

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

Альохін Сергій Олексійович

УДК 621.431.72

ПОЛІПШЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ І ТОКСИЧНИХ
ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОВОЗНОГО ДИЗЕЛЯ 6ДН ШЛЯХОМ
УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПОВІТРОПОСТАЧАННЯ

Спеціальність 05.05.03 - теплові двигуни

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2004

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в казенному підприємстві "Харківське конструкторське бюро з двигунобудування" Міністерства промислової політики України, м. Харків

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор

Рязанцев Микола Карпович,

казенне підприємство "Харківське конструкторське бюро з двигунобудування", головний науковий співробітник.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор

Дяченко Василь Григорович

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", професор кафедри двигунів внутрішнього згоряння;

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

Лєвтеров Антон Михайлович

Інститут проблем машинобудування Національної академії наук України, м. Харків, виконуючий обов'язки завідувача відділом поршневих енергоустановок.

Провідна установа: Національний аграрний університет, кафедра тракторів і автомобілів, Кабінет Міністрів України, м. Київ.

Захист відбудеться "06" липня 2004 р. о 13⁰⁰ на засіданні спеціалізованої вченої ради Д64.050.13 у Національному технічному університеті "Харківський політехнічний інститут" за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут".

Автореферат розісланий "04" червня 2004 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради

Парсаданов І.В

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми

Казенним підприємством "Харківське конструкторське бюро з двигунобудування" (КП ХКБД) розроблено тепловозний дизель 6ДН (6ДН12/2х12) для силових установок дизель-потягів модернізованих ДР-1А та нових типу ДЕЛ-01. Дизель має потужність 588 кВт при частоті обертання колінчатого вала $n=2200 \text{ хв}^{-1}$. Це дефорсований варіант танкового дизеля 6ТД потужністю 883 кВт при $n=2800 \text{ хв}^{-1}$. Наддування в дизелі 6ДН здійснюється відцентровим компресором, який приводиться від колінчатого вала. Відпрацьовані гази розширюються в турбіні, яка віддає свою потужність на колінчатий вал.

Відомо, що ефективним засобом одночасного поліпшення економічних і токсичних показників та підвищення ресурсу дизелів з високим рівнем наддування є застосування проміжного охолоджувача наддувного повітря (ОНП). Але на дизелі-прототипі 6ТД ОНП раніше не застосовувався, що було обумовлено його призначенням.

Застосування ОНП викликає зміни в робочому циклі дизеля. Установка ОНП на дизель, який доведено без ОНП, не дає змоги реалізувати потенційні можливості поліпшення його техніко-економічних і токсичних показників, якщо не удосконалити систему повітропостачання.

В практиці двигунобудування є досвід застосування ОНП на чотиритактних дизелях з вільним турбокомпресором, на середньообертових двотактних дизелях, які мають двоступінчасту систему наддування, а також на суднових малообертових двотактних дизелях із прямоточно-клапанною продувкою. Однак для швидкохідного двотактного дизеля з прямоточно-щілинною продувкою, приводними компресором і силовою турбіною роботи з застосуванням ОНП раніше не виконувались і будь-які рекомендації з вибору параметрів системи повітропостачання в літературі відсутні.

Одночасно резерви поліпшення техніко-економічних показників двигуна 6ДН пов'язані також з удосконаленням конфігурації впускних вікон циліндру і вибором раціональних характеристик турбіни.

Створення тепловозного дизеля для дизель-потягів викликає необхідність розробки і впровадження науково обґрунтованих рекомендацій щодо вибору оптимальних параметрів робочого процесу дизеля 6ДН у разі впровадження ОНП і удосконалення газоповітряного тракту, що обумовлює актуальність теми дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Роботу виконано відповідно до Державної програми розвитку виробництва двигунів внутрішнього згоряння, затвердженої Постановою Кабінету Міністрів України № 95 від 16.06.1996 р. (розділ 1.12 "Конверсійні двигуни на основі спеціальних дизелів типу ТД"), Поста-

нови Кабінету Міністрів № 364 від 04.06.1994 р. “Про організацію виробництва вагонів дизель - та електропоїздів”. Номер державної реєстрації ДКР О195УО14401.

Мета і задачі дослідження

Метою дисертації є розв'язання науково-технічної задачі з поліпшення техніко-економічних і токсичних характеристик швидкохідного двотактного дизеля 6ДН з прямоточно-щілинною продувкою при зменшенні теплової напруженості циліндро-поршневої групи.

Об'єкт дослідження – двотактний швидкохідний дизель 6ДН з газотурбінним наддувом, охолоджувачем наддувного повітря та удосконаленою системою повітропостачання.

