість тепла, що додається до палива, невживаного для спалювання, часто застосовуються різні системи охолодження для палива, що «повертається» [30]. В якості практичної реалізації такої системи можна привести продукт «CryO²FuelChillerSystem» компанії DEI Engineering, процес охолодження палива в якому заснований на криогенних властивостях рідкого вуглекислого газу CO₂: паливо проходить через центральну камеру пристрою і потрапляє в криогенні камери, де воно істотно охолоджується.

Мета охолодження палива полягає в тому, що холодніше займає менший об'єм, тому воно має більшу здатність поглинати тепло від вхідного заряду, збільшуючи, тим самим, кількість повітря, що направляється в циліндр. Ефект охолодження дозволяє упаковувати більше молекул повітря в кожен заряд, що поступає в циліндр.

За даними фахівців команди Ferrari, що використали пристрій для охолодження палива на болідах перегонів, охолодження палива перед уприскуванням дає приріст 0,5% потужності на кожні 10°C.

З іншого боку, якщо паливо занадто холодне, то воно не устигатиме досить швидко нагріватися при проходженні за системою паливоподачі автомобіля і, далі, при вприскуванні. В результаті деяка кількість палива повністю не згоратиме і, отже, не братиме участь в корисній роботі, знижуючи, тим самим, ККД двигуна. Тому повинен існувати деякий компроміс при виборі температури палива і, отже, системи його охолодження.

Ефекти охолодження палива можуть бути присутніми і на мікрорівні, наприклад, при процесах кавітацій в рідинах. Згідно [20] критичну енергію, витрачену на утворення бульбашки кавітації, можна знайти по формулі:

$$W_k = \frac{4}{3} \pi \sigma R_k^2, \quad (3.2)$$

де σ - коефіцієнт поверхневого натягнення рідини, Н/м;

R_k - радіус бульбашки кавітації, м.

При цьому механізм росту парової бульбашки при кипінні у вільному об'ємі аналогічний росту парової бульбашки при кавітації - і той, і інший реалізуються за рахунок вступу теплоти перегрівання рідини з теплового пограничного шару, який примикає до поверхні бульбашки, що дозволяє застосувати для оцінки росту парової фази бульбашки рішення М. Плессета і С. Цвика [33]:

$$\left(\frac{\partial R}{\partial \tau}\right)_{n=0} = \sqrt{\frac{3}{\pi}} \cdot \frac{\lambda \Delta T_{\text{п}}}{r \rho'' a^{0,5}} \tau^{-0,5}, \quad (3.3)$$

де λ - коефіцієнт теплопровідності рідини, Вт/(м К);

$\Delta T_{\text{п}}$ - міра перегрівання рідини, К;

r - питома теплота пароутворення, Дж/кг;

ρ'' - густина пари на лінії насичення;

a - коефіцієнт температуропровідності рідини, м²/с;

τ - час, с;

$n=0$ - що відноситься до поверхні пухиря.

З рівняння (2) можна отримати вираження для радіусу $R_{n=0}$:

$$R_{n=0} = R_k + 2 \sqrt{\frac{3}{\pi}} \cdot \frac{\lambda \Delta T_{\Pi}}{r \rho'' a^{0,5}} \tau^{0,5}, \quad (3.4)$$

У роботі [90] автори, використовуючи вирази (2.2) і (2.4), отримали формулу, що описує сумарну кількість теплоти, витрачену на утворення вакуумних бульбашок, що не взаємодіють один з одним, при стаціонарній паровій кавітації в рідині :

$$Q_{\Sigma} = N_n \cdot [(i + 1)W_k + \sum_{i=0}^k Q_n(i\Delta\tau)], \quad (3.5)$$

де Q_n - кількість теплоти, витрачена на ріст бульбашки, Дж;

i - номер кроку за часом.

При цьому в [90] було прийнято, що одночасно в початковий момент часу зародилося N_{Π} - бульбашок з однаковим критичним розміром R_k , і на їх утворення від рідини відібрана енергія, рівна твору кількості бульбашок, що зародилися, на критичну енергію, витрачену на утворення однієї бульбашки кавітації :

$$\varepsilon = N_{\Pi} W_k, \quad (3.6)$$

де N_{Π} - кількість бульбашок, що зародилися,

W_k - критична енергія, витрачена на утворення однієї бульбашки кавітації.

Кількість теплоти, що відбирається від рідини, складається з теплоти, витраченої на зародження бульбашок, плюс теплота, що витрачається на ріст бульбашок, причому за час росту умовно «першої» партії бульбашок безперервно наростає умовно «друга», «третья» і так далі

Проте, відомо, що коефіцієнт поверхневого натягнення рідини при вібраційній кавітації залежить від частоти коливань [25], а при оцінці сумарної кількості теплоти по формулі (4) він не був врахований.

Пропонується метод обліку зміни коефіцієнта поверхневого натягнення рідини у разі присутності в ній вібраційної або акустичної кавітації.

В якості дослідної рідини було вибрано дизельне паливо, яке оброблялося протягом від 0 до 600 секунд в пристрої для ультразвукової

обробки палива [14] при частоті коливань 43 кГц і потужності джерела коливань 60 Вт.

Виміри коефіцієнта поверхневого натягу робилися методом відриву крапель (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 - Залежність коефіцієнта поверхневого натягнення палива від часу його обробки ультразвуком

Аналіз приведених в таблиці даних показує, що збільшення коефіцієнта поверхневого натягнення в основному відбувається до 50 секунди (на 8,46%), а далі - з 60 до 600 секунди - збільшення складає усього 2,07%. Ймовірно, маленький приріст коефіцієнта поверхневого натягнення в діапазоні обробки 60...600 секунд пов'язаний з процесом нагріву палива за рахунок підведення енергії від випромінювача, коли починається зворотний процес - зниження коефіцієнта поверхневого натягнення через зростання температури [18].

