

С.О. Альохін, канд. техн. наук, В.І. Пелепейченко, д-р техн. наук, П.Я. Перерва, канд. техн. наук, П.Є. Куніцин, канд. техн. наук, Д.Ю. Бородін, канд. техн. наук

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ СТИСКАННЯ В МАЛОРОЗМІРНИХ ДВОТАКТНИХ ДВИГУНАХ З ПРЯМОТОЧНОЮ ПРОДУВКОЮ

Казенне підприємство "Харківське конструкторське бюро з двигунобудування" (КП ХКБД) є розробником двотактних двигунів ряду ДН 12/2×12. Це відомі двигуни 5ТДФ, 6ТД, 3ТД, призначені для танків та броньованих машин [1]. Всі вони мають одну й ту саму кінематичну схему. В кожному циліндрі двигуна є по два поршні, які при роботі рухаються у протилежні сторони.

Двигуни мають прямоточно-щілинну схему продування, яка забезпечує якісне очищення циліндра від відпрацьованих газів і достатньо високу інтенсивність обертання (вихору) свіжого заряду в камері згоряння (КЗ) навколо поздовжньої вісі циліндра в період впорскування палива. Вихровий рух виникає внаслідок того, що продувальні вікна спрямовують повітря під кутом до радіуса циліндра. Тому швидкість повітря на виході з вікон у об'єм циліндра має як радіальну, так і тангенціальну компоненту. В момент закриття продувальних вікон маса свіжого заряду має деякий момент кількості руху (МКР) навколо поздовжньої вісі циліндра. В процесі стиснення, внаслідок тертя заряду об поверхні гільзи та поршнів, МКР заряду дещо зменшується, але повністю не зникає. Наприкінці стиснення інтенсивність обертального руху заряду в КЗ є достатньою для забезпечення якісного сумішоутворення.

Таку ж схему газообміну мають і дизелі ряду Д100 (ДН 20,7/2×25,4).

Виходячи з того, що прямоточна схема газообміну добре зарекомендувала себе у двотактних двигунах з діаметром циліндра 0,207 м і 0,12 м, доцільно розглянути особливості її застосування в перспективних двигунах з меншими діаметрами циліндрів. Не-

обхідність такого аналізу обумовлена тим, що в літературі відсутні дані про кількісний вплив масштабового фактору на показники руху заряду в циліндрі двигуна з прямоточною схемою продування.

Об'єктом дослідження були циліндри, геометрично подібні циліндру двигуна ДН 12/2×12, тобто такі, які мають $S/D=1$ (S – хід поршня, D – діаметр циліндра), одні і ті самі фази газообміну і однакові кути закрутки впускних вікон за їх висотою (максимальний кут закрутки прийнято 40°).

Мета роботи - визначити, як діаметр циліндра впливає на МКР та тангенціальну компоненту вектора швидкості свіжого заряду в процесі та наприкінці стиснення за умов збереження одних і тих самих даних тиску та температури у впускному та випускному колекторах та тієї ж частоти обертання колінчастих валів ($n=2800 \text{ хв}^{-1}$).

Для визначення показників руху свіжого заряду була використана методика та програма розрахунку на ЕОМ тривимірної нестационарної турбулентної течії двокомпонентної газової суміші в циліндрі двотактного дизеля з прямоточною продувкою [2-5]. В цій методиці враховані дисипативні процеси, які викликають зменшення МКР та перебудову полів швидкості.

Розрахунки течії заряду в циліндрі виконані при двох варіантах завдання параметрів стану газу у впускних та випускних колекторах, які належать до умов однозначності.

Варіант 1:

— тиск у впускному колекторі $p_s=0,35 \text{ МПа}$;

— температура повітря у впускному колекторі $T_s=454 \text{ К}$;

— тиск у випускному колекторі $p_t=0,28$ МПа.

Варіант 2:

— тиск у впускном колекторі $p_s=0,14$ МПа;

— температура повітря у впускном колекторі $T_s=333$ К;

— тиск у випускному колекторі $p_t=0,112$ МПа.