Предмет дослідження – техніко-економічні і токсичні характеристики дизеля 6ДН.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішені такі основні задачі:

1. Удосконалення математичних моделей і програм, які дозволяють розрахунковим шляхом вибрати раціональні параметри системи повітропостачання дизеля 6ДН.
2. Підвищення якості процесів газообміну модернізацією форми впускних вікон циліндру, що дозволяє поліпшити ефективні показники двигуна.
3. Розробка конструкції, визначення теплових і гідравлічних характеристик компактного ОНП для дизеля 6ДН.
4. Розробка рекомендацій з вибору конструктивних параметрів системи повітропостачання дизеля 6ДН з ОНП та удосконаленою конфігурацією впускних вікон циліндрів.
5. Оцінка впливу запропонованих заходів на техніко-економічні показники та токсичність відпрацьованих газів.

Наукова новизна роботи

1. Вперше визначено значення коефіцієнту тертя об стінку циліндру повітряного заряду, що обертається в циліндрі дизеля під час стискання.
2. Отримані залежності, які пов'язують показники газообміну дизеля 6ДН12/2х12 з параметрами газу у впускному і випускному колекторах, геометричними характеристиками вікон і частотою обертання колінчатого вала.
3. Вперше запропоновано безрозмірний критерій форми прямокутного впускного вікна і показано, що найкраща якість процесів газообміну у двигунах з прямоточно-щілинним продуванням забезпечу

ється при однакових значеннях критерію форми, а також визначено діапазон цих значень.

4. Визначено кількісний вплив на показники паливної економічності, токсичності відпрацьованих газів та теплової напруженості основних деталей дизеля 6ДН як роздільного, так і спільного впровадження розробленого високоефективного компактного ОНП, циліндру з удосконаленою конфігурацією впускних вікон і соплового апарату турбіни з оптимальним мінімальним прохідним перерізом.

Практична значення одержаних результатів

1. Удосконалено програму розрахунку параметрів робочого циклу двотактного дизеля, яка була розроблена в УкрДАЗТ, шляхом доповнення її залежностями, що дозволяють врахувати наявність ОНП, швидкість обертання заряду в циліндрі, втрати на тертя в циліндро-поршневій групі (ЦПГ), реальні коефіцієнти витрати вікон, а також визначити коефіцієнти наповнення і залишкових газів.

2. Розроблено рекомендації з вибору максимального кута закрутки впускних вікон за висотою, фаз газорозподілу, мінімального прохідного перерізу соплового апарату турбіни дизеля 6ДН з ОНП і циліндрами з удосконаленою конфігурацією впускних вікон, що забезпечує найкращу паливну економічність і найменшу токсичність відпрацьованих газів.

3. Розроблено технологію виготовлення впускних вікон з удосконаленою конфігурацією, що дозволило збільшити їх прохідний переріз на 10 % без зміни конструкції гільзи циліндра.

4. Розроблено оригінальну конструкцію компактного високоефективного ОНП, вбудованого в компресор, застосування якого дозволяє поліпшити показники паливної економічності та токсичності дизеля 6ДН.

5. Розроблено нову конструкцію газовідбирального пристрою і обґрунтовано методику його застосування, що полегшує проведення експерименту і забезпечує підвищення достовірності визначення складу газу в циліндрі наприкінці процесу розширення.

6. Показано, що за умови збереження температури випускних газів можливо підвищення потужності модернізованого дизеля 6ДН на 9,7% у порівнянні з базовим тепловозним дизелем.

Особистий внесок здобувача

1. За результатами наукового аналізу результатів експериментів визначено коефіцієнт тертя повітряного заряду об стінки циліндру дизеля у період стиску .

2. Одержано залежності, які встановлюють зв'язок між показниками газообміну дизеля 6ДН і параметрами газу у впускному і випускному колекторах, геометричними характеристиками вікон і режимом

роботи дизеля.

3. Узагальнено залежності основних показників циклу від безрозмірного критерію форми вікна для дизелів із прямоточно-щілинним продуванням.

4. Запропоновано принципово нову схему і конструкцію компактного високоефективного ОНП, вбудованого у відцентровий компресор. За результатами випробувань на безмоторному стенді визначено теплові і гідравлічні характеристики ОНП.

5. Обґрунтовано вибір параметрів системи повітропостачання, фаз газорозподілу, мінімального прохідного перерізу соплового апарата турбіни, максимального кута закручення за висотою впускних вікон дизеля 6ДН з ОНП.

6. Дано оцінку ефективності застосування циліндра з удосконаленою конфігурацією впускних вікон.