В результаті інтенсивність росту коефіцієнта поверхневого натягнення знижується з майже 8,5% до 2%. На підставі вищесказаного для апроксимації формулою зміни коефіцієнта поверхневого натягнення досить використати діапазон 0...50 секунд (рисунок 3.1).

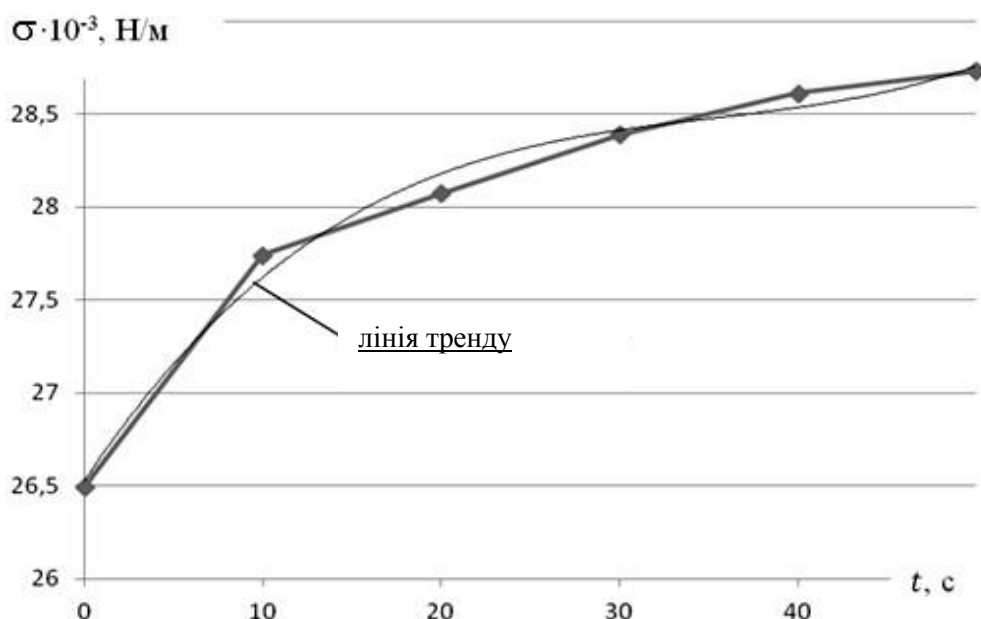


Рисунок 3.1 - Апроксимація зміни коефіцієнта поверхневого натягнення в діапазоні 0...50 секунд

Апроксимуюча залежність для коефіцієнта поверхневого натягнення відносно початкового значення, отриманого експериментально, може бути представлена наступним рівнянням:

$$\sigma_{\text{аппр}} = \sigma_{\text{експ}} + 0,00004t^3 - 0,0037t^2 + 0,13t, \quad (3.7)$$

де t - час обробки, с.

Коефіцієнти при t^3 , t^2 , t мають розмірність Н/(м·с³), Н/(м·с²) і Н/(м·с), відповідно.

Для оцінки можливості практичного використання рівняння (3.7) необхідно перевірити його на адекватність, наприклад, з використанням критерію Фішера.

Представимо обчислення у вигляді таблиці 3.2, при цьому для розрахунку коефіцієнта кореляції і обчислюваного критерію Фішера ($F_{\text{вирах}}$) використовувалися відповідні залежності для нелінійних моделей.

Таблиця 3.2 - Оцінка адекватності рівняння (6)

Оскільки $F_{\text{виррах}} > F_{\text{табл}}$, те рівняння адекватно і його можна використати для апроксимації значень коефіцієнта поверхневого натягнення з середньою помилкою апроксимації 0,71%. В результаті рівняння (3.2) можна модернізувати введенням поправки, встановленої рівнянням (3.7) :

$$W_k = \frac{4}{3} \pi (\sigma + 0,00004t^3 - 0,0037t^2 + 0,13t) R_k^2, \quad (3.8)$$

Тоді рівняння (2.6) також модернізується таким чином:

$$\varepsilon = N_{\Pi} \left[\frac{4}{3} \pi (\sigma + 0,00004t^3 - 0,0037t^2 + 0,13t) R_k^2 \right], \quad (3.9)$$

Аналогічно зміниться сумарна кількість теплоти, витрачена на утворення вакуумних бульбашок, що не взаємодіють один з одним, при стаціонарній паровій кавітації в дизельному паливі, якщо є присутньою акустична або вібраційна кавітація:

$$Q_{\Sigma} = N_{\Pi} \cdot \left[(i + 1) \left[\frac{4}{3} \pi (\sigma + 0,00004t^3 - 0,0037t^2 + 0,13t) R_k^2 \right] + \sum_{i=0}^k Q_n(i\Delta\tau) \right], \quad (3.10)$$

В результаті можна зробити висновок, що від палива відбиратися енергія, залежна від часу існування в ній акустичній або вібраційній кавітації, і вона буде більше на 5...10%.

Фізика процесів, що відбуваються, може бути описана таким чином:

1 етап. Енергія, що передається від ультразвукового випромінювача, викликає в рідині розриви її суцільності, при цьому відбувається утворення парогазових бульбашок, які утворюються в процесі свого росту «підкочування» енергії від ультразвукового поля випромінювача.

2 етап. Бульбашки ростуть до моменту, коли тиск рідини починає перевищувати енергію, що підводиться з боку ультразвукового випромінювача, після чого бульбашки кавітацій згортаються, викликаючи ріст температури усередині них (до 10000К), що приводить - згідно з рівнянням (1) - до відбору енергії від довколишніх шарів і їх охолодження.

3 етап. Сферична ударна хвиля, що з'являється після згорання бульбашки, спрямована радіально від точки згорання, передає енергію довколишнім шарам рідини, збільшуючи кінетичну енергію їх молекул. Молекули рідини, що отримали приріст кінетичної енергії, прагнуть до її поверхні, збільшуючи тим самим коефіцієнт поверхневого натягнення і знижуючи при цьому її густина в зоні згорання.

