УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Допущено до захисту
“___” _____2025 р.
Завідувач кафедри к.т.н., доцент

_____ Войтік А.В.

Кваліфікаційна робота (дипломний проект)
Перший (бакалаврський)

Тема проекту: **«Оцінка експлуатаційних характеристик роботи дизельного двигуна на паливній суміші ріпакової олії з етанолом.»**

Виконав: студент 3 курсу,
групи 31 к-ім
Спеціальність 208
«Агроінженерія»
Лебеденко С. Л.
(прізвище та ініціали)

Керівник: Головатюк А.А.
(прізвище та ініціали)

Рецензент: Едуард ПРОКОПЕНКО
(прізвище та ініціали)

м. Умань - 2025 рік

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Освітня програма Бакалавр
Спеціальність 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Войтік А.В..
«____» _____**2025 р.**

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ)

студенту Лебеденку Сергію Леонідовичу

Тема роботи «Оцінка експлуатаційних характеристик роботи дизельного двигуна на паливній суміші ріпакової олії з етанолом. »

керівник проекту: *Головатюк Анатолій Анатолійович, к. с-г. н.*
затверджено наказом УНУ 01-06/95 від 5 травня 2025 р.

2. Строк подання студентом пректу *«__» _____ 20____ р.*

3. Вихідні дані до проекту літературні джерела, технологічні та технічні рішення, методичні вказівки, методики.

4. Перелік питань, які потрібно розробити: *Вступ. 1. Аналіз стану питання за темою дипломного проекту. 2. Теоретичні та/або експериментальні дослідження за темою дипломного проекту. 3. Охорона праці. 4 . Обґрунтування досягнутих результатів. Загальні висновки. Список використаних джерел.*

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е. В.		

6. Дата видачі завдання – «____» _____ 2025_ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів	Примітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел	17.02.25	
2.	Розділ 1	31.02.25	
3.	Розділ 2	14.03.25	
4.	Розділ 3	28.03.25	
5.	Розділ 4	12.04.25	
6.	Виконання ілюстративної частини роботи	01.05.25	
7.	Представлення роботи керівнику на перевірку	10.05.25	

Студент _____ Лебеденко С. Л.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ **Головатюк А.А.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП 5
1. ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ БІОПАЛИВ У ТРАНСПОРТНИХ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНАХ……. 7
1.1. Глобальні тенденції розвитку паливно-енергетичного комплексу та види біопалив для дизельних двигунів……... 7
1.2. Спиртові палива та їх застосування в двигунах внутрішнього згоряння……. 8
1.3. Паливна економічність і токсичність вихлопних газів дизелів……. 9
1.4. Мета роботи і завдання дослідження…… 9
2. АНАЛІЗ ТЕЧІЇ НАФТОВОГО ТА ЕМУЛЬГОВАНОГО ПАЛИВА В РОЗПИЛЮВАЧАХ ДИЗЕЛЬНИХ ФОРСУНОК…… 12
2.1. Використання біопалива в транспортних дизельних двигунах……. 12
2.2. Фізико-хімічні властивості ріпакової олії та етанолу…… 13
2.3. Дослідження в'язкісних характеристик біопалив…… 14
2.4 Моделювання текучості палива в розпилювачах форсунок при використанні ріпакової олії та етанолу…….. 20
Висновки до розділу……. 33
3. ОХОРОНА ПРАЦІ……... 34
3.1 Організаційні заходи щодо профілактики виробничого травматизму та професійної захворюваності…… 34
3.2 Інформаційне забезпечення …… 36
4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ……... 37
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ…… 39
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ…… 40

ВСТУП

Сучасний розвиток двигунобудування зосереджений на підвищенні паливної економічності та зниження рівня токсичності відпрацьованих газів у двигунах внутрішнього згоряння. Транспортні двигуни є одним із основних джерел викидів шкідливих речовин в атмосферу. Наприклад, частина автомобільного транспорту в загальному обсязі викидів шкідливих речовин становить: у США – 61,5%, у Великому Британії – 34%, у Франції – 33.

Одним із пріоритетних напрямків удосконалення поршневих двигунів є покращення їхніх екологічних характеристик, насамперед зниження токсичності відпрацьованих газів. Одним із ефективних способів досягнення цієї мети є використання альтернативних палив. Особливу увагу серед них слід приділити біопаливам, які виробляються з рослинної

Переваги біопалив пояснюються їхньою майже невичерпною сировинною базою та сприятливими екологічними властивостями. До найперспективніших видів біопалив належить біоетанол, а також паливо, отримане з рослинних олій. Вони мають прийнятну вартість і можуть використовуватися як моторні палива для дизельних двигунів. Однак широке застосування біоетанолу ускладнюється його фізико-хімічними відмінностями від нафтових дизельних палив.

Цю проблему можна викликати шляхом використання сумішевих або емульгованих палив, тобто суміші етанолу з нафтовими чи іншими альтернативними паливами. Проведені експериментальні дослідження включають оцінку характеристики дизельного двигуна, що діє на емульгованих біопаливах (емульсіях рапсової олії та етанолу), а також на сумішевих біопаливах (сумішах нафтового дизельного палива та абсолютного етанолу).

Актуальність цього дослідження ускладненням зниження рівня токсичності відпрацьованих газів дизельних двигунів. Використання етанолу як кисневмісної добавки до дизельного палива є ефективним способом покращення екологічних характеристик. Додавання етанолу сприяє

покращенню процесів розпилення палива, утворення паливної суміші та згоряння, що, своєю чергою, знижує викиди оксидів азоту та сажі.

Разом з тим, один з головних проблем застосування етанолу як кисневмісної добавки є його низька змішуваність із нафтовими паливами. Це питання можна використовувати при використанні абсолютного (безводного) етанолу або створення емульсії етанолу з чистими видами палива. Такий підхід дозволяє досягти ефектів, що покращують процеси розпилення, утворення суміші та згоряння палива

1. ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ БІОПАЛИВ У ТРАНСПОРТНИХ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНАХ.

1.1. Глобальні тенденції розвитку паливно-енергетичного комплексу та види біопалив для ~~дизельних~~ двигунів.

Сучасний розвиток енергетики супроводжується стрімким виснаженням світових запасів викопного палива та постійним зростанням енергоспоживання. Прогнозується, що до 2025 року загальний рівень споживання енергоресурсів досягне 18 мільярдів тонн нафтового еквіваленту [6, 14, 23]. До середини XXI століття цей показник може подвоїтися, досягнувши приблизно 28 мільярдів тонн. У зв’язку з цим зростає значення відновлюваних джерел енергії.

Очікується, що через найближчі 10 років частка відновлюваних джерел енергії у світовому енергобалансі провідних промислових країн становитиме від 10 до 30%. За оцінками [5], до 2025 року ринок екологічно чистих технологій досягне 325,9 млрд доларів США, з яких ринок біопалив оцінюється в 112,5 млрд доларів, що становить близько 30% усіх відновлюваних джерел енергії.

Зважаючи на такі тенденції, у найближчій перспективі сировинна база для виробництва палива для транспортних енергетичних установок значно розшириться. Окрім викопного палива, використовуватимуться відновлювані джерела, такі як біомаса, рослинні олії, спирти тощо [1, 6, 15]. Попит на альтернативні види палива стимулюється стрімким збільшенням автопарку та необхідністю забезпечення стабільних поставок моторного пального [5, 9]. Лідером у сфері розвитку альтернативної енергетики є США, які значно випереджають інші країни за рівнем впровадження біопалив.

У США домінуюче місце серед альтернативних палив займає спиртове паливо, що значно випереджає за обсягами використання пропан-бутанові суміші (зріджений вуглеводневий газ – ЗВГ), стиснений природний газ (СПГ) та зріджений природний газ (ЗПГ). У країнах Європейського Союзу, окрім етанолу, активно використовуються біопалива, отримані з рослинних олій [4,

7, 13,]. Основними джерелами біодизельного палива є ріпакова, соняшникова, соєва та інші рослинні олії.

Станом на 2020 рік біодизельне паливо, виготовлене з рослинних олій, становило близько 71% всіх біопалив, вироблених у ЄС, а біоетанол – близько 28%. У перспективі спирти та їх похідні залишаються одними з найперспективніших альтернативних палив для транспортних двигунів, завдяки наявності в їх складі атомів кисню, які сприяють зменшенню викидів шкідливих речовин [6, 9].

1.2. Спиртові палива та їх застосування в двигунах внутрішнього згоряння

Спирти відносяться до кисневмісних палив (оксигенатів), що дозволяє покращити екологічні характеристики двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ). Вони можуть використовуватися як самостійне паливо або як домішка до нафтових та альтернативних палив [6, 13, 16].

Найбільш перспективним видом спиртового палива є етанол, який має відмінні екологічні властивості. Близько 93% етанолу виробляється шляхом ферментації, з яких 60% походить із цукрової сировини, а 40% – із зернових культур. Решта 7% етанолу отримується хімічним синтезом, переважно з природного газу. Головними виробниками біоетанолу є США та Бразилія [8, 21].

Для покращення займання етанолу в дизельних двигунах використовуються різні технологічні рішення: збільшення ступеня стиснення, підвищення тиску наддуву, встановлення підігрівачів повітря на впуску тощо. Найпоширенішими методами є займання етанолу від запальної дози нафтового дизельного палива (ДП), використання свічки запалювання або застосування спеціальних присадок. Подання етанолу в дизель може здійснюватися у вигляді емульсії з ДП або у вигляді суміші з абсолютним (безводним) спиртом. Таке використання суттєво покращує екологічні характеристики дизельного двигуна.

1.3. Паливна економічність і токсичність вихлопних газів дизелів

Сучасні дизельні двигуни мають відповідати жорстким вимогам щодо паливної економічності та рівня шкідливих викидів [2, 3, 4, 23]. Економне використання палива є необхідністю через зростання вартості нафтопродуктів та викиди CO2, що сприяють глобальному потеплінню [28]. У кращих високооборотних зарубіжних дизелях питома витрата палива становить 190-193 г/(кВт·год), у той час як у вітчизняних аналогах цей показник становить 210-231 г/(кВт·год) [3].

Вихлопні гази дизельних двигунів містять понад 250 компонентів, серед яких основними токсичними складовими є NOx, CO, CHx, альдегіди та тверді частки (сажові утворення) [2, 6, 17].

Таким чином, використання етанолу у вигляді домішки до дизельного палива сприяє зменшенню токсичності вихлопних газів за рахунок покращення процесу горіння та зниження температури згоряння. Це веде до зменшення викидів оксидів азоту та інших шкідливих речовин, що робить біопалива перспективним напрямом розвитку транспортної енергетики.