В обох варіантах $p_s/p_t=1,25$.

Температури T_s були визначенні з урахуванням ступеня підвищення тиску у компресорі та ККД компресора.

На рис. 1 наведена для прикладу копія екрану монітора, яка показує вигляд первинної інформації, отриманої розрахунком. На екрані побудовані графіки залежності осьової W_z , радіальної W_r та тангенціальної W_t компоненти векторів швидкості від радіуса циліндра r . Такі графіки можуть бути побудовані для будь-якого поперечного перерізу циліндра та будь-якого моменту часу. Приклад на рис. 1 ілюструє рух заряду у поперечному перерізі по форсуночному поясу дизеля ДН 12/2×12 в момент закриття продувальних вікон. Зовнішні параметри були такі: $p_s=0,14$ МПа, $p_s/p_t=1,25$, $n=2800$ хв⁻¹.

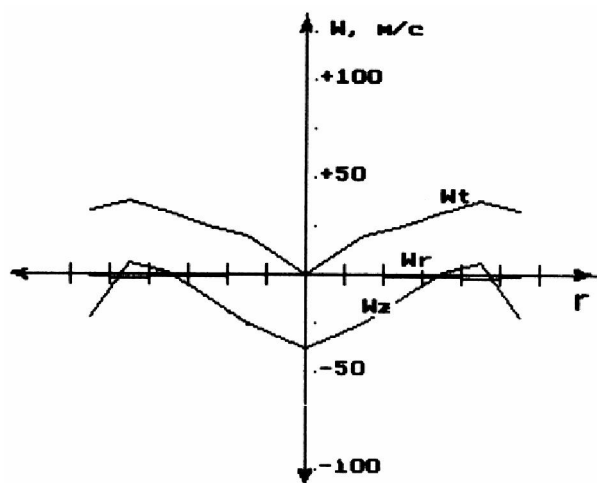


Рис. 1. Компоненти векторів швидкості заряду

Швидкість W_z має знак "+", якщо течія заряду в осьовому напрямку спрямована від продувальних вікон до випускних. З рис. 1 видно, що в момент припинення продування в циліндрі виникає течія у

зворотному напрямку ($W_z < 0$). Радіальна компонента векторів швидкості W_r в цей момент практично дорівнює нулю.

Крім поточних значень локальних компонентів векторів швидкості та концентрації залишкових газів програма підраховує поточне інтегральне значення МКР всього заряду (позначено як J), а також максимальне значення тангенціальної компоненти вектора швидкості $W_{t \max}$.

Для узагальнення результатів розрахунку на рис. 2 наведені графіки зміни МКР в процесі стиснення при двох діаметрах циліндра (0,12 м та 0,07 м). По осі абсцис відкладений кут повороту колінчастого валу ϕ , по осі ординат - значення МКР. Зовнішні параметри відповідали варіанту 2.

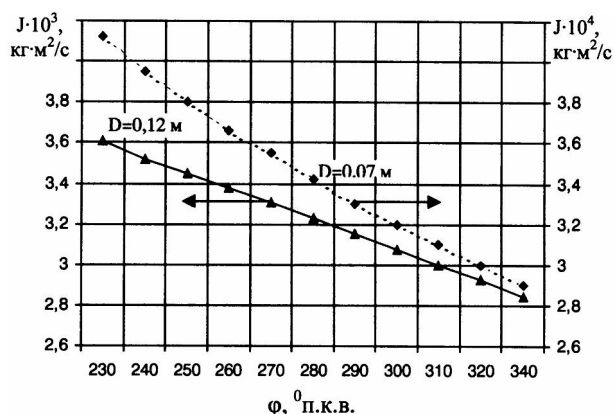


Рис. 2. Зміна МКР під час стиснення

Наведені дані дозволяють зробити висновок, що при зменшенні діаметра циліндра збільшується темп втрати МКР внаслідок тертя об стінки. Цей висновок є цілком передбачуваним, оскільки у геометрично подібних циліндрів поверхня стінок, яка припадає на одиницю робочого об'єму, змінюється пропорційно $\sim 1/D$, тобто збільшується при зменшенні діаметра циліндра. Це викликає відносно більші втрати МКР.

