

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

Тимченко Дмитро Ігорович

УДК 621.436:662.756.3

ПОЛІПШЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ВИСОКООБЕРТОВИХ
ДИЗЕЛІВ ШЛЯХОМ ЗМІНИ УМОВ СУМІШОУТВОРЕННЯ І ЗГОРЯННЯ

Спеціальність 05.05.03 – теплові двигуни

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2006

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі „Двигуни внутрішнього згоряння” Харківського національного автомобільно-дорожнього університету Міністерства освіти і науки України, м. Харків.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор

Абрамчук Федір Іванович, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, завідувач кафедри двигунів внутрішнього згоряння.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор

Дяченко Василь Григорович, Національний технічний університет „Харківський політехнічний інститут”, Міністерство освіти і науки України, професор кафедри двигунів внутрішнього згоряння.

кандидат технічних наук, доцент

Лісовал Анатолій Анатолійович, Національний транспортний університет, Міністерство освіти і науки України, доцент кафедри двигунів і тепло-техніки, м. Київ.

Провідна установа: Інститут проблем машинобудування НАН України, відділ поршневих енергоустановок, м. Харків.

Захист відбудеться 14 грудня 2006 р. о 13 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.13 в Національному технічному університеті „Харківський політехнічний інститут” за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національного технічного університету „Харківський політехнічний інститут”.

Автореферат розісланий 10 листопада 2006 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Триньов О.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми

Значне розповсюдження двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) призвело до виникнення ряду проблем, пов'язаних з поступовим виснаженням світових нафтових та газових родовищ, забрудненням атмосфери шкідливими викидами та шумом двигунів, з їх впливом на глобальне потепління в природі та інших. Однозначного рішення щодо усунення цих та інших недоліків ДВЗ немає, але зараз головна увага виробників ДВЗ та експлуатаційників зосереджена на підвищенні техніко-економічних показників та екологічної безпеки двигуна, в першу чергу, за рахунок вдосконалення сумішоутворення і згоряння. Саме ці проблеми найбільш актуальні та вимагають першочергового вирішення в сучасному двигунобудуванні. Особливо гостро вони стоять перед розробниками високооберткових дизелів малої потужності для малогабаритної техніки, засобів малої механізації, виробництво яких тільки починає налагоджуватись в Україні. До таких ДВЗ належать сімейства високооберткових дизелів малої потужності 2Ч 8,2/8,8 (СМД-900, 1800, 2700) та 2Ч 8,8/8,2 (2ДТ, 3ДТ, 4ДТ), розроблених у м. Харкові. Щоб зберегти і підвищити конкурентоспроможність цих двигунів і в майбутньому, доцільно визначити шляхи поліпшення, перш за все їх паливної економічності та екологічної безпеки. Важливо також, щоб шляхи вирішення цих проблем, були прийнятні як за коштами, так і за часом реалізації.

Виходячи з наведеного, актуальною задачею є визначення умов та найбільш доцільних способів покращання паливної економічності та зменшення показників димності відпрацьованих газів (ВГ) у високооберткових автотракторних дизелях (на прикладі дизеля 2Ч 8,2/8,8) шляхом зміни умов сумішоутворення і згоряння, шляхом узгодження характеристик, конструктивних параметрів та факторів, що визначають форму та конструктивні особливості камери згоряння (КЗ), динаміку розвитку факелів розпиленого палива в ній, взаємодію заряду зі стінками КЗ при встановленій швидкості направлено руху заряду. Таким чином, зміст даної роботи спрямований на визначення конструктивних параметрів та факторів, які найбільш впливають на процеси сумішоутворення і згоряння, а в результаті на економічні та екологічні показники роботи ДВЗ; розробку методів дослідження цього впливу; визначення за цими методами раціональних значень параметрів та факторів, що забезпечать перспективні вимоги, щодо паливної економічності та димності відпрацьованих газів у дизелях подібного класу.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Робота виконана на кафедрі ДВЗ ХНАДУ і включає результати досліджень, що проводилися кафедрою за наступними Державними науковими програмами та конкурсними проектами МОН України, у яких здобувач брав участь як співвиконавець окремих розділів:

- Конкурсні проекти МОН України: "Розробка теоретичних основ і на їх основі уточнених цифрових моделей робочих циклів швидкохідних автот-

ракторних двигунів внутрішнього згоряння”, 1998-2002 рр. (ДР №0197U016184) та “Наукові основи ефективного використання біогазу як альтернативного палива в енергетичних транспортних установках”, 2003-2005 рр. (ДР №01003U001437).

Мета і задачі дослідження

Метою дисертаційної роботи є визначення напрямків поліпшення економічних показників роботи високообертових дизелів з об’ємно-плівковим способом сумішоутворення у циліндричній КЗ у поршні, шляхом зміни умов сумішоутворення та згоряння.

Для досягнення поставленої мети в роботі були поставлені та розв’язані наступні задачі:

1. Порівняльна оцінка економічного та екологічного (за димністю ВГ) рівня високообертового дизеля 2Ч 8,2/8,8 з світовими аналогами.

2. Визначення параметрів, що найбільш впливають на процеси сумішоутворення і згоряння, й обґрунтування доцільних меж їх варіювання при дослідженні.

3. Розробка імітаційної моделі для дослідження процесів сумішоутворення і згоряння у високообертовому дизелі з об’ємно-плівковим способом сумішоутворення у циліндричній КЗ у поршні.