8. Обґрунтовано методику використання нового газовідбирального пристрою для визначення складу газу в циліндрі наприкінці процесу розширення.

9. Дано оцінку поліпшення техніко-економічних і токсичних показників, а також можливість подальшого форсування дизеля 6ДН з ОНП.

Апробація результатів дисертації

Основні результати досліджень, що включені в дисертацію, доповідалися на I і VIII міжнародних конгресах двигунобудівників України (Україна - Крим - Рибаче) у 1996 і 2003 р.р., на міжнародних щорічних науково-технічних конференціях “Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров’я”. Харків - Мішкольц - Магдебург у 1993-1999 р.р.

Публікації

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

Обсяг і структура роботи

Дисертаційна робота складається з вступу, 5 розділів, висновків, додатків. Повний обсяг дисертації складає 241 сторінку, з них 25 ілюстрацій по тексту, 17 ілюстрацій на 15 сторінках; 12 таблиць по тексту; 173 найменувань літературних джерел на 18 сторінках; 6 додатків на 57 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У вступі обґрунтовано актуальність дослідження, розглянуто стан розробки проблеми, сформульовано мету та основні задачі дослідження, надано інформацію про наукову новизну та практичну

цінність роботи, визначено особистий внесок здобувача в отриманні результати.

Перший розділ містить аналіз робіт, присвячених проблемі використання ОНП на дизелях. Розглянуто можливі схеми систем охолодження повітря, конструкції ОНП, вплив ОНП на робочі процеси, показники паливної економічності та токсичності відпрацьованих газів. Зроблено висновок, що для тепловозних дизелів доцільно застосовувати водо-повітряні ОНП. Показано, що зараз відсутні дослідження, у яких розв'язується задача вибору конструктивних і регулювальних параметрів системи повітропостачання, яка виникає у разі модернізації швидкохідних двотактних дизелів шляхом установки ОНП.

У другому розділі дано опис удосконаленої методики розрахунку процесів течії заряду в циліндрі дизеля БДН під час газообміну та стискання, яка базується на методі "крупних часток" і враховує специфіку течії в циліндрі двигуна з прямоточно-щілинною продувкою.

Для підвищення достовірності розрахунку газодинамічних процесів у циліндрі отримані залежності для визначення коефіцієнту тертя газу о стінки циліндра. З використанням результатів досліджень двигунів Ч8,5/11, ЧН18/20, ДН20,7/2х25,4 встановлено, що коефіцієнт тертя $C_x = 0,0125$, і він є автомодельним за числом Рейнольдса. Отримане значення C_x втричі більше, ніж дає розрахунок за формулою для плоскої пластини. Зіставлення результатів розрахункового й експериментального визначення полів швидкостей у циліндрі дизеля БДН дозволило зробити висновок про можливість застосування уточненої моделі розрахунку течії заряду у циліндрі для розв'язання задач даного дослідження. Методика доповнена залежностями, що дозволяють визначити втрати на тертя в ЦПП, коефіцієнти витрат випускних та впускних вікон.

З застосуванням удосконаленої методики і удосконаленої програми розрахунку параметрів робочого циклу виконано багатофакторний розрахунковий експеримент і отримані рівняння множинної регресії, які встановлюють зв'язок між масою свіжого повітряного заряду в циліндрі M_s , коефіцієнтом продувки $\varphi_{пр}$, максимальною тангенціальною складовою W_t швидкості руху повітряного заряду в камері згоряння в момент початку упорскування палива, коефіцієнтом залишкових газів $\gamma_{ост}$ та частотою обертання колінчатого валу n , середнім тиском у випускному колекторі $P_{твр}$, відношенням тисків $P_s/P_{твр}$, кутом початку відкриття випускного вікна φ_e , максимальним кутом закручення впускного вікна φ_3 .

У третьому розділі за допомогою удосконаленої програми дано

оцінку ефективності як окремого, так і сумісного впровадження заходів, спрямованих на поліпшення характеристик дизеля 6ДН.

Показано, що максимальний ефект буде досягнуто, якщо одночасно з впровадженням ОНП та циліндрів з удосконаленою конфігурацією впускних вікон забезпечити оптимальне значення мінімального прохідного перерізу соплового апарату турбіни $f_{ca} = 50 \text{ см}^2$, кута початку відкриття впускних вікон циліндру $\varphi_e = 100$ град п.к.в., максимального кута закручення впускних вікон за висотою $\varphi_z = 42$ град. При цьому коефіцієнт наповнення зростає з 0,89 до 0,94, коефіцієнт залишкових газів зменшиться з 0,042 до 0,033, паливна економічність на номінальній потужності поліпшиться на 14,5 г/(кВт·год) і одночасно поліпшаться показники токсичності і димності відпрацьованих газів.