На якість сумішоутворення суттєво впливає інтенсивність руху заряду в КЗ під час впорскування палива.

На рис. 3 наведені графіки зміни J (МКР свіжого заряду) в КЗ наприкінці процесу стисання від діаметра циліндра D при різних зовнішніх умовах. Видно, що зменшення D призводить до зменшення J .

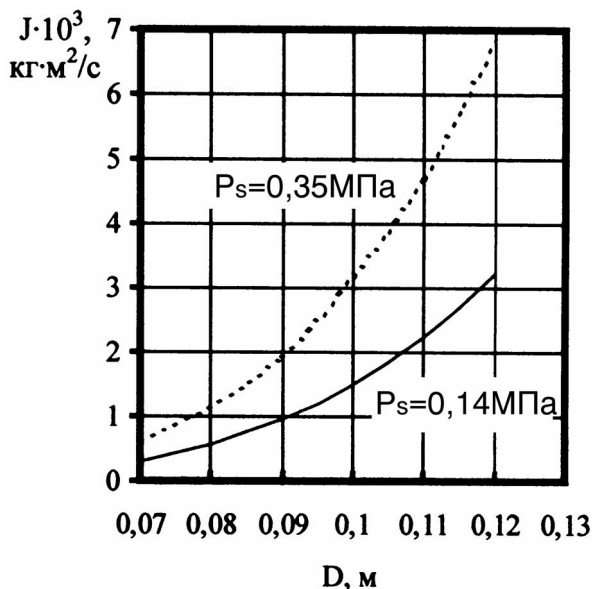


Рис. 3. Залежність МКР від діаметра циліндра

Абсолютне значення МКР залежить від маси заряду в циліндрі, тому його незручно використовувати в якості показника інтенсивності обертального руху заряду. Більш наочним показником є значення максимальної тангенціальної компоненти вектора швидкості заряду в КЗ наприкінці стисання $W_{t \max}$.

На рис. 4 наведені графіки залежності $W_{t \max}$ наприкінці стисання від діаметра циліндра D при різних зовнішніх умовах. Видно, що при зменшенні діаметра циліндра, і відповідно, діаметра відкритої КЗ, кутова швидкість обертання заряду зменшується. Це призведе до погіршення умов сумішоутворення при впорскуванні палива.

Зовнішні параметри також впливають на характеристики течії. Збільшення p_s викликає збільшення абсолютних значень МКР і $W_{t \max}$ (див. рис. 3 та рис. 4). Одночасно при збільшенні p_s зростають відносні втрати МКР на тертя об стінки. Так, у випадку, коли $p_s = 0,35$ МПа, $W_{t \max}$ при переході від $D=0,12$ м до $D=0,07$ м зменшується на 31%, а при $p_s=0,14$ МПа

- на 22%.

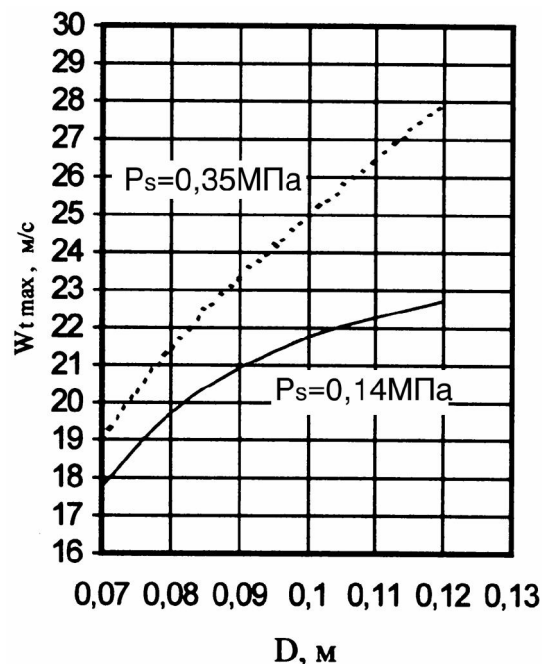


Рис. 4. Залежність максимальної тангенціальної компоненти вектора швидкості заряду в КЗ від діаметра циліндра

