

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

Корогодський Володимир Анатолійович

УДК 621. 43.013.43

ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ СУМІШОУТВОРЕННЯ ТА
ЗГОРЯННЯ В ДВИГУНАХ З ІСКРОВИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ ПРИ
БЕЗПОСЕРЕДНЬОМУ ВПРИСКУВАННІ ПАЛИВА

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
Дяченко Василь Григорович,
Національний технічний університет
“Харківський політехнічний інститут”, професор
кафедри двигунів внутрішнього згоряння

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Єроценков Станіслав Аркадійович,
Українська державна академія залізничного транспорту,
м. Харків, завідувач кафедри теплотехніки та
теплових двигунів;

кандидат технічних наук
Коколев Олександр Анатолійович,
Відкрите акціонерне товариство “Чугуївська
паливна апаратура”, м. Чугуїв, головний інженер

Провідна установа: Національний аграрний університет, кафедра
тракторів і автомобілів, Міністерство освіти і науки
України, м. Київ.

Захист відбудеться “22” квітня 2004 р. о 13⁰⁰ 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, кафедра “Двигуни внутрішнього згоряння”, ауд. 11.

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

Автореферат розісланий “20” березня 2004 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Пильов В.О.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ) є одним з найпоширеніших типів енергетичних установок, вимоги до яких по паливній економічності, екологічним характеристикам, надійності та іншим показникам постійно підвищуються. Виконання цих вимог для ДВЗ з іскровим запалюванням (ІЗ) можливо тільки при використанні нетрадиційних методів підвищення економічності та екологічних характеристик двигуна.

Перспективним напрямком підвищення цих показників для двигунів з ІЗ є використання якісного (або змішаного) регулювання потужності при безпосередньому вприскуванні палива (БВП) і розшаруванні заряду, що дозволяє істотно знизити експлуатаційні витрати палива, та викиди шкідливих речовин (ШР) з відпрацьованими газами (ВГ).

Ефективність процесів сумішоутворення і згоряння при БВП залежить від значної кількості факторів. Визначальними з них є характер сумішоутворення (об'ємне, об'ємно-плівкове або плівкове), взаємне розташування свічі запалювання (СЗ) і форсунки, характеристики вприскування, форма камери згоряння (КЗ), напрямок і інтенсивність потоків повітряного заряду в циліндрі двигуна тощо. Вплив цих факторів на процеси сумішоутворення і згоряння взаємозалежний, а доведення робочих процесів з розшаруванням заряду вимагає проведення трудомістких дослідно-конструкторських розробок, експериментальних досліджень. Тому вдосконалення процесів сумішоутворення і згоряння при розшаруванні паливо-повітряного заряду є актуальною проблемою.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційні дослідження являються складовою частиною науково-дослідних робіт, що виконані на кафедрі двигунів внутрішнього згоряння НТУ “ХП” відповідно Державної програми розвитку двигунобудування в Україні на 1996-2000 р.р., конкурсним проектам Міністерства освіти та науки України: “Проведення фундаментальних досліджень та розробка фізико-хімічних основ поліпшення до світового рівня експлуатаційних показників перспективних автомобільних двигунів українського виробництва по комплексу критеріїв максимального тепловикористання та найменшої токсичності при заданому рівні тривалої міцності та широкому використанню альтернативних палив і матеріалів” на 1997-1999р.р. (ДР №0197U001929); “Фундаментальні фізико-хімічні дослідження щодо широкого використання альтернативних матеріалів в перспективних вітчизняних двигунах внутрішнього згоряння для автотранспортних засобів” на 2000-2002 р.р. (ДР №0100U001654); “Фундаментальні дослідження робочих процесів і токсичності перспективних автотранспортних двигунів при їх конвертації на альтернативні палива” на 2003-2005 р.р. (ДР №0103U001500).

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є обґрунтування методів і раціональних технічних рішень по вдосконаленню процесів сумішоутворення та згоряння в двигунах з ІЗ при БВП.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішувались наступні задачі:

- аналіз особливостей різних схем процесів сумішоутворення в двигунах з ІЗ;
- розробка математичних моделей процесів внутрішнього сумішоутворення у двигунах з ІЗ при БВП;
- оцінка впливу ступеня розшарування заряду на показники робочих процесів двигунів з ІЗ при БВП;
- розробка перспективних схем паливостачання і конструкцій двигунів з ІЗ при БВП;
- створення моторних і безмоторних стендів для експериментальних досліджень двигунів з ІЗ при БВП;
- теоретичні та експериментальні дослідження процесів сумішоутворення і згоряння в двигунах з ІЗ при БВП, організація і доведення робочих процесів при об'ємному, об'ємно-плівковому і плівковому сумішоутвореннях.

Об'єкт дослідження – чотиритактний і двотактний двигуни з ІЗ (MeM3-245 і ДН-4).

Предмет дослідження – процеси сумішоутворення і згоряння в двигунах з ІЗ при БВП.

Методи досліджень. Математичне моделювання процесів перетікання заряду в надпоршневій порожнині циліндра з напіврозділеною КЗ; оцінка динаміки руху паливного факелу на основі теорії аеродинамічного сліду; математичне моделювання процесів масо- і теплообміну при утворенні паливно-повітряної суміші (ППС) в надпоршневій порожнині; експериментальне дослідження процесів сумішоутворення і згоряння палив на моторних і безмоторних установках.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Запропоновано математичну модель процесу перетікання заряду на такті стиску в надпоршневій порожнині двигуна з ІЗ та напіврозділеною КЗ, розташованою у головці циліндра.

2. Уточнено математичні моделі процесів об'ємно-плівкового сумішоутворення в двигунах з ІЗ при БВП.

3. Запропоновано метод оцінки ступеня розшарування заряду в двигунах з ІЗ і внутрішнім сумішоутворенням.

4. Визначено особливості впливу організації об'ємного, об'ємно-плівкового і плівкового сумішоутворення в двигунах з ІЗ при БВП та розшаруванні заряду на показники робочих процесів.

5. Запропоновано спосіб організації розшарування заряду при плівковому сумішоутворенні в двотактному двигуні з ІЗ при БВП, якісним і змішаним регулюванням потужності, при використанні палив широкого фракційного складу.