4. Проведення аналітичного дослідження за розробленою моделлю та доповнення його результатами експериментального дослідження.

Об’єкт дослідження – процеси сумішоутворення і згоряння в високообертових чотиритактних автотракторних дизелях малої потужності (на прикладі 2Ч 8,2/8,8) з безпосереднім вприскуванням палива.

Предмет дослідження – вплив на процеси сумішоутворення та згоряння, а через них на техніко-економічні показники роботи ДВЗ в умовах об’ємно-плівкового способу сумішоутворення, паливної апаратури та форми КЗ в поршні.

Методи дослідження – математичне та фізичне моделювання робочих процесів у дизелях при застосуванні математичного планування досліджень, методів визначення вихідних показників роботи дизеля з використанням сучасного експериментального обладнання, методів отримання, обробки та аналізу за допомогою комп’ютера індикаторних діаграм та осцилограм параметрів паливоподачі, визначення раціональних значень впливових факторів методом структурованого пошуку.

Наукова новизна одержаних результатів

1. Визначені й обґрунтовані шляхи підвищення ефективності робочих циклів у високообертових автотракторних дизелях малої потужності шляхом зміни умов процесів сумішоутворення та згоряння за рахунок оптимізації конструктивних параметрів і факторів, що їх формують.

2. Запропонований комплекс показників для оцінки сумішоутворення та згоряння, що дають можливість визначити вплив на них конструктивних параметрів та факторів ДВЗ.

3. Розроблена методика розрахункової оцінки якості сумішоутворення і згоряння на основі запропонованих в роботі імітаційної моделі і комплексу показників сумішоутворення і згоряння.

4. Визначений вплив окремих процесів та факторів, що визначають сумішоутворення та згоряння та їх сумарну дію на техніко-економічні показники високообертових автотракторних дизелів малої потужності з циліндричною КЗ у поршні.

Практичне значення одержаних результатів

В практичних цілях можуть бути використані:

1. Результати розрахунково-експериментальних досліджень та рекомендації щодо реалізації резервів підвищення паливної економічності високообертових дизелів з об'ємно-плівковим способом сумішоутворення за рахунок зміни умов сумішоутворення та згоряння.

2. Розроблена імітаційна модель, програмний комплекс щодо застосування її для комплексного дослідження ефективності процесів сумішоутворення і згоряння та результати дослідження за нею.

3. Методика та програмне забезпечення для розрахунку на ЕОМ раціональних напрямків осей розпилюючих отворів форсунки в дизелях з об'ємно-плівковим сумішоутворенням в циліндричній КЗ у поршні.

4. Датчики для реєстрації руху голки розпилювача в безштангових форсунках та закону подачі палива при дослідженні паливної апаратури (ПА) на безмоторних стендах.

5. Результати дослідження, програмні комплекси, оригінальні пристрої відображені у публікаціях здобувача, передані для використання і впровадження Казенному підприємству "Харківське конструкторське бюро з двигунобудування", науково-дослідній лабораторії кафедри ДВЗ ХНАДУ, а також використовуються у навчальному процесі при підготовці студентів спеціальності 7.090210 – двигуни внутрішнього згоряння в ХНАДУ.

Особистий внесок здобувача

При виконанні дисертаційного дослідження здобувачем особисто:

1. Виконаний аналіз результатів наявних експериментальних і теоретичних даних, на підставі якого запропоновано комплексний метод дослідження процесу сумішоутворення та згоряння у високообертових дизелях з об'ємно-плівковим способом сумішоутворення у циліндричній КЗ, розроблені алгоритм та програма розрахунку за цим методом.

2. Підготовлені та проведені з застосуванням методів математичного планування аналітичний та фізичний експерименти з дослідження впливу конструктивних та експлуатаційних параметрів, факторів і характеристик ДВЗ на процеси сумішоутворення та згоряння, за результатами яких побудовані рівняння регресії, що відкрили можливість для оптимізації значень цих параметрів і факторів і характеристик.

3. Адаптована загальна цифрова математична модель проф. Маца 3.3. розрахунку процесів сумішоутворення і згоряння до конкретних умов проті-

кання їх у високооберткових малопотужних дизелях з об'ємно-плівковим способом сумішоутворення в циліндричній КЗ.

4. У залежностях проф. Лишевського О.С. для оцінки параметрів та характеристик факела розпиленого палива уточнені показники і коефіцієнти при комплексах і симплексах з урахуванням особливостей систем паливоподачі у високооберткових малопотужних дизелях.

5. Участь у розробці алгоритму та програми розрахунку з визначення за допомогою ЕОМ раціонального напрямку розпилюючих отворів форсунки у дизелі з об'ємно-плівковим сумішоутворенням і КЗ у поршні.

6. Участь у налагодженні роботи вимірювального комплексу, пристроїв і приладів для експериментального дослідження процесів сумішоутворення і згоряння у ДВЗ (датчика для реєстрації підйому голки в безштанговій малогабаритній форсунці МФД, пристрою для визначення закону подачі палива при безмоторних випробуваннях та ін.), в проведенні дослідження та обробці його результатів.