Пояснити такий вплив p_s на відносні втрати МКР можна тим, що більшому p_s відповідає більша температура T_s , оскільки двигун не має охолодження наддувного повітря. При однакових p_s/p_t швидкість витікання повітря з продувального вікна в циліндр буде більшою у випадку більшої температури на вході ($W \sim T_s^{0,5}$). Це, в свою чергу, обумовлює і більшу швидкість обертання заряду на початку та наприкінці стисання. Але більша початкова швидкість обертання викликає при зменшенні діаметра циліндра відносно більші втрати МКР (втрати пропорційні $\sim W_{t \max}^2$, і відповідно $\sim T_s$).

Висновок

Зменшення діаметра циліндра викличе збільшення відносних втрат МКР і зменшення максимальної тангенціальної компоненти швидкості вихру в КЗ в момент початку впорскування палива. Це потягне за собою ускладнення в організації процесу сумішоутворення в КЗ і негативно позначиться на індикаторному ККД двигуна.

В подальшому перспективним є аналіз можливості організації якісного сумішоутворення в КЗ дизеля при зменшеній швидкості обертання свіжого заряду.

Список літератури:

1. Рязанцев Н.К. Конструкция форсированных двигателей наземных транспортных машин: Учебное пособие. - Ч1, Ч2. - Харьков: ХГПУ, 1996. 2. Алёхин С.А., Пелепейченко В.И. Определение коэффициента трения вращающегося воздушного заряда о стенки цилиндра двигателя внутреннего сгорания. //Харьков, 1994 – 13 с. – Деп. в ГНТБ Украины, №124-Ук 95, 16.01.95. 3. Алёхин С.А., Пелепейченко В.И. Выбор параметров системы воздухообеспечения те-

пловозной модификации дизеля ДН12/2х12 из условия достижения заданных показателей газообмена. //Харьков, 1994 – 16 с. – Деп. в ГНТБ Украины, №125-Ук 95, 16.01.95. 4. Пелепейченко В.И. Модификация метода крупных частиц для расчета трехмерного нестационарного движения заряда в цилиндре ДВС. //Харьков, 1994 – 13 с. – Деп. в ГНТБ Украины, №126-Ук 95, 16.01.95. 5. Пелепейченко В.И. Моделирование турбулентного движения заряда в цилиндре двигателя внутреннего сгорания на основе метода крупных частиц. //Харьков, 1994 – 13 с. – Деп. в ГНТБ Украины, №127-Ук 95, 16.01.95.

УДК 621.431

В.А. Жуков, канд. техн. наук, М.С. Курин, асп.

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ГАЗОТУРБИННОГО НАДДУВА АВТОМОБИЛЬНОГО ДИЗЕЛЯ

Введение

Одним из важнейших направлений развития конструкции ДВС является совершенствование систем газотурбинного наддува [1]. Первоначально наддув рассматривался только как средство повышения агрегатной мощности двигателей [3], однако ужесточение требований к экологическим показателям ДВС приводит к необходимости уделять все больше внимания влиянию параметров наддува на токсичность и дымность отработавших газов [5], а так же уровень шума, сопровождающего работу двигателя. Обязательным элементом современных систем газотурбинного наддува являются охладители надувочного воздуха, поэтому следует комплексно подходить к

выбору наилучших для заданного режима работы параметров наддува.

Перспективными направлениями совершенствования систем газотурбинного наддува являются: применение новых конструкционных материалов для изготовления турбокомпрессоров, использование турбокомпрессоров с переменной геометрией, повышение эффективности охладителей надувочного воздуха, автоматическое регулирование наддува [1, 4, 7].

Формулирование проблемы

Основными параметрами газотурбинного наддува являются давление надувочного воздуха и глу-