

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
„ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

Ліньков Олег Юрійович

УДК 621.436:662.756.3

ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СУМІШОУТВОРЕННЯ ТА
ЗГОРЯННЯ В ШВИДКОХІДНОМУ ДИЗЕЛІ, ЯКИЙ ПРАЦЮЄ НА
АЛЬТЕРНАТИВНОМУ ПАЛИВІ

Спеціальність 05.05.03 – теплові двигуни

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2004

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі „Двигуни внутрішнього згоряння” Національного технічного університету „Харківський політехнічний інститут” Міністерства освіти і науки України, м. Харків.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор

Марченко Андрій Петрович, Національний технічний університет „Харківський політехнічний інститут”, проректор з наукової роботи, завідувач кафедри двигунів внутрішнього згоряння.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор

Кудряш Анатолій Петрович, Інститут проблем машинобудування, м. Харків, старший науковий співробітник;

кандидат технічних наук, доцент

Лісовал Анатолій Анатолійович, Національний транспортний університет, м. Київ, доцент кафедри „Двигуни і теплотехніка”.

Провідна установа: Харківський національний автомобільно-дорожній університет Міністерства освіти і науки України, кафедра системотехніки і діагностики транспортних машин, м. Харків.

Захист відбудеться „22” квітня 2004 р. о 13 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.13 у Національному технічному університеті „Харківський політехнічний інститут” за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного університету „Харківський політехнічний інститут”.

Автореферат розісланий „20” квітня 2004 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Пильов В.О.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми

Двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ) розповсюджені і практично безальтернативні в багатьох галузях людської діяльності. Велика частина нафтових ресурсів, які споживає людство, приходить саме для забезпечення роботи ДВЗ. У зв'язку з обмеженістю розвіданих запасів нафти і постійним зростанням екологічних проблем високу значущість мають роботи, що пов'язані із зменшенням витрат нафтових палив, а також використанням альтернативних джерел енергії. Відносно ДВЗ найбільш перспективними альтернативними паливами можна вважати палива, які одержують з поновлюваних джерел. Усі вони, тією чи іншою мірою, відрізняються за своїми фізико-хімічними властивостями від широко застосовуваних нафтових палив. Водночас надійність, економічність і токсичність ДВЗ значно залежать від таких основних процесів як сумішоутворення і згоряння. Раціональна організація цих процесів при застосуванні альтернативних палив неможлива без врахування властивостей цих палив. Забезпечити врахування основних особливостей цих палив ще на стадії розробки двигуна можна лише за допомогою математичного моделювання. Застосування коректних розрахункових методів дослідження з використанням ЕОМ дозволяє значно скоротити витрати і час на проведення досліджень.

Питанню розробки математичних моделей опису процесів сумішоутворення і згоряння присвячені роботи І.І. Вібе, М.Ф. Разлейцева, Н.Х. Дяченко, Г. Вошні, А.Н. Воїнова, А.І. Толстова, О.І. Філіпковського і багатьох інших вчених. Моделі, що запропоновані, дозволяють з тією чи іншою точністю проводити розрахункові дослідження для різних типів двигунів, але жодна з них не створювалась для дослідження робочого процесу двигуна, який працює на альтернативному паливі. Як показав аналіз, застосування альтернативних палив приводить до зміни показників роботи двигуна, тому дослідження сумішоутворення і згоряння, розробка математичних моделей опису цих процесів є **актуальною** задачею.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Робота виконана відповідно до договору Харківської обласної державної адміністрації з Харківським державним політехнічним університетом, підприємствами і фірмами регіону про впровадження досягнень науково-технічного прогресу на період 2000-2005 рр., держбюджетних темам кафедри ДВЗ НТУ „ХПІ”: М2717 – „Фундаментальні фізико-хімічні дослідження альтернативних палив і альтернативних матеріалів у перспективних вітчизняних двигунах внутрішнього згоряння для автотранспортних засобів” на 2000-2002рр., ДР № 0100U001654; М2719 – „Фундаментальні дослідження робочих процесів та токсичності перспективних автотракторних двигунів при їх конвертації на альтернативні палива” на 2003-2005, ДР № 0103U001500.

Мета і задачі дослідження

Метою дисертаційної роботи є вибір та обґрунтування параметрів сумішоутворення та згоряння автотракторного дизеля при використанні альтернативних палив рослинного походження. Для досягнення вищевикладеної мети вирішені такі основні задачі:

1. Аналіз і систематизація виконаних наукових досліджень сумішоутворення і згоряння при використанні традиційного та альтернативних палив в ДВЗ.
2. Визначення основних фізико-хімічних показників альтернативних палив рослинного походження.
3. Дослідження особливостей розпилювання альтернативних палив рослинного походження.