Практичне значення одержаних результатів. Дослідження виконано відносно до вітчизняних чотиритактного і двотактного двигунів з ІЗ (MeM3-245 і ДН-4), забезпечено на основних експлуатаційних режимах роботи підвищення паливної економічності і зниження ШР у ВГ:

– у двигуні MeM3-245 з механічною системою БВП і ІЗ у порівнянні з карбюраторною системою живлення на режимах холостого ходу при $n=1200\div 2500\text{хв}^{-1}$ годинна витрата палива (G_T) знижується на 10-14%, у зоні основних навантажувальних режимів роботи мінімальна питома ефективна витрата палива знижена на 10-15% ($g_{emin}=0,28\text{кг}/(\text{кВт}\cdot\text{год})$);

– у двигуні ДН-4 з механічною системою БВП і ІЗ у порівнянні з карбюраторною системою живлення на режимах холостого ходу ($n=1400\div 4800\text{хв}^{-1}$) G_T знижене в 1,4-2,1 рази; на режимах зовнішньої швидкісної характеристики і на режимах навантажувальних характеристик мінімальна питома ефективна витрата палива знижена на 30-45% ($g_{emin}=0,264\text{кг}/(\text{кВт}\cdot\text{год})$), вміст СО у ВГ в усьому діапазоні зміни частоти обертання знаходиться в межах 0,1-0,6%, вуглеводнів (C_nH_m) – 70-600ЧНМ, що на 70-90% нижче, ніж при роботі двигуна з карбюратором.

Результати дисертаційної роботи були прийняті для використання Мелітопольським заводом «Гідромаш» при створенні двигуна з ІЗ при БВП. Технічна новизна отриманих результатів підтверджена деклараційним патентом України на винахід (р/н 60614 А від 15.10.2003 р, бюл. № 10).

Особистий внесок здобувача. При виконанні дисертаційного дослідження здобувач приймав безпосередню участь в уточненні математичних моделей процесів внутрішнього сумішоутворення з розшаруванням заряду, розробці конструкції чотиритактного і двотактного двигунів з ІЗ при БВП на базі вітчизняних двигунів MeM3-245 і ДН-4.

Особисто здобувачем:

– запропоновано математичну модель перетікання заряду в надпоршневій порожнині на такті стиску в двигуні з напіврозділеною КЗ;

– уточнено математичні моделі процесів об'ємно-плівкового сумішоутворення для двигунів з ІЗ при БВП: динаміки руху паливного факела, масо- і теплообміну у паливному факелі, оцінки складу ППС у паливному факелі, оцінки розподілення і випаровування палива в надпоршневій порожнині та на поверхні стінок КЗ;

– запропоновано метод оцінки ступеня розшарування заряду в двигунах з ІЗ при БВП;

– запропоновано спосіб організації розшарування заряду з плівковим сумішоутворенням у двотактних двигунах з ІЗ при БВП та використанні палив широкого фракційного складу;

– створено експериментальні безмоторні і моторні стенди для: дослідження впливу на процеси сумішоутворення геометричних параметрів паливного

факелу, дисперсності розпилювання палива, температури поверхні КЗ; індиціювання двигуна; газового аналізу ВГ; інших показників робочих процесів двигунів з ІЗ при БВП;

– визначено особливості впливу різних схем організації процесів сумішоутворення в двигунах з ІЗ при БВП у КЗ на показники робочих процесів для модернізованого вітчизняного чотиритактного двигуна MeM3-245;

– уточнено методики проведення експериментальних досліджень процесів сумішоутворення, згоряння і визначення показників робочих процесів.

Апробація результатів дисертації. Основні результати досліджень доповідалися на міжнародних науково-технічних конференціях: “Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я”: Харків-Мішкольц (Угорщина)-Магдебург (Німеччина) (Україна, м. Харків, НТУ “ХПИ”, 1999-2002 р.); на 64 і 65-ій міжнародних науково-технічних конференціях ХарДАЗТ (Україна, м. Харків, 2001 і 2003 р.); на міжнародній науково-технічній конференції ХНАДУ (Україна, м. Харків, 2003 р.); на IX-ій міжнародній науково-практичній конференції ВлГУ (Росія, м. Володимир, 2003 р.); а також на VIII-му Міжнародному конгресі двигунобудівників (Україна, Крим, Рибач'є, 2003р.).

Публікації. За темою дисертації опубліковано шість статей у збірниках наукових праць, дві статті у науковому журналі, отримано патент України.

Обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, 5 розділів, висновків, додатків. Повний обсяг дисертації складає 231 сторінка, з них 18 ілюстрацій по тексту, 81 ілюстрація на 45 сторінках; 2 таблиці по тексту, 1 додаток на 2 сторінках, 169 найменувань використаних літературних джерел на 14 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У вступі обґрунтована актуальність теми дослідження, сформульована мета, основні задачі дослідження і шляхи їх вирішення.

Перший розділ присвячений питанням аналізу особливостей організації процесів сумішоутворення в двигунах з різними системами живлення, нерозділеними і розділеними КЗ при зовнішньому і внутрішньому сумішоутворенні з розшаруванням заряду. Показано, що відносно до вітчизняних двигунів з ІЗ (MeM3-245, ДН-4) доцільне використання БВП при якісному (змішаному) регулюванні потужності.

В другому розділі представлений аналіз методів дослідження руху заряду в надпоршневому об'ємі, характеру руху часток палива в факелі і на поверхні стінок КЗ при їх взаємодії з повітряним зарядом у циліндрі. Запропоновано математичну модель перетікання заряду в надпоршневому об'ємі двигуна з напіврозділеною КЗ в припущенні, що робоче тіло в надпоршневій порожнині КЗ знаходиться в рівноважному стані. Тоді зміна тиску робочого тіла в надпоршневій порожнині:

$$dP = -\frac{k \cdot P}{V} \cdot dV, \quad (1)$$

де dV – зміна об'єму надпоршневої порожнини; $k = 1 + \frac{8,314}{a + b \cdot t}$ – показник адиабати стиску, значення якого залежать від температури робочого тіла t ; a , b – постійні коефіцієнти в інтерполяційних залежностях для молярних дійсних теплоємностей реального робочого тіла при постійному об'ємі для прийнятого інтервалу зміни температури.

Кількість робочого тіла, що перетікає впродовж розрахункового проміжку часу з порожнини V_{BK} , що знаходиться між поверхнями витискувача головки циліндра і днища поршня в порожнину КЗ:

$$d(\rho \cdot V_{BK}) = \rho \cdot f_k \cdot W_{BK} \cdot dt, \quad (2)$$

де ρ – густина заряду; f_k – площа щілини по периметру КЗ; W_{BK} – радіальна швидкість перетікання заряду з об'єму V_{BK} в об'єм КЗ.