Апробація результатів роботи

Основні положення та результати роботи доповідались та отримали схвалення на: Конгресах двигунобудівників України з іноземними учасниками (Київ - Харків - Алушта 1995 - 2006 рр); Науково-технічних конференціях "Автомобильная техника", Росія, м. Челябінськ, 1998, 2000 рр.; Міжнародних науково-технічних конференціях „Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я". Харків - Мішколець - Магдебург (Україна - Угорщина - Німеччина 1998 - 2001 рр); Науково-технічних (в тому числі і міжнародних) конференціях ХНАДУ (м. Харків, 1999 - 2006 рр.).

Публікації

Результати дисертації опубліковано в 6 наукових працях, 5 з них в фахових виданнях ВАК України.

Обсяг і структура дисертації

Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків та 4 додатків. Повний обсяг дисертації складає 234 сторінки; з них 53 ілюстрацій у тексті; 27 ілюстрацій на 28 сторінках; 14 таблиць на 12 сторінках; 119 найменувань використаних джерел на 10 сторінках; 4 додатки на 52 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У вступі обґрунтовується актуальність розроблюваної теми дисертації, формулюється її мета та основні завдання дослідження, визначаються шляхи їх вирішення, надається інформація про наукову новизну та практичну цінність роботи, визначається особистий внесок здобувача в одержані результати досліджень та впровадження результатів роботи.

Перший розділ присвячений аналізу та обґрунтуванню завдань, пов'язаних з вибором напрямку дослідження з метою покращання техніко-економічних та екологічних показників роботи високооберткових автотракто-

рних дизелів малої потужності за рахунок зміни умов сумішоутворення і згоряння.

Аналіз особливостей сумішоутворення і згоряння у високооберткових дизелях з об'ємно-плівковим способом сумішоутворення в циліндричній КЗ в поршні, викладених в роботах А.Е.В. Austena, Д.М. Вирубова, В.Р. Гальговського, В.Г. Дяченко, М.І. Іванченка, Г.М. Камфера, W. T. Lun'a, Я.М. Майєра, А.П. Марченка, І.В. Парсаданова, Б.І. Семенова, А.С. Хачіяна, В.В. Ефроса та інших вчених свідчить, що зазначена задача, яка гостро стоїть перед розробниками цих ДВЗ, ще далека від остаточного розв'язання, а запропоновані шляхи і методи її вирішення не тільки далекі від остаточного завершення, а й неоднозначні, що не дозволяє їх поширювати без додаткових досліджень навіть на подібні ДВЗ. Тому актуальним є подальше розроблення цієї задачі, а отримані при цьому результати мають науковий і практичний інтерес.

В розділі проаналізовані особливості та складності в організації робочого циклу у високооберткових малопотужних автотракторних дизелях та встановлені за результатами цього аналізу головні параметри та фактори, що визначають умови сумішоутворення і згоряння, які забезпечують встановлені показники роботи в цих дизелях. Викладені підходи, що пропонуються при розробці (або виборі методу) порівняльної оцінки резервів та напрямків покращання показників роботи у автотракторних дизелях малої потужності, апробованих на дизелі 2Ч 8,2/8,8, сформульовані вимоги до розробленого та застосованого в подальшому методі дослідження та головні задачі на дослідження.

Другий розділ присвячений розробці імітаційної моделі комплексного дослідження процесів сумішоутворення і згоряння у високооберткових дизелях малої потужності з об'ємно-плівковим способом сумішоутворення у циліндричній КЗ у поршні.

Аналіз подібних моделей, розроблених під керівництвом професорів С.І. Барсукова, І.І. Вібе, Я.О. Єгорова, Г.М. Камфера, W. T. Lun'a, Я.М. Майєра, З.З. Маца, М.Ф. Разлейцева, Б.І. Семенова, М.С. Ховаха та інших вчених показав, що через складність та неоднозначність у дизелях різних типів процесів, що визначають сумішоутворення і згоряння, не існує не тільки надійного методу для оцінки цих процесів, але і загальновизнаних показників для їх оцінки, які б розкривали їх сутність. Безумовно, що визначення показників відкрило б можливість впливати через них на конструктивні параметри і фактори, що визначають якість сумішоутворення і згоряння, а відповідно і техніко-економічні показники роботи дизеля, а значить і оптимізувати останні. З урахуванням відміченого для вирішення завдань даного дослідження в роботі, щоб оцінити якість сумішоутворення і згоряння, запропоновано комплекс найбільш інформативних показників, які дозволяють оцінити та визначити вплив сумішоутворення та згоряння на показники роботи дизеля, а саме:

- місцевий коефіцієнт надлишку повітря в кінці першої фази згоряння, α_{m_y} та α_{v_y} - для оцінки “жорсткості” роботи дизеля;

- відсоток заповнення повітрям міжфакельного простору ($\overline{\delta_{nf}}$), % в кінці періоду затримки самозаймання – для оцінки ефективності залучення повітря в об’ємі КЗ у процесі сумішоутворення і згоряння і на цій основі прогнозування показників роботи ДВЗ;

- частку палива, що потрапляє у формі плівки на стінку КЗ ($\overline{\delta_{nl}}$), % в кінці впрыскування палива (“долю плівкості”) – для оцінки швидкості випаровування, сумішоутворення і згоряння, а відповідно і для прогнозування показників роботи ДВЗ;

- тривалість згоряння, $\Delta\phi$, °п.к.в. – для оцінки ефективності сумішоутворення і згоряння і прогнозування економічності роботи двигуна.

