

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ  
ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТА ЯКОСТІ**



*Сьома Міжнародна науково-практична конференція*

**«ТЕХНІЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ,  
МЕТРОЛОГІЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ  
ТЕХНОЛОГІЇ»**

10 – 11 жовтня 2017 р.

**Одеса 2017**

УДК 389:621:531:006.07:53.08:539.4  
ББК 30  
М 546

*Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради  
Одеської державної академії технічного регулювання та якості (ОДАТРЯ)  
Міністерства освіти і науки України від 28.09.2017 р., протокол № 2.*

Головний редактор:  
*Л. В. Коломієць*, доктор технічних наук, професор, ректор ОДАТРЯ

Відповідальний за випуск:  
*Г. Д. Братченко*, доктор технічних наук, професор.

Матеріали подані в авторській редакції.  
За зміст публікації несе відповідальність автор.

**М 546 Технічне регулювання, метрологія та інформаційні технології:** матеріали Сьомої Міжнародної науково-практичної конференції (Одеса, 10-11 жовтня 2017 р.) / ред. Л В Коломієць, Г. Д. Братченко, В. Д. Постоварова; Одеська державна академія технічного регулювання та якості. – Одеса, Бондаренко М. О., 2017. – 251 с.

ISBN 978-617-7424-73-3

У збірнику представлено матеріали конференції, присвяченої проблемам технічного регулювання та якості, стандартизації та споживчої політики, метрології та метрологічного забезпечення, розробки інформаційно-вимірвальних систем та приладобудування.

Розраховано на викладачів, аспірантів, наукових та інженерних працівників, які спеціалізуються в області вивчення та дослідження цих проблем.

УДК 389:621:531:006.07:53.08:539.4  
ББК 30

ISBN 978-617-7424-73-3

©Одеська державна академія технічного регулювання та якості, 2017 р.

ИССЛЕДОВАНИЕ ШУМА ВИБРАТОРА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ИВ-92 Зборовская И. А., к.т.н., доц., Кудряшов В. А., Новикова А. И. ....	78
ФОРМУВАННЯ СТРИБКА КОНЦЕНТРАЦІЇ В НЕОДНОРІДНІЙ ІЗОТЕРМІЧНІЙ ПЛАЗМІ ПРИ ВЗАЄМОДІЇ З МОДУЛЬОВАНИМ ЕЛЕКТРОННИМ ПУЧКОМ: АНАЛІТИЧНІ ОЦІНКИ Сорока С. В., к. фіз.-мат. н., Анісімов І. О., д. фіз.-мат. н., проф. ....	80
ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЧНОСТИ И ЖЕСТКОСТИ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ БОКОВОЙ РАМЫ ТЕЛЕЖКИ ГРУЗОВОГО ВАГОНА Лимаренко А. М., к.т.н., доц., Романов А. А., Яцинюк Е. М., Анискин А. ....	85
НОВИЙ МЕТОД ОЦІНКИ ПОКАЗНИКІВ БЕЗПЕЧНОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ В УКРАЇНІ Євтушенко Т. В., Сухенко В. Ю., д.т.н., професор .....	91
ОПТИМАЛЬНИЙ АЛГОРИТМ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ ПРИ ВИМІРЮВАНІ ДЕФОРМАЦІЇ Ганєва Т. І. к.т.н., доцент .....	93
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛАЗЕРНЫХ И СВЕТОИЗЛУЧАЮЩИХ ДИОДОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В ИХ ОСНОВЕ СОЕДИНЕНИЙ АЗВ5 Банзак О. В., д.т.н., доцент .....	96
ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ВИМІРЮВАННЯ БИТТЯ КОРПУСУ РЕДУКТОРА ВІДНОСНО ОСІ КОЛІСНОЇ ПАРИ Перетяка Н. О. ....	98
<b>СЕКЦІЯ 3 ДОСЯГНЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ</b>	100
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СУДНОВИХ УТИЛІЗАЦІЙНИХ СИСТЕМ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ Ярошенко В. М., к.т.н., доцент .....	101
СПОСОБИ ПОКРАЩЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДАТЧИКІВ ВІБРАЦІЇ ТА ШУМІВ Лещенко О. І., к.т.н., доцент, Зборовська І. А., к.т.н., доцент, Притуляк Е. М., Лещенко К. О. ....	104
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТУРБОКОМПРЕСОРІВ ДЛЯ НАДДУВУ ДВС Мілованов В. І., д.т.н., проф., Губінов Д. О. ....	107