4. Проведення експериментального дослідження сумішоутворення і згоряння у швидкохідному автотракторному дизелі та аналіз одержаних результатів.
5. Уточнення математичної моделі процесів сумішоутворення і згоряння в циліндрі швидкохідного дизеля.
6. Проведення розрахункового дослідження процесів сумішоутворення і згоряння в циліндрі з використанням уточненої математичної моделі.
7. Вибір та обґрунтування параметрів процесів сумішоутворення і згоряння альтернативного палива рослинного походження в циліндрі дизеля.

Об'єкт дослідження – швидкохідний автотракторний дизель 4ЧН12/14 (заводська марка СМД-23), який працює на альтернативних паливах.

Предмет дослідження - процеси сумішоутворення і згоряння при використанні альтернативних палив у циліндрі двигуна.

Методи дослідження - математичне моделювання процесів сумішоутворення та згоряння в швидкохідному дизелі; фізичне моделювання й дослідження дисперсності розпилювання альтернативних палив рослинного походження; експериментальне дослідження дизеля при роботі на альтернативних паливах рослинного походження; термодинамічний аналіз при обробці індикаторних діаграм; математичне планування експерименту.

Наукова новизна одержаних результатів

Наукову новизну одержаних результатів складають:

1. Вперше експериментально одержані інтегральні та диференційні криві розподілу краплин альтернативних палив рослинного походження при розпилюванні.
2. Виявлено характерні відмінності протікання процесів сумішоутворення та згоряння у швидкохідному дизелі, який працює на альтернативних паливах рослинного походження.
3. Уточнена математична модель процесів сумішоутворення та згоряння у швидкохідному дизелі, в якій враховано особливості роботи дизеля на альтернативних паливах.

Практичне значення одержаних результатів

Практичну цінність одержаних результатів складають:

1. Експериментальне дослідження якості розпилювання альтернативних палив рослинного походження, інтегральні та диференційні характеристики дисперсності розпилювання.
2. Експериментальне дослідження роботи швидкохідного дизеля на альтернативних та сумішевих паливах, його індикаторні та ефективні показники.
3. Алгоритм та реалізована комп'ютерна програма розрахунку робочого процесу швидкохідного дизеля, з використанням уточненої математичної моделі сумішоутворення та згоряння.
4. Розрахункові дослідження з вибору раціональних параметрів роботи дизеля на альтернативному паливі рослинного походження, які показали необхідність інтенсифікації тиску впорскування палива в циліндр дизеля, перспективність збільшення кількості отворів розпилювача форсунки.

Особистий внесок здобувача

При виконанні дисертаційного дослідження особисто здобувачем проведено експериментальні дослідження з визначення фізико-хімічних показників різних палив, виготовлених з використанням рапсового масла (РМ), характеристик розподілу краплин альтернативних палив рослинного походження при впорскуванні, ефективних та індикаторних показників двигуна, який працює на альтернативному паливі рослинного походження.

Дано аналіз експериментальних даних, що були одержані, та на цій основі

здійснено уточнення математичної моделі сумішоутворення і згоряння, при застосуванні альтернативних палив у швидкохідному дизелі.

Розроблено програму розрахунку робочого процесу дизеля для ЕОМ.

За допомогою уточненої математичної моделі проведено розрахункове дослідження з впливу різних факторів на показники роботи двигуна, що працює на альтернативному паливі рослинного походження, та отримано раціональні значення впливових факторів.

Апробація результатів дисертації

Основні положення та результати роботи доповідались на Міжнародних конгресах двигунобудівників (Рибаче, Крим, Україна), 2002, 2003 рр.; науково-технічній конференції Харківської державної академії залізничного транспорту, 2003 р.; на міжнародних науково-технічних конференціях „Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я”, Харків – Мішкольц – Магдебург (Україна – Угорщина – Німеччина), 2000, 2003 рр.; на міжнародній науково-технічній конференції „Автомобільний транспорт у ХХІ сторіччі”, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 2003 р.

Публікації

Результати дисертаційної роботи опубліковано в 5 статтях у фахових збірниках наукових праць; та у 1 статті у збірнику наукових праць міжнародної конференції.

Обсяг та структура дисертації.

Дисертаційна робота складається з вступу, 4 розділів, висновків, 4 додатків. Повний обсяг дисертації складає 178 сторінки; з них 35 ілюстрацій по тексту, 4 ілюстрації на 4 сторінках; 15 таблиць по тексту; 1 таблиця на 1 сторінці; 84 найменувань використаних літературних джерел на 9 сторінках; 4 додатка на 38 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У вступі обґрунтовується актуальність розглянутої теми дисертації, сформульовано мету дослідження, основні задачі та шляхи їх вирішення.