В розділі приведено одержані в ході розрахункових досліджень характеристики тепловозного дизеля 6ДН при різних значеннях максимального кута закручення впускних вікон циліндра φ_z (рис.1), дано теоретичний аналіз причин впливу інтенсивності закручення повітряного заряду під час впуску на внутрішньоциліндрові процеси. На рис.2 наведені графіки, які показують зміну швидкостей потоку (осьової швидкості W_z , тангенціальної W_t , радіальної W_r) та локальної масової концентрації (q) залишкових газів в суміші з повітрям при продувці по діаметру циліндра в форсуночному перерізі.

Встановлено, що при збільшенні максимального кута закручення впускного вікна за висотою φ_z щодо його оптимального значення ($\varphi_{z \text{ опт}} = 42$ град) є тенденція до підвищення концентрації залишкових газів у центрі циліндра, а при зменшенні φ_z - у пристінковій зоні циліндру поблизу впускних вікон. В обох випадках це призводить до збільшення коефіцієнта залишкових газів, що негативно позначається на індикаторних показниках дизеля.

В четвертому розділі дано опис засобів та методів експериментальних досліджень, які були використані в роботі. Описано стенди та обладнання для випробувань розгорнутого дизеля 6ДН, одноциліндрового двигуна, безмоторних досліджень циліндра. Приведено результати експериментального визначення коефіцієнтів витрат впускних і випускних вікон, гідравлічних і теплових характеристик ОНП, механічних втрат в ЦПГ на різних режимах.

Описано конструкцію нового пристрою для відбирання проб газу з випускного вікна циліндра наприкінці процесу розширення (рис. 3) і дано обґрунтування методики його застосування.

В пристрої клапан 1 автоматично відкривається і пропускає пробу газу, яка іде на аналіз, лише тоді, коли повний тиск газового потоку,

що набігає, буде більшим за тиск у ресивері 2. Тиск відбирання регулюється вентилем 3.

В розділі обґрунтовано вибір тиску в ресивері 2 та мінімальну тривалість відбирання проби газу, які забезпечують необхідну точність визначення складу газу в циліндрі.

У п'ятому розділі наведено результати експериментального дослідження удосконалених циліндрів з підвищеним прохідним перерізом і збільшеним кутом закрутки впускних вікон, компактного ефективного ОНП, одноциліндрового дизеля та розгорнутого дизеля 6ДН, на якому встановлені удосконалені циліндри та ОНП.

На рис. 4 наведено схеми компресорів дизеля 6ДН у базовому виконанні і з розробленим ОНП. Розроблений ОНП має високі теплотехнічні та гідравлічні характеристики: коефіцієнт теплової ефективності $E_{ox}=0,7$ і коефіцієнт гідравлічної ефективності $\sigma_{ox}=0,98$.

В розділі приведено одержані в ході експериментального дослідження дизеля 6ДН без ОНВ і з ОНВ показники за тепловозною характеристикою (рис. 5 і 6). Показано, що на режимі номінальної потужності розроблений ОНП забезпечує зменшення питомої ефективної витрати палива на 2,7%, питомої емісії оксидів азоту на 17%, температури впускних газів на 8,2%, димності на 20%.

Поліпшення техніко-економічних і токсичних показників при впровадженні ОНП отримано в основному за рахунок зниження температури повітря на впуску з 380 К до 330 К, що забезпечило підвищення коефіцієнта надлишку повітря та індикаторного ККД.

Встановлено, що впровадження удосконалених впускних вікон зі збільшеним на 10% прохідним перерізом без зміни конструкції гільзи циліндра дозволить знизити температуру газів у впускному колекторі на 35 К на режимі номінальної потужності при зменшенні питомої ефективної витрати палива на 1,6%.

Шляхом обробки даних про вплив геометричних характеристик впускних вікон прямокутної форми в дизелях з прямоточно-щілинним продуванням (6ТД-1, 6ТД-2, Роллс-Ройс К-60, Лейланд L-60А) на показники газообміну та ефективні показники, було доведено, що максимальні значення коефіцієнта наповнення і мінімальні значення питомої ефективної витрати палива на режимі номінальної потужності буде у випадку, коли виконується умова:

$$K_{\phi} = \sin \varphi_{3cp} / \bar{f}_{ok\Sigma} = 0,75 \dots 0,95 ,$$

де K_{ϕ} - безрозмірний критерій форми впускного вікна;

φ_{3cp} - тангенціальний кут нахилу осей впускних вікон у середньому перерізі по висоті вікна;

$\bar{f}_{ok\Sigma}$ - відношення сумарної площі впускних вікон одного циліндра до площі його поперечного переріза.