Перелічені показники (характеристики) сумішоутворення і згоряння оцінювались за результатами проведеного комплексного розрахунково-експериментального дослідження та оптимізувались за прийнятими методами, в тому числі методами, що застосовуються в теорії планування експерименту.

Для визначення перелічених показників та їх оптимізації в роботі за основу прийнята цифрова модель проф. Маца З.З., яка була адаптована для випадку об’ємно-плівкового сумішоутворення і згоряння в високооберткових дизелях малої потужності і доповнена наступними окремими методиками та аналітичними залежностями:

- для визначення тривалості впрыскування ($\Delta\phi_{впр}$) – залежністю проф. Разлейцева М.Ф.;

- для визначення періоду затримки самозаймання ($\Delta\phi_i$) – залежністю проф. Толстова О.І.;

- для визначення параметрів факела розпиленого палива – залежностями проф. Лишевського О.С.;

- для визначення швидкості руху повітря в КЗ та концентрації оксидів азоту у ВГ – методиками проф. Камфера Г.М.;

- для визначення напрямку розпилюючих отворів у форсунці – за методикою, розробленою на кафедрі ДВЗ ХНАДУ за участю здобувача.

Блок - схема розрахунку за імітаційною моделлю, адаптованою для дослідження в високооберткових дизелях малої потужності наведена на рис.1.

В імітаційній моделі процеси “згоряння-розширення” описуються двома узагальненими параметрами: індикаторним ККД ($\eta_{ін}$) та ступенем підвищення тиску при згорянні (λ_n), які однозначно зв’язані з параметрами, що визначають тепловиділення в робочому циклі, а саме: N та ϕ_z і відповідно з $X_i = f(\phi)$. Параметр N – еквівалентний площині під кривою $X_i = f(\phi)$, а ϕ_z – моменту її інерції відносно ВМТ. Коефіцієнт запасу для оцінки можливостей вдосконалення робочого циклу оцінюється за величиною площі, обмеженої відрі-

зками A_a та A_b , від точки до граничної кривої на діаграмі рис. 2. Числове значення його повинно бути більше нуля і більше $\sigma_{з,мін}$, яке відповідає мінімальній величині запасу, що враховує розбіг показників дизеля, виходячи з наявності припусків на виготовлення, збирання та регулювання. Моделлю передбачений розрахунок $\sigma_з$ в автоматичному режимі.

Отримані за розробленою моделлю показники роботи дизеля 2Ч 8,2/8,8 у штатній та запропонованій більш раціональній комплектації показані на адаптованій імітаційній моделі (рис. 2), точками A_1 та A_2 відповідно. Як видно з рис. 2, запропонована в роботі комплектація дизеля, що досліджується, по-перше, забезпечує поліпшення його техніко-економічних показників та димності ВГ, а, по-друге, зберігає можливість для їх подальшого покращання, про що свідчать розташування точок на моделі та обчислені значення коефіцієнтів запасу, які складають для штатної комплектації $\sigma_з = 18,2$, а для запропонованої $\sigma_з = 10,18$.

У третьому розділі наведено методику та результати експериментального дослідження дизеля 2Ч 8,2/8,8 на обладнаному для його проведення моторному стенді та декількох безмоторних установках і пристроях, в тому числі й оригінальних, розроблених та виготовлених за участю здобувача (пристрій для визначення закону подачі палива, пристрій для визначення закону підйому голки розпилювача безштангової форсунки МФД та ряд ін.). При проведенні моторних досліджень дизеля для реєстрації процесів використовувалась нова автоматизована система дослідження та діагностування автотракторних двигунів, розроблена на кафедрі ДВЗ ХНАДУ під керівництвом професорів Абрамчука Ф.І. та Пойди А.М., що складається з комп'ютера, підсилювачів, датчиків та ін.

На основі аналізу численних літературних джерел та результатів попередніх досліджень і обчислень для дослідження були обрані визначальні конструктивні параметри дизеля та фактори, які найбільше впливають на процеси сумішоутворення та згоряння і через них формують показники роботи дизеля, а саме: вихрове відношення впускного каналу Ω , форма КЗ, параметри та характеристики ПА (значення ефективного прохідного перерізу μf_p розпилюючих отворів форсунки, їх кількості i_p та напрямки їх осей, кути φ та γ , максимального тиску вприскування $P_{ВПР,макс}$), тиск попереднього затягування пружини голки форсунки $P_{Фп}$; значення внутрішнього діаметра паливопровода високого тиску, $d_{ПВн}$. Межі доцільного їх варіювання під час експерименту встановлені за результатами аналізу даних попередніх експериментів та розрахунків і з урахуванням перспективного форсування дизеля. Для забезпечення проведення експерименту були виготовлені, підібрані або дооброблені експериментальні деталі: поршні (рис. 3), розпилювачі форсунок (рис. 4 та табл. 1), паливопроводи високого тиску та інше.