Радіальна швидкість перетікання заряду в порожнину КЗ

$$W_{BK} = \frac{d(\rho \cdot V_{BK})}{\rho \cdot f_k \cdot dt} = \frac{V - V_{BK}}{V} \cdot \frac{1}{f_k} \cdot \frac{dV_{BK}}{dt}. \quad (3)$$

Уточнено методику оцінки динаміки руху факелу розпиленого бензину на основі теорії аеродинамічного сліду для клапанної форсунки при тиску вприскування $P_{впр} = 2,0-4,0$ МПа і середовищі вприскування, параметри якого близькі до $\rho_{п} = 1,0$ кг/м³ і $T_{в} = 300-500$ К.

Для оцінки масо- і теплообміну і складу ППС у факелі розпиленого бензину уточнені математичні моделі, запропоновані проф. Петриченко Р.М. відносно до дизелів з БВП, а для оцінки процесу випаровування бензину з поверхні напіврозділеної КЗ уточнено методики і моделі, запропоновані проф. Вирубовим Д.М., Спекторовим Л.Г.

В запропонованому методі оцінки ступінь розшарування заряду в двигунах з ІЗ і внутрішнім сумішоутворенням в момент запалювання характеризується коефіцієнтом розшарування заряду – відношенням об'єму повітря в надпоршневій порожнині без парів палива в момент запалювання ППС у СЗ до об'єму надпоршневої порожнини

$$e = \frac{V_{ц} - V_{сум}}{V_{ц}} = 1 - \frac{V_{сум}}{V_{ц}} = 1 - \frac{\alpha_m}{\alpha_{\Sigma}}, \quad (4)$$

де $V_{ц}$ – об'єм надпоршневої порожнини; $V_{сум}$ – об'єм ППС у СЗ; α_m – коефіцієнт надлишку повітря в ППС біля СЗ; α_{Σ} – сумарний коефіцієнт надлишку повітря.

За умови $V_{ц} \neq V_{сум}$ або $\alpha_{\Sigma} \neq \alpha_m$ у циліндрі двигуна з ІЗ при БВП має місце розшарування заряду ($0 < e < 1$). Якщо $V_{ц} = V_{сум}$ або $\alpha_{\Sigma} = \alpha_m$ розшарування заряду немає ($e = 0$). Значення коефіцієнта надлишку повітря у ППС біля електродів СЗ повинно знаходитись у межах займистості ($\alpha_m = 0,4-1,2$).

Якісну оцінку впливу ступеня розшарування заряду на показники робочих процесів двигуна з ІЗ при БВП можна визначити по осередненому коефіцієнту

розшарування заряду. При цьому приймаються допущення, що при $\alpha_{\Sigma} \geq 1$ склад ППС у зоні електродів СЗ відповідає стехіометричному ($\alpha_m = 1$). Таким чином осереднена ступінь розшарування заряду складає

$$\bar{\epsilon} = \frac{M_{\text{св.зар.}} - V_{\text{ц}} \cdot M_0}{M_{\text{св.зар.}}} = \frac{M_{\text{надл.пов.}}}{M_{\text{св.зар.}}} = 1 - \frac{1}{\alpha_{\Sigma}}, \quad (5)$$

де $M_{\text{св.зар.}}$ – дійсна маса свіжого заряду в циліндрі двигуна;

$V_{\text{ц}}$ – циклова подача палива;

M_0 – маса повітря, теоретично необхідна для повного згоряння палива, що знаходиться в циліндрі двигуна;

$M_{\text{надл. пов.}}$ – маса повітря в циліндрі, що не використовується у згорянні.

При $\alpha_{\Sigma} > 1$ приймаємо, що в циліндрі двигуна має місце розшарування заряду ($0 < \bar{\epsilon} < 1$) і частина палива, що знаходиться біля електродів СЗ згоряє зі швидкістю гомогенної суміші, а паливо, що залишилося на поверхні стінок КЗ або у виді пару згоряє по мірі його випарування та надходження з повітрям у зону згоряння. Якщо $\alpha_{\Sigma} \leq 1$ розшарування заряду немає ($\bar{\epsilon} = 0$).

У чотиритактних двигунах розрахункове значення ступеня розшарування заряду ($\bar{\epsilon}$) більш близьке до дійсних значень, тому що майже немає втрат повітря при перекритті клапанів. У двотактних двигунах $\bar{\epsilon}_{\Sigma}$ може бути приблизно визначена по сумарній витраті повітря, що пройшло через двигун, без обліку витрат при продувці (значення $\bar{\epsilon}_{\Sigma}$ буде завищене).

У третьому розділі обґрунтовані напрямки проведення експериментальних досліджень чотиритактних і двотактних двигунів з якісним (або змішаним) регулюванням потужності. Приведено опис особливостей конструкцій моторних стендів, приладів і вимірювальної апаратури для експериментальних досліджень чотиритактного та двотактного двигунів з ІЗ і системою БВП, конструкцій пневматичної і механічної систем живлення для БВП і організації як об'ємного, так і плівкового сумішоутворення. Представлено програму експериментальних досліджень, приведено опис установки для експериментальних досліджень процесів сумішоутворення і згоряння, методики проведення досліджень по оцінці динаміки руху бензинового факелу, визначення характеристик дисперсності палива і процесу згоряння, оцінка погрішності вимірів експерименту.

У четвертому розділі представлені результати досліджень процесів внутрішнього сумішоутворення в двигунах з ІЗ при БВП.

На підставі класичних теорій визначення радіальної швидкості перетікання заряду в надпоршневій порожнині для напіврозділених КЗ (роботи Віхерта М.М., Семенова Б.М., Дяченко М.Х.) обґрунтована застосовуваність запропонованої залежності для якісної оцінки радіальної швидкості перетікання заряду з-під витискувача КЗ. Встановлено, що радіальна швидкість перетікання заряду $W_{\text{вк}}$ на такті стиску в напіврозділених КЗ (чотиритактний двигун МеМЗ-245 і двотактний двигун ДН-4) як зі збільшенням частоти обертання

колінчатого вала, так і площі витискувача зростає. Максимального значення радіальна швидкість заряду досягає при куті повороту колінчатого вала 11-14° до ВМТ, а потім різко знижується до 0 у ВМТ.