4 етап. Зниження температури рідини призводить до зменшення її об'єму, який подається в камеру згорання, що викликає ріст об'єму повітря, що подається в камеру згорання. При цьому зменшення густини рідини - у поєднанні зі зменшенням її об'єму - призводить до зменшення маси рідини, що подається в камеру згорання, забезпечуючи зниження її витрати за цикл подання.

5 етап. При руйнуванні краплі, що упрорскує в камеру згорання, - за рахунок більш високого коефіцієнта поверхневого натягнення - молекули «енергонасиченого» палива розлітаються на більшу відстань, забезпечуючи краще перемішування з молекулами повітря, що поступило в камеру згорання у більшому об'ємі, підвищуючи, тим самим, якість приготування паливно-повітряної суміші, що позитивно впливає на повноту її згорання.

3.1 Дослідження значущих факторів на фізико-механічні властивості палива

Дослідження методом відриву кільця

Для визначення наявності змін коефіцієнта поверхневого натягнення дизельного палива після його обробки в пристрої для ультразвукової обробки палива, був проведений експеримент методом відриву кільця.

Зібрана експериментальна вимірювальна установка:

- платформа з штативом;
- ваги важільні ВР- 100, з укріпленням замість лівої чаші металевим кільцем (кільце кріпиться до лівого плеча вагів за допомогою трьох шовкових ниток так, щоб кільце знаходилося в горизонтальній площині);
- кювета для рідини;
- ваги електронні PocketScale з точністю виміру 0,01 г.

Кільце має параметри:

- зовнішній діаметр $D = 50$ мм;
- внутрішній діаметр $d = 28,5$ мм.

Ваги рівнозважені за допомогою кварцевого піску, насипаного в праву чашу. Чаша зважена на електронних вагах PocketScale. Маса чаші з вантажем, що урівноважує кільце $M_1 = 44,13$ г.

Кільце підведене до кювети з необробленим в облаштуванні ультразвукової обробки палива дизельним паливом до зіткнення поверхонь кільця і палива.

На праву чашу вагів в мінімально можливому дозуванні совком подається кварцевий пісок до тих пір, поки кільце не відривається від поверхні рідини.

Чаша зважена на електронних вагах PocketScale.

Маса чаші з вантажем $M = 47,47$ г.

Сила відриву кільця $F_{\text{диз.01}} = mg = (M - M_1) g = 32,73$ мН.

Здійснена обробка дизельного палива в пристрої на частоті 44 кГц і потужності 60 Вт впродовж 60 с.

Паливо поміщене в кювету і встановлене на штативі. Кільце підведене до кювети з обробленим паливом до зіткнення поверхонь кільця і палива.

На праву чашу вагів в мінімально можливому дозуванні совком подається кварцевий пісок до тих пір, поки кільце не відривається від поверхні рідини.

Маса чаші з вантажем $M = 47,53$ г.

Сила відриву кільця $F_{\text{диз.}} = mg = (M - M_1) g = 33,32$ мН.

Таким чином, проведений експеримент показав збільшення сили відриву кільця Fдиз дизельного палива на 1,8% після обробки його в пристрої, що свідчить про підвищення коефіцієнта поверхневого натягнення.

3.2 Дослідження поверхневого натягу палива

Для визначення змін коефіцієнта поверхневого натягнення дизельного палива ДСТУ 7688:2015 залежно від часу його обробки в пристрої для ультразвукової обробки палива, був проведений експеримент за визначенням коефіцієнта поверхневого натягнення сталагмометричним методом, або методом рахунку крапель.

Для проведення експерименту використовується установка, схемний показана на рисунку 3.9. Для набуття початкових значень, бюретка наповнюється необробленим в дизельним паливом. Встановлюється порожня місткість (мірною склянкою) для регулювання швидкості падіння крапель, для зручності підрахунку вона складає 20...30 крапель в хвилину.

Робиться зважування порожньої мірної склянки на електронних вагах SCARLETT.

У чисту мірною склянкою відлічується 60 крапель палива з бюретки і робиться повторне зважування мірної склянки.

Далі, обчислюємо вагу однієї краплі необробленого палива, який складає 0,013722 г.

Потім за вищеописаною методикою, робиться серія контрольних вимірів для обчислення маси краплі дизельного палива після його обробки в пристрої при частоті 44 кГц і потужності 60 Вт.

Згідно з методикою експерименту, кожна окрема порція нового, необробленого палива оброблялося впродовж 10, 20, 30, 40, 50, 60, 90, 120 і 600 с, відповідно.

Упродовж усього експерименту робиться по три виміри маси 60 крапель для кожної порції палива, кожен вимір здійснюється з новим відліком крапель, в чисту мірною склянкою.

Всього зроблені 9 сеансів обробки з вищезгаданими інтервалами і 30 контрольних вимірів, з обчисленням маси краплі для кожного виміру. Використовуючи метод порівняння коефіцієнтів поверхневого натягнення двох рідин - досліджуваною і еталонною (в якості еталонної рідини використана дистильована вода), був вичислений коефіцієнт поверхневого натягнення для кожної порції дизельного палива, до і після обробки в пристрої для ультразвукової обробки палива.

Результати експерименту представлені в таблиці 4.3.

Таким чином, проведений експеримент показав наявність залежності збільшення коефіцієнта поверхневого натягнення дизельного залежно від часу його обробки в пристрої.

На підставі отриманих даних можна зробити висновок, що основні зміни по збільшенню коефіцієнта поверхневого натягнення на 8,5%, відбуваються до 50-ої секунди знаходження палива в пристрої. Під час подальшої обробки - до 600 с - збільшення складає 2,1%.

Таблиця 3.3 - Результати експерименту

3.3 Дослідження густини палива

Для виявлення змін густини ρ дизельного палива ДСТУ 7688:2015, до і після обробки його в пристрій для ультразвукової обробки палива (рисунок 3.2), був проведений експеримент з використанням ареометра АНТ- 2.