Перший розділ присвячений розгляду проблеми використання альтернативних палив в ДВЗ. В ньому розглядаються особливості процесів сумішоутворення та згоряння в дизелях, існуючі математичні моделі опису цих процесів, особливості існуючих альтернативних палив ДВЗ, наведено результати визначення фізико-хімічних показників альтернативних палив рослинного походження.

Зроблено висновок, що найбільш перспективними для України є палива, які виготовляються з використанням рапсового масла. Використання альтернативних палив потребує всебічного розгляду таких основоположних процесів як сумішоутворення та згоряння, через відмінності цих палив по своїм фізико-хімічним показникам від традиційних.

Огляд існуючих моделей опису процесів сумішоутворення та згоряння показав, що вони не завжди дозволяють проводити розрахункові дослідження щодо використання альтернативних палив в дизелі.

Для дослідження було обрано такі палива: дизельне паливо (ДП) по СТУ 3868-99; суміш дизельного палива (25 % об.) і рапсового масла (75% об.); суміш ДП (50 % об.) і РМ (50 % об.); суміш ДП (75 % об.) і РМ (25 % об.); етилові ефіри рапсового масла (ЕЕРМ), що одержані на експериментальній установці.

Результати визначення фізико-хімічних показників досліджуваних видів альтернативних палив і їх сумішей наведені в табл. 1.

У розділі позначені питання, які треба вирішити для вибору та обґрунтування параметрів роботи швидкохідного дизеля, який працює на альтернативному паливі рослинного походження.

Таблиця 1

Фізико-хімічні властивості альтернативних палив рослинного походження

Параметр	ДП	РМ	ЕЕРМ	ДП+РМ 75/25	ДП+РМ 50/50	ДП+РМ 25/75
C, %	87	77,91	77,54	84,46	82,05	79,76
H, %	12,56	11,86	12,04	12,28	12,01	11,76
O, %	0,4	10,23	10,42	3,23	5,92	8,47
S, %	0,04	0	0	0,03	0,02	0,01
Lo, кг/кг	14,385	12,661	12,677	13,94	13,45	12,98
Qв, МДж/кг	44,953	39,344	39,165	43,4	42,0	40,6
QH, МДж/кг	42,211	36,755	36,874	40,7	39,3	38,0
QH, МДж/дм ³	34,82	33,63	33,0	34,5	34,194	33,91
ρ, кг/м ³ (20°С)	825	915	895	849,3	872,3	894,2
ν, мм ³ /с (20°С)	3,8	87	32,48	26,3	47,6	67,8
σ·10 ³ , Н/м (20°С)	28,9	33,3	36	30,1	31,2	32,3

У другому розділі викладається методика розрахунково-експериментального дослідження процесів сумішоутворення та згоряння альтернативних палив рослинного походження. Розглянуті математичні моделі, що використовувались в роботі, та експериментальні установки, що застосовувались при проведенні досліджень.

За базову модель в роботі взята математична модель розрахунку процесів сумішоутворення та згоряння, яка була запропонована к.т.н. Філіпковським О.І. Серед основних положень і припущень цієї моделі слід виділити наступні:

- за основу взято рівняння формально подібне до рівняння, запропонованого проф. Вібе І.І. Згоряння підпорядковується закономірностям цепних реакцій, кінетичні характеристики яких змінюються:

$$x = 1 - \exp(C\tau^{-m+1}); \quad (1)$$

- показник характеру згоряння m є величина, що змінюється по ходу процесу згоряння та враховує особливості протікання процесів випаровування, дифузії і хімічної кінетики горіння альтернативного палива;
- згоряння починається з моменту початку впорскування палива у циліндр дизеля.

Визначено шляхи уточнення базової математичної моделі сумішоутворення та згоряння з урахуванням можливості її використання при дослідженні двигуна, який працює на альтернативному паливі.

При обробці експериментальних даних була використана модель, до якої положено рівняння першого закону термодинаміки,

$$dQ = dU + dL + dQ_w, \quad (2)$$

тут: dU – зміна внутрішньої енергії газів; dL – теплота, еквівалентна прирощуванню роботи при зміні об'єму газу; dQ_w – приріст теплоти, що передано газами до стінок циліндру в наслідок теплопередачі.

Також описано особливості технології одержання етилових ефірів рапсового масла. Ця технологія була розроблена і реалізована разом з кафедрою технології жирів НТУ „ХП”.

Описано лабораторне обладнання, яке використовувалось для визначення фізико-хімічних властивостей альтернативних палив рослинного походження. Основну увагу приділено визначенню показників, що мають найбільший вплив на процеси сумішоутворення та згоряння в циліндрі дизеля, а саме: щільності, в'язкості, поверхневому натягу палива та його нижній теплоті згоряння.