Таблиця 1

Параметри розпилювачів

Тип розпилювача	№ розпилювача	d _p , мм	Кути напрямку осей розпилювача, град					
			φ ₁	γ ₁	φ ₂	γ ₂	φ ₃	γ ₃
Штатний	15	0,25	12	80	167	83	275	50
	23	0,25	13	80	170	82	273	50
Модернізований	VI	0,25	17	75	160	75	269	58
	VII	0,25	18	76	84	75	268	60

Головні результати дослідження наведені в табл. 2 та на рис. 5 і 6. Вони:

- підтвердили доцільність поліпшення показників роботи високооборотних дизелів за рахунок зміни умов сумішоутворення і згоряння;
- дозволили отримати дані, за якими були визначені раціональні поєднання конструктивних параметрів та факторів у дизелі 2Ч 8,2/8,8 для забезпечення необхідних умов організації якісних процесів сумішоутворення і згоряння для покращання їх техніко-економічних (N_e та g_e) та екологічних (димність ВГ) показників роботи;
- підтвердили адекватність розробленої комплексної імітаційної моделі дослідження реальним процесам в дизелі;
- дозволили уточнити числові коефіцієнти та показники при комплексах та симплексах, що входять у розрахункову модель.

Для досягнення поставленої у дослідженні мети був проведений п'ятифакторний експеримент, за результатами якого побудовані аналітичні залежності (рівняння регресії), які дозволили встановити умови бажаних показників сумішоутворення і згоряння, а відповідно і показників роботи ДВЗ.

У четвертому розділі аналізуються результати розрахунково-експериментального дослідження процесів сумішоутворення і згоряння у високооборотному малопотужному дизелі 2Ч 8,2/8,8, за якими обрані та обґрунтовані раціональні конструктивні параметри і фактори, що визначають показники роботи дизелів цього класу; оцінені експлуатаційні показники роботи дизеля 2Ч 8,2/8,8 при роботі на СШ Т-16 в межах пріоритетних режимів експлуатації самохідних шасі на сільськогосподарських роботах.

За допомогою отриманих рівнянь регресії проаналізовано вплив кожного з варійованих параметрів на показники сумішоутворення та згоряння, а через них на показники роботи дизеля. Встановлено, що найбільший вплив при оптимізації в межах варіювання (за питомою вагою впливу) мали: частка палива, що потрапляла на стінку КЗ у вигляді плівки $\overline{\delta_{пл}}$ ("доля плівкості") - досягнуто зниження сумарного g_e від початкового на 6,5 г/кВт·год; оптималь-

ність розміщення факелів розпиленого палива в об'ємі КЗ $\overline{h_{n\phi}} = \frac{h_{n\phi}}{h_{кз}}$ - досягнуто

зниження g_e на 4 г/кВт·год; значення ефективного прохідного перерізу в розпилювачах отворів форсунки μ_f - досягнуто зниження g_e на 4 г/кВт·год; внутрішнього діаметра паливопроводу $d_{ПВН}$ та тиску попереднього затягування пружини голки форсунки $P_{фп}$ - досягнуто сумарне зниження g_e на 2 г/кВт·год (рис. 6).

Загальний вигреш від заміни штатної комплектації дизеля запропонованою за економічністю g_e склав 6,4 % (зниження від 240 до 225,2 г/кВт·год), а за димністю ВГ, що оцінювалась за ступенем поглинання світового потоку - 7,3 % (з 66,7 до 62 %) (рис. 5 і 6, табл. 2).

Сукупний найкращий результат від дії найбільш впливових на g_e та К параметрів $\overline{\delta_{пл}}$ та $\overline{h_{n\phi}}$ дорівнював зниженню g_e на 5,5 %, а К на 6,2 % (рис. 7, точка А), а найгірший – відповідно зниженню g_e на 2,1 %, а К на 1,5 % (рис. 7, точка Г).

Результати роботи дозволили не тільки встановити кращу серед досліджених варіантів комплектацію, що пропонується для високообертового дизеля 2Ч 8,2/8,8, а і встановити можливість подальшого покращання ефективності в ньому процесів сумішоутворення та згоряння та шляхи її забезпечення.

В розділі виконана оцінка економічності роботи дизеля 2Ч 8,2/8,8 в умовах експлуатації на СШ Т-16 в межах пріоритетних режимів на сільськогосподарських роботах. Для цього шляхом обробки експериментальних даних НАМІ (м. Москва), отриманих під час експлуатації подібного шасі (ВТЗ-30 СШ-ГМ) з дизелем ВТЗ – 120, побудовані з використанням теорії подібності поля типових режимів роботи для аналогічних транспортних засобів (рис. 8). Показано, що в експлуатації дизель 2Ч 8,2/8,8 у рекомендованій комплектації забезпечить порівняно зі штатною зниження $g_{e_{експл}}$ на 4,48 %, а К на 4,2 %, що істотно, і сприятиме підвищенню його конкурентоспроможності.

$$g_{e_{експл}} = K_n \frac{\sum_{j=1}^n N_{e_j} g_{e_j} \tau_j}{\sum_{j=1}^n N_{e_j} \tau_j},$$

де K_n – коефіцієнт, що враховує перевитрату палива на перехідних режимах роботи дизеля для роботи на СШ; K_n прийнято рівним 1;

N_{e_j} та g_{e_j} - потужність та питома витрата палива дизелем на “j – му” режимі роботи;

τ_j – відносний час роботи дизеля на “j – му” режимі в експлуатації.