Для моделювання процесів сумішоутворення визначена динаміка подачі палива по зміні тиску палива перед розпилювачем форсунки. Інтегральні характеристики паливоподачі розраховані по осцилограмам паливоподачі.

Швидкість руху фронту паливного факелу U_f в залежності від τ визначалась на підставі теорії аеродинамічного сліду, запропонованої проф. Петриченко Р.М. При прийнятих умовах вприскування палива приблизно 6 послідовних головних крапель факелу бензину розганяють газ у сліді до початкової швидкості руху самих крапель, це збігається з кількістю послідовних головних крапель, що розганяють газ в аеродинамічному сліді факелу дизельного палива (3-12 крапель). По динаміці руху паливного факелу визначена функція $\Phi(\bar{x}, \chi)$, що встановлює залежність відносної відстані фронту паливного факелу від розпилювача форсунки, відношення мас крапель, які співударяються і декременту загасання швидкості головної краплі у часі τ і уточнена залежність швидкості руху фронту паливного факелу U_f для двигунів з ІЗ при БВП в умовах середовища вприскування $\rho_n \approx 1,0 \text{ кг/м}^3$ і $T_b = 300-500 \text{ K}$ при тиску вприскування $P_{впр} = 2,0-4,0 \text{ МПа}$. Дані розрахунків порівнювались з кінограмами руху факелу розпиленого бензину. Погрішність розрахункових значень швидкості переміщення фронту факелу, зміни відстані фронту паливного факелу від розпилювача форсунки в порівнянні з експериментальними даними складає близько 5-10%.

Представлено результати експериментальних досліджень дисперсності розпилювання бензину клапанною форсункою зі звичайним клапаном розпилювача і з подовженою направляючою поверхнею клапана розпилювача. Вприскування палива здійснювалося на скляні пластини, покриті шаром гасової кіптяви і тонким шаром окису магнію. Відбитки крапель фотографувалися. Мірою оцінки якості розпилювання був прийнятий середній діаметр крапель по Заутеру D_{32} (зважений по питомій поверхні).

Середній діаметр крапель D_{32} для клапанної форсунки зі звичайним клапаном розпилювача при тиску вприскування $P_{впр} = 3,5-4,0 \text{ МПа}$ як з підвищенням частоти обертання кулачкового вала, так і зі збільшенням циклової подачі бензину зменшується з 70 до 32 мкм. У випадку клапанної форсунки з подовженим клапаном розпилювача і тиском вприскування $P_{впр} = 1,8-2,0 \text{ МПа}$ середній діаметр крапель D_{32} збільшується з 370 до 530 мкм як з підвищенням частоти обертання кулачкового вала, так і зі збільшенням циклової подачі бензину.

Для скорочення часу і засобів на доведення процесів сумішоутворення з БВП були досліджені процеси масо- і теплообміну в паливному факелі в умовах середовища вприскування $\rho_n \approx 1,0 \text{ кг/м}^3$ і $T_b = 300-500 \text{ K}$ при тиску вприскування

$P_{впр}=2,0-3,0\text{МПа}$ з урахуванням дисперсності розпилювання клапанною форсункою зі звичайним клапаном розпилювача і з подовженим клапаном розпилювача. При використанні звичайної клапанної форсунки за час паливоподачі в пару переходить близько 18% палива (рис.1). Застосування даної конструкції розпилювача доцільно для об'ємно-плівкового сумішоутворення. При використанні клапанної форсунки з подовженим клапаном від розпилювача до стінки КЗ в факелі випарується до 5% маси палива (рис.2). Даний тип розпилювача і тиск вприскування доцільно використовувати для плівкового сумішоутворення.

Розрахунок процесів масо- і теплообміну в паливному факелі дозволяє в першому наближенні оцінити в залежності від застосованого типу клапанного розпилювача доцільне місце розташування форсунки, СЗ, кута випередження подачі палива.

Дослідження процесів, що протікають при плівковому сумішоутворенні, проводилося в залежності від динаміки подачі палива. Як граничні умови враховувалися рух паливного факелу під час вприскування, після закінчення подачі палива і при русі факелу в об'ємі КЗ, під час одночасної взаємодії фронту факела з поверхнею стінки КЗ і підтягування часток палива в шлейфі факела, а також випаровування паливної плівки з поверхні КЗ. Процеси випаровування палива були розраховані з урахуванням параметрів газів в циліндрі, динаміки руху паливного факелу, швидкості руху заряду в КЗ, температури стінки КЗ, дисперсності і фізичних властивостей палива. Для оцінки процесів випаровування палива зі стінки КЗ при БВП, впливу типу застосовуваного палива на температуру поверхні КЗ при плівковому сумішоутворенні і для оцінки температури стінки КЗ із зовнішнім і внутрішнім сумішоутворенням проведено термометрування поверхні КЗ двотактного двигуна.

При плівковому сумішоутворенні частка палива, що випаровувалося під час вприскування складає 0,4%, після закінчення подачі палива при русі факела в об'ємі КЗ - 1,6%, при одночасній взаємодії фронту факела з поверхнею стінки КЗ і випаровуванні часток палива, що рухаються в шлейфі факела - 32%, частка палива, що випаровується зі стінки КЗ становить 66% (рис. 2).

Стабільність процесів згоряння у двотактному двигуні з карбюраторною системою живлення і системою БВП при плівковому сумішоутворенні оцінювалась по відносному коливанню максимальних тисків циклів на багатоциклових діаграмах (табл.1).

Таблиця 1

Коливання значень максимальних тисків газів у циліндрі двотактного двигуна із зовнішнім та внутрішнім сумішоутворенням

Режими роботи двигуна	Нестабільність циклів по P_z δ , %	
	система безпосереднього вприскування палива	карбюраторна система живлення
Холостий хід, хв^{-1}		
3000	21	48
4000	17	48
5000	16	30
Навантажувальні режими при $n=3000 \text{ хв}^{-1}$		
$P_e = 0,21 \text{ МПа}$	21	–
$P_e = 0,29 \text{ МПа}$	2	–
P_{max}	6 ($P_e=0,47 \text{ МПа}$)	46 ($P_e=0,45 \text{ МПа}$)

Підвищення стабільності протікання процесів згоряння двигуна з системою БВП обумовлено більш стабільним складом ППС біля електродів СЗ у послідовних циклах.