1.4. Мета роботи і завдання дослідження

Проведений аналіз результатів досліджень, виконаних як вітчизняними, так і зарубіжними науковими групами, однозначно продемонстрував високий потенціал застосування сумішевих та емульгованих паливів з додаванням етанолу. Використання таких палив сприяє не зменшенню токсичності відпрацьованих газів, але й покращенню паливної економічності дизельних двигунів. Етанол як добавка дозволяє оптимізувати процес згоряння, що позитивно впливає на зменшення викидів шкідливих речовин у довкілля, відповідаючи сучасним екологічним вимогам.

Однак, попри обнадійливі результати попередніх досліджень, ряд важливих аспектів залишається недостатньо вивченим. Серед них – визначення фізико-хімічних характеристик сумішевих і емульгованих палив з етаноловими добавками, зокрема, в’язкості, густини, стабільності емульсії та

інших критичних параметрів. Особливу увагу варто приділити аналізу параметрів потоку таких палив у розпилювачах дизельних форсунок, після чого саме від цього є оптимальне розпилення палива в циліндрах двигуна, що впливає на ефективність процесу згоряння. Додатково, важливо провести оцінку показників паливної економічності та токсичності відпрацьованих газів дизелів, які працюють на цих сумішах, з порівнянням їх із традиційними нафтовими паливами.

Методом даної роботи є розробка комплексних методів для підвищення ефективності роботи дизельних двигунів шляхом інтеграції етанолу як екологічно чистої добавки до біодизельного палива. Для досягнення поставленої мети вирішуються наступні наукові та практичні завдання:

1. Порівняльна оцінка напрямів застосування етанолу.
2. Проведення аналізу різних підходів до використання етанолу як добавки дозволяють отримати оптимальні комбінації компонентів, що підвищує покращення згоряння та зниження викидів шкідливих речовин.
3. Розробка методики розрахунку в'язкості.
4. Створення методичних підходів для розрахунку в’язкості рослинних олій і емульгованих біопаливів з етаноловими добавками є ключовим етапом, остання в’язкість впливає на процес розпилення палива у форсунках і, відповідно, на ефективність згоряння.
5. Розробка методики визначення показників потоку палива, та розрахунку показників потоку емульгованого біопалива у проточній частині розпилювачів дизельних форсунок сприятиме точному дозуванні палива в циліндрах двигуна, що є критичним для досягнення високої ефективності роботи двигуна.
6. Аналіз впливу змінює склад на потік палива.
7. Проведення розрахункових досліджень, спрямованих на аналіз впливу змін складу емульгованих сумішей з етанолом на показники потоку в системах розпилення, дозволяє оптимізувати ці параметри для забезпечення максимальної продуктивності двигуна.

Висновки

Серед альтернативних моторних палив особливу увагу заслуговують біопалива, виробленого з відновлюваних сировинних ресурсів. Біоетанол і палива на основі рослинних олій є одними з найперспективніших завдяки своїй доступній вартості та позитивним екологічним характеристикам. на це, широке впровадження таких палив відрізняється відмінно від фізико-хімічних властивостей порівняно з традиційними нафтовими продуктами, що обумовлює необхідність подальших досліджень.

Оптимізація сумішевих та емульгованих палив через ретельний підбір компонентів і визначення оптимальних співвідношень дозволяє отримати палив із заданими експлуатаційними характеристиками. Досягнення такого балансу сприятиме підвищенню ефективності роботи дизельних двигунів, зниженню викиду шкідливих речовин та економічного палива, що в цілому позитивно впливає на екологічну ситуацію

2. АНАЛІЗ ТЕЧІЇ НАФТОВОГО ТА ЕМУЛЬГОВАНОГО ПАЛИВА В РОЗПИЛЮВАЧАХ ДИЗЕЛЬНИХ ФОРСУНОК

2.1. Використання біопалива в транспортних дизельних двигунах

Як наявне в першому розділі, біопаливо, що застосовується в двигунах внутрішнього згоряння, є виключно різноманітним. До нього належать як рідини (спірти, ефіри, рослинні олії), так і газоподібні (біогаз, біоводень) види палива (Рис. 2.1) [13]. Окрему групу становлять змішані види палива, що утворюють як нафтові, так і альтернативні компоненти з додаванням рідких біоп.

До цієї ж категорії належать і емульговані палива – емульсії незмішуваних рідин, таких як суміші рослинних олій із водою, етанолом або іншими спиртовими компонентами [6, 13, 22].

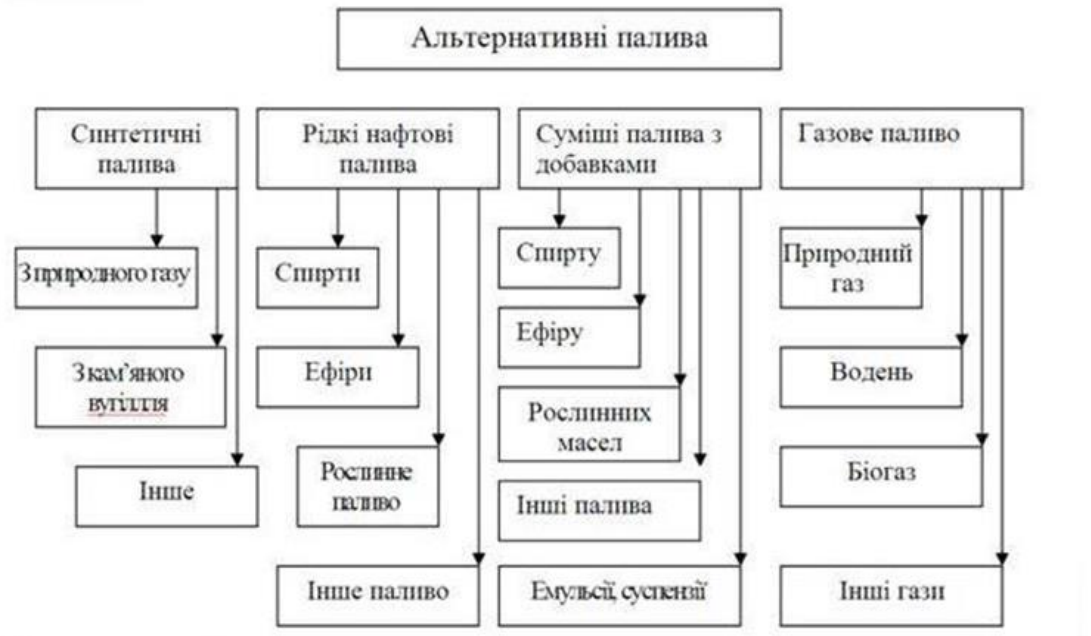


Рис. 2.1. Типи альтернативних палив для двигунів внутрішнього згоряння.

Серед перспективних біопаливів особливе місце займають палива, отримані з рослинних олій [6, 17]. Це пояснюється відновлюваністю сировинної бази, екологічною безпечністю, можливістю подачі таких палив у камеру згоряння

дизельного двигуна без значних модифікацій паливної системи, а також їх прийнятною зайнятістю в дизельній камері згоряння [1, 7, 17]. В Україні найпоширенішою олійною культурою для виробництва біопалив є ріпак [13, 14].

Ріпакова олія (РО) добре змішується з традиційним дизельним паливом, що дає можливість використовувати її як екологічну біодобавку до нафтопродуктів. Іншим напрямком застосування РО в дизельних двигунах є отримання метилових або етилових ефірів, які можуть використовуватися як самостійне паливо або як добавка до дизельного пального. Крім того, можливе змішування рослинних олій з іншими альтернативними паливами, наприклад, біоетанолом.

Етанол може замінюватися як окреме паливо для двигунів з примусовим запаленням або як кисневмісна добавка до автомобільних бензинів. Така практика широко використовується в США, Бразилії та інших країнах, де є доступна сировина для виробництва дешевого етанолу [3, 4, 5, 7]. Однак економічно доцільніше спалювати спиртові палива саме в дизельних двигунах, після чого вони мають вищий ККД [8, 9].

Водночас використання етанолу в дизелях ускладнюється через його фізико-хімічні відмінності від традиційних моторних палив. Це може призвести до нестабільної роботи двигуна, особливо на низьких режимах, та спричинити жорстке згоряння пального на високих режимах. Однак етанол можна використовувати як добавку до дизельного палива або інших альтернативних палив.

З огляду на зазначені труднощі при використанні етанолу в дизельних двигунах, а також можливість його змішування з ріпаковою олією, доцільним є аналіз фізико-хімічних властивостей таких сумішей.

2.2. Фізико-хімічні властивості ріпакової олії та етанолу

За фізико-хімічними характеристиками етанол ближчий до бензинів, ніж до дизельного палива. Відмінності між дизельним паливом і етиловим спиртом суттєві. Основними проблемами при використанні етанолу в

дизелях є його низька в'язкість і щільність (відповідно 1,0 мм²/с і 790 кг/м³ при 20°С), а також низьке цетанове число (близько 8).

Низьке цетанове число про погану зайнятість спирту в камері згоряння дизеля, що може призвести до нестабільної роботи при низьких навантаженнях і жорсткого процесу згоряння при високих навантаженнях. Також етанол відрізняється від дизельного пального за хімічним складом, теплотворною здатністю та стехіометричним вмістом повітря до палива.

З огляду на ці особливості, перспективним є поєднання двох кисневмісних біопалив – ріпакової олії та етанолу. РО має вищий фракційний склад, тоді як етанол характеризується низькою температурою кипіння. Проте ці два біопалива погано змішуються, тому їх застосування як моторного палива можливо лише у вигляді емульсії.

Для оцінки ефективності роботи дизеля на емульсіях ріпакової олії та етилового спирту необхідно дослідити фізико-хімічні характеристики цих сумішей. Особливу увагу слід приділити показникам щільності та в'язкості, оскільки вони суттєво впливають на процеси згоряння і подачу палива.

Щільність є кількістю енергетичного параметра пального: чим вона вища, тим більше енергії виділяється при згорянні. Крім того, щільність впливає на дальність розпилення паливних струменів у камері згоряння дизеля.

Одним із ключових експлуатаційних параметрів моторних палив є в'язкість. Надто низька в'язкість шкіри до підвищеного зношування плунжерних пар форсунок, тоді як надто висока – ускладнює фільтрацію пального та роботу паливного насоса. Оптимальний параметр в'язкості дизельного пального становить 1,8–7,0 мм²/с.

Таким чином, актуальним є дослідження в'язкості та в'язкісно-температурних

2.3. Дослідження в'язкісних характеристик біопалив

При аналізі в'язкісних властивостей біопалив важливо показати як показники чистих рослинних олій, так і їх емульсій з етанолом. В'язкість

рослинних олій значно перевищує показники традиційного дизельного пального. Тому доцільним є використання сумішей ДП із рослинними оліями [1, 3, 7, 16].

Дослідження показують, що застосування таких сумішей знижує токсичність вихлопних газів дизельних двигунів [17, 18]. Оптимальні суміші мають прийнятні показники щільності та в'язкості.

На першому етапі дослідження визначено залежність щільності (ρ) та кінематичної в'язкості (ν) чистого ДП і РО, які змішуються в різних пропорціях, від температури. У досліджених зразках вміст ріпакової олії в дизельному паливі становив 11, 21 та 31%. Результати цих досліджень наведені на рис. 2.2.