Описано обладнання, яке використовувалось для дослідження дисперсності розпилювання альтернативних палив рослинного походження. Дослідження проводилось на стенді для випробувань паливних насосів дизелів СДТА. На стенд була встановлена штатна паливна апаратура рядного сімейства дизелів СМД виробництва Харківського ВАТ „Серп і Молот”: насос високого тиску - ЛСТНМ 410010; форсунки - ФД-22 ($d_c = 0,36$ мм; $i_c = 4$; $P_{зф} = 17,5 \div 18,0$ МПа). Одиничні упорскування робились на скляні пластини, покриті шаром гасової кіптяви, а зверху, для більшої чіткості відбитків краплин палив, шаром оксиду магнію (яскраво-білий колір).

Об'єктом дослідження було обрано дизель СМД-23, модифікації якого встановлюється на трактори, комбайни та автобуси. Він є дизелем рідинного охолодження з безпосереднім впорскуванням палива в камеру згоряння. Камера згоряння розташована в поршні. Двигун обладнаний турбонаддувом із системою охолодження наддувочного повітря.

Описано дослідницький стенд лабораторії ВАТ „ГСКБД” зі встановленим на ньому об'єктом дослідження. Стенд був обладнаний необхідними приладами, що відповідають ГОСТ 18500-88 „Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний”.

Стенд, обладнаний автоматизованим вимірювальним комплексом фірми „Cussons”, який дає можливість проводити виміри наступних параметрів роботи двигуна: частоту обертів колінчастого вала; момент на валу двигуна; витрату повітря; витрату пального; температури охолоджуючої рідини, мастила, повітря на вході в двигун, відпрацьованих газів перед та поза турбіною; тиску мастила, повітря на вході в двигун тощо. Також стенд обладнаний швидкодіючим устаткуванням для визначення токсичності відпрацьованих газів.

Індиціювання двигуна, вимір тиску палива перед форсункою, переміщення голки форсунки проводилось за допомогою цифрового аналізатора AVL-653, який забезпечує збір, передачу і обробку параметрів, що вимірюються. Комплекс AVL-653 дозволяє відображати зміни цих параметрів, як у цифровій, так і в графічній формі, робити попередню обробку отриманої інформації (визначати інтегральну і диференціальну характеристики тепловиділення в циліндрі і температуру заряду в циліндрі двигуна).

Визначення механічних витрат двигуна проводилось за результатами індиціювання двигуна шляхом зіставлення середніх індикаторного і ефективного тисків.

Дослідження виконані при постійному установочному куті випередження впорскування палива та при незмінному регулюванні паливного насоса.

У третьому розділі приведені результати експериментальних досліджень, уточнення математичної моделі процесів сумішоутворення та згоряння, а також ідентифікації цієї математичної моделі по експериментальним даним.

В розділі приведені одержані в ході експериментального дослідження мікрофотографії якості розпилювання різних палив (рис.1а – 4а). По результатам обробки мікрофотографій були розраховані диференційні (R_0 –кількісна; R_2 –поверхнева; R_3 –об'ємна) та інтегральні (S_0 –кількісна; S_2 –поверхнева; S_3 –об'ємна) характеристики дисперсності та розподіл краплин по розмірам (i) (рис.1б – 4б).

В результаті досліджень була визначена розбіжність експериментального та розрахункового середнього об'ємно-поверхневого діаметра крапель (діаметра Заутера), та запропонована уточнююча функція (k_f) для розрахунку даного параметра щодо альтернативних палив рослинного походження,

$$d_{32} = \frac{k_f \cdot E_{32} \cdot M^{0.0733}}{\rho \cdot We^{0.266}}, \quad (5)$$

де: k_f - уточнююча функція,

$$k_f = -0,00010939 \cdot v^2 + 0,0052066 \cdot v + 0,98179447; \quad (6)$$

E_{32} – емпіричний коефіцієнт;

M – критерій, що характеризує співвідношення сил поверхневого натягу та в'язкості;

We – критерій Вебера;

ρ – відношення щільностей повітря та палива.

В табл. 2 подано порівняння розрахунків по залежності, що була запропонована проф. Лишевським А.С., при наявності уточнюючого коефіцієнта і без нього, з експериментальними даними.

Таблиця 2

Відносні діаметри крапель різних палив

	ДП	ДП (50 % об.) і РМ (50% об.)	РМ	ЕЕРМ
\bar{d}_{32} (експеримент)	1,00	1,509	2,000	1,877
\bar{d}_{32} (розрахунок по Лишевському)	1,00	1,537	3,176	1,488
\bar{d}_{32} (уточнений розрахунок)	1,00	1,509	1,927	1,541

В розділі наведені данні одержані у ході проведення моторних випробувань дизеля 4ЧН12/14 при його роботі на альтернативних паливах рослинного походження, та їх сумішах з ДП. Ефективні показники двигуна за навантажувальною характеристикою наведено на рис. 5.