Таблиця 2

Показники роботи та критерії сумішоутворення і згоряння в дизелі
2Ч 8,2/8,8 при $n = 3000 \text{ хв}^{-1}$

Параметри	Числові значення параметрів	
	Штатна ком- плектація	Покращана комплектація
1. Ефективна потужність N_e , кВт	14,0	14,12
2. Частота обертання колінчатого вала n_n , хв^{-1}	3000	3000
3. Питома ефективна витрата палива g_e , г/кВт·год	240* ¹	225,2
4. Димність ВГ K , %	63,7	55
5. Максимальний тиск згоряння P_z , МПа	8,8	8,9
6. Швидкість наростання тиску $(dP/d\phi)_{\max}$, МПа/° п.к.в.	0,51	0,5
7. Коефіцієнт запасу (за методикою Маца 3.3.)	18,2	10,18
8. Умовний кінець згоряння (виділення $0,9X_i$) ° п.к.в. після ВМТ	75	56
9. Тривалість згоряння $\Delta\phi$, ° п.к.в.	100	81
10. Максимальний тиск вприскування палива $P_{\text{впр. макс}}$, МПа	28,5	29,0
11. Тривалість вприскування палива $\Delta\phi$, ° п.к.в.	23,5	22,0
12. Далекобійність вільного факела розпиленого палива за $\Delta\phi_{\text{впр}} I_{\text{ф.р.п.}}$, мм	48	46
13. Діаметр крапель Заутера d_{kr3} , мкм	55	53
14. “Доля плівкості” $\overline{\delta_{пл}}$, %	65	35

*1 – значення вихідних показників у штатній комплектації дизеля забезпечені після його стендової доводки;

ВИСНОВКИ

У дисертаційному дослідженні поставлена та вирішена науково-практична задача - визначення можливості та найбільш доцільних шляхів поліпшення паливної економічності та димності ВГ високооберткових малопотужних дизелів з об'ємно-плівковим способом сумішоутворення у циліндричній КЗ за рахунок зміни умов сумішоутворення і згоряння (на прикладі дизе-

ля 2Ч 8,2/8,8). Рішення даної задачі дозволило одержати наступні наукові і практичні результати:

1. Запропонована імітаційна модель комплексного дослідження процесів сумішоутворення і згоряння, що дозволяє оцінювати вплив змінюваних конструктивних параметрів, характеристик та факторів на показники цих процесів і, як результат, на економічність і димність ВГ в високооберткових дизелях малої потужності з об'ємно-плівковим способом сумішоутворення у циліндричній КЗ, при розробці якої та програмного забезпечення для її реалізації здобувачем:

- визначений комплекс показників сумішоутворення і згоряння, що характеризує ці процеси, при цьому вперше запропонована, як показник для оцінки якості сумішоутворення, доля палива, що подається на стінку КЗ у формі плівки, $\overline{\delta_{пл}}$, % (“доля плівкості”);

- адаптована цифрова модель проф. Маца 3.3. до умов об'ємно-плівкового способу сумішоутворення і згоряння в високооберткових дизелях малої потужності;

- в моделі розрахунку параметрів та характеристик факелу розпиленого палива уточнені коефіцієнти та показники в рівняннях, комплексах і симплексах, які враховують особливості роботи дизелів цього класу;

- розроблений аналітичний спосіб вибору раціонального напрямку осей факелів розпиленого палива в розпилювачі з використанням ЕОМ та програмне забезпечення.

2. Отримані аналітичні залежності, що зв'язують показники роботи дизеля з його конструктивними параметрами з одного боку й показниками сумішоутворення та згоряння з іншого, що відкрило можливість для оптимізації останніх за рахунок раціонального вибору перших. Залежності мають достатню спільність для застосування їх при розробці, дослідженні й доведенні дизелів подібного класу.

3. Запропоновані заходи щодо підвищення ефективності організації процесів сумішоутворення і згоряння у високооберткових дизелях малої потужності, які забезпечують поліпшення економічності та зменшення димності ВГ за рахунок дообробки КЗ у поршні, більш раціонального розміщення факелів розпиленого палива в об'ємі КЗ, оптимізації ефективного прохідного перерізу розпилюючих отворів форсунки, тиску попереднього затягування пружини форсунки та внутрішнього діаметра паливопроводу високого тиску.

При запропонованій комплектації на номінальному режимі роботи дизеля 2Ч 8,2/8,8 ($N_e = 14$ кВт при $n = 3000$ хв⁻¹) порівняно з базовою комплектацією досягнуто зниження g_e на 6,4%, димності ВГ К на 7,3%, а в умовах експлуатації на СШ відповідно на 4,48 % та на 4,2%.

4. Проведені аналітичне й експериментальне дослідження високооберткового дизеля малої потужності 2Ч 8,2/8,8 з метою вибору найбільш раціональних напрямків поліпшення його паливної економічності та зменшення димності ВГ за рахунок зміни умов сумішоутворення і згоряння, за результата-

ми яких, з урахуванням попередніх досліджень (при застосуванні гвинтового впускного каналу в головці циліндрів, що забезпечує вихрове відношення Ω на рівні 0,5 - 0,6) рекомендовано для дизеля 2Ч 8,2/8,8:

- КЗ – у поршні циліндричної форми з напівсферичними карманами-турбулізаторами в зонах контакту коротких факелів розпиленого палива з її поверхнею;

- паливну апаратуру, що складається з ПНВТ, який забезпечує $P_{ВПР\max}$ до 40-50 МПа, форсунок закритого типу з тридірчастим розпилювачем з $d_p = 0,23^{+0,02}$ мм ($\Sigma\mu f_p = 0,12 - 0,13$ мм²); з попередньою затяжкою пружини $P_{Фп} = 21^{+0,5}$ МПа та паливопроводами високого тиску довжиною 500 мм і внутрішнім діаметром з $d_{Пвн} = 1,1-1,2$ мм;

- розташування форсунки в об'ємі КЗ, при якому напрямки осей розпилюючих отворів забезпечують умовний контакт осей факелів розпиленого палива з твірною КЗ на відстані від днища поршня при положенні його у ВМТ на рівні $h_{пф} = 6 - 6,5$ мм ($\overline{h_{пф}} = (0,45 - 0,48) h_{кз}$) і надпоршневого зазору $0,95^{\pm 0,10}$ мм.