Запропонований безрозмірний критерій форми впускного вікна K_{ϕ} доцільно використовувати тоді, коли на етапі проектування або при модернізації дизеля треба визначити основні геометричні характеристики впускного вікна (запатентовано в Україні).

На рис. 7 наведено вигляд впускних вікон циліндрів. У базовому варіанті вікна виготовляються

шляхом обкатування інструменту, що ріже, по твірної умовного циліндру, вісь якого розташовувалася на зовнішньому діаметрі циліндру. В удосконаленому - шляхом обкатування інструмента по твірної умовного циліндру, вісь якого розташована на середньому діаметрі циліндру. Це дає менше затінення перемичками вікон і збільшення прохідного перерізу вікон на 10% без зміни конструкції гільзи циліндру та фаз газорозподілу.

Загальне уявлення про можливість поліпшення характеристик дизеля 6ДН у разі одночасної реалізації всіх розроблених заходів дають тепловозні характеристики базового і модернізованого дизеля, наведені на рис. 8. Отримано поліпшення експлуатаційної витрати палива на 5,8%, а середньо-експлуатаційних викидів оксидів азота на 14%. За рахунок зниження теплових навантажень на основні деталі ЦПГ збільшується моторесурс, параметр Костіна K_t знижується на 17,4% в порівнянні з базовим дизелем.

ВИСНОВКИ

У дисертаційному дослідженні поставлена та розв'язана важлива науково-технічна задача з поліпшення техніко-економічних показників і токсичних характеристик швидкохідного тепловозного дизеля 6ДН шляхом удосконалення системи повітропостачання. Приведені в роботі результати дозволяють зробити наступні висновки:

1. Удосконалено методику розрахунку параметрів робочого циклу двотактного дизеля шляхом доповнення її залежностями для визначення коефіцієнту тертя повітряного заряду об стінку циліндру, коефіцієнтів витрати вікон різної форми, теплових та гідрав-

лічних характеристик ОНП, встановлення зв'язку показників газообміну з конструктивними і режимними параметрами двигуна, що дозволяє підвищити достовірність результатів розрахунку та забезпечує можливість проведення багатofакторної оптимізації параметрів системи повітропостачання.

2. У результаті узагальнення даних про характеристики швидкохідних двотактних дизелів із прямоточно-щілинною продувкою, що мають прямокутні впускні вікна, вперше введено поняття і визначено оптимальне значення безрозмірного критерію форми впускного вікна, при якому забезпечується найкращі умови для протікання процесу газообміну.

3. Розроблено, обґрунтовано і впроваджено в практику досліджень двотактних дизелів новий пристрій для відбору проб газу з впускного вікна в першій фазі випуску та методику його застосування, що спрощує відбір проб газу і забезпечує одержання достовірних даних про склад відпрацьованих газів.

4. Запропоновано новий спосіб виготовлення впускних вікон прямокутної форми для циліндрів швидкохідних двотактних дизелів, який забезпечує збільшення на 10% їх прохідного перерізу. Удосконалені циліндри виготовлені і впроваджені у виробництво для використання на тепловозних дизелях і двигунах інших модифікацій.

5. Розроблено, виготовлено, досліджено і впроваджено в виробництво нову оригінальну конструкцію ОНП, що є складовою частиною компресора наддувального повітря. Стендовими випробуваннями встановлено, що розроблений ОНП забезпечує високі теплотехнічні і гідравлічні характеристики, а саме:

- коефіцієнт теплової ефективності $E_{ox}=0,7$;
- коефіцієнт гідравлічної ефективності $\sigma_{ox}=0,98$.

6. Обґрунтовано вибір раціональних параметрів системи повітропостачання дизеля 6ДН. Встановлено, що для поліпшення показників тепловозного дизеля 6ДН із ОНП і удосконаленою конфігурацією впускних вікон циліндрів необхідно мати значення мінімального прохідного перерізу соплового апарата турбіни $f_{ca}=50 \text{ см}^2$, кута початку відкриття впускних вікон циліндра $\varphi_e=100$ град. п.к.в. і максимальний кут закручення впускних вікон за висотою $\varphi_z = 42$ град.