За результатами моторного експерименту були розраховані криві тепловиділення в циліндрі ДВЗ, який працює на альтернативних паливах рослинного походження та їх сумішах з ДП.

Одержані характеристики тепловиділення дозволили одержати дані про величину енергії активації альтернативних палив рослинного походження. Було виявлено, що для альтернативних палив рослинного походження величина затримки спалаху на 0,5-1⁰ п.к.в. менше, ніж у дизельного палива.

Визначено уточнення, які вносять до базової моделі розрахунку процесів сумішоутворення та згоряння. Серед основних положень уточнень моделі є наступні:

- враховуються процеси, які тривають у період затримки запалювання;
- характеристика швидкості виділення теплоти будується як двопікова;
- враховуються процеси у пристінній зоні камери згоряння;

- в показник динаміки згоряння внесено уточнення, що враховують відмінності фізико-хімічних властивостей альтернативних палив та швидкохідність двигуна;
- враховуються відмінності фізико-хімічних властивостей палив рослинного походження.

У моделі розрахунок періоду затримки запалювання визначається за допомогою залежності запропонованої проф. Толстим А.І., що дає можливість відобразити двопіковий характер тепловиділення у швидкохідному двигуні, с,

$$\tau_i = 0.01 \cdot B_{10} \cdot (1 - k_1 \cdot n) \cdot \left(\frac{T_H}{P_H} \right)^{0.5} \cdot \exp\left(\frac{E_i}{8.134 \cdot T_H} \right), \quad (7)$$

де: B_{10} , k_1 – коефіцієнти;

n – частота обертів колінчастого валу, хв.⁻¹;

T_H , P_H – температура (К) та тиск (МПа) на початку впорскування;

E_i – енергія активації палива, кДж/кмоль.

Тривалість вигорання палива що випарилось за час τ_i :

$$\tau_{виг} = \tau_i \cdot K_a, \text{ с}; \quad (8)$$

або

$$\varphi_{zi} = 6 \cdot n \cdot \tau_{виг}, \text{ }^\circ\text{ПКВ}. \quad (9)$$

Урахування фізико-хімічних властивостей альтернативних палив здійснюється емпіричним коефіцієнтом y в залежності для розрахунку поправочної функції Y :

$$Y = y \cdot W_T d_K^{0.75} p_C^{0.25}, \quad (10)$$

що входить до розрахунку дійсного коефіцієнта випаровування:

$$K_{II} = Y \cdot K_{IT}. \quad (11)$$

Відносний момент досягнення максимальної швидкості тепловиділення для першого та другого піків, відповідно, $^\circ\text{п.к.в.}$,

$$\varphi_{m1} = 0.14 + 0.03 \cdot B_u \cdot \varphi_{zi} / (6 \cdot n), \quad (12)$$

$$\varphi_m = 0.14 + 0.03 \cdot B_u \cdot \varphi_z / (6 \cdot n). \quad (13)$$

Додатково врахована ступінь ефективного використання повітряного заряду, що значно впливає на швидкість тепловиділення у період дифузійного згоряння:

$$\xi_\epsilon = 1 - 1.46 \cdot \left[1 - \xi_{\epsilon 0} \cdot \frac{\bar{\varphi}_z}{\bar{\varphi}_{z0}} \right]^2 \cdot e^{-0.5 \frac{\bar{\varphi}_z}{\bar{\varphi}_{z0}}}. \quad (14)$$

Показник динаміки згоряння для першого та другого піків, відповідно дорівнює:

$$m_{i1} = 10 \cdot \bar{\varphi}_{m1} \cdot \left(1 - \bar{\varphi}^{\bar{\varphi}_{m1}} \right), \quad (15)$$

$$m_i = \left(13.8 \cdot \left(\frac{n}{n_{ном}} \right)^{0.5} - 36.0 \cdot \bar{\varphi} \right) \cdot \bar{\varphi}_m \cdot \left(1 - \bar{\varphi}^{\bar{\varphi}_m} \right). \quad (16)$$

Залежності, що одержано, дозволяють визначити значення швидкості тепловиділення як для першого, так і для другого (основного) піків:

$$\frac{dx}{d\varphi_{i1}} = -c \cdot e^{c \cdot \bar{\varphi}^{-m_i+1}} \cdot \left[n_i + 1 \cdot \bar{\varphi}^{-m_i} + \bar{\varphi}^{-m_i+1} \cdot \ln \bar{\varphi} \frac{dm}{d\varphi} \right] \cdot \frac{1}{\varphi_z}, \quad (17)$$

$$\frac{dx}{d\varphi_i} = -c \cdot e^{c \cdot \bar{\varphi}^{-m+1}} \cdot \left[n + 1 \cdot \bar{\varphi}^{-m} + \bar{\varphi}^{-m+1} \cdot \ln \bar{\varphi} \frac{dm}{d\varphi} \right] \cdot \frac{\xi_\epsilon}{\varphi_z}, \quad (18)$$

після чого визначається сукупне значення швидкості тепловиділення, яке дорівнює більшому, на цей час, значенню з двох розрахованих величин.