5. Розроблені та використані при дослідженні пристрій для реєстрації закону подачі палива та датчик переміщення голки у безштанговій форсунці.

6. Результати дослідження, програмні комплекси, оригінальні пристрої відображені у публікаціях здобувача, передані для використання і впровадження Казенному підприємству “Харківське конструкторське бюро з двигунобудування”, науково-дослідній лабораторії кафедри ДВЗ ХНАДУ, а також використовуються у навчальному процесі при підготовці студентів спеціальності 7. 090210 – двигуни внутрішнього згоряння в ХНАДУ.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Тимченко И. И., Башлай С. И., Тимченко Д. И. Влияние температуры топлива на процесс топливоподачи топливными системами с насосами распределительного типа серии НД// Автомобильная техника. – Челябинск: ЧВВАИУ. – 1998. – № 7. – С. 81-89. Здобувачем проведені експериментальні дослідження впливу температури палива на характеристики впорскування паливної системи з насосами розподільного типу.

2. Тимченко И.И., Жадан П.В., Воронков А.И, Байцур М.В., Тимченко Д.И. Метод рационального выбора конструктивных параметров дизеля // Автомобильный транспорт. – Харьков: ХГАДТУ. – 2000. – № 12. – С. 65-69. Здобувач приймав участь у розробці методу дослідження у тій частині, де він оцінює вплив характеристик впорскування палива на показники роботи дизеля.

3. Тимченко А.И., Цыбульский В.А., Тимченко Д.И. Исследование режимов приработки дизеля СМД-900 // Автомобильный транспорт. – Харьков: ХНАДУ. – 2003. – №13. – С. 132 – 134. Здобувач приймав участь у визна-

ченні раціональних режимів експериментальної обкатки дизеля СМД-900, експериментальній її перевірці.

4. Тимченко И.И., Тимченко Д.И., Кабанов А.Н. Метод оценки резервов улучшения показателей работы автотракторных дизелей за счет рационального выбора их параметров (на примере СМД – 900) // Автомобильный транспорт . – Харьков: ХНАДУ. – 2004. – №15. – С. 40-44. Здобувачем проведено експериментальне дослідження і проаналізований вплив напрямку осей отворів розпилувачів на показники роботи дизеля.

5. Тимченко А.И., Жилин С.С., Кабанов А.М., Тимченко Д.И. Метод расчета ориентации топливных струй в камере сгорания дизеля с объемно-пленочным смесеобразованием // Автомобильный транспорт.–Харьков: ХНАДУ, 2005. – № 17. – С. 306 - 308. Здобувач приймав участь у експериментальній перевірці методу розрахунку орієнтації паливних факелів.

6. Абрамчук Ф.И, Тимченко Д.И, Майстренко Г.В. Результаты экспериментального исследования новой системы организации смесеобразования в высокооборотном дизеле 2V 8,2/8,8 (СМД-900) // Автомобильный транспорт. – Харьков: ХНАДУ. – 2006. – № 18. – С. 103 – 106. Здобувачем експериментально визначені показники роботи дизеля та розраховані характеристики тепловиділення.

АНОТАЦІЇ

Тимченко Д.І. Поліпшення паливної економічності високооберткових дизелів шляхом зміни умов сумішоутворення і згоряння. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.03 – теплові двигуни. – Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, 2006.

Дисертація присвячена визначенню умов та доцільних шляхів покращання техніко-економічних та екологічних показників роботи високооберткових автотракторних дизелів малої потужності, за рахунок зміни умов організації сумішоутворення і згоряння (на прикладі дизеля 2Ч 8,2/8,8).

В роботі запропоновані показники для оцінки сумішоутворення, які найбільш впливають на цей процес; встановлені конструктивні параметри і фактори дизеля, що визначають цей вплив, та доцільні межі їх зміни та зв'язки між ними.

Розроблений комплексний розрахунковий метод дослідження робочого циклу високооберткового дизеля малої потужності з об'ємно-плівковим способом сумішоутворення у циліндричній КЗ у поршні, розроблений алгоритм та програма, за якими проведений чисельний експеримент для дизеля 2Ч 8,2/8,8.

Підготовлене та проведене експериментальне моторне дослідження дизеля 2Ч 8,2/8,8, за результатами якого виконана оцінка адекватності розрахункової моделі, уточнені її складові та значення чисельних коефіцієнтів у складаючих її моделях, перевірені рекомендації щодо доцільної конструктив-

ної зміни комплектації дизеля 2Ч 8,2/8,8 з метою покращання показників його роботи. За його результатами сформульовані конкретні рекомендації виробникам дизелів даного класу.