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТУРБОКОМПРЕСОРІВ ДЛЯ НАДДУВУ ДВС

Мілованов В. І., д.т.н., проф., Губінов Д. О.  
Одеська національна академія харчових технологій,  
м. Одеса

### 1. Розвиток двигунів з турбонаддувом

Друга половина 1930-х стала відправною точкою в подальшому розвитку технологій конструювання турбокомпресорів. Першими користь від даного рішення помітили виробники вантажівок, а двигун з турбокомпресором для вантажних авто був побудований в 1938 році. Масове впровадження компресора в конструкцію легкових авто продемонстрували американці, які випустили на ринок моделі з наддувом на початку 60-х. Турбокомпресори дозволили виробникам дизелів домогтися такої ефективності їх роботи, яка надала дизельному ДВС можливість впевнено конкурувати з бензиновими побратимами. При цьому, збереглася головна відмінна риса дизеля – значно менша витрата палива, порівняно з бензиновими двигунами. Компресор вивів дизель на новий рівень, зробивши його в ряді випадків набагато більш привабливим щодо моторів на бензині [1]. Дане явище ми спостерігаємо і в наші дні. Конструктивно дизельні двигуни мають більш високу ступінь стиснення, а їх вихлопні газы характеризуються відносно низькою температурою в порівнянні з агрегатами на бензині. Такі особливості дизеля є вкрай сприятливими. Вони знизили ряд вимог до жароміцності самої турбіни, компресор стало можливим виготовляти з меншими витратами на виробництво, постійно вдосконалювати його конструкцію і т. д. Сьогодні використання турбіни на дизельних ДВС стало практично нормою. Простих атмосферних без наддувних дизелів на легкових і комерційних авто в наші дні практично немає. Виробники і розробники всі інновації та свіжі рішення в області турбокомпресорів закономірно випробують спочатку на дизельних моторах [2].

### 2. Турбонаддув і його основи

**Турбонаддув** – такий спосіб наддуву, при якому зовнішнє повітря подається в робочу камеру двигуна під тиском. Це відбувається завдяки використанню енергії відпрацьованих газів. В даний момент саме турбонаддув є найбільш ефективною системою, яка дозволяє істотно підвищити потужність двигуна без необхідності збільшувати частоту обертання колінвала [2]. Немає необхідності також збільшувати об'єм циліндрів. Головною перевагою турбонаддува є не тільки збільшення потужності силової установки. Наддув додатково забезпечує істотну економію палива. Це видно в тому випадку, якщо проводити розрахунок з упором на одиницю потужності. Ще одним плюсом турбодвигуна є менша токсичність відпрацьованих газів. Такий показник досягається за рахунок того, що паливно-повітряна суміш згоряє більш повно порівняно з безнаддувними аналогами. Різні системи турбонаддува застосовується виробниками автомобілів на бензинових і дизельних агрегатах. Ефективність турбонаддуву на дизелях в умовах паливної світової кризи і жорстких екологічних норм дозволила такому рішенню в останні роки впевнено потіснити бензинові агрегати на світовій арені.

### **3. Елементи турбокомпресора**

Конструкції різних систем турбонаддуву можуть відрізнятися, але загальне – пристрій такого наддуву включає в себе список ключових елементів. Турбонаддув складається з повітрязабірника; повітряного фільтру; дросельної заслінки; турбокомпресора; інтеркулера; впускного колектора. Кожен елемент об'єднаний з іншим за допомогою сполучних патрубків і напірних шлангів. Більшість зазначених вище елементів турбосистеми є типовими представниками звичної нам системи впуску атмосферного ДВС. Турбокомпресор являє собою конструктивну основу всієї системи турбонаддуву. Саме він відповідає за забезпечення необхідного підвищення тиску повітря, що надходить у впускний колектор.

### **4. Конструкція турбокомпресора**

Конструктивно турбокомпресор складається з двох коліс. Одне колесо є турбінним, а друге компресорним. Обидва колеса розташовані на валу ротора. Всі елементи системи, що включають в себе колеса і вал на підшипниках, знаходяться в окремих корпусах.