Необроблене дизельне паливо було поміщене в колбу для проведення вимірів густини. Потім в колбу був занурений ареометр АНТ- 2 (рисунок 4.6).



Рисунок 3.2 - Вимір густини необробленого палива

Густина необробленого дизельного палива склала 830 кг/м^3 .

Згідно з методикою проведення експерименту, дизельне паливо було поміщено в камеру ультразвукової обробки пристрою і оброблено на частоті 44 кГц і потужності 60 Вт впродовж 30 с. Потім, оброблене паливо було поміщене в колбу для проведення вимірів густини. У колбу був занурений ареометр АНТ- 2. Густина дизельного палива, обробленого в пристрої для ультразвукової обробки палива впродовж 30 с, склала 828 кг/м^3 (рисунок 3.3).



Рисунок 3.3 - Вимір густини дизельного палива після 30-ти секундної обробки

Далі, необроблене дизельне паливо було поміщене в камеру ультразвукової обробки пристрою, де знаходилося при включеному пристрої 60 с. Потім, оброблене паливо було поміщене в колбу для проведення вимірів густини. У колбу був занурений ареометр АНТ- 2.

Густина дизельного палива, обробленого в пристрої впродовж 60 с, склала 825 кг/м^3 .

Проведений експеримент дозволив зробити висновок про зниження густини дизельного палива, обробленого в пристрої і наявності залежності цієї величини від часу знаходження палива в камері ультразвукової обробки пристрою (рисунок 3.4).

За результатами експериментів була побудована залежність густини палива від коефіцієнта поверхневого натягнення (рисунок 4.9), що демонструє підтвердження висунених припущень по опису фізики процесу ультразвукової обробки (рисунок 2.2, етап 4).

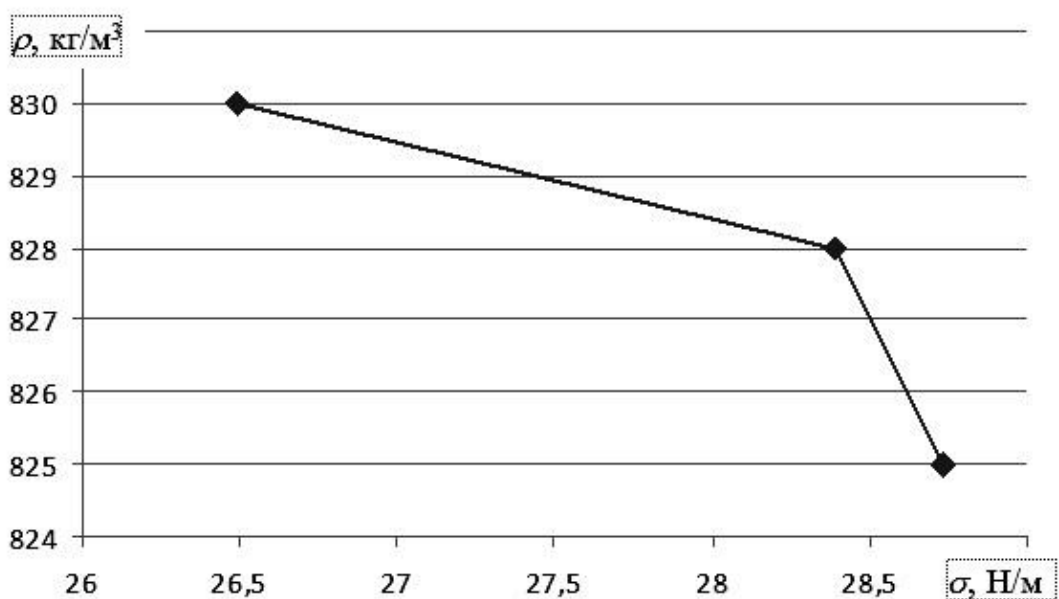


Рисунок 3.4 - Зміна коефіцієнта поверхневого натягнення при зміні густини дизельного палива

3.4 Дослідження вприскування палива

Для спостереження за можливими змінами показників вприскування дизельного палива, обробленого в пристрої для ультразвукової обробки палива, був використаний лабораторний стенд з форсункою.

Методика проведення експерименту включала порівняння показників розпилювання дизельного палива до і після обробки його в пристрої.

Експеримент проходив таким чином.

Заздалегідь було встановлено необхідний тиск відкриття форсунки. У ємність для випробовуваного палива було залите необроблене дизельне паливо, після чого тиск відкриття форсунки був відрегульований на 170 кг/см^2 (рисунок 3.5).



Рисунок 3.5 - Манометр установки

Далі, було проведене контрольне розпилювання необробленого палива на розташований під форсункою міліметровий папір для визначення площі поверхні, що покривається факелом розпилювання форсунки.

Потім, за допомогою секундоміра, вивчалися показники збільшення площі розпилювання і поглинання необробленого палива у волокна паперу, залежно від часу знаходження палива на папері.

Кратність виміру показників поглинання складала 5, 10, 20, 30, 40, 50 і 60 с.

Далі, в камеру обробки пристрою ультразвукової обробки палива була поміщена контрольна порція необробленого дизельного палива 5 (200 мл).

Обробка палива [24] робилася впродовж 60 с, після чого паливо було витягнуте з камери обробки і поміщене в ємність для випробовуваного палива лабораторного стенду з форсункою.

