

УДК 621.432.(075)

DOI 10.18372/2786-5487.1.16605

**Білоконь Яків Юхимович**

кандидат технічних наук, доцент,

завідувач лабораторії ВСП,

Фаховий коледж інформаційних технологій та землевпорядкування

Національного авіаційного університету

**Воронков Олексій Андрійович** 

викладач, голова Циклової комісії транспортних технологій ВСП

Фаховий коледж інформаційних технологій та землевпорядкування

Національного авіаційного університету

## **ПІДСТАВИ ДЛЯ ҐРУНТОВНОЇ УВАГИ**

### **ДО СИСТЕМ НАДДУВУ ДВИГУНІВ ПРИ ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ ДЛЯ АВТОТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ**

***Анотація.** Стислим описом аргументується потреба поглибленого вивчення впровадженної науково-технічної розробки – турбонаддуву, як одного з важливих показників досконалості сучасних автомобільних двигунів.*

***Ключові слова.** Навчання, автомобіль, двигун, наддув, потужність, турбокомпресор, охолодження.*

***Annotation.** A brief description argues the need for in-depth study of the implemented scientific and technical development - turbocharging, as one of the important indicators of excellence of modern automobile engines.*

***Key words:** Training, car, engine, supercharging, power, turbocharger, cooling.*

Автомобільний транспорт, найбільш масовий перевізник вантажів і пасажирів на малі й середні відстані, швидкими темпами розвивається. Конструкції деяких механізмів і систем автомобільних двигунів сучасного

покоління істотно відрізняються від попередників, що пов'язано, як і зі зростанням вимог щодо потужності, так і економічності та екологічності.

Для того, щоб двигуни внутрішнього згоряння (далі ДВЗ) були пріоритетними для автомобілів ще багато років, їх конструкції вдосконалюються, впроваджуються інноваційні розробки й технології технічного обслуговування та діагностики. Високого рівня досконалості набув здавна відомий, тепер суттєво доопрацьований, спосіб наповнення повітрям циліндрів чотиритактного двигуна на такті впуску – примусово (під тиском). Викладений нижче матеріал переконує, на наш погляд, у необхідності поглибленої уваги до такої розробки при підготовці фахівців для сфери автомобільного транспорту (адже у чинних програмах навчальних дисциплін бракує приписів щодо її тематичного розгляду). В цім вбачається актуальність теми публікації.

За певного робочого об'єму поршневого ДВЗ його потужність може бути підвищена шляхом збільшення частоти обертання колінчастого вала або середнього ефективного тиску в циліндрах: реалізація першого – обмежується максимальною, за умовами надійності та довговічності конструкції, швидкістю руху поршнів; щодо другого – пояснення наступне.

Для згоряння суміші в циліндрах невелика маса палива змішується з великим об'ємом повітря. Отже, збільшення надходження повітря дозволяє збільшити і циклову подачу палива (зростає щільність заряду циліндрів), при згорянні виділятиметься більша кількість теплоти, в результаті можна отримати більшу потужність із одиниці робочого об'єму двигуна з внутрішнім сумішоутворенням. Дієвим шляхом для такого застосунку є подача повітря, необхідного для згоряння, під тиском вищим, від атмосферного. Таким чином, маса повітря в суміші збільшується (цей спосіб називається наддувом), тобто повітря у таких двигунах стискується двічі: зовні робочих циліндрів і безпосередньо в циліндрах.

Наддув ДВЗ відомий давно (1905 р., швейцарський інженер А. Бюхі, Федеральне патентне відомство США), а інтенсивний розвиток

турбокомпресорів розпочався після їх встановлення в серійних автомобілях (1977 р., SAAB 99 Turbo; 1978 р., Mercedes-Benz моделі 300 SD).

За ступенем підвищення тиску заряду ( $\pi_k$ -відношення тиску після компресора до тиску навколишнього середовища) системи наддуву класифікують, як: низького ( $\pi_k \leq 1,9$ ); середнього ( $1,9 \leq \pi_k \leq 2,5$ ); високого ( $\pi_k \geq 2,5$ ): відповідні розрахункові рівні приросту потужності в межах від 20 до 50% (і більше). Джерелами енергії для наддуву повітря (далі НП) в розроблених системах використовуються: енергія відпрацьованих газів (далі ВГ); механічний привод компресора від колінчастого вала двигуна; комбіновані; енергія хвильових коливань (газодинамічний наддув).

При наддуві підвищуються тиск і температура в циліндрах в кінці такту стискання, що обмежує ступінь наддуву в двигунах з іскровим запалюванням внаслідок загрози детонації. Однак, як видно з опублікованих досліджень, існують засоби, за допомогою яких процес може бути ефективним. Тут можна згадати, для прикладу, електронну систему запалювання, яка дозволяє мати широкі межі зміни кута випередження запалювання і контролює можливість настання детонаційного згоряння.

Бензинові двигуни з прямим уприскуванням палива достатньо придатні до застосування НП зокрема тому, що паливо, яке потрапляє безпосередньо в камери згоряння, дещо охолоджує циліндри, завдяки чому знижується схильність до детонації і в широкому робочому діапазоні задіяна велика кількість повітря.

Дизелі, які виготовляються в теперішній час, майже всі обладнані турбонаддувом (збільшення надходження повітря доцільне на всіх робочих режимах).

Переважаючого поширення набув газотурбінний НП, при якому для стискання повітря і нагнітання його в циліндри двигуна використовується частина енергії відпрацьованих газів. Нагадаємо сутність процесу.