Сукупна доля палива що вигоріла,

$$x_i = \sum_{i=1}^{\varphi_c} \frac{dx}{d\varphi} \cdot \Delta\varphi. \quad (19)$$

У розділі виконано ідентифікацію отриманої моделі процесів сумішоутворення і згоряння, яку було проведено для номінального режиму і режиму максимального крутного моменту ($M_{крmax}$), а також режимів 75% і 50% навантаження для частот обертання колінчастого вала, що відповідають номінальному режиму і режиму максимального крутного моменту. Результати ідентифікації для ЕЕРМ при номінальних обертах двигуна представлено на рис. 6. експеримент;

Наведені данні експериментальних досліджень на безмоторному та моторному стендах дозволили внести уточнення до базової математичної моделі розрахунку процесів сумішоутворення та згоряння к.т.н. О.І. Філіпковського.

У четвертому розділі наведено данні щодо вибору та обґрунтуванню параметрів сумішоутворення та згоряння в циліндрі швидкохідного дизеля, який працює на альтернативному паливі рослинного походження. Проведені дослідження параметрів сумішоутворення за допомогою залежностей, що були запропоновані проф. М.Ф. Разлейцевим, дозволили встановити: зменшення кута розкриття струменя палива (для ефірів рапсового масла він зменшується на 10% від значення для ДП); збільшення далекобійності струменя палива; зменшення частини об'ємного сумішоутворення (з 41% у ДП до 21% у ефірів рапсового масла). Це веде до погіршення розподілу палива по камері згоряння, що потребує заходів щодо покращення цих показників. У розділі розглядається вплив на сумішоутворення та згоряння таких факторів як підвищення тиску впорскування палива (через скорочення тривалості впорскування палива), підвищення ступеня стиску, збільшення числа отворів розпилювача форсунки. Для дослідження комплексного впливу на сумішоутворення і згоряння в дизелі, який працює на альтернативному паливі рослинного походження, були обрані такі фактори: тривалість впорскування палива, тиск наддувочного повітря та кількість отворів розпилювача форсунки. За результатом чисельного експерименту були отримані залежності впливу вказаних факторів на ефективну витрату палива (рис. 7 – 9).

Дослідження комплексного впливу тривалості впорскування палива, тиску наддувочного повітря і числа отворів розпилювача форсунки, дозволило виявити тенденцію до зменшення раціональних значень тривалості впорскування і тиску наддувочного повітря при збільшенні числа отворів розпилювача форсунки. Перехід до перспективної паливної апаратури (що забезпечує тиск впорскування порядку 90-100 МПа) зі зниженням значення тиску наддувочного повітря до 0,2 МПа і 6 отворами у розпилювачі, дозволить домогтися зниження питомої ефективної витрати палива до 0,230кг/(кВт·год), або на 7% від варіанта зі стандартною паливною апаратурою і 4 отворами в розпилювачі форсунки.

ВИСНОВКИ

У дисертаційному дослідженні поставлена та вирішена важлива науково-технічна задача вибору та обґрунтування параметрів сумішоутворення та згоряння в швидкохідному дизелі, який працює на альтернативному паливі. Дослідження та розрахунки показали, що використання альтернативних палив рослинного походження веде до збільшення об'ємно-поверхневого діаметра краплин палива, зменшення кута розкриття струменя палива, збільшення далекобійності струменя палива, зменшення частини об'ємного сумішоутворення. Нова уточнена

математична модель розрахунку сумішоутворення та згоряння дозволяє проводити дослідження двигуна, який працює як на традиційному, так і на альтернативному паливі рослинного походження. Крім того, включаючи у себе конструктивні параметри камери згоряння, параметри паливної системи, системи повітропостачання, модель дозволяє виконувати ряд задач з оптимізації параметрів.