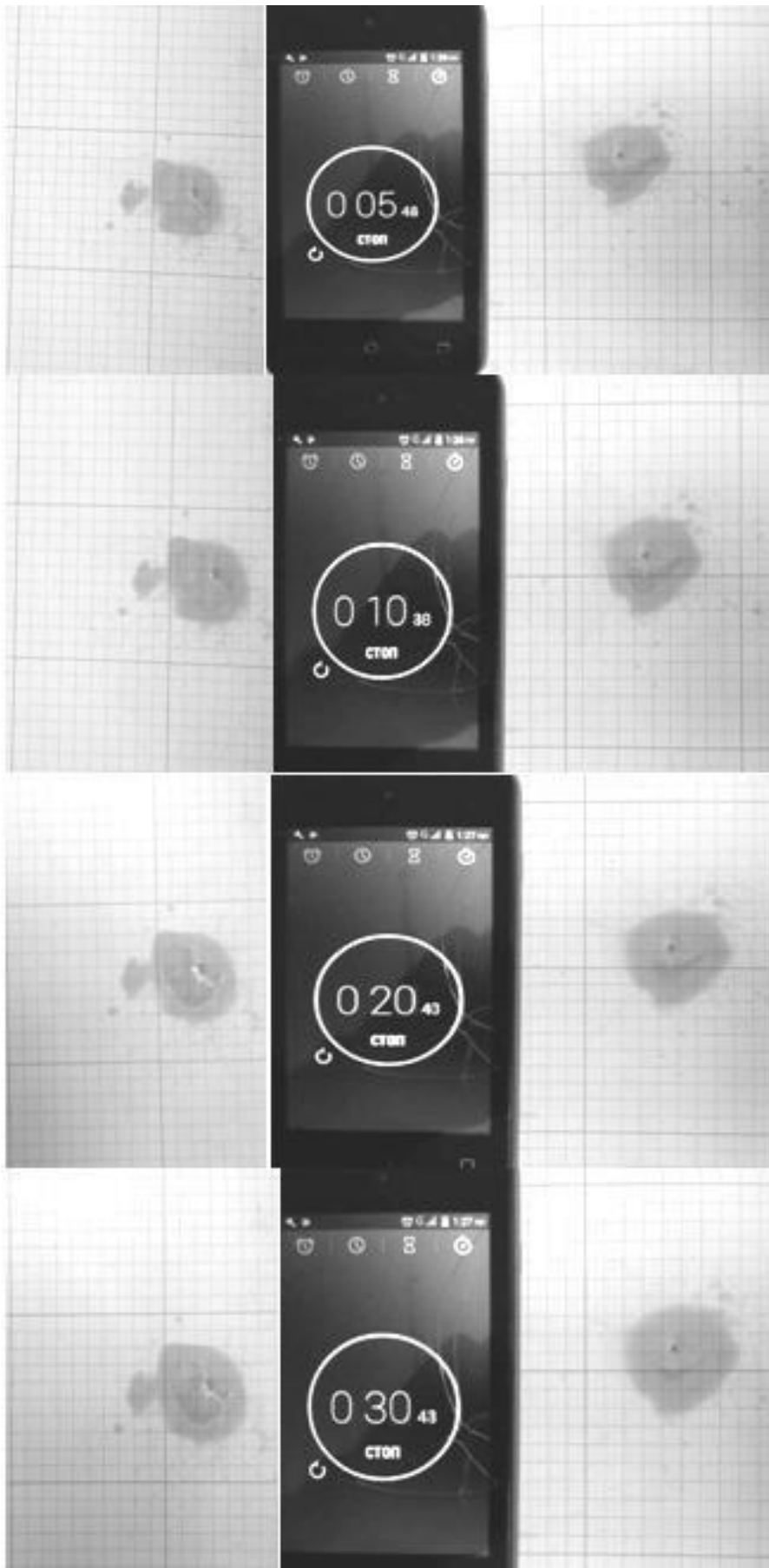
Було проведене контрольне розпилювання обробленого в пристрої палива на розташований під форсункою міліметровий папір для визначення площі поверхні, що покривається факелом розпилювальної форсунки.

За допомогою секундоміра, вивчалися показники збільшення площі і подальше поглинання обробленого палива у волокна міліметрового паперу, залежно від часу знаходження обробленого палива на папері.

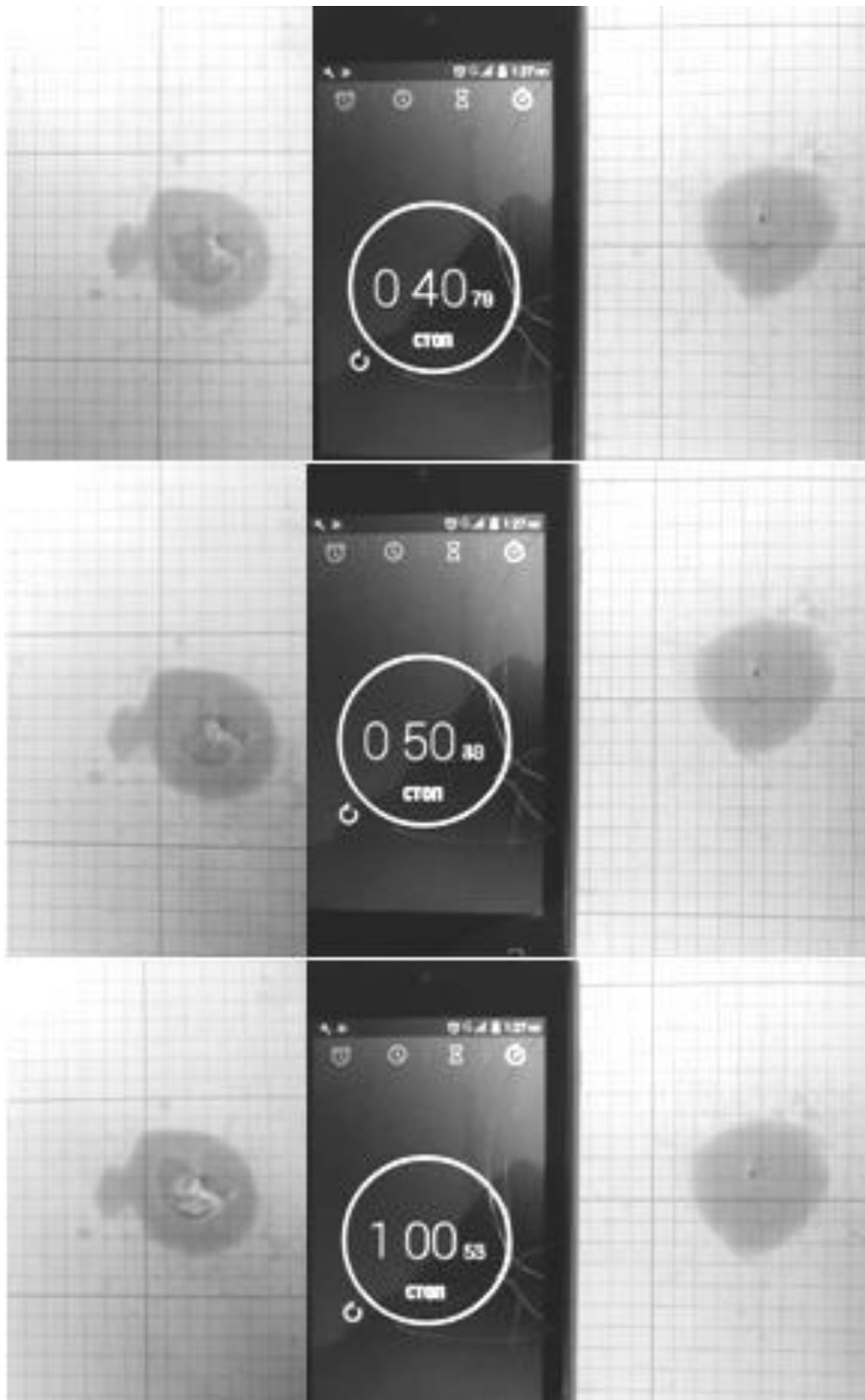
Кратність виміру показників поглинання складала 5, 10, 20, 30, 40, 50 і 60 с.