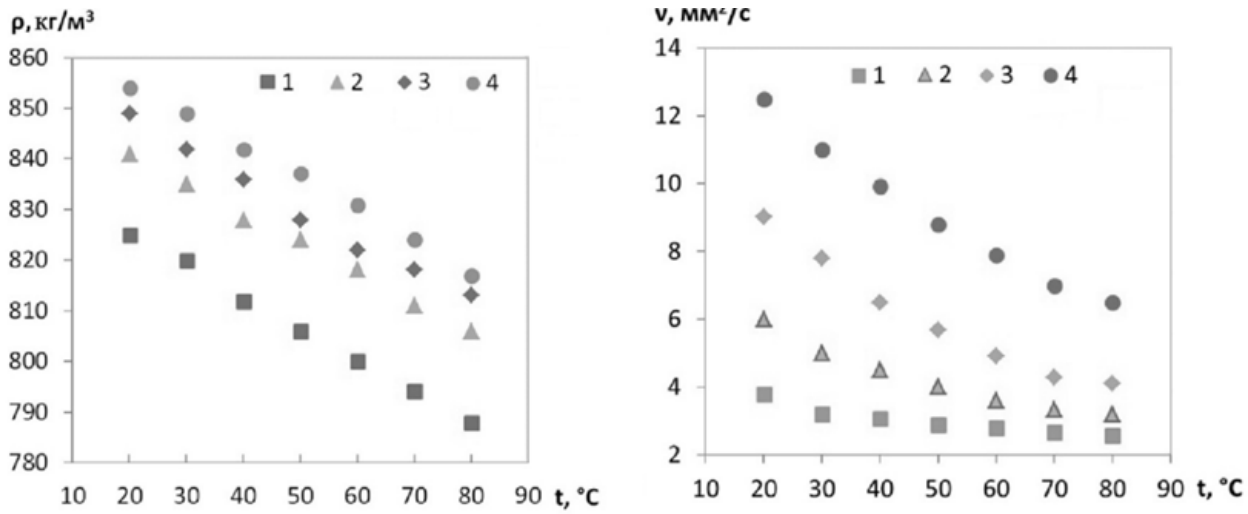


Рис. 2.2. Залежність щільності (а) та кінематичної в'язкості (б) суміші дизельного пального (ДП) і ріпакової олії (РО) від температури: 1 – 100Т; 2 – 90Т–10М; 3 – 80Т–20М; 4 – 70Т–30М.

Як видно з Рис. 2.2, щільність і кінематична в'язкість сумішей ДП та РО значно відрізняються від аналогічних параметрів чистого дизельного пального. відповідно до вимог ГОСТ 305-82, щільність дизельного пального має становити ρ = 860 кг/м³ , aν = 6 мм²/с при t = 20°С[2, 8].

Аналізуючи дані на Рис. 2.2, можна зробити висновок, що максимально допустима концентрація РО в суміші не повинна перевищувати 10 % ,ν = 5,97 мм²/с , щоρ = 841 кг/м³).

Більше підвищення концентрації РО в суміші розчину до зростання в'язкості, що може негативно впливати на роботу паливної системи та двигуна загалом.

Таким чином, для нормальної температури (t = 20°C)

Емульговані паливи підтримуються за допомогою спеціальних пристроїв-диспергаторів [5, 8, 15]. У даному дослідженні для отримання емульсії РО та етилового спирту використовувалася емульгуюча установка, що працює за принципом електромагнітного вібраційного перемішування компонентів (Рис. 2.3) [1, 8, 18, 23].

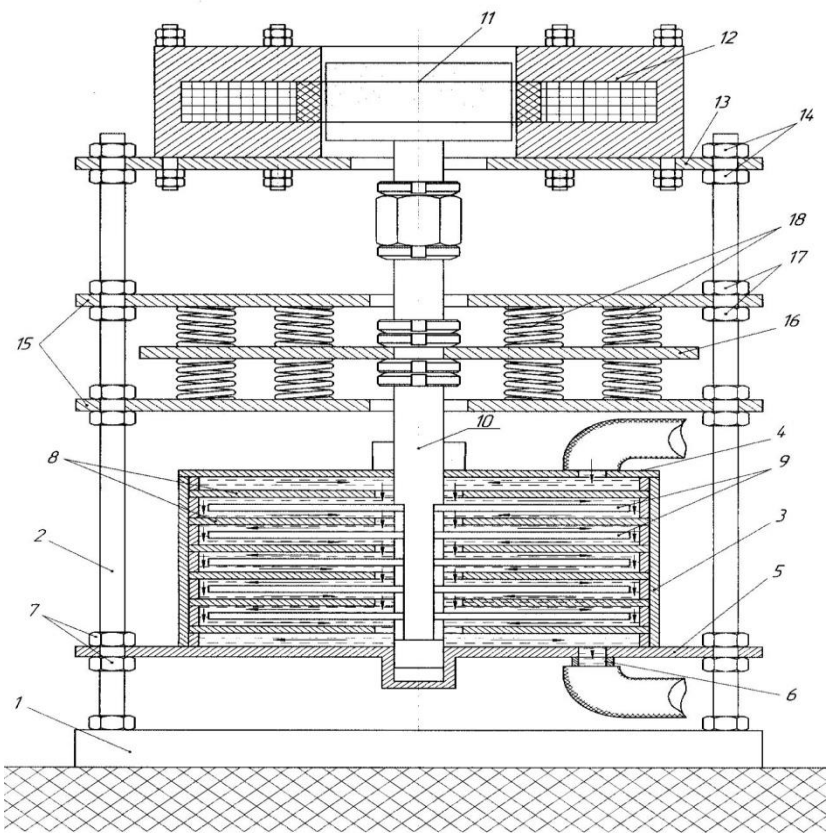


Рис. 2.3. Схема пристрою для емульгування палива:** 1 – основа; 2 – направляючі стійки; 3 – реактор; 4 – верхня кришка; 5 – нижня кришка; 6 – патрубок; 7, 14, 17 – гайки; 8 – нерухомі диски; 9 – рухливі диски; 10 – шток; 11 – білор електромагнітного двигуна; 12 – статор електромагнітного двигуна; 13 – фланець; 15 – зовнішні диски; 16 – внутрішній диск; 18 –

пружини. Пристрій містить основу (1) у вигляді масивної плити, на якій закріплені чотири направляючі стійки (2) з нарізним з'єднанням по всій довжині. Реактор (3) виконаний у вигляді циліндричної ємності з верхньою (4) і нижньою (5) кришками, кожна з яких оснащена патрубком (6) для подачі та випуску компонентів. Нижня кришка (5) має фланець із чотирма отворами для стійок (2), а її фіксація створюється за допомогою гайок (7). Всередині реактора (3) встановлено відвідування нерухомих (8) і рухливих (9) дисків. Рухливі диски з'єднані зі штоком (10), який передає рух від якоря (11) електромагнітного двигуна. Статор (12) двигуна за допомогою фланця (13) і гайок (14) кріпляться до стійок (2). Між якорем (11) і реактором (3) на стійках (2) розташовані три паралельні диски: зовнішній (15) і внутрішній (16). Внутрішній диск (16) закріплений на шточці (10) і розташований на протилежній відстані від зовнішніх дисків. У проміжках між дисками знаходяться пружини (18), що пружну систему. **Принцип роботи пристрою** Змішувані компоненти – ріпакова олія та етанол – подаються через верхній патрубок (6) у реактор (3). Після подачі компонентів вмикається електромагнітний двигун, який (11) його кількості коливального руху із заданою частотою та амплітудою. Ці рухи передаються через шток (10) на рухливі диски (9), які переміщуються між нерухомими дисками (8), змінюючи об'єм міждискового простору. Внаслідок цього відбувається процес стискання та розтягування середовища між дисками, його турбулізація та утворення бульбашок, що забезпечує ефективне перемішування ріпакової олії та етанолу. Оптимальна частота коливання рухомої частини пристрою шляхом зміни затягування пружини (18), що дозволяє досягти резонансного режиму роботи. Для забезпечення стабільності емульсії застосовувався емульгатор – алкенілсукцинімід сечовини (СІМ), виготовлений згідно з ТУ 38.1011039-85. Це в'язка прозора рідини світло-коричневого кольору, що добре розчиняється у вуглеводнях. Концентрація емульгатора в емульсіях не перевищувала 0,5% маси. Отримані емульсії продемонстрували високу стабільність: розшарування на дві фракції

відбувалося лише через кілька тижнів зберігання, причому емульсія легко відновлювала свої первинні властивості після простого збовтування. **Визначення кінематичної в'язкості емульсії** Для дослідження кінематичної в'язкості використовувався ротаційний віскозиметр іспанської компанії *Fungilab*. Вимірювання проводили для двокомпонентних емульсій ріпакової олії (РО) та етилового спирту (ЕС) з об'ємним вмістом етанолу **10% і 30%** при температурі 20°С.

Таблиця 2.1 *Кінематична в'язкість емульсій РО та ЕС для середньодисперсної емульсії (діаметр крапель етанолу – 50 мкм).

Склад сумішей	100% РО	90% РО+10% ЕС	70% РО+30% ЕС
Кінематична вязкість, мм^2/с	63,90	31,3	10,8

Побудована залежність кінематичної в'язкості емульсій ріпакової олії і етилового спирту від концентрації етанолу в суміші, представлена на Рис. 2.4

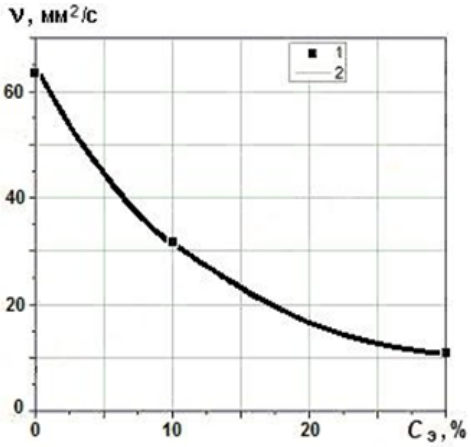


Рис. 2.4. Залежність кінематичної в'язкості емульсії ріпакової олії і етанолу від концентрації етанолу в емульсії при 20°С: експериментальні точки (1); залежність апроксимації (2)

Дослідження в'язкісних характеристик багатокомпонентних і емульгованих палив підтвердили їхню придатність для використання у вітчизняних дизельних двигунах. Отримані математичні моделі таких в'язкості палив можуть використовуватися для вибору оптимального складу,

особливо під час розрахунків щодо їхньої текучості в системі паливоподачі. Особливий інтерес вашого аналізу поведінки па

Одним із найефективніших способів забезпечення чинних і перспективних екологічних норм є вдосконалення процесів розпилювання палива та формування паливно-повітряної суміші. Поліпшення цих процесів можливе за рахунок застосування альтернативних палив, зокрема сумішевих і емульгованих, що дозволяє цілеспрямовано впливати на фізико-хімічні властивості пального та його поведінку під час впорскування і сумішоутворення.