Виконана оцінка можливого покращання при застосуванні рекомендованої комплектації, техніко-економічних та екологічних показників роботи дизеля 2Ч 8,2/8,8 в умовах експлуатації його на СШ Т-16 в типізованому полі режимів роботи.

Ключові слова: дизель, робочий цикл, процес сумішоутворення, розрахункова імітаційна модель, економічність, токсичність, камера згорання, паливний факел, впускний канал.

Тимченко Д.И. Улучшение топливной экономичности высокооборотных дизелей путем изменения условий смесеобразования и сгорания. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 – тепловые двигатели. – Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Харьков, 2006.

Диссертация посвящена установлению условий и целесообразных путей улучшения технико-экономических и экологических показателей работы высокооборотных автотракторных дизелей малой мощности путем изменения условий смесеобразования и сгорания (на примере дизеля 2Ч 8,2/8,8).

Для решения задачи в работе предложены показатели для оценки смесеобразования, которые больше всего влияют на этот процесс, определены конструктивные параметры и факторы в дизеле, которые формируют это влияние и целесообразные пределы их изменения, установлены связи между ними.

Впервые в качестве показателя смесеобразования соискателем предложена “доля пленочности” и механизм ее оценки.

Разработан комплексный расчетный метод исследования рабочего цикла высокооборотного дизеля малой мощности с объемно-пленочным способом смесеобразования в цилиндрической камере сгорания в поршне, который базируется на известной цифровой модели рабочего цикла проф. Маца З.З., которая адаптирована соискателем к условиям в высокооборотных маломощных дизелях, и дополненной методиками и зависимостями, предложенными профессорами Разлейцевым Н.Ф., Толстовым А.И., Лышевским А.С., Камфером Г.М. и др. Разработаны алгоритм и программа расчета для этого метода, с использованием которых проведен численный эксперимент для дизеля 2Ч 8,2/8,8.

Результаты эксперимента позволили не только дать общую оценку технико-экономическому и экологическому уровню базового дизеля 2Ч 8,2/8,8, но и выделить основные параметры и факторы, оказывающие главное влияние на условия смесеобразования и сгорания, оценить удельный вес этого влияния, установить допустимые пределы их варьирования и наилучшее

сочетание, обеспечивающее улучшение показателей работы исследуемого дизеля.

Подготовлено и проведено экспериментальное моторное исследование дизеля 2Ч 8,2/8,8, по результатам которого произведена оценка адекватности расчетной модели; выполнено уточнение ее структуры и значение числовых коэффициентов и показателей степени в комплексах и симплексах составляющих ее методики; проверены сформулированные рекомендации по целесообразному конструктивному изменению комплектации дизеля 2Ч 8,2/8,8, с целью улучшения показателей его работы. По результатам общего расчетно-экспериментального исследования сформулированы конкретные рекомендации производителям дизелей данного класса.

Принимая во внимание, что исследуемый дизель 2Ч 8,2/8,8 разрабатывался преимущественно как силовая установка для транспортного средства, произведена оценка улучшения технико-экономических показателей и дымности ОГ при работе его в эксплуатации на СШ Т-16 в типизированном поле приоритетных режимов работы. Получено, что измененная комплектация обеспечивает снижение среднеэксплуатационного расхода топлива на 4,48%, а дымности ОГ на 4,2%, что существенно и будет способствовать повышению его конкурентоспособности.

Ключевые слова: дизель, рабочий цикл, процесс смесеобразования, расчетная имитационная модель, экономичность, токсичность, камера сгорания, топливный факел, впускной канал.

Timchenko D.I. Improving of fuel economy of high-rotation rate diesels engines by changing conditions of mixing and combustion. – Manuscript.

The thesis for a candidate's degree (engineering), on specialty 05.05.03 – heat engines. – Kharkov national automobile and highway university, Kharkov, 2006.

The thesis is devoted to determination of conditions and efficient ways of technical-and-economic, ecological indices betterment of high-revolution low power autotractor diesel operation by means of mixing conditions variation (by the example of diesel 2Ч 8,2/8,8). Indices for a mixing estimation which effect on this process the most have been proposed in this research work and constructional parameters and factors in a diesel which form this effect and suitable limits of their variation have been determined. Connections between them have been set up.

The combined design method of working cycle research of the high-revolution low power diesel with a volume-filmed method of mixing in the cylinder combustion chamber in a piston has been devised and an algorithm and a design program have been developed using them the numerical experiment for diesel 2Ч 8,2/8,8 has been carried out.

The experimental engine research of diesel 2Ч 8,2/8,8 has been prepared and carried out using the results of this research the design model estimation has been made for goodness of fit and refinement of its structure and a value of numerical

coefficients in its model components has been performed as well as formulated recommendations on efficient constructional variation of the complete equipment of diesel 2Ч 8,2/8,8 with the dim of indices improvement of its operation have been checked. By results of general design and experimental research concrete recommendation to diesel producers of family 2Ч 8,2/8,8 have been formulation.

The possible improvement estimation, under the fulfilment of the recommended complete equipment, technical-and-economic, ecological indices of diesel 2Ч 8,2/8,8 in the conditions of its exploitation on SSHT-16 in a typified field of operation modes, has been made.

Key words: diesel, working cycle, mixing process, design simulation model, economical operation, toxicity, combustion chamber, fuel jet, intake port.