7. Визначено причини впливу кута закручення впускних вікон за висотою на показники газообміну і характеристики розподілу параметрів газового потоку у циліндрі. Встановлено, що при збільшенні максимального кута закручення φ_z відносно його оптимального значення ($\varphi_{zopt} = 42$ град) підвищується концентрація залишкових газів у центрі циліндра, а при зменшенні φ_z - у пристінковій

зоні циліндра поблизу впускних вікон. В обох випадках це приводить до збільшення коефіцієнта залишкових газів.

8. В результаті експериментального дослідження дизеля 6ДН встановлено:

- впровадження удосконалених циліндрів, впускні вікна яких мають збільшений на 10 % прохідний переріз, дозволяє знизити на режимі номінальної потужності температуру газів у випускному колекторі на 35 К і поліпшити питому ефективну витрату палива на 1,6%.

- впровадження розробленого ОНП на режимі номінальної потужності забезпечує зменшення питомої ефективної витрати палива на 2,7 %, питомої емісії оксидів азоту на 17 %, димності відпрацьованих газів на 20 %, температури випускних газів на 8,2%.

- збільшення максимального кута закручення впускних вікон за висотою до 42 град (замість 35 град) на режимі номінальної потужності дизеля 6ДН дозволяє покращити паливну економічність на 2,3 %.

9. Дано оцінку можливості подальшого форсування по середньому ефективному тиску модернізованого тепловозного дизеля 6ДН на 9,7 % (з 588 кВт до 645 кВт) за умови збереження середньої температури випускних газів перед турбіною на базовому рівні.

10. Показано, що при одночасній реалізації на двигуні 6ДН ОНП, циліндрів з удосконаленою конфігурацією впускних вікон, які мають збільшений прохідний переріз і оптимальний кут закручення за висотою, а також оптимальних параметрів турбіни, на режимі номінальної потужності знижується питома ефективна витрата палива на 14,5 г/(кВт·год). При використанні модернізованого дизеля 6ДН на дизель-потязі середньоексплуатаційна витрата палива зменшується на 5,8%, а середньоексплуатаційний викид оксидів азоту – на 14%. Зниження теплових навантажень на основні деталі ЦПГ дає можливість збільшити моторесурс дизеля.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Рязанцев Н.К., Бородин Ю.С., Алехин С.А., Краюшкин И.А., Грицюк А.В., Перерва П.Я. Быстроходное дизелестроение на государственном предприятии “Завод им. В.А.Мальшева” // Вестник Национального технического университета "ХПИ". - Харьков: НТУ "ХПИ" - 2001. -Вып. 26. -С. 11-16.

Описані конструкції танкових та конверсійних двигунів типу ДН 12/2х12, дано порівняння їх характеристик.

2. Алехин С. А. Улучшение технико-экономических и экологических показателей тепловозной модификации дизеля типа 6ТД за счет применения промежуточного охлаждения наддувочного воздуха// *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. -Харків: Нац. аерокосм. ун-т "ХАІ, 2003. -Вип. 41/6. - С. 32-35.

3. Алехин С. А. Улучшение экономических показателей тепловозной модификации дизеля 6ТД путем совершенствования гидравлических характеристик впускных окон цилиндра// *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. -Харків: Нац. аерокосм. ун-т "ХАІ, 2003. -Вип. 42/7. -С. 51-53.

4. Рязанцев Н.К., Анимов Ю.А., Алехин С.А., Борисенко А.В., Любченко В.Н. Кольцевой охладитель наддувочного воздуха для высокооборотных двухтактных дизелей типа 6ДН12/2х12 // *Двигатели внутреннего сгорания*, 2003. -№ 1-2. -С. 6-9.

Запропоновано принципово нову схему і конструкцію кільцевого охолоджувача наддувного повітря, дано опис результатів проведених експериментальних досліджень.

5. Рязанцев Н.К., Пелепейченко В.И., Алехин С.А., Перерва П.Я., Бородин Д.Ю. Выбор оптимальных фаз газораспределения двухтактного дизеля типа 6ТД с регулируемым давлением наддувочного воздуха.// *Двигатели внутреннего сгорания*, 2003. - №1-2. -С.27-28.

Проведено розрахункове дослідження впливу фаз газорозподілу на процес газообміну, індикаторні та ефективні показники дизеля.

6. Патент України на винахід UA 57874, F02B25/08. Форсований двотактний дизельний двигун: Пат. України UA 57874, F 02B25/08/ Рязанцев М.К., Соколов О. О., Бородин Ю.С., Краюшкін І. О., Альохін С.О., Куніцин П.Є., Перерва П.Я. Україна. -№2001096415; Заявл. 19.09.2001; Опубл. 15. 07.2003. -Бюл. №7.