Найсуворіші вимоги до системи паливоподачі висуваються в дизелях з об’ємним та об’ємно-плівковим сумішоутворенням, які широко застосовуються в транспортній та сільськогосподарській техніці. Це пов'язано з обмеженим часом на утворення паливної суміші (30–40 градусів повороту колінчастого вала), що зумовлює її неоднорідність у часі та об'ємах камери згоряння.

Із пріоритетних напрямків удосконалення роботи дизельних двигунів, спрямованих на підвищення паливної економічності та зниження токсичності вихлопних газів, є одним із покращених сумішоутворення шляхом підвищення тиску впорскування. Підвищення цього показника сприяє покращенню якості розпилення його: подовжується струмінь пального, посилюється турбулізація, а розпад струму починається в зоні розпилення відпускається.

Дослідження показують, що при збільшенні тиску впорскування в системі Common Rail із 60 до 180 МПа довжина паливного струму збільшується з 18 до 23 см (через 2 мс після початку впорскування). Основним призначенням підвищення тиску є покращення дисперсності розпилювання та інтенсифікація процесу сумішоутворення. Однак серійні паливні системи вже досягли рівня максимального тиску уприскування 150 МПа, що вимагає додаткових заходів для покращення процесів розпилювання та утворення суміші. Одним із перспективних рішень є

використання альтернативних палив, зокрема емульгованих, які здатні покращити характеристики згоряння та екологічність.

2.4 Моделювання текучості палива в розпилювачах форсунок при використанні ріпакової олії та етанолу.

Перехід дизельних двигунів на альтернативні види палива, зокрема емульговані суміші, суттєво впливає на робочий процес, покращуючи їх техніко-економічні показники. Властивість компонентів емульгованих палив значною мірою викликає особливості паливоподачі, розпилювання, випаровування та сумішоутворення [6, 8, 14].

Найефективніше застосування емульгованих палив замість використання летких рідин, таких як етанол. Покращення характеристик дизеля, що працює на таких паливних сумішах, пояснюється декількома факторами. Під час уприскування в камеру згоряння (КЗ) краплі емульгованого палива складаються з частинок важливої рідини (у нашому випадку – ріпакової олії), в якій знаходяться мікрочастинки легкокиплячого пального (етанолу). Розмір цих частинок змінюється в межах від одного до кількох мікрометрів і майже не залежить від режиму роботи.

Через нижчу температуру кипіння і пароутворення етанолу його частинки при нагріванні швидко випаровуються, викликаючи додаткове подрібнення та інтенсивне турбулентне перемішування паливної суміші. Це скорочує час створення крапельного в порівнянні з чистою ріпаковою олією, прискорює процес сумішоутворення та покращує його якість.

Крім того, підвищення емульгованої паливи дозволяє знизити температуру кінцевого тиску, середню та максимальну температуру робочого циклу, що позитивно впливає на процес згоряння. Додатковими перевагами є зменшення димності відпрацьованих газів, скорочення викидів оксидів азоту та зниження витрат.

Для моделювання гідродинамічних процесів при подачі емульгованого біопалива використовують сучасні програмні комплекси, такі як Ansys

(Ansys Inc.), NX Nastran (Siemens PLM Software), SAMCEF (SAMTECH), Star-CD, ABAQUS, CAELinux, SINF (Supersonic to Incompressible Flows).

У даному дослідженні проводилось моделювання текучості емульгованого біопалива у розпилювачі дизельної форсунки ФДМ-22 з розпилювачем типу 171.07.00. Конструктивна схема розпилювача наведена на рис. 2.5(а), а залежність еквівалентного прохідного перерізу розпилювача від ходу голки форсунки – на рис. 2.5

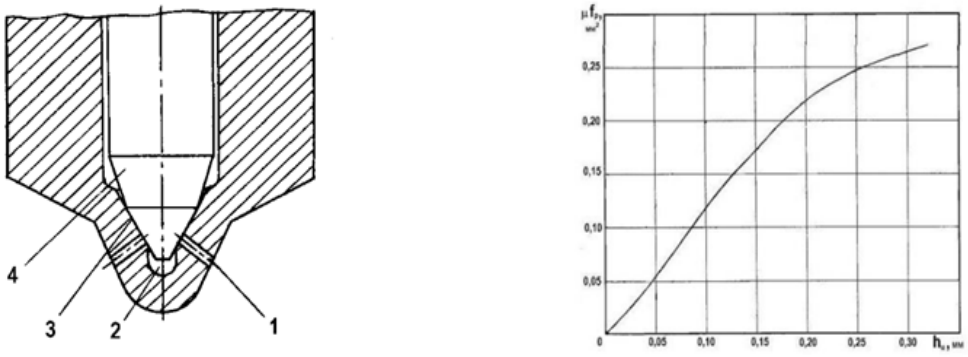


Рис. 2.5 Конструкція та розташування розпилюючих отворів розпилювача АЗПі 171.07.00

Моделювання текучості палива в проточній частині розпилювача дизельної форсунки, виконаної для ріпакової олії та етилового спирту (у відсотковому співвідношенні за об'ємом), що змінює емульсію ЕС у РО з діаметром крапель ЕС 50 мкм. Деякі фізико-хімічні характеристики досліджених палив наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Розташування розпилюючих отворів розпилювача АЗПі 171.07.00.

№ отвору	Кутове розміщення отворів відносно штифта, градусів	Кут нахилу отворів відносно розпилювача, градусів
1	8	62
2	90	70
3	172	62
4	237	52
5	303	52

При моделюванні двофазної текучості емульгованого палива (емульсії

70^{O}/30С) у розпилювачі АЗПІ типу 171.07.00 було досліджено геометрію розрахункової області розпилювача, схема якої наведена на рис. 2.5.

Цей розпилювач оснащений голкою діаметром *di =привіт=μpfp =dp =lp*= 1.

За допомогою представленої моделі було проведено моделювання стаціонарної техніки суміші 70^0/30^0С у розпилювачі дизельної форсунки. При подачі емульгованого палива з протитиском *рпал. вих*= 0 *Gm=рпал. вих =Gm*.

Крім того, аналіз розподілу швидкостей потоку в розпилювачі показав, що при підвищеному протитиску (*Рпал. вих*=).

При аналізі динаміки утворення крапель встановлено, що етанол, як складова емульсія, сприяє інтенсифікації процесу розпаду струменю палива. Це відбувається за рахунок випаровування легких компонентів, що забезпечує захист мікровибухів, додаткового диспергування палива та покращеного сумішоутворення в камері згоряння.

Гідродинамічні характеристики потоку також показали, що зменшення діаметра крапель у струмені емульгованого палива відбувається за рахунок більшого рівня турбулентності в зоні розпилення. Такий ефект особливо помітний при збільшенні концентрації етанолу в складі емульс

Таким чином, результати моделювання підтверджують доцільність використання емульгованих палив для покращення процесів паливоподачі, розпилення та сумішоутворення в дизельних двигунах, що підвищує їх екологічні та економічні характеристики.

Таблиця 2.2 Властивості ДП, РО, 70 % РО і ЕС 30%

Фізико-хімічні властивості	Палива			
	ДП	РО	70% РО + 30% ЕС	
Умовна формула складу	С16,2Н18,5	С57,0Н101,6О6	C_2H_5OH	-
Молекулярна маса	223,3	883,04	46,07	631,95
Густина, кг/м^3:				
- при 20 °С	830,0	921,0	790,0	890,0
- при 40 °С	822,7	914,6	782,2	883,2
Вязкість кінематична, мм^2/с (сСт):				

- при 20 °С - при 40 °С	3,8 2,4	75,0 36,0	1,5 1,1	10,8 7,2
Вязкість динамічна, мПа·с (сПз): - при 20 °С - при 40 °С	 3,15 1,97	 69,1 32,9	 1,19 0,86	 9,6 6,4
Коефіцієнт поверхневого натягу при 20 °С, мН/м	27,1 42500	33,2 37300	22,4 27500	- 34397
Цетановое число	45	36	8	-
Кількість повітря, що потрібно для згорання 1 кг палива Вміст, % по масі С Н О	14,3 87,0 12,6 0,4	12,5 77,0 12,0 11,0	9,0 52,1 13,2 34,7	11,3 69,5 12,4 18,1
Теплоємність C_p, кДж/(кг·град): - при 20 °С - при 40 °С	 2,1 2,2	 2,0 2,1	 2,4 2,5	 2,1 2,2
Теплопровідність, Вт/(м·К): - при 20 °С - при 40 °С	 0,127 0,123	 0,162 0,160	 0,168 0,163	 0,164 0,162
Тиск насищених парів, кПа: - при 20 °С - при 40 °С	 2,7 4,8	 0 0	 15,8 18,0	 0,27 0,31

На Рис. 2.6 наведено результати розрахунків розподілу об'ємної частини крапель етилового спирту в емульгованому паливі в різних перерізах (поздовж та поперечному) у внутрішньому розпилювальному отворі при вихідному тиску.Ппал. вих=8,878P_{\text{пал. вих}} = 8,878 Ппал. вих =8,878М.

Результати свідчать про нерівномірний розподіл крапель етилового спирту в об’ємі отвори: вони переважно концентруються у верхній зоні, тоді як у нижній їх концентрація є мінімальною. Це зумовлено меншою щільністю етилового спирту з розчинником. Унаслідок різкого повороту потоку емульгованого палива на вході в розпилювальний відвір частки етилового спирту під дією сили інерції зміщуються на менший радіус, ніж частки розчинника.

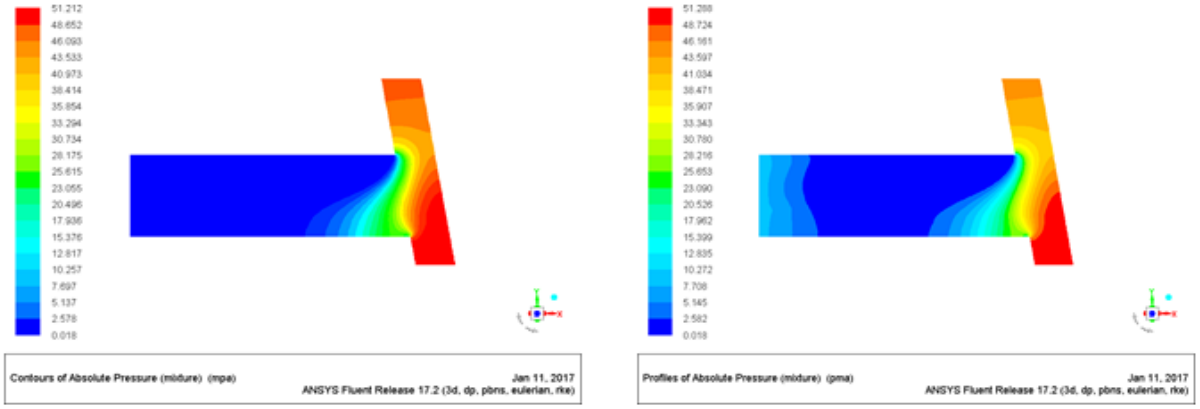


Рис. 2.6. Розподіл тиску емульгованого палива в подовжньому перерізі розпилюючого отвору при тиску на виході з отвору Рпал. вих=0,1 МПа (а) і Рпал. вих=8,878 МПа (б).