Порівняння показників збільшення площі поглинання розпиленого палива приведені нижче (рисунок 3.6).

У лівій частині розташовані результати експерименту, що відносяться до необробленого палива, в правій - до обробленого в пристрої обробленому в пристрої ультразвукової обробки.



a



б

Рисунок 3.6 - Збільшення площі змочуваної поверхні за часом необробленим (ліворуч) і обробленим (справа) паливом: а - 5 - 30 с, б - 40 - 60 с

На фотографіях, зроблених відразу ж після розпилювання палива форсункою на міліметровий папір (рисунок 4.14), добре видно, що оброблене паливо менше «розбризкується» і залишає правильніший по геометричній формі слід.

Через 40 с після розпилювання палива форсункою на міліметровий папір добре помітно, що оброблене паливо поширюється по паперу повільніше, ніж не оброблене, що дозволяє припустити меншу в порівнянні з необробленим паливом дозу уприскування.

Після 60 секунд спостереження при порівнянні збільшення площі змочуваної поверхні (рисунок 3.7) стає помітно, що площа поглинання паперу у випадку з необробленим паливом вища, ніж з обробленим.

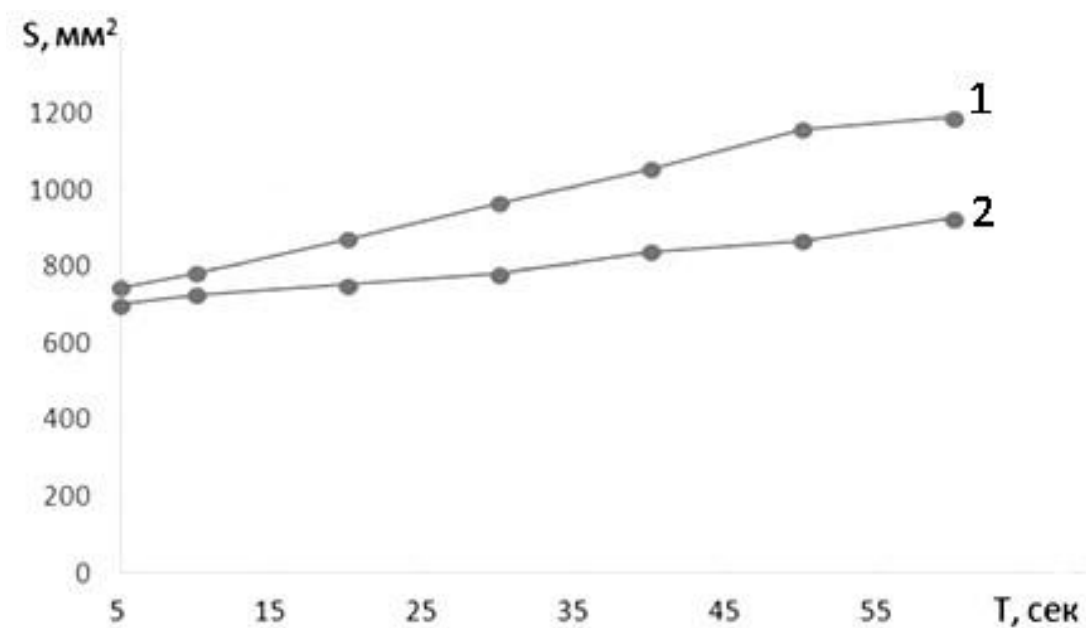


Рисунок 3.7 - Порівняння збільшення площі змочуваної поверхні за часом необробленим і обробленим паливом: 1 - необроблене паливо; 2 - оброблене паливо

У зразка з необробленим паливом папір в місці попадання вприскування палива досить добре намокнув і починає трохи «розповзатися». У випадку ж з обробленим паливом, подібного не спостерігається і навіть більше того, папір почав показувати початкові ознаки висихання, що говорить про менше дозування вприскування.

Також простежується нерівномірність між розподілом необробленого і обробленого палива при змочуванні паперу. Ця залежність була визначена в результаті «методу накладення круга» (рисунок 3.8).