Узагальнено дані щодо впливу геометричних характеристик впускних вікон на коефіцієнт наповнення, одержано емпіричну формулу для оптимального кута закручення впускних вікон циліндра.

7. Рязанцев Н.К., Алехин С.А., Бородин Ю.С., Бородин Д.Ю., Перерва П.Я., Краюшкин И. А. Расширение диапазона работы транспортного 2-х тактного газотурбинного дизельного двигателя 6ДН12/2х12 // *Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье*. Сб. науч. тр. -Харьков: ХГПУ, 1998. -Вып.6, Ч. 2. -С. 89-92.

Проведено експериментальне дослідження по перевірці ефективності розроблених способів розширення діапазону роботи дизеля 6НД

8. Рязанцев Н.К., Алехин С.А., Перерва П.Я., Бородин Д.Ю., Бородин Ю.С. Улучшение процесса газообмена 2-х тактного транспортного дизельного двигателя 6 ДН 12/2х12 за счет совершенствования конфигурации и размеров впускных окон цилиндров // Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье. Сб. науч. тр. - Харьков: ХГПУ, 1998.-Вып.6, Ч. 2.-С. 93-96.

Дано опис конструкції дослідних циліндрів з різною конфігурацією і розмірами впускних вікон, проведено експериментальну перевірку циліндрів на одноциліндровому двигуні, оброблено результати випробувань.

9. Рязанцев Н.К., Бородин Ю.С., Алехин С.А., Перерва П.Я., Куницын П.Е. Улучшение эксплуатационной топливной экономичности транспортного 2-х тактного дизельного двигателя 6ДН12/2х12 // Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье. Сб. науч. тр. - Харьков: ХГПУ, 1998. - Вып.6, Ч. 2. -С. 97-100.

Виконано розрахунок навантажувальних характеристик дизеля при різних частотах обертання колінчатого вала і аналіз результатів експериментальних досліджень.

10. Н.К. Рязанцев Н.К., Пелепейченко В.И., Бородин Д.Ю., Алехин С.А., Бородин Ю.С. Оценка эффективности турбонаддува транспортного 2-х тактного газотурбинного дизельного двигателя 6ДН12/2х12 с различными типами выпускной системы// Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье. Сб. науч. тр. - Харьков: ХГПУ, 1998. -Вып.6, Ч. 2. -С. 107-111.

Обґрунтовано методику проведення експериментальних досліджень дизеля, визначено фактори, що впливають на економічність двигуна з окремими впускними колекторами.

АНОТАЦІЇ

Альошін С.О. Поліпшення техніко-економічних і токсичних характеристик тепловозного дизеля 6ДН шляхом удосконалення системи повітропостачання. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.03 - теплові двигуни. - Казенне підприємство "Харківське конструкторське бюро з двигунобудування" Харків, 2004.

В роботі розв'язано задачу поліпшення техніко-економічних та токсичних характеристик тепловозного дизеля 6ДН (6ДН12/2х12), призначеного для силової установки дизель-потягів. Запропоновано удосконалений циліндр, який має впускні вікна з підвищеною на 10 % площею прохідного перерізу та оптимальний кут закручування за висотою. Розроблено спосіб виготовлення модернізованих вікон,

який не вимагає зміни конструкції циліндру. Запропоновано оригінальну конструкцію компактного ефективного водоповітряного проміжного охолоджувача наддувного повітря, вмонтованого в компресор. Впровадження нових циліндрів і системи проміжного охолодження наддувного повітря дозволить зменшити експлуатаційну витрату палива на 5,8 %, а експлуатаційні викиди оксидів азоту на 14 %.

Ключові слова: двотактний дизель, впускні вікна, охолодження наддувного повітря, паливна економічність, токсичність.

Алехин С.А. Улучшение технико-экономических и токсических характеристик тепловозного дизеля 6ДН путем усовершенствования системы воздухообеспечения. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 - тепловые двигатели. Казенное предприятие "Харьковское конструкторское бюро по двигателестроению" (КП ХКБД). Харьков, 2004.

Дизель 6ДН (6ДН12/2х12) разработанный в КП ХКБД, г. Харьков, предназначен для дизель-поездов ДР-1А и типа ДЭЛ-01. На базовый дизель 6ДН установлены цилиндры, унифицированные с цилиндрами прототипа - танкового дизеля 6ТД-1. Дизели 6ДН и 6ТД-1, несмотря на высокий наддув, не имеют охладителя наддувочного воздуха (ОНВ).