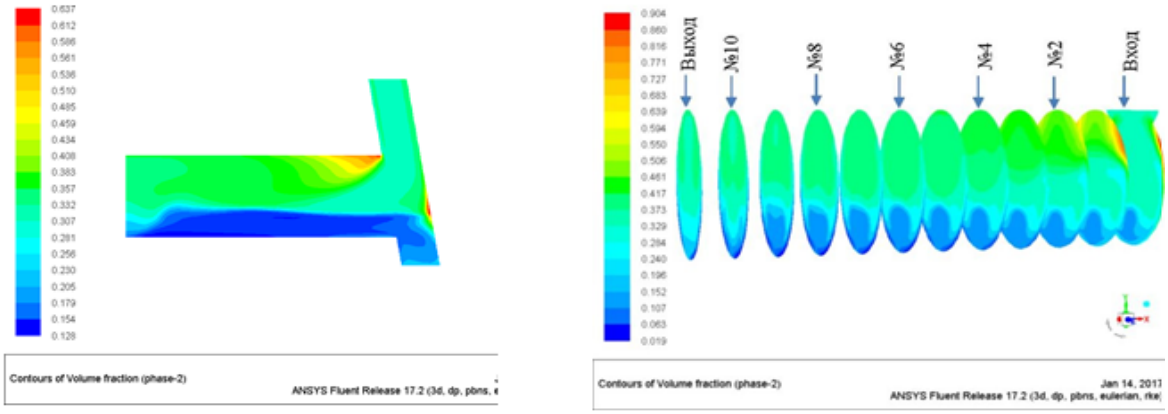


Рис. 2.7 Розподіл об'ємної долі крапель етилового спирту по довжині розпилюючого отвору (а) і в поперечних перерізах цього отвору (б) при тиску на виході з отвору Рпал. вих=8,878 МПа, отримане без урахування кавітації.

Вони свідчать про те, що краплі етилового спирту (ЕС) розподіляються нерівномірно по всьому об'єму отвору: найбільше їх концентрується у верхній зоні, тоді як у нижній зоні їх концентрація мінімальна. Це пояснюється меншою щільністю ЕС завдяки робочому паливу (РО). У результаті, при різкому повороті потоку емульгованого палива на вході в розпилюючий отвір, частини ЕС, під дією сили інерції, зміщуються до меншого радіуса.

Для оцінки впливу протитиску на процес кавітації на Рис. 2.9 та Рис. 2.10 наведено розподіл об'ємної долі пари етилового спирту та його крапель у розпилюючому розчині для різних тисків на виході.

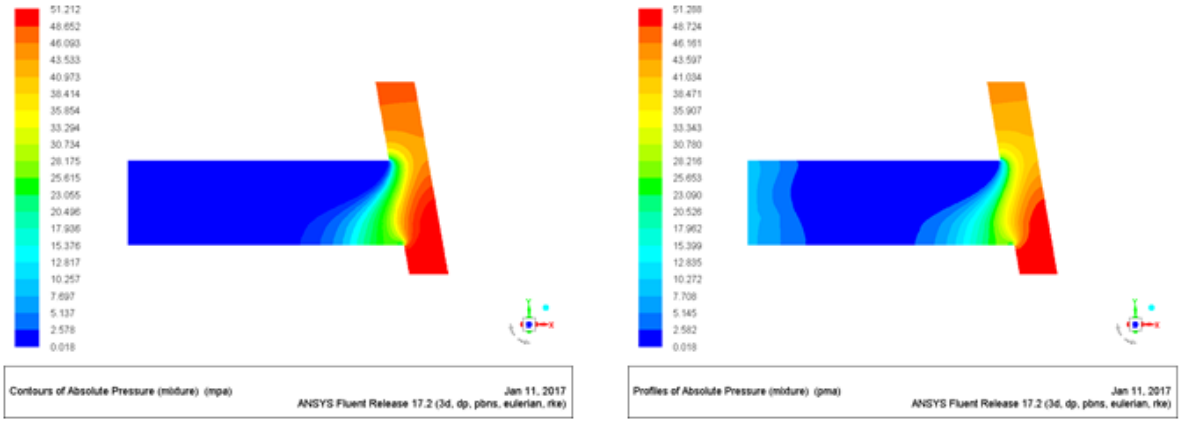


Рис. 2.8. Розподіл об'ємної долі крапель етилового спирту (а) та його пари (б) у подовжньому перерізі отвору при тиску на виході.Ппал. вих=8,878P_{\text{пал. вих}} = 8,878 Ппал . вих=8 ,878 МПа, з урахуванням кавітації.

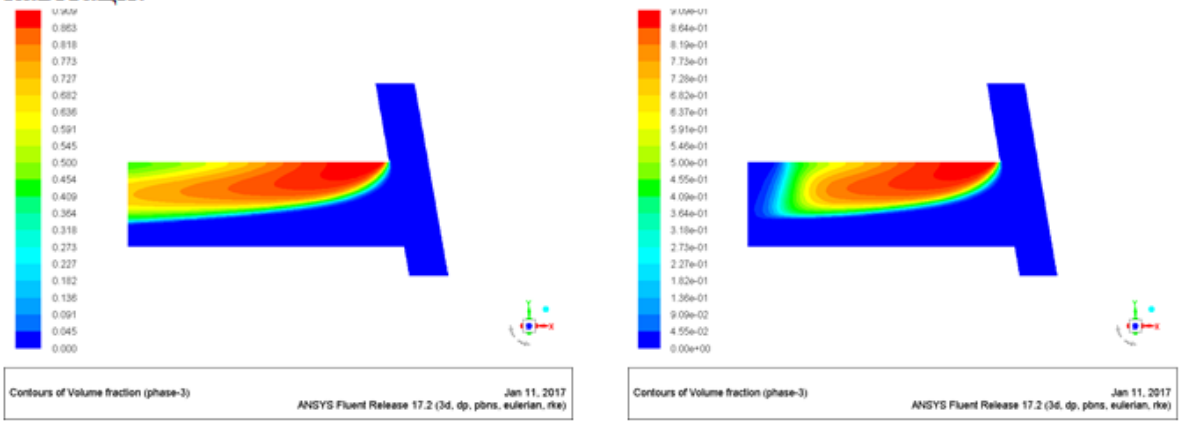
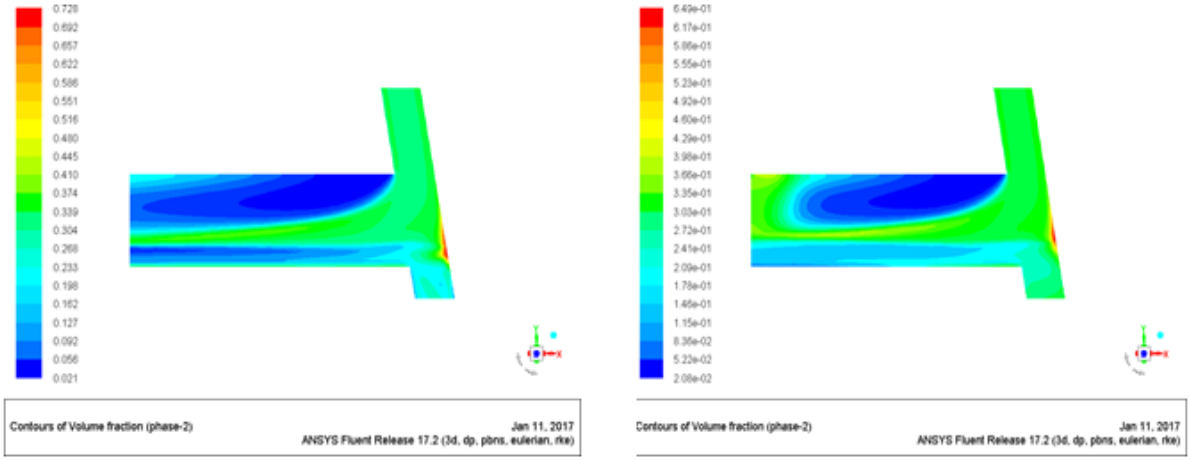


Рис. 2.9. Розподіл об'ємної долі парової фази етилового спирту в подовжньому перерізі розпилюючого отвору при тиску на виході з отвору Рпал. вих=0.1 МПа (а) і Рпал. вих=8.878МПа (б).

Як видно з Рис. 2.9, а , при русі суміші (70% О та 30% С) через розпилювач без протитиску (Ппал. вих=0,1P_{\text{пал. вих}} = 0,1 Ппал . вих =0 ,1МПа), вміст пари в суміші спочатку зростає. Приблизно в середині розпилювача парова фаза емульгованого палива займає майже половину площі поперечного перерізу отвору, після чого середній доля пари практично не змінюється.

За наявність протитиску на виході (Ппал. вих=8,878P_{\text{пал. вих}} = 8,878Ппал . вих=8 ,878МПа) в зоні перерізів 9-10 об'ємна доля пари в Рис. 2.10, б).



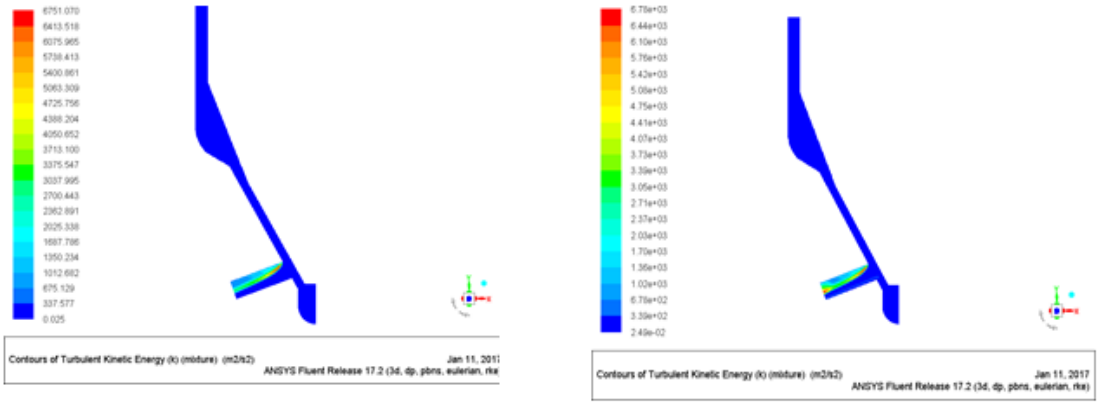
а б

Рис. 2.10 Розподіл об'ємної долі крапель ЕС в емульгованому паливі в подовжньому перерізі розпилюючого отвору при тиску на виході з отвору Рпал. вих=0,1 МПа (а) і Рпал. вих=8,878МПа (б).