У п'ятому розділі розглянуті резерви підвищення економічності та екологічних показників двигунів з ІЗ за рахунок вдосконалення процесів сумішоутворення і згоряння. Основні резерви підвищення економічності та екологічних показників двигунів з ІЗ визначаються, насамперед, можливістю переходу від кількісного до якісного (або змішаного) способу регулювання потужності, що забезпечує підвищення повноти згоряння палива. В роботі експериментально досліджені різні способи організації процесів сумішоутворення в ДВЗ з ІЗ при БВП: об'ємне, об'ємно-плівкове і плівкове.

Оцінено вплив об'ємного сумішоутворення на можливості розшарування ППС у чотиритактному двигуні з ІЗ (форкамерно-факельним запалюванням) при використанні пневматичної системи БВП з різною конструкцією пневматичних форсунок. Однак без зміни базової конструкції КЗ (клинової) при об'ємному сумішоутворенні організувати ефективно розшарування заряду не вдалося, навіть за рахунок зміни конструкції форсунки і моменту початку вприскування палива, тиску повітря розпилювання, напрямку факела розпилювання. По навантажувальній характеристиці при $n=2500 \text{ хв}^{-1}$ максимальна потужність двигуна була на 20% менше, ніж потужність двигуна з карбюраторною системою живлення при помітному збільшенні питомої ефективної витрати палива (рис.3), що є наслідком підвищення циклової подачі палива для підтримки біля електродів СЗ складу ППС у межах займистості. Максимальне значення осередненого ступеня розшарування заряду $\bar{e}=0,19$ при $P_e=0,2 \text{ МПа}$.

Для організації об'ємно-плівкового сумішоутворення використовувалась механічна система БВП. Форсунка встановлювалась в головці циліндра, а паливний факел був спрямований на поверхню днища поршня, де паливо випаровувалось. Наприкінці такту стиску струменем повітря з-під витискувача пари палива переносилися в об'єм клинової КЗ і до електродів СЗ, встановленої у форкамері. При об'ємно-плівковому сумішоутворенні досягнуто помітне розшарування заряду на режимах холостого ходу ($\alpha \approx 1,7-1,8$) і в діапазоні основних експлуатаційних режимів роботи до $n=2000 \text{ хв}^{-1}$ (рис. 4). Максимальне значення осередненого ступеня розшарування заряду $\bar{\epsilon}=0,44$ при $n=2000 \text{ хв}^{-1}$ і $P_e=0,19 \text{ МПа}$. На режимах навантажувальних характеристик при $n=3000 \text{ хв}^{-1}$ і вище ефективно розшарування заряду зникає, внаслідок попадання більшої частини палива на стінки циліндра.

З метою організації плівкового сумішоутворення і подачі більшої частини палива в об'єм клинової КЗ форсунка встановлювалась в блоці циліндрів і паливний факел був спрямований на поверхню клинової КЗ в зону форкамери. Експериментально оцінено вплив моменту подачі палива і структури факела на розшарування ППС і показники робочих процесів. По навантажувальній характеристиці при $n=2000 \text{ хв}^{-1}$ двигун стабільно працює у всьому діапазоні зміни навантаження з осередненим ступенем розшарування заряду $\bar{\epsilon}=0,1-0,35$ ($\alpha=1,55-1,57$). Однак при повністю відкритій заслінці і $\alpha=1,1$ двигун з БВП розвиває потужність на 30% меншу, ніж з карбюраторною системою живлення (рис. 5). Неузгодженість потоків повітряного заряду з розташуванням паливної плівки на поверхні клинової КЗ обмежує можливості ефективного розшарування ППС на часткових навантаженнях і перешкоджає гомогенізації заряду при максимальних навантаженнях. Для досягнення більш глибокого розшарування заряду необхідно змінювати форму КЗ і її розташування, що в двигуні з рідинним охолодженням без зміни базової конструкції дуже складно.

Організацію плівкового сумішоутворення з глибоким розшаруванням заряду істотно простіше реалізувати в двотактному двигуні повітряного охолодження з ІЗ при БВП. Місце установки форсунки в циліндрі визначалось на підставі досліджень процесів сумішоутворення, проведених раніше, характеру руху повітря при продувці. Організація робочих процесів з розшаруванням ППС в двотактному двигуні з ІЗ при БВП здійснена на базі запропонованої автором конструкції двотактного ДВЗ. Конструктивне рішення за формою КЗ, взаємним розташуванням КЗ, форсунки і СЗ дозволило в зоні електродів СЗ на режимах холостого ходу, часткових або максимальних навантаженнях, незалежно від величини циклової подачі мати такий склад ППС, що знаходиться в межах займистості.

На режимах холостого ходу G_T у двигуні з БВП знижена у 1,4-2,1 рази у всьому інтервалі зміни частоти обертання в порівнянні з карбюраторною системою живлення. Зниження G_T у двигуні з БВП обумовлено поліпшенням процесу згоряння внаслідок підвищення α_{Σ} до 1,7 ($\bar{\epsilon}_{\Sigma \max}=0,41$). При цьому

температура ВГ знижується на 200°C . Вміст CO у ВГ у двигуні з БВП у всьому діапазоні зміни n складає $0,1-0,6\%$, $\text{C}_n\text{H}_m-500-600\text{ЧНМ}$, що на $70-90\%$ нижче, ніж при роботі двигуна з карбюраторною системою живлення (рис. 6).

У зоні основних експлуатаційних режимів роботи в двигуні з ІЗ і БВП при $n=3000\text{хв}^{-1}$ $g_{\text{emin}}=0,264\text{кг}/(\text{кВт}\cdot\text{год})$, у двигуні з карбюратором – $g_{\text{emin}}=0,483\text{кг}/(\text{кВт}\cdot\text{год})$. Істотне зниження g_{emin} (на 45%) досягнуто за рахунок виключення витрат палива при продувці і поліпшення процесів згоряння. У двигуні з БВП без урахування витрат повітря при продувці $\alpha_{\Sigma}=2,0$, з карбюратором – $\alpha_{\Sigma}=0,9$. Якщо в двигуні з карбюратором виключити $30-35\%$ витрат палива при продувці, поле можливих значень g_e буде помітно нижче. Організація розшарування заряду при осередненому ступені розшарування $\bar{e}_{\Sigma}=0,5$ (без урахування витрат повітря при продувці) дозволила підвищити максимальне значення ефективного ККД двигуна з БВП до $\eta_e=0,32$. Максимальна температура ВГ у двигуні з БВП досягає 490°C , а з карбюратором – 625°C . Вміст CO у ВГ двигуна з БВП при збільшенні навантаження від мінімального до середніх значень P_e знижується з $0,6$ до $0,1\%$. При подальшому підвищенні навантаження до максимальних значень $P_e=0,47\text{МПа}$ вміст CO у ВГ зростає до 1% . Вміст C_nH_m у ВГ двигуна з БВП при навантаженнях від мінімальних до середніх знижується з 300 до 70ЧНМ , а при підвищенні навантаження до максимального підвищується до 100ЧНМ . Таким чином, вміст ШР у ВГ двигуна з БВП знижено на $70-90\%$ у порівнянні з карбюраторною системою живлення (рис. 7).