У дисертаційній роботі одержані такі результати:

1. Базуючись на аналізі і систематизації даних технічної літератури, виконаних розрахункових та експериментальних дослідженнях, показано, що при використанні альтернативних палив в ДВЗ необхідно вирішувати комплексну задачу, яка потребує проведення численних наукових досліджень з адаптації двигуна для роботи на цих паливах і, у першу чергу, дослідження процесів сумішоутворення та згоряння.
2. Проведено експериментальне дослідження з отримання фізико-хімічних властивостей альтернативних палив рослинного походження.
3. Проведено експериментальне дослідження роботи швидкохідного дизеля 4ЧН12/14 на традиційному, альтернативних та сумішевих паливах, з отриманням індикаторних і ефективних показників. Встановлені розбіжності в протіканні сумішоутворення та згоряння для палив, що досліджуються.
4. Проведено експериментальне дослідження дисперсності розпилювання традиційного, альтернативних та сумішевого палив, яке дозволило вперше отримати інтегральні та диференційні характеристики їх розпилювання.
5. Базуючись на проведених експериментальних дослідженнях запропонована уточнена математична модель процесів сумішоутворення та згоряння, яка враховує:
 - відмінності фізико-хімічних властивостей альтернативних палив;
 - період затримки запалювання;
 - протікання згоряння у пристінній зоні, що визначає характер згоряння у заключній фазі;
 - перемінний, по ходу процесу, показник динаміки згоряння, який розраховується окремо для першого та другого піків диференційної характеристики згоряння.
6. На основі результатів розрахункового експерименту при використанні запропонованої уточненої математичної моделі виявлено і проаналізовано вплив тиску впорскування палива, кількості отворів розпилювача форсунки, тиску наддувочного повітря при застосуванні альтернативних палив рослинного походження на витрату пального двигуном.
7. Запропоновано раціональні параметри роботи дизеля на альтернативному паливі. При підвищенні тиску впорскування до 90...100 МПа, збільшенні кількості отворів розпилювача форсунки до 6, та зниженні тиску наддувочного повітря до 0,2 МПа є можливість знизити на 7% витрату суміші РМ та ДП (3:1).
8. Уточнена математична модель впроваджена в ХКБД заводу ім. Малишева при розробці нових двигунів, застосовується на кафедрі ДВЗ НТУ „ХПІ” в учбовому процесі, може бути рекомендована до застосування при підготовці спеціалістів за спеціальністю 7.090210 – Двигуни внутрішнього згоряння в інших навчальних закладах.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. А.П.Марченко, В.Г.Семенов, Д.У.Семенова, О.Ю.Ліньков Дослідження фізико-хімічних показників альтернативного біопалива на основі ріпакового масла // Вісник Харківського державного політехнічного університету. – Харків: ХДПУ,

2000. – Вип. 101. – С.159-163. Здобувачем досліджено фізико-хімічні властивості різних альтернативних палив.

2. А.П.Марченко, В.Г.Семёнов, И.И.Сукачѳв, О.Ю.Линьков Расчѳтное исследование особенностей процесса дизеля СМД-31 при его работе на традиционном дизельном топливе и метиловых эфирах рапсового масла // *Авиационно-космическая техника и технология*. – Харьков: Гос. аэрокосм. ун-т „Харьк. авиац. ин-т”, 2000. – Вип. 19. – С.155-157. Здобувачем виконано розрахункове дослідження процесів впорскування та сумішоутворення альтернативного палива в циліндрі швидкохідного двигуна 6ЧН12/14.

3. А.Ф.Шеховцов, А.П.Марченко, А.Ф.Минак, О.Ю.Линьков Экспериментальное исследование автотракторного дизеля СМД-17Н при его работе на рапсовом масле и его смесях с дизельным топливом // *Вісник Національного технічного університету „ХПІ”*. – Харків: НТУ „ХПІ”, 2001. – № 2. – С.119-123. Здобувачем експериментально визначено ефективні показники роботи двигуна 4ЧН12/14 на альтернативних паливах.

4. А.П.Марченко, А.П.Строков, А.Ф.Минак, А.А.Осетров, О.Ю.Линьков Токсичность отработавших газов дизеля при использовании топлив растительного происхождения // *Двигатели внутреннего сгорания*. Харьков: НТУ „ХПІ”.-2002, №1. с22-25. Здобувачем експериментально досліджено показники токсичності роботи двигуна 4ЧН12/14 при використанні альтернативних палив.

5. А.П.Марченко, А.Ф.Минак, И.А.Слабун, О.Ю.Линьков, А.А.Осетров, К.В.Марков, Д.Н.Аскрепов Результаты исследований рабочего процесса и токсичности дизеля, работающего на топливах растительного происхождения // *Двигатели внутреннего сгорания*. Харьков: НТУ „ХПІ”. – 2003, №1. – с.33-40. Здобувачем виконано експериментальне дослідження ефективних і індикаторних показників роботи двигуна на альтернативних паливах рослинного походження та їх аналіз.

6. А.П.Марченко, В.Г.Семенов, О.Ю.Линьков, В.І.Герасименко Методика уточнения математической модели процессу згоряння у циліндрі дизеля по даним експериментальних досліджень // *Зб. наук. праць Харківського державного політехнічного університету: „Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я”*. – Харків: ХДПУ, 1999. – Вип. 7, Ч. 2. – С. 309-314. Здобувачем удосконалено математичну модель к.т.н. О.І. Філіпковського, що до розрахунку процесу згоряння в циліндрі швидкохідного двигуна

АНОТАЦІЇ

Линьков О.Ю. Вибір та обґрунтування параметрів сумішоутворення та згоряння в швидкохідному дизелі, який працює на альтернативному паливі. –Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.03 – теплові двигуни. – Національний технічний університет „Харківський політехнічний інститут”, Харків, 2003.