При розрахункових дослідженнях параметрів потоку емульгованого палива були визначені розподіли кінетичної енергії турбулентності в подовжних перерізах проточної частини розпилювача форсунки (Рис. 2.11) та у подовжньому перерізі розпилюють цей отвор (Рис. 2.12) за умов вихідного тиску Рпал. вих = 0,1 МПа (прискування в атмосферу) та Рпал. вих = 8,878 МПа. Отримані результати показують на тій, що найбільша турбулентність потоку лише у верхній частині розпи

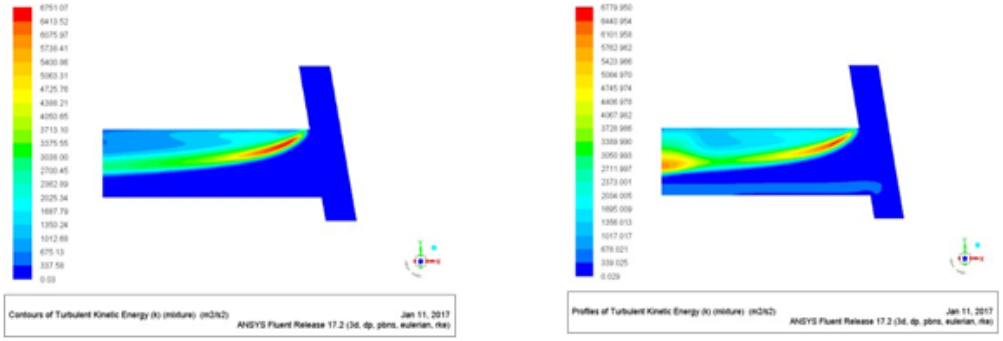
Це пояснюється значним звуженням перерізу проточної частини, різким поворотом потоку, процесами пароутворення та подальшою конденсацією парової фази. У разі наявності протитиску на виході з отвору рівень турбулентності потоку посилюється

Розділили значення параметрів потоку емульсії 70М і 30С, подані на Рис. 2.11–2.12, використано для визначення середніх значень параметрів цієї емульсії в різних поперечних перерізах розпилюючого отвору.



а б

Рис. 2.11. Розподіл кінематичної енергії турбулентності потоку емульсії в подовжньому перерізі проточної частинирозпилювача форсунки при тиску на виході з отвору рпалвих=0,1 МПа (а) і Рпал. вих=8,878 МПа (б).



а б

Рис. 2.12. Розподіл кінематичної енергії турбулентності потоку емульсії в подовжньому перерізі розпилюючого отвору притиску на виході з отвору Рпал. вих=0,1 МПа (а) і Рпалвих=8,878 МПа (б).

Подібно до дослідження текучості нафтового дизельного палива через розпилюючий відвір, під час розрахунку параметрів потоку емульгованого палива застосовувалася система координат, початкова точка якої збігається з центром вхідного перерізу отвору. Вись координат орієнтована уздовж осі отвору, де координаталртікl_{ртік}лртікн

У таблицях 2.3 і 2.4 представлені отримані значення параметрів, характеризуючи режим текучості (середні по перерізу тиск палива, аксіальні швидкості, об'ємна доля газової фази, турбулентна енергія).

Таблиця 2.3. Розподіл середніх значень параметрів потоку емульсії 70О і 30С (середній тиск палива, середня аксіальна швидкість, середня об'ємна частка газової фази) по перерізах розпилюючого отвору під час уприскування в атмосферу при Рпал. вих = 0,1 МПа та за умов противтиску Рпал. вих = 8,878 МПа.

Номер січення	Значення *l*р тек, мм	Середній тиск палива, МПа		Середня швидкість (м/с)		Середня обємна доля газової фази	
		Рпал. вих =0,1 МПа	*Рпал вих*=8,878 МПа	*Рпал. Вих* =0,1 МПа	*Рпал вих*=8,878 МПа	*Рпал. вих*=0,1 МПа	*Р*пал вих=8,878 Мпа
0 (вхід)	0	21,15	21,20	122,9	121,9	0,032	0,032
1	0,1	8,49	8,50	167,7	167,7	0,243	0,243
2	0,2	3,75	3,75	188,8	188,9	0,304	0,304
3	0,3	1,61	1,61	203,8	203,8	0,329	0,329
4	0,4	0,70	0,70	214,9	215,0	0,340	0,339
5	0,5	0,33	0,34	223,1	223,1	0,343	0,343
6	0,6	0,19	0,23	229,1	228,9	0,344	0,343
7	0,7	0,13	0,27	233,7	232,6	0,343	0,339
8	0,8	0,11	0,85	237,3	229,1	0,342	0,317
9	0,9	0,09	2,81	240,3	213,1	0,341	0,238
10	1,0	0,07	6,03	242,7	190,7	0,340	0,083
11 (вихід)	1,1	0,10	8,88	258,4	188,7	0,336	0,012

Таблиця 2.4. Розподіл середніх значень параметрів потоку емульсії 70М і 30С (середньої об'ємної долі крапель етилового спирту та середньої турбулентної енергії) по перерізах розпилюючого отвору під час уприскування в атмосферу при Рпал. вих = 0,1 МПа та при противотиску Рпал. вих = 8,878 МПа.

Номер перерізу	Значення *l*Р тек, мм	Средня обємна доля капель етилового спирту		Средня турбулентна енергія ($м^2/с^2$)	
		Рпал. вих =0,1 МПа	*Рпал. вих* = =8,878 МПа	*Рпал. вих* =0,1 МПа	*Рпал. вих* = 8,878 МПа
0 (вхід)	0	0,278	0,278	2,9	23,6
1	0,1	0,218	0,218	110,3	135,9
2	0,2	0,202	0,203	150,5	181,6
3	0,3	0,197	0,197	176,5	211,5
4	0,4	0,196	0,196	215,7	254,7
5	0,5	0,196	0,197	257,8	300,5
6	0,6	0,197	0,198	299,6	346,2
7	0,7	0,199	0,200	340,1	392,2
8	0,8	0,200	0,207	378,1	456,2
9	0,9	0,201	0,232	413,4	628,4
10	1,0	0,203	0,289	445,9	1049,2
11 (вихід)	1,1	0,204	0,319	475,8	1452,4

На основі даних із Таблиць 2.3 та 2.4 побудовано характеристики зміни середніх за перерізом значень параметрів потоку емульсії вздовж довжини розпилюючого отвору lpl_p. Зокрема, розглянуто:

- середній тиск палива Рпал. ср.Р_{\text{пал. ср.}} (Рис. 2.13);
- середню аксіальну швидкість текучості палива Vакс. ср.V_{\text{акс. ср.}} (Рис. 2.14);
- середню об'ємну долю газової фази в паливі Qгаз. ср.Q_{\text{газ. ср.}} (Рис. 2.17);
- середню об'ємну долю крапель етилового спирту в паливі Qес. ср.Q_{\text{ес. ср.}} (Рис. 2.15);

- середню турбулентну енергію потоку палива $E_{турб.}$ ср.E_{\text{турб. ср.} (Рис. 2.16).

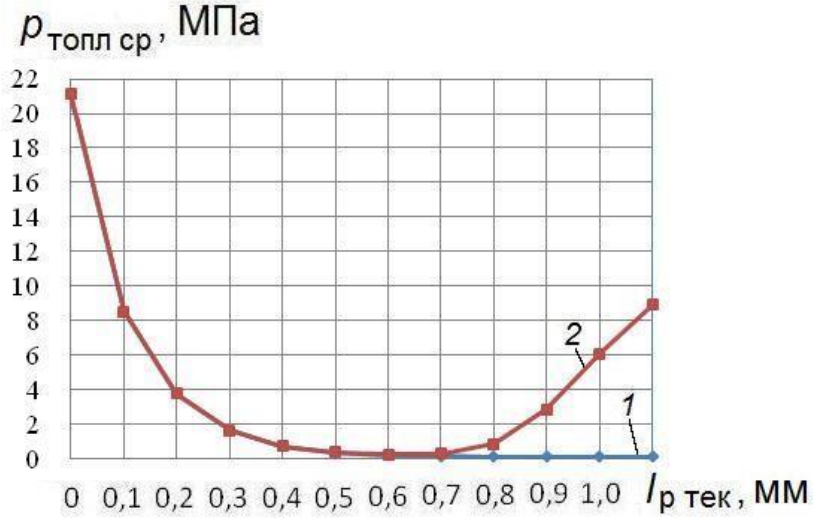
Розрахунки виконані для двох рівнів тиску палива на виході з розпилюючого отвору:

- Рпал. вих=0,1P_{\text{пал. вих} = 0,1 МПа (уприскування в атмосферу);
- Рпал. вих=8,878 P {\text{пал. вих} = 8,878 МПа.

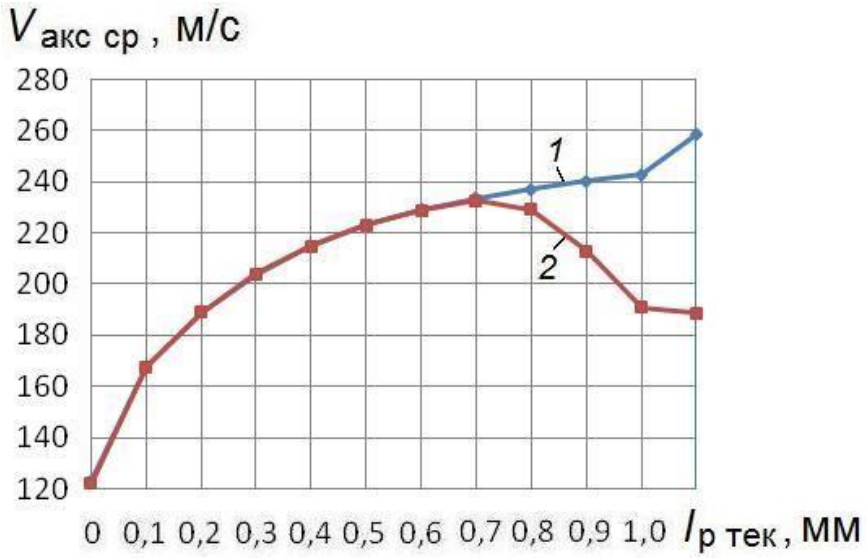
До поперечного перерізу №7 (lp=0,7l p = 0,7 мм) характеристики параметрів потоку для обох випадків тиску залишаються близькими. Однак після цього перерізу відмінності стають більш вираженими.

У перерізі №11 (lp=1,1l p = 1,1 мм) спостерігається суттєвий вплив підвищеного тиску на виході з розпилюючого отвору, що сприяє зростанню турбулентності та конденсації газової фази.