Зовнішні швидкісні характеристики двигуна з БВП знімалися при кутах випередження вприскування палива $\phi_{\text{впр}}$ і кутах випередження запалювання $\theta_{\text{зап}}$ близьких до оптимального по питомій ефективній витраті палива і обмеженні потужності по змісту CO у ВГ до 1% (рис. 8). Максимальна потужність двигуна при частоті обертання колінчатого вала $n=4500\text{хв}^{-1}$ з БВП складає $N_e=15\text{кВт}$, з карбюратором – $N_e=14,5\text{кВт}$. Крутний момент $M_{\text{кр}}$ на двигуні з обома системами живлення досягає максимального значення при $n=2000\text{хв}^{-1}$. Для двигуна з БВП $M_{\text{кр}}=49\text{Н}\cdot\text{м}$, з карбюратором – $M_{\text{кр}}=46\text{Н}\cdot\text{м}$. У двигуні з БВП при $n=3000\text{хв}^{-1}$ $g_{\text{emin}}=0,3\text{кг}/(\text{кВт}\cdot\text{год})$, що на 35% нижче, ніж у двигуні з карбюратором ($g_{\text{emin}}=0,45\text{кг}/(\text{кВт}\cdot\text{год})$). Годинна витрата палива G_T у двигуні з БВП по всій зовнішній характеристиці на $30-35\%$ нижче, ніж у двигуна з карбюратором. Максимальне значення α_{Σ} у двигуні з БВП відповідає $1,35$ (без обліку витрат повітря при продувці). У двигуні з карбюратором $\alpha=0,9$. Максимальна температура ВГ у двигуні з системою БВП складає 530°C (на 160° нижче, ніж у двигуні з карбюратором). Вміст CO і C_nH_m у ВГ двигуна з БВП на $70-90\%$ нижче, ніж у двигуні з карбюратором.

Глибоке розшарування заряду, інтенсивна його турбулізація забезпечують зниження витрати палива як на режимах холостого ходу з досить низьким вмістом ШР у ВГ, так і на часткових навантаженнях. Зниження витрати палива,

ШР з ВГ на режимах зовнішньої швидкісної характеристики, при гомогенному складі ППС, обумовлено виключенням витрат палива при продувці і більш стабільним складом ППС біля електродів СЗ у послідовних циклах, підвищенням повноти згоряння палива.

У двотактному двигуні з ІЗ і плівковим сумішоутворенням по навантажувальним характеристикам при $n=3000\text{хв}^{-1}$ визначено вплив якісного і змішаного регулювання потужності на показники робочих процесів. Результати досліджень показують, що на часткових режимах до навантаження, що характеризується повним відкриттям повітряної заслінки і мінімальною цикловою подачею палива при максимальному значенні крутного моменту (крапка по навантажувальній характеристиці при g_{emin}), доцільно застосовувати змішане регулювання потужності. При подальшому підвищенні навантаження до максимальних значень – якісне регулювання (збільшення подачі палива при цілком відкритій повітряній заслінці).

Організація плівкового сумішоутворення з розшаруванням заряду в двигуні з ІЗ дозволила знизити вимоги до використання палив з низьким октановим числом при підвищених ступенях стиску ($\epsilon > 10$). Двигун практично не чуттєвий ні до октанового, ні до цетанового чисел палива. Результати досліджень робочих процесів з використанням палив широкого фракційного складу по навантажувальній характеристиці при $n=3000\text{хв}^{-1}$ представлені на рис. 9. Фракційний склад палива впливає на протікання процесів сумішоутворення і згоряння. Найбільш високі ефективні показники робочих процесів отримані на бензині А-76. Використання палив більш важкого фракційного складу (суміш 50% А-76 і 50% дизельного палива, дизельного палива) підвищує ступінь розшарування заряду. Внаслідок погіршення випаровування і згоряння палива біля стінки КЗ значно підвищується температура стінок КЗ, зростають витрати тепла в стінки КЗ. Цим фактом пояснюється зниження температури ВГ при підвищенні питомої ефективної витрати палива. Підвищення температури стінок надпоршневого об'єму знижує наповнення циліндра свіжим зарядом, що визначило зниження максимального навантаження. Зі збільшенням відносної маси більш важких фракцій палива підвищується також кількість незгорілих вуглеводнів при незначному підвищенні в ВГ оксиду вуглецю.

ВИСНОВКИ

Приведені в дисертаційній роботі результати досліджень дозволяють зробити наступні висновки:

1. Обґрунтовано доцільність переведення двигунів з ІЗ з зовнішнього на внутрішнє сумішоутворення з якісним (або змішаним) регулюванням потужності і використанням БВП у чотиритактному і двотактному двигунах вітчизняного виробництва.

2. Розроблено математичну модель процесу перетікання заряду на такті стиску в надпоршневій порожнині двигуна з ІЗ та напіврозділеною КЗ у головці циліндра. Визначено радіальну швидкість заряду по куту обертання колінчатого валу.

3. Уточнено математичні моделі процесів об'ємно-плівкового сумішоутворення в двигунах з ІЗ при БВП: динаміки руху паливного факелу, масо- і теплообміну, складу ППС у паливному факелі, процесів випаровування палива зі стінок напіврозділеної КЗ.

4. Запропоновано метод оцінки ступеня розшарування заряду в двигунах з ІЗ при БВП, що дозволяє визначити вплив ступеня розшарування на показники робочих процесів. Оцінено ступінь розшарування заряду для різних режимів роботи та способів сумішоутворення ДВЗ з ІЗ при БВП.