В работе обоснована возможность уменьшения эксплуатационного расхода топлива и токсичности отработанных газов дизеля 6ДН путем применения эффективного ОНВ, усовершенствованных цилиндров, имеющих впускные окна с повышенным на 10 % проходным сечением и оптимальным углом закрутки по высоте, а также рациональной характеристики турбины.

При проведении теоретических исследований использовался комплекс усовершенствованных программ, позволяющих моделировать течение заряда в цилиндре в периоды газообмена и сжатия, характеристики развернутого дизеля, а также стандартные программы многофакторной оптимизации. В результате были выбраны рациональные конструктивные параметры дизеля 6ДН с различными вариантами модернизации.

Необходимость рассмотрения различных вариантов модернизации обусловлена требованиями максимальной унификации дизелей. Установлено, что для полной реализации возможностей улучшения показателей тепловозного дизеля 6ДН с разработанным ОНВ и усовершенствованными цилиндрами необходимо иметь значения минимального проходного сечения соплового аппарата турбины

$f_{ca}=50 \text{ см}^2$, угла начала открытия выпускных окон цилиндра $\varphi_e=100$ град п.к.в., максимальный угол закрутки впускных окон по высоте $\varphi_3=42$ град. Оценена эффективность как отдельного, так и совместного применения предложенных мероприятий по улучшению характеристик дизеля.

Предложен безразмерный критерий формы прямоугольного впускного окна быстроходного двухтактного дизеля с противоположно-движущимися поршнями и найдено его оптимальное значение, при котором обеспечивается максимальный коэффициент наполнения и минимальный удельный эффективный расход топлива на режиме номинальной мощности.

На основе анализа данных о локальном распределении параметров потока в цилиндре в период продувки, полученных расчетным путем, дано научно обоснованное пояснение причин влияния угла закрутки впускных окон по высоте на показатели газообмена и характеристики распределения параметров газового потока по цилиндру. Установлено, что при увеличении максимального угла закрутки φ_3 относительно его оптимального значения ($\varphi_{3 \text{ опт}} = 42$ град) повышается концентрация остаточных газов в центре цилиндра, а при уменьшении φ_3 относительно оптимального - в пристеночной зоне цилиндра вблизи впускных окон. Увеличение концентрации остаточных газов в том и другом случае приводит к увеличению коэффициента остаточных газов, в результате чего уменьшается коэффициент наполнения, коэффициент избытка воздуха для сгорания, что отрицательно сказывается на индикаторных показателях дизеля.

Рекомендации, сделанные на основании теоретических исследований, проверены экспериментами на развернутом дизеле.

Разработан способ изготовления модернизированных окон, который не требует дополнительного изменения конструкции цилиндра, а также конструкция водо-воздушного ОНВ рекуперативного типа, вмонтированного в компрессор. Экспериментально определены характеристики усовершенствованных окон и ОНВ.

Показано, что при одновременной реализации разработанных мероприятий снижается эксплуатационный расход топлива на 5,8 %, а среднеэксплуатационные выбросы NO_x на 14 %. Снижение тепловых нагрузок на ЦПГ позволяет увеличить моторесурс дизеля.

Ключевые слова: двухтактный дизель, впускные окна, охлаждение наддувочного воздуха, топливная экономичность, токсичность.

Alyokhin S. Improvement of the locomotive diesel engine 6DN technicoeconomical and toxical parameters by means of air-supplying system updating. - Manuscript.

Thesis for a candidate of technical science degree by speciality 05.05.03 - heat-engines. - State Enterprise "Kharkov Engine Design Bureau". Kharkov, 2004.

In the issue there has been considered the problem of fuel operational supply rate, exhausted gases toxicity and opacity of the diesel engine 6DN (6DN12/2x12), designed for diesel locomotive engine installation. There has been proposed the improved cylinder, which has inlet ports with increased by 10% open flow area and which also has optimum angle of twisting as to height. There has been designed the technique of manufacturing of modernized ports; and the technique does not need the cylinder design changing. There has been proposed the original design of compact effective water-and-air intercooler, built in compressor. Commission of new cylinders and air intercooling system would help decrease fuel operational supply rate by 5.8% and nitric oxide operational outliers by 14%.

Key words: two-stroke diesel engine, inlet ports, supercharging air cooling, fuel economy, toxicity.

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

Підп. до друку 29.05.2004 р. Формат видання 145x215.

Формат паперу 60x90/16. Папір офісний. Друк – ризографія.

Обсяг 0,9 авт. арк. Наклад 100 прим. Зам. №

Видавничий центр НТУ “ХПІ”. Свідоцтво ДК № 116 від 10.07.2000р.

Друкарня НТУ “ХПІ”, 61002, Харків, вул. Фрунзе,21