Графічні залежності:



- **Рис. 2.13** – залежність середнього тиску емульсії $P_{пал.}$ ср.P від довжини отвору lpl p.



- Рис. 2.14 – залежність середньої аксіальної швидкості текучості Vакс. ср.V_{\text{акс. ср.}} від довжини lpl p.

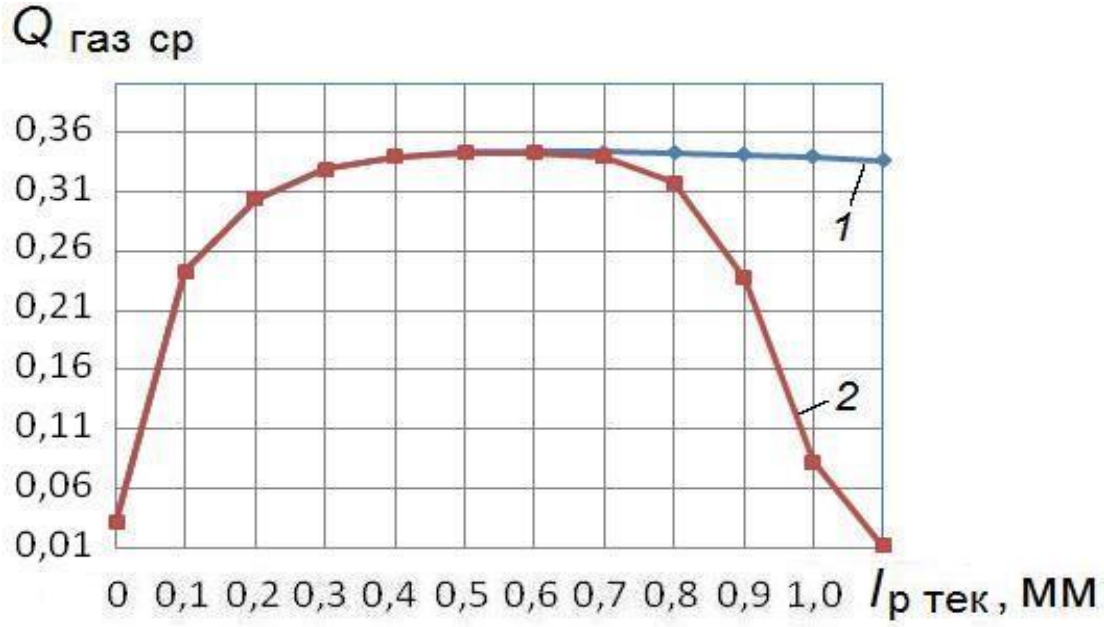
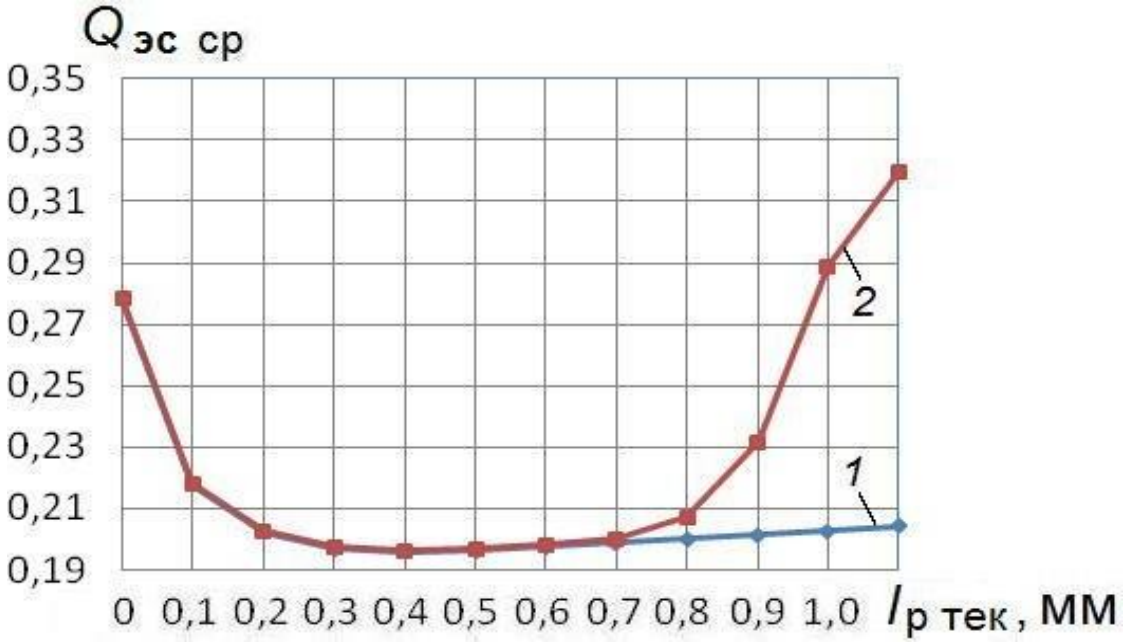
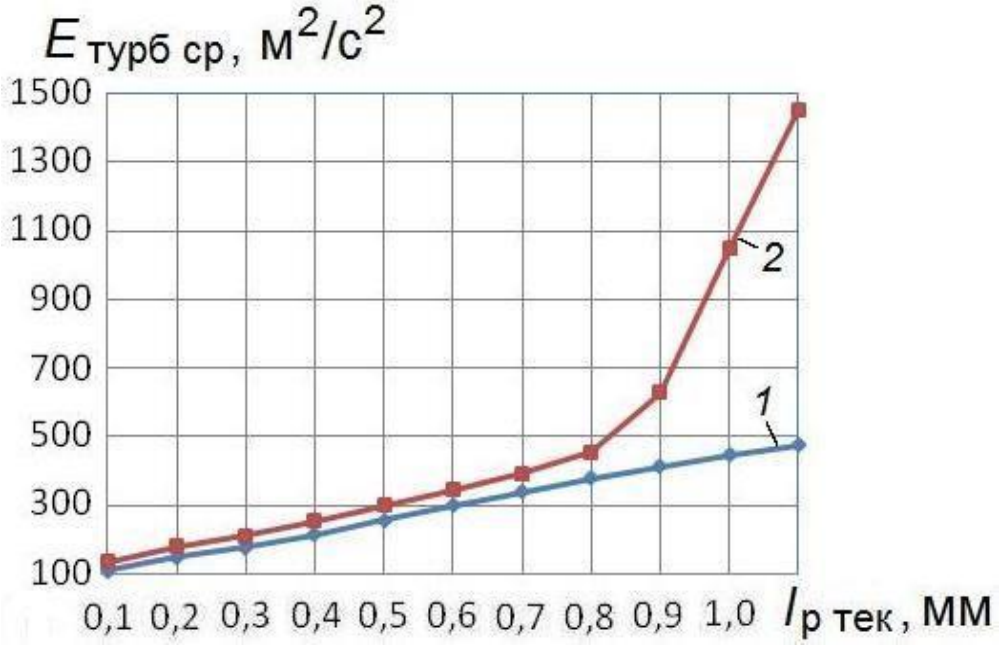


Рис. 2.15 – залежність середньої об'ємної долі крапель етилового спирту Qec. ср.Q_{\text{ec. ср.}} від довжини lpl_p.



- Рис. 2.16 – залежність середньої турбулентної енергії потоку Етурб. ср.E_{\text{турб. ср.}} від довжини lpl p.



- Рис. 2.17 – залежність середньої об'ємної долі газової фази Qгаз. ср.Q_{\text{газ. ср.}} від довжини lpl_p.

Висновки до розділу.

1. Біоетанол та палива, отримані з рослинних олій, є одними з найбільш перспективних видів біопалива для дизельних двигунів. Їхні фізико-хімічні властивості суттєво відрізняються від традиційного нафтового дизельного палива.

2. Процес паливоподачі відіграє ключову роль у формуванні паливно-повітряної суміші, згорянні, токсичності відпрацьованих газів та паливній економічності двигуна. Використання ріпакової олії як палива знижує якість паливоподачі, однак її можна покращити шляхом застосування емульгованого біопалива, зокрема суміші, що містить 70% ріпакової олії та 30% етилового спирту.

3. В’язкість палива є одним із ключових фізичних параметрів, що впливає на якість паливоподачі. В’язкість біоетанолу та рослинних палив суттєво відрізняється від аналогічного показника нафтового дизельного палива.

4. Аналіз існуючих програмних комплексів для моделювання потоків рідини у складних геометричних середовищах дозволив обрати програмний комплекс Fluent для розрахункових досліджень паливоподачі в проточній частині розпилювача.

3. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорони праці у сільському господарстві - це передбачений чинним законодавством комплекс заходів щодо державного регулювання охорони доров'я працівників АПК, забезпечення виконання основних вимог законодавства з охорони праці безпосередньо на підприємствах, додержання кожним працівником правил і норм з охорони праці.

3.1 Організаційні заходи щодо профілактики виробничого травматизму та професійної захворюваності.

Технічні заходи - технічні засоби, що забезпечують безпечні і нешкідливі умови праці, та пов'язані з впровадженням нового обладнання, пристроїв і приладів безпеки і безпечною експлуатацією засобів виробництва.

Нормативно-методичні заходи:

- розробка посібників і рекомендацій;

- розробка нормативно-правової бази з охорони праці на підприємстві;

- забезпечення необхідною нормативно-правовою документацією функціональних служб, окремих структурних підрозділів та робочого місця;

- забезпечення програм і розробка методик навчання з питань охорони праці;

- розробка розділів охорони праці в посадових інструкціях, інструкціях за професіями;

- перегляд НПАОП підприємства.

Організаційні заходи:

- контроль за технічним станом автотракторної техніки;

- контроль за дотриманням вимог нормативних документів з охорони праці;

- нагляд за обладнанням підвищеної небезпеки;

- організація навчання, перевірка знань з питань охорони праці і інструктажів роботи з машинами;

- забезпечення працівників засобами індивідуального та колективного захисту під час проведення польових робіт;

- забезпечення відповідними знаками безпеки, плакатами.

Санітарно-гігієнічні заходи:

- контроль за впливом виробничих факторів на здоров'я працівників;

- забезпечення санітарно-побутових умов згідно з діючими нормами;

- планування заходів щодо поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці;

Соціально-економічні заходи:

- створення умов для економічної зацікавленості роботодавця і працівника у поліпшенні умов і підвищенні безпеки праці;

- фінансування заходів з охорони праці;

- відшкодування роботодавцем працівнику збитків у разі каліцтва.

Лікувально-профілактичні заходи:

- надання медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків;

- контроль за здоров'ям працюючих протягом їхньої трудової діяльності;

- проведення медичних оглядів працівників (попередніх та періодичних);

- відшкодування потерпілому працівнику витрат на лікування, протезування, придбання транспортних засобів та інші види медичної допомоги.