5. Модернізовано конструкції чотиритактного (MeM3-245) і двотактного (ДН-4) двигунів з ІЗ під адоптовану систему БВП для організації об'ємного, об'ємно-плівкового і плівкового сумішоутворення.

6. Створено безмоторні і моторні стенди для досліджень процесів внутрішнього сумішоутворення, визначення показників робочих процесів чотиритактного і двотактного двигунів з ІЗ при використанні різних систем живлення. Експериментально досліджені показники робочих процесів та процесів, що протікають при сумішоутворенні і згорянні в модернізованих двигунах з ІЗ при БВП.

7. Встановлено у чотиритактному модернізованому двигуні з клиновою КЗ, ІЗ при БВП переважним у порівнянні з об'ємним і плівковим сумішоутворенням є об'ємно-плівкове сумішоутворення. Це забезпечує на режимах холостого ходу зниження годинної витрати палива на 10-14%, а в діапазоні часткових навантажень до $n=2500 \text{ хв}^{-1}$ – на 10-15% ($g_{emin}=0,28 \text{ кг}/(\text{кВт}\cdot\text{год})$) у порівнянні з карбюраторною системою живлення. Досягти глибокого розшарування заряду в чотиритактному двигуні з клиновою КЗ в усій області швидкісних і навантажувальних режимів з жодним із досліджуваних типів сумішоутворення не представляється можливим без зміни форми та розташування КЗ.

8. Запропоновано спосіб організації розшарування заряду при плівковому сумішоутворенні з якісним (або змішаним) регулюванням потужності для двотактного двигуна з ІЗ при БВП з напіврозділеною КЗ, розташованою у головці циліндра. Експериментальним шляхом визначені раціональні регульовальні параметри двигуна і системи паливостачання при роботі на бензині, дизельному паливі і їх сумішах, що дозволило забезпечити підвищення ефективного ККД на 40-45% ($g_{emin}=0,264 \text{ кг}/(\text{кВт}\cdot\text{год})$), зниження викидів ШР з ВГ на 70-90% ($CO=0,1-0,6\%$, $C_nH_m - 70-600 \text{ ЧНМ}$).

9. Результати досліджень передані до моторобудівних підприємств і використані Мелітопольським заводом «Гідромаш» при створенні двотактного двигуна з ІЗ при БВП ДН-4М.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Корогодский В.А. Резервы повышения экономических и экологических характеристик двигателя с искровым зажиганием // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. – Харьков: ХГПУ. – 1999. – Вып. 58. – С. 171-176.

2. Дяченко В.Г., Савинов О.И., Корогодский В.А., Маневич С.Ю. Моделирование перетекания воздуха в надпоршневой полости цилиндра двигателя с полуразделенной камерой сгорания и искровым зажиганием на такте сжатия // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. – Харьков: ХГПУ. – 1999. – Вып. 60. – С. 52-57.

По запропонованій математичній моделі здобувачем оцінено радіальну швидкість перетікання заряду в клиновій КЗ, розташованій в голівці циліндра.

3. Корогодский В.А., Мотлохов А.В., Савинов О.И., Обозный С.В., Веселов А.Г. Влияние расслоения заряда на показатели рабочих процессов двигателя с клиновой камерой сгорания в зоне основных эксплуатационных режимов // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. – Харьков: ХГПУ. – 2000. – Вып. 101. – С. 123-129.

Здобувачем визначені фактори, що впливають на економічність двигуна з іскровим запалюванням при безпосередньому вприскуванні палива.

4. Корогодский В.А. Выбор расположения форсунки в надпоршневой полости двигателя с искровым зажиганием // Вестник Национального технического университета “ХПИ”. – Харьков: НТУ “ХПИ”. – 2001. – Вып. 26. – С. 103-110.

5. Корогодський В.А. Оцінка розвитку паливного факела при безпосередньому вприскуванні палива у двигунах з іскровим запалюванням // Зб. наук. пр. Української державної академії залізничного транспорту. – Харків: УкрДАЗТ. – 2002. – Вип. 51. – С. 77-83.

6. Корогодский В.А., Обозный С.В. Экспериментальные исследования дисперсности распыливания бензина клапанной форсункой // Двигатели внутреннего сгорания. – Харьков. – 2002. – №1. – С. 33-34.

Здобувачем наведено результати визначення та кількісної оцінки закономірностей розпилювання бензину.

7. Корогодский В.А., Обозный С.В. Организация пленочного смесеобразования и определение степени расслоения заряда в двигателе с искровым зажиганием и непосредственным впрыскиванием топлива // Двигатели внутреннего сгорания. – Харьков. – 2003. – №1-2. – С 41-48.

Здобувачем наведено результати розробленого робочого процесу двигуна з іскровим запалюванням і плівковим сумішоутворенням, запропоновано спосіб оцінки ступеня розшарування заряду в двигуні з іскровим запалюванням при безпосередньому вприскуванні палива.

8. Пат. 60614А України, МКІ F02В 17/00. Двигун внутрішнього згоряння / В.А. Корогодський, С.В. Обозний (UA). - №2003010308; Заявл. 14.01.2003; Опубл. 15.10.2003, Бюл. №10. – 4 с.

В патенті здобувачем обґрунтована можливість реалізації розшарування заряду в двотактному двигуні з іскровим запалюванням при безпосередньому вприскуванні палива.

9. Мотлохов А.В., Корогодский В.А., Обозный С.В., Маневич С.Ю. Влияние форкамеры и параметров соединительного канала на показатели двигателя с искровым зажиганием // Сб. науч. тр. Харьковского государственного политехнического университета: “Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье”. – Харьков: ХГПУ, 1999. – Вып. 7, ч. 2. – С. 319-322.

Здобувачем оцінені результати проведених досліджень, виявлені закономірності впливу діаметра сполучного каналу форкамери на показники робочих процесів двигуна на режимах холостого ходу і в залежності від навантаження.

АНОТАЦІЇ

Корогодський В.А. Вдосконалення процесів сумішоутворення та згоряння в двигунах з іскровим запалюванням при безпосередньому вприскуванні палива. – Рукопис.