У момент, коли відкривається випускний клапан, газова суміш у циліндрі ще перебуває під високим тиском. Спадання тиску й зниження температури, що

здійснюється системою випуску ВГ, супроводжується втратою енергії, частину якої можна використати шляхом перепуску через турбіну, а вже потім – у навколишнє середовище.

Надходження ВГ до газової турбіни турбокомпресора може бути або від загального випускного колектора (постійний тиск перед турбіною), або від кожного циліндра чи групи циліндрів (імпульсна система наддуву). В газовій доцентровій турбіні спадання тиску й температури зумовлюють механічну роботу, задіяну для привода колеса відцентрового компресора, обертанням якого з великою частотою ( $40000 \dots 120000 \text{ хв}^{-1}$ ) стискується повітря перед впускними клапанами.

Лопаті робочого колеса турбіни обертаються в середовищі високих температур ВГ (до  $900 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ), зважаючи на це вони виготовляються з високоміцних сплавів. Вал, з колесами турбіни й компресора (ротор), обертається переважно на підшипниках ковзання, які змащуються оливою, що подається від системи мащення двигуна (під тиском).

Для наддуву форсованих двигунів застосовуються компресори відцентрового типу, яким властиві малі габарити й маса, високий рівень коефіцієнта корисної дії і надійність (серед недоліків – велика інерційність обертання ротора).

Для того, щоб двигун із зворотно-поступальним рухом поршнів і лопатевий нагнітач повітря успішно взаємодіяли в різних режимах навантаження й частотах обертання колінчастого вала (зв'язок турбокомпресора з ДВЗ лише газовий), застосовується регульований НП: шляхом перепуску в атмосферу частини ВГ в обхід турбіни (спеціальним клапаном, підконтрольним електронному блоку керування); зміною прохідних перерізів гідравлічного тракту турбокомпресора (складніший, але ефективніший варіант).

Важливими для ефективності роботи двигуна є додаткові заходи, такі як: струменеве оливне охолодження днищ поршнів; застосування високожаростійких матеріалів для клапанного механізму, головки циліндрів і колектора ВГ; охолодження НП.

В робочому процесі турбодвигуна охолодження НП є надто важливим фактором, тому про це дещо докладніше.

При середньому та високому наддуві повітря нагрівається (до сотні °С), що небажано підвищує температурний рівень робочого процесу в двигуні та зменшує заштовхувану в циліндри повітряну масу. З опублікованого: зниження температури НП до 50 °С може призвести до підвищення потужності приблизно на 15%. Позитивний вплив охолодження НП справляє й на інші параметри роботи двигуна: крутний момент, витрату палива, міцність деталей. Тому форсовані автомобільні турбодвигуни останнього покоління оснащені охолодниками (інтеркулерами).

Найбільш поширеним типом системи охолодження НП (в першу чергу в легкових автомобілях) є «повітря/повітря», при якій, в якості холодильного агента слугує безпосередньо зустрічне повітря навколишнього середовища (це означає, що охолодник НП має бути розташований у передній частині автомобіля).

Рівень термічної ефективності охолодника визначається відношенням різниці температур повітря: на вході й виході охолодника до температурної різниці на вході в охолодник і навколишнього середовища. Для прикладу: температуру НП в межах 100 °С знижено до 40 °С за температури навколишнього середовища 20 °С; у такому разі показник термічної ефективності визначиться, як:  $(100-40)/(100-20)=60/80=0,75$  (це досить високий рівень). Важливо, що зниження температури НП супроводжується спадом тиску (втратою густини повітря), тому вважається нормальним, якщо цей параметр не перевищує 10%. Зазвичай повітряні охолодники виготовляються із алюмінію (привабливість у високому рівні теплопровідності).

Інший спосіб – застосування в якості холодильного агента рідини. Перевага системи з холодильною рідиною, перед вищезгаданою, полягає в тім, що охолодник може бути розташований в будь-якому місці моторного відсіку, а недолік – межею зниження температури НП є температура холодильної рідини в радіаторі.

Внаслідок теплової та механічної напруженості зросли вимоги до матеріалів. Так, впроваджуються керамічні колеса турбін (матеріалу властиве високе допустиме теплове навантаження), колеса компресорів із пластмаси (матеріал майже вдвічі легший від алюмінію, внаслідок чого знижується інерція ротора).

Важливе нагадування: після тривалої автомобільної поїздки потрібно дати турбодвигунові попрацювати 2...3 хвилини з малою частотою обертання колінчастого вала, щоб стабілізувалася температура турбіни.

Отже, описане вдосконалення стосується не тільки термодинаміки, а також механіки важливих механізмів, тому і бензинові двигуни, і дизелі з НП помітно відрізняються від подібних безнаддувних.

На підставі викладеного формулюються наступні висновки:

ґрунтовний розгляд систем турбонаддуву (ознак високого рівня робочих показників ДВЗ сучасних легкових і вантажних автомобілів), при підготовці фахівців автотранспортного спрямування – це назріла потреба; спонукати до її реалізації мають відповідні приписи у програмах навчальних дисциплін.

### **Список використаних джерел**

1. Абрамчук Ф.І., Гутаревич Ю.Ф., Долганов К.Є., Тимченко І.І. Автомобільні двигуни: Підручник. - К.: Арістей, 2006. - 476 с.
2. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах. Т.1. Розробка конструкцій форсованих двигунів наземних транспортних машин /За ред. проф. А.П. Марченка та засл. діяча науки України проф. А.Ф. Шеховцова. - Харків: Прапор, 2004. - 360 с.
3. Хак Г. Турбодвигатели и компрессоры: Справочное пособие / Г. Хак, Лангкабель. - М.: ООО «Изд. АСТ», 2003. - 351 с.