Наукові заходи:

- прогнозування соціально-економічних наслідків нещасних випадків і аварій;

- моделювання аварійних ситуацій і розробка заходів щодо їх відвернення;

- плани локалізації і ліквідації аварії;

- оцінка ефективності управління охороною праці;

- підготовка науково обгрунтованих технічних рішень, спрямованих на підвищення безпеки і поліпшення умов праці.

3.2 Інформаційне забезпечення - інформаційна підтримка при проведенні нормативно-методичних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, лікувально-профілактичних, соціально-економічних, наукових досліджень, спрямованих на збереження безпеки праці, здоров'я працюючих.

Охорона праці в сільському господарстві – це комплекс заходів, спрямованих на безпеку та здоров’я працівників. Вона включає контроль, технічне оснащення, навчання, медичне обслуговування, нормативне регулювання та фінансування. Ефективна система знижує травматизм і покращує умови праці.

4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ.

При оцінці економічної ефективності використання дизельного біопалива необхідно враховувати збільшення його витрати у порівнянні зі звичайним дизельним паливом. При використанні чистого дизельного біопалива витрати зростають на 18-20%. Однак система підігріву дизельного біопалива дозволяє знизити його витрату на 5-6% та розширити температурний діапазон його застосування.

Додаткові експлуатаційні витрати при використанні дизельного біопалива виникають через скорочення терміну служби моторної оливи, фільтрів очистки палива, а також через необхідність запуску двигуна на дизельному паливі та попереднього підігріву біопалива при температурі навколишнього середовища нижче 10°С.

Для оцінки ефективності застосування дизельного біопалива проведено розрахунок техніко-економічних показників роботи машинно-тракторного агрегату на основі річного завантаження трактора класу 1,4. У розрахунках враховані витрати на паливо-мастильні матеріали, експлуатаційні витрати, витрати на переобладнання паливної системи та собівартість дизельного біопалива за цінами 2020 року.

Таблиця 8. Техніко-економічні показники використання дизельного біопалива

Показник	**Одиниця виміру**	**Дизельне паливо**	**Дизельне біопаливо**
Нормативне річне навантаження	у.од/га	950	950
Витрата дизельного палива при річному навантаженні	л	8265	-
Експлуатаційні витрати дизельного палива при роботі на біопаливі	л	-	243
Коефіцієнт збільшення витрат палива при використанні біопалива	відн. од.	-	1,12
Витрата дизельного біопалива при річному завантаженні	л	-	8995
Коефіцієнт зменшення ресурсу моторної оливи при використанні	відн. од.	-	0,5

біопалива			
Вартість дизельного палива	грн./л	18,3	16,1
Собівартість дизельного біопалива	грн./л	-	10,21
Вартість моторної оливи	грн./л	50	50
Сукупні затрати на паливо-мастильні матеріали	тис. грн.	151,3	144,9
Економічна ефективність	тис. грн.	-	7
Додаткові капіталовкладення	тис. грн.	-	20,0
Термін окупності	років	-	2,8

Річний економічний ефект від застосування дизельного біопалива та системи двоступеневої температурної підготовки може перевищувати 7 тис. грн. Термін окупності таких заходів становить 3,4 роки. Додаткові капіталовкладення на модернізацію паливної системи, необхідні для використання біодизеля та біоетанолу, можуть досягати 20 тис. грн, проте окупаються менш ніж за півроку.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Біоетанол та палива на основі рослинних олій є найбільш перспективними біопаливами для дизельних двигунів. Однак їх використання виконується відмінностями у фізико-хімічних властивостях порівняно з нафтовим дизельним паливом (ДП).

2. При роботі на суміші 71% ріпакової олії (РО) і 29 % етанолу (С) має значно меншу турбулентну енергію потоку в порівнянні з нафтовим ДП. При протитиску 8,878 МПа та використанні нафтового ДП середня аксіальна швидкість течії на виході з розпилення отвору досягається 224,7 м/с, а для емульгованого палива — 188,7 м/с. Турбулентний потік енергії для нафтового ДП складає 2198,9 $м^2/с^2$, а для емульгованого палива — 1452,4 $м^2/с^2$.

3. Оптимізаційні розрахунки показали, що суміш абсолютного етанолу має кращі екологічні властивості з чистим нафтовим ДП. Для дизеля Д-245.12С, який працює на нафтовому ДП, загальний критерій оптимальності дорівнює 1, а при використанні суміші знижується до 0,818.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1 Автомобільні двигуни: Підручник для Внз / М.Г. Шатрів [та ін.]/ Під ред. М.Г. Шатрова. М.: Видавничий центр "Академія", 2013. 464 с.

2. Аттія А.М.А., Кульчицкий А.Р. Управління структурою водопаливної емульсії // Research papers of Lithuanian University of Agriculture. 2012. Vol. 46. № 2-3. P. 112-126.

3. Біопалива (технології, машини і обладнання) / В. Дубровін, М. Корчемний, І. Масло, О. Шептицький та ін. Київ : ЦТІ «Енергетика і електрофікація», 2004. 256 с.

4. Біопалива (Технології, машини, обладнання) / [Дубровін В. О., Корчемний М. О., Масло І. П. та ін.]. – К. : Енергетика і електрифікація, 2004. – 256 с.

5. Бондар В.С., Фурса А.В. Економічне обґрунтування технологій вирощування і переробки рослинної біосировини на тверді види палива. Економіка АПК. 2015. № 3. С. 22.

6. Вплив етанолу на показники дизеля Д21А1 / В.А. Лиханов [та ін.]// Автомобільна промисловість. 2014. № 12. С. 26-27.

7. Гелетуха Г.Г., Желєзна Т.А. Біоенергетика в Україні: стан розвитку, бар’єри та шляхи їх подолання. Біоенергетика/Bioenergy. 2014. № 1 (3). С. 16-19.

8. Горбів В.М., Гавриш И.В. Особливості розпилювання водопаливної емульсії в двигунах внутрішнього згорання В сб.: "Теплоенергетика і хладотехника". Миколаїв: Кораблебудівний інститут, 1992. С. 31- 35.

9. Грабів Л.Н., Шмат А.И. Інноваційний спосіб і устаткування для отримання біодизельного палива з рослинних олій і спиртів// Промислова теплотехніка. 2009. Т. 31. № 7. С. 36-40.

10. Дубровін В.О., Мельничук М.Д. Біоенергетика: сучасний стан та перспективи для агропромислового комплексу України: міжнародна конференція, присвячена 110-річчю НАУ «Біоресурси планети: соціальні, біологічні, продовольчі та енергетичні проблеми», (Київ, 2008

р.). Київ : НАУ, 2008. С. 76-81.

11. Економіко-організаційні засади виробництва біопалива як напрям оптимального вирішення енергетичних та продовольчих проблем в Україні / О.М. Шпичак, С.А. Стасіневич, Т.В. Куць, Є.А. Михайлов та ін. ; Кабінет Міністрів України, Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України, Наук.-дослід. ін-т економіки і менеджменту АПВ навч.-наук. ін-ту бізнесу ; за ред. О.М. Шпичака. Київ : ЗАТ «Нічлава», 2011. 410 с.
12. Економічна ефективність виробництва біопалива в контексті продовольчої та енергетичної безпеки України / О.М. Шпичак, С.А. Стасіневич, Т.В. Куць, Є.А. Михайлов та ін. Київ : ЗАТ «Нічлава», 2010. 294 с.
13. Енергетична стратегія України до 2030 р. – Інтернет-сайт Міністерства палива та енергетики України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.newsru.ua/finance/ 16may2008/bio.html 297
14. Енергетична стратегія України на період до 2035 року. «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». Розпорядження КМУ від 18 серпня 2017 р. № 605-р. URL : https://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80.
15. Кобець М. І. Проблемні питання розвитку біодизельного виробництва в Україні [Електронний ресурс] / М. І. Кобець. – Режим доступу : http://www.un.org.ua/ brc/ua_wdp_src/Problems%20of%20biodiesel%26.03.2009/20production.pdf / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.biofuel.nas.gov.ua/ BIOFUELPROGRAM/PROJECTS/1/Pages/10.04.2009/condition.aspx
16 Лузан Ю. Я. Перспективи створення самозабезпечувальної енергетичної системи ведення сільськогосподарського виробництва. Економіка АПК. 2010. № 4. С. 40-48.
17. Олійнічук С.Т. Технологічний регламент виробництва етилового спирту з крохмалевмісної сировини [Олійнічук С.Т., Левандовський Л.В.,

Шевченко В.І. та ін.]. – К.: ТОВ «Матриця», 2020 – 142 с.

18. Про затвердження нормативів оптимального співвідношення культур у сівозмінах в різних природно-сільськогосподарських регіонах. Постанова КМУ від 11 лютого 2010 р. № 164. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/164-2010-%D0%BF.
19. Роїк М. В., Ягольник О. О. Біоенергетика як наука й галузь економіки: історія, концепція, періодизація (етапи) розвитку. Біоенергетика / Bioenergy. 2014. № 1 (3). С. 7-11.
20 Руденко М. Енергія прогресу. Київ : Михайлюта А.А., 2010. 544 с.
21. Тарута: Украина имеет одни из самых больших запасов газа в мире. URL : http://newsone.ua/news/politics/taruta-ukraina-imeet-odni-iz-samykh-bolshikh-zapasov-haza-v-mire-.html.
22. Цилюрик О., Десятник Л. Продуктивність науково обгрунтованих сівозмін Степу // Агро бізнес сьогодні. 31 серпня 2016 р. URL : http://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/1225-produktyvnist-naukovo-obgruntovanykh-sivozmin-stepu.html.
23. Шиян П.Л. Інноваційні технології спиртової промисловості: теорія і практика: монографія / Шиян П.Л., Сосницький В.В., Олійнічук С.Т. – К.: Видавничий дім «Асканія», 2009 – 423 с.
23. Annual Prices 1960 to present. World Bank Commodity Price Data (The Pink Sheet) URL : http://www.worldbank.org/en/research/commodity-markets.
24. Coyle W. The Future of Biofuels. A Global Perspective. URL : http://www.ers.usda.gov/features/ bioenergy.
25. Crops. Data. Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL : http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC.
26. Petrobras develops hydrogenation process to produce diesel fuel with vegetable oil [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.greencarcongress.com.
27. Renewables 2018. Global status report. Renewable Energy Policy Network for the 21st century. France. URL : http://www.ren21.net/wp-

content/uploads/2018/06/17-8652_GSR2018_FullReport_web_final_.pdf.

28. International energy statistics. U.S. Energy Information Administration. URL :https://www.eia.gov/.Ortiz R,. Crouch J.H., et. Al. Bioenergy and agriculture: Promises and challenges. Bioenergy and Agricultural Reserch for Development. 2020 Vision for Food, Agriculture, and the Enviroment // Focus 14, Brief 3 of 12, December 2006. URL : http://www.ifpri.org/2020/focus/focus14/focus14_03.pdf.