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

Дисертація присвячена розробці ефективного робочого процесу з внутрішнім сумішоутворенням для двигунів з іскровим запалюванням (ІЗ) і безпосереднім вприскуванням палива (БВП). Представлено системи живлення для організації об'ємного, об'ємно-плівкового і плівкового сумішоутворення в чотиритактному двигуні з клиновою камерою згоряння (КЗ). Запропоновано спосіб організації розшарування заряду при плівковому сумішоутворенні з якісним (або змішаним) регулюванням потужності двотактного двигуна з ІЗ і напівсферичною КЗ. Запропоновано залежності для оцінки радіальної швидкості перетікання заряду в напіврозділеній КЗ і визначення ступеня розшарування заряду в двигунах з ІЗ при БВП. Представлено модель розрахунку об'ємно-плівкового сумішоутворення, що дозволяє оцінити час випаровування часток палива на кожній ділянці процесів сумішоутворення. Теоретичні дані підтверджені результатами експериментальних досліджень. В чотиритактному двигуні при об'ємно-плівковому сумішоутворенні отримано зниження годинної витрати палива на режимах холостого ходу на 10-14% і в діапазоні часткових навантажень до $n=2500\text{хв}^{-1}$, зниження g_{emin} на 10-15% у порівнянні з карбюраторною системою живлення. Використання запропонованого способу організації плівкового сумішоутворення на

одноциліндровому двотактному двигуні з БВП в КЗ забезпечили роботу двигуна на бензині, дизельному паливі і їх сумішах, зниження витрати палива на 40-45%, викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами - на 70-90% у порівнянні з карбюраторною системою живлення.

Ключові слова: двигун з іскровим запалюванням, безпосереднє вприскування палива, паливно-повітряна суміш, сумішоутворення, згоряння палива.

Корогодский В.А. Совершенствование процессов смесеобразования и сгорания в двигателях с искровым зажиганием при непосредственном впрыскивании топлива. – 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 разработке эффективного рабочего процесса в двигателе с искровым зажиганием (ИЗ) при непосредственном впрыскивании топлива (НВТ) в камеру сгорания (КС). На основании анализа схем организации процессов смесеобразования и сгорания, показателей двигателя с ИЗ был сделан вывод о перспективности перехода к внутреннему смесеобразованию с качественным (или смешанным) способом регулирования мощности. Установлено, что применение НВТ целесообразно в двигателе с полуразделенной КС.

Отмечено, что для организации эффективного расслоения заряда у электродов свечи зажигания (СЗ) к моменту воспламенения необходимо обеспечить состав топливо-воздушной смеси (ТВС) в пределах воспламеняемости. Разработана математическая модель перетекания заряда в надпоршневом объеме двигателя с полуразделенной КС. С помощью модели определяется количество рабочего тела и радиальная скорость заряда, перетекающего в течении расчетного промежутка времени из полости, находящейся между поверхностями вытеснителя головки цилиндра и днища поршня, в полость КС. Основу модели для расчета составляет уравнение адиабаты в дифференциальной форме. Уточнена методика оценки динамики движения факела распыленного бензина на основе теории аэродинамического следа для клапанной форсунки при давлении впрыскивания $P_{впр}=2,0-3,0$ МПа и среды впрыскивания, параметры которой близки к $\rho_v=1,0$ кг/м³ и $T_v=300-500$ К. Уточнены математические модели массо- и теплообмена, состава ТВС в факеле, процессы испарения бензина с поверхности полуразделенной КС. Предложен метод оценки степени расслоения заряда в двигателях с ИЗ при НВТ. Расчетный анализ процессов внутреннего смесеобразования, проведенный на основе экспериментальных исследований, позволил определить долю испарившегося топлива при объемно-пленочном смесеобразовании. Выявлен характер степени расслоения заряда на всех режимах работы двигателя при НВТ. Индексирование и оценка по

относительному разбросу максимальных давлений циклов позволили установить повышение стабильности протекания процессов сгорания в двигателе с системой НВТ, что обусловлено более стабильным составом ТВС у электродов СЗ в последовательных циклах.

Организованы схемы расслоения заряда при объемном, объемно-пленочном и пленочном смесеобразованиях в четырехтактном двигателе с ИЗ при НВТ и клиновой КС. В результате исследований установлено, что наиболее эффективным способом смесеобразования является объемно-пленочный, при котором обеспечивается снижение G_T на режимах холостого хода на 10-14%, а в диапазоне частичных нагрузок до $n=2500\text{мин}^{-1}$, снижение g_{emin} на 10-15% по сравнению с карбюраторной системой питания. Дальнейшее повышение, как частоты вращения коленчатого вала, так и нагрузки приводит к ухудшению экономичности. Организация эффективного расслоения заряда во всей области скоростных и нагрузочных режимов с клиновой КС не представляется возможным. Однако анализ показателей четырехтактного двигателя при различных способах организации внутреннего смесеобразования показал перспективность пленочного смесеобразования. Определены основные предпосылки организации пленочного смесеобразования с расслоением заряда.

Обоснована целесообразность организации пленочного смесеобразования в двухтактном одноцилиндровом двигателе воздушного охлаждения. Предложен способ организации пленочного смесеобразования с расслоением заряда, в котором топливо направлялось на поверхности стенок КС у электродов СЗ. Доводка топливной аппаратуры и КС при НВТ обеспечила возможность работы двигателя на различных топливах, что позволило снизить расход топлива на 40-45%, выбросы вредных веществ с отработавшими газами на 70-90% по сравнению с карбюраторной системой питания.

Ключевые слова: двигатель с искровым зажиганием, непосредственное впрыскивание топлива, топливо-воздушная смесь, смесеобразование и сгорание топлива.

Korogodskiy V.A. The mixing and combustion processes perfection in an engines with spark ignition and direct fuel injection. – Manuscript.

The thesis for a candidate's degree of technical science by specialty 05.05.03 – Heat engines. - National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, Kharkiv, 2003.

The thesis is devoted to development of effective working process in engines with internal mixing and spark ignition air-fuel mixture. Offered supply fuel systems ensure volumetric, volumetric - film and film mixing in engines with half-divided combustion chamber and stratification of air-fuel mixture. The calculation model volumetric - film mixing, submitted by author, allow to estimate vaporization time of fuel drops for each site in processes mixing. Theoretical dates are confirmed on the results of experimental researches. The offered way of film mixing in an one-cylinder two stroke engine with direct injection of fuel in the combustion chamber ensure using gasoline, diesel fuel and their mixtures, decreasing of fuel consumption on 40-

45% and harmful substances in exhausted gases on 70-90% in comparison with the carburetor supply fuel system engines.

Key words: a spark ignition, engine, a direct injection of fuel, fuel - air mixture, combustion process.

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