Рисунок 3.8 - Визначення нерівномірності при збільшенні площі змочуваної поверхні за часом необробленим (ліворуч) і обробленим (справа) паливом методом накладення круга

На використовувані для вивчення показників збільшення площі поглинання палива у волокна міліметрового паперу зразки, був накладений

контрольний круг діаметром 20 мм (рисунок 3.9). Зроблений підрахунок змочуваної поза контрольним кругом площі залежно від часу знаходження палива на папері. Площа зразка, змочуваного необробленим паливом, помітна більше площі зразка, змочуваного обробленим паливом (рисунок 4.17), що дозволяє зробити висновок про більш високу якість того, що розпиляло - без розбризкування або «струминного виливання» палива.

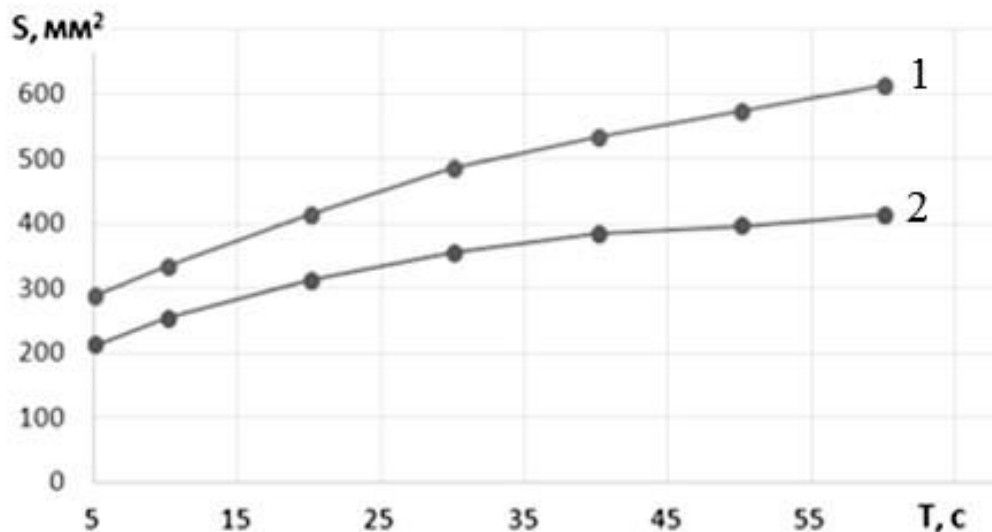


Рисунок 3.9 - Нерівномірність площі змочуваної поверхні: 1 - необроблене паливо; 2 - оброблене паливо

Таким чином, у разі розпилювання палива, обробленого в пристрої ультразвукової обробки палива, факел розпилювання форсунки має «вужчу» форму без крупнокапельного і струминного розбризкування, що сприяє поліпшенню якості приготування паливоповітряної суміші в камері згорання двигуна, а за рахунок зниження об'єму палива, що впорскує, - знижує його витрату під час експлуатації.

3.5 Дослідження екологічних показників

Методика дослідження коефіцієнта надлишку повітря. Для дослідження змін коефіцієнта надлишку повітря в газах, що відпрацювали, використовувався газоаналізатор МЕТА АВТОТЕСТ МП (рисунок 3.16).

Прилад обладнаний послідовним портом для зв'язку з будь-якої ПЕВМ для передачі результатів вимірів і формування бази даних, а також оформлення протоколів вимірів токсичності автотранспортних засобів с додатковим програмним забезпеченням "АВТОТЕСТ", встановленим на ПЕВМ.

При необхідності, на вимогу, реалізується можливість управління роботою приладу з боку ПЕВМ.

Висновки

1. Оцінені ефекти охолодження палива, які можуть бути присутнім на мікрорівні, наприклад, при процесах кавітацій в рідинах, і при цьому виявлено, що критична енергія, що витрачається на утворення бульбашки кавітації, пов'язана з коефіцієнтом поверхневого натягнення рідини.

2. Запропонований метод оцінки зміни коефіцієнта поверхневого натягнення дизельного палива, що враховує його збільшення в процесі ультразвукової обробки, і отримана аналітична залежність, що описує це збільшення від часу обробки.

3. Уточнені рівняння, що описують сумарну кількість теплоти, витрачену на утворення вакуумних бульбашок, що не взаємодіють один з одним, при стаціонарній паровій кавітації в рідини, критичну енергію, витрачену на утворення однієї бульбашки кавітації, а також сумарну кількість теплоти, витрачену на утворення вакуумних бульбашок, що не взаємодіють один з одним, при ультразвуковій кавітації в дизельному паливі.

4. Описана фізика процесів явищ, що відбуваються, а саме енергонасичення палива за рахунок «підкочування» енергії від джерела зовнішніх ультразвукових коливань.

4 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Витрати на виготовлення пристрою для ультразвукової обробки палива і його установку представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Розрахунок витрат на виготовлення пристрою для ультразвукової обробки палива

Найменування	Вартість, грн
Матеріал для виготовлення камери ультразвукової обробки палива (листовий метал нерж. 0,5 м ² + 2 штуцери з «нарізкою» 8 мм нерж)	480
Ультразвуковий випромінювач	400
Роботи по виготовленню камери ультразвукової обробки палива (розкрій, формування, зварювання 44 см шва по 200 грн + вварювання 2 штуцери по 500 грн і ін.)	5120
Матеріал для виготовлення корпусу блоку управління пристрою ультразвукової обробки палива (пластик ПВХ 3 мм по 3000 грн за лист)	240
Роботи по виготовленню корпусу блоку управління пристрою ультразвукової обробки палива	560
Деталі для блоку управління пристрою ультразвукової обробки палива	1600
Роботи по виготовленню електричної частини блоку управління пристрою ультразвукової обробки палива і його остаточна зборка	3200
Роз'єми, вимикачі, кабелі сполучні і ін. для блоку управління пристрою ультразвукової обробки палива	2000
Інвертор автомобільний (12 або 24В на 220В від 100Вт)	2400
Шланги, хомути, перехідники, кронштейни і ін. для установки пристрою для ультразвукової обробки палива на одиницю сільськогосподарської техніки	800
Роботи по установці пристрою для ультразвукової обробки палива в одиницю сільськогосподарської техніки	1600
Загальна вартість	18400