Дисертаційна робота присвячена розгляду особливостей процесів сумішоутворення та згоряння альтернативних палив рослинного походження. Проведені експериментальні дослідження дозволили внести уточнення до методики розрахунку процесів сумішоутворення і згоряння, для розрахунків цих процесів при застосуванні альтернативних палив рослинного походження, що дозволяє проводити дослідження з оптимізації параметрів. Цю методику було використано при виконанні розрахункових досліджень впливу різних параметрів на робочі процеси дизеля, який працює на альтернативному паливі рослинного походження. За результатами розрахунків запропоновано раціональне співвідношення факторів, які впливають на

робочі процеси.

Ключові слова: дизель, сумішоутворення, згоряння, альтернативні палива, методика розрахунку, впливові фактори.

Линьков О.Ю. Выбор и обоснование параметров смесеобразования и сгорания дизеля, работающего на альтернативном топливе. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 – тепловые двигатели. – Национальный технический университет „Харьковский политехнический институт”, Харьков, 2003.

Диссертация посвящена изучению особенностей протекания процессов смесеобразования и сгорания альтернативных топлив растительного происхождения в цилиндре автотракторного дизеля и выбору рациональных параметров этих процессов.

Объектом исследования является дизель 4ЧН12/14 (заводская марка СМД-23), устанавливаемый на трактора, комбайны и автобусы.

Рассмотрены существующие математические модели описания процессов смесеобразования и сгорания, различные виды альтернативных топлив и их особенности.

В ходе проведения работы были исследованы смеси рапсового масла с дизельным топливом и этиловые эфиры рапсового масла, опытная партия была получена на экспериментальной установке. Были определены основные физико-химические показатели исследуемых топлив. Исследованы особенности распыливания данных топлив в цилиндре дизеля и получены микрофотографии распыленного топлива, а также относительные характеристики распыливания альтернативных топлив.

В лаборатории ОАО „ГСКБД” были проведены моторные исследования работы дизеля на альтернативных топливах растительного происхождения и смесях альтернативного топлива с традиционным. В ходе моторных исследований были получены эффективные, индикаторные и экологические показатели работы дизеля на альтернативных топливах.

Проведенные экспериментальные исследования позволили внести соответствующие изменения в математическую модель, для расчёта процессов смесеобразования и сгорания в цилиндре дизеля. Уточнённая математическая модель позволяет проводить оптимизационные исследования наиболее важных параметров смесеобразования и сгорания.

С использованием полученной модели были проведены расчётные исследования по оценке совместного влияния продолжительности впрыскивания топлива, давления наддувочного воздуха и числа распыливающих отверстий распылителя форсунки на рабочий процесс дизеля работающего на альтернативном топливе растительного происхождения. Полученные результаты позволили обосновать сочетание исследуемых факторов, позволяющее улучшить эффективные показатели двигателя, при его работе на альтернативном топливе. Так повышение давления впрыскивания топлива до 90-100 МПа, увеличение числа распыливающих отверстий распылителя форсунки с 4 до 6 (при сохранении их диаметра) и снижение давления наддувочного воздуха до 0,2 МПа позволит снизить удельный эффективный расход смеси рапсового масла с дизельным топливом (3:1) на 7% от исходных значений параметров.

Ключевые слова: дизель, смесеобразование, сгорание, альтернативные топлива, методика расчёта, влияющие факторы.

Linkov O.U. Choice and justification of parameters of formation of mixture and combustion of the diesel engine that working on alternate fuel. - Manuscript.

The dissertation for presenting candidate degree technical sciences of specialty 05.05.03 – heat engines. – National technical university „Kharkov polytechnic institute”, Kharkov, 2003.

Dissertational operation is devoted to consideration of features of processes of formation of mixture and combustions of alternate fuels. The spent experimental researches have allowed bringing in specifications to a design procedure of processes of formation of mixture and combustions, for calculations of these processes at application of alternate fuels. That allows spending researches on optimization of parameters.

The specified technique was used at execution of calculated researches on influence of different parameters on working process of a diesel engine which works on alternate fuel. By results of calculations it is offered a rational ratio of factors which effective indexes of a diesel engine allow to improve at its operation on alternate fuels.

Key words: a diesel engine, formation of mixture, the combustion, alternate fuel, a design procedure, influencing factors.

Відповідальний за випуск к.т.н., доц. Прохоренко А.О.