Витрати на модернізацію визначалися по формулі:

$$Зм = Зод + Зпд + Зпр + Зоп, \quad (4.1)$$

де $Зод$ - роботи по виготовленню оригінальних деталей камери ультразвукової обробки палива, грн;

$Зпд$ - ціна покупних деталей і матеріалу для виготовлення камери ультразвукової обробки палива, грн;

$Зпр$ - фонд заробітної плати виробничих робітників, зайнятих на роботах по виготовленню пристрою, грн;

$Зоп$ - загальновиробничі витрати по установці пристрою для ультразвукової обробки палива в одиницю сільськогосподарської техніки, грн.

Загальна вартість виготовлення і установки одного прилашту для ультразвукової обробки палива складає 18400 грн.

Для визначення економічної ефективності пристрою для ультразвукової обробки палива слід розрахувати величину експлуатаційних витрат, що включають також і амортизаційні відрахування.

Амортизаційні відрахування визначаються по формулі

$$A_0 = \frac{C \cdot B}{100}, \quad (4.2)$$

де C - балансова вартість пристрою, грн;

B - норма річних амортизаційних відрахувань, %.

Пристрій для ультразвукової обробки палива, згідно з шифром 44024 «Генератори високочастотні», має річну норму амортизаційних відрахувань у розмірі 12,5%.

Початкові дані для розрахунку очікуваної економічної ефективності представлені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Економічна ефективність очікувана від застосування пристрою для ультразвукової обробки палива

№ з/п	Показники	Пристрій для ультразвукової обробки палива
1	Вартість пристрою з монтажем, грн	18400
2	Амортизаційні відрахування, грн	2300
3	Розрахунковий річний пробіг автомобіля, км	18280
4	Величина зменшення витрати палива, л	301,6
5	Розрахункова річна економія, грн	13119,6
6	Термін окупності, років	1,23

Розрахункова річна економія при річному пробігу автомобіля в 45 700 км за рахунок установки пристрою для ультразвукової обробки палива на автомобіль МАЗ- 4370 з двигуном ММЗ Д- 245.9-540 складає 13119,6 грн., термін окупності - 1,23 року (1 рік і 3 місяці).

Висновки

1. Витрати на виготовлення і установку пристрою для ультразвукової обробки палива для типового дизельного двигуна (на прикладі Д- 245.9-540), широко вживаного в агропромисловому комплексі, склали 18400 грн.

2. Модернізація штатної системи живлення дизельного двигуна Д- 245.9-540 автомобіля МАЗ-4370 установкою пристрою ультразвукової обробки палива дозволила зменшити витрату палива на 7,2%, з 23 л до 21,35 л дизельного палива на 100 км.

3. При пробігу у розмірі 45700 км в рік, підприємство зможе економити 13119,6 грн, а, отже, окупити витрати на модернізацію за 1 рік 3 місяці. За умови інтенсивнішого використання автомобіля МАЗ- 4370, період окупності пристрою ультразвукової обробки палива знижуватиметься.

ВИСНОВКИ

Проведений аналіз існуючих методів впливу на паливо, що покращують експлуатаційні характеристики двигунів, показав, що прогнозоване поліпшення їх показників може бути досягнуте за рахунок вдосконалення процесів паливопідготовки (паливообробки), що дозволяють змінити фізико-механічні і/або хімічні характеристики, структуру і склад палива. При цьому, дослідження проведені по деароматизації, ультразвуковій, електромагнітній і електростатичній обробці, омагнічуванню, емульгуванню, нагріву і охолодженню палива носять несистематизований характер, - досить часто просто констатується поліпшення різних параметрів двигунів без пояснення фізичних основ процесів, що відбуваються.

1. Змінені аналітичні залежності, що зв'язують коефіцієнт поверхневого натягнення палива і критичну енергію, що витрачається на утворення бульбашки кавітації, з поясненням ефектів охолодження палива і підвищення ефективності його розпилювання, які можуть бути присутніми на мікрорівні, при цьому встановлена зміна коефіцієнта поверхневого натягнення палива від часу його обробки ультразвуком. Уточнені рівняння, що описують сумарну кількість теплоти, витрачену на утворення вакуумних бульбашок, що не взаємодіють один з одним, при стаціонарній паровій кавітації в рідині, а також відібрана від рідини теплота для пухирців, що утворюються при ультразвуковій кавітації в дизельному паливі.

2. Проведена оцінка дії ультразвукової обробки палива на його основні характеристики, а також характеристики двигуна, показала наступне: нерівномірність розпилювання S палива форсункою знижується на 35%, при цьому не змінюються коефіцієнт світлопроникності (96%) і цетанове число CNs дизельного палива (51,4 од.); на економію палива двигуном (3,7,5%) впливає час знаходження палива в зоні ультразвукової обробки і не впливає потужність ультразвукового випромінювача (в межах 30...60 Вт), при цьому обробка ультразвуком

збільшує коефіцієнт надлишку повітря з 1,54 до 1,77 (+14,7%) і знижує димність з 0,047 г/м³ до 0,038 г/м³ (- 17%).

4. Витрати на виготовлення і установку пристрою склали 46000 грн, а модернізація штатної системи живлення двигуна дозволила зменшити витрату палива на 7,2% (з 23 л до 21,35 л на 100 км) при пробігу автомобіля 19040 км. Розрахункова річна економія склала 32799 грн, а термін окупності пристрою - 1,23 року.