Турбінне колесо призначене для того, щоб приймати на себе корисну енергію відпрацьованих газів. Таке колесо здійснює обертання в спеціальному корпусі, який має особливу форму. Саме турбінне колесо, а також корпус турбіни виготовлені з жароміцних матеріалів. Для виготовлення застосовують сплави або керамічні матеріали. Компресорне колесо відповідає за всмоктування повітря, його стиснення і нагнітання в циліндри мотора. Зазначене колесо також здійснює обертання у власному окремому корпусі. Обидва колеса являють собою конструкцію, в якій вони жорстко закріплені на валу. Вал ротора обертається в підшипниках ковзання. Дані підшипники представлені підшипниками плаваючого типу. Це означає, що вони мають характерний зазор з боку корпусу і вала. Такі підшипники змащуються за рахунок моторного мастила ДВС, за подачу якого відповідає система мастила двигуна. Мастило проходить по спеціальних каналах, які виконані в корпусі підшипників ковзання. Герметичність системи турбонаддуву і запобігання витокам мастила забезпечують особливі кільця ущільнювачів, встановлені на валу. Варто відзначити, що ряд конструкцій бензинових ДВС з турбонаддувом мають додаткові рішення для поліпшеного охолодження. Паралельно зі змазкою використовується рідинне охолодження турбокомпресора. У такій системі корпус підшипника в загальній конструкції турбонагнетателя стає частиною двухконтурної системи охолодження двигуна.

### **5. Інтеркулер**

Для охолодження повітря, що надходить через компресор, використовується інтеркулер. Охолодження необхідне для того, щоб стиснене повітря мало підвищену щільність. Завдяки такому підвищенню щільності, стає можливим ефективне збільшення тиску наддуву. Інтеркулер є, по суті, радіатором з повітряним або рідинним охолодженням.

### **6. Основний недолік турбонаддува: турбояма**

При всіх очевидних перевагах система турбонаддуву не позбавлена цілого ряду негативних особливостей. До головних конструктивних недоліків заслуговано відносять турболаг (від англ. Turbolag). Під турболагом слід розуміти затримку збільшення потужності двигуна в той самий момент, коли водій різко натискає на педаль газу. Як вже говорилося, такий ефект називається «турбо-

яма». Після паузи відбувається різке збільшення тиску турбонаддуву. Таким чином виходить, що після подолання системою «турбоями» виникає стрибок потужності. Цей стрибок називається «турбопідхват». Турбояма виникає через інерційності системи турбонаддува. Для того, щоб ефективно підвищити тиск наддуву при різкому відкритті дроселя, неминуче буде потрібен якийсь час. Це викликає невідповідність між необхідною потужністю в момент такого різкого відкриття заслінки і продуктивністю турбокомпресора.

### 7. Різні системи турбонаддуву

Сьогодні розроблено кілька способів для зменшення такої затримки – турбоями. Найбільш активно використовуються такі рішення [4]: використання турбін із змінною геометрією; застосування систем твін і бі-турбо, в яких встановлені два послідовних чи паралельних турбокомпресора (twin-turbo, bi-turbo); схема комбінованого турбонаддуву. Твін і бі-турбо на ранньому етапі реалізувалися у вигляді паралельної установки і застосовувалися для моторів з великим об'ємом V-образного типу. Рішення являє собою установку окремої турбіни на кожен ряд циліндрів такого агрегату. Система влаштована за принципом роботи двох маленьких турбін з характеристикою меншою інерцією порівняно з одним турбокомпресором великого розміру. Подальший розвиток способу породило установку послідовних турбін. При такій установці на мотор двох послідовних турбокомпресорів еластичність і продуктивність системи турбонаддуву досягається за рахунок поділу турбокомпресорів стосовно до різних оборотів двигуна. На низьких оборотах працює одна турбіна, а на високих інша. Це рішення дозволяє мінімізувати ефект турбоями. Зустрічаються конструкції наддуву, коли виробники встановлюють в систему навіть три послідовних турбокомпресора. Рішення називається triple-turbo від баварців BMW, а шедевр автомобілебудування Bugatti отримав вже чотири турбокомпресора із загальною системою під назвою quad-turbo. Не менш поширений і комбінований наддув (від англ. Twincharger). Цей спосіб об'єднав в собі механічний компресор і турбонаддув. Механічний нагнітач забезпечує тиск повітря на низьких оборотах колінвалу, а з підвищенням частоти обертання задіюється турбокомпресор і забезпечує необхідне підхоплення. При цьому, механічний нагнітач автоматично відключається. Чудовою ілюстрацією такої схеми є система подвійного наддуву від багатьох європейських і американських автовиробників.

### Висновки

На основі наведеного вище матеріалу можна зробити висновок про те, що турбокомпресор є практично єдиним способом істотно підвищити потужність двигуна. Варто додати, що поява турбін нового покоління дозволяє також говорити про значне зростання надійності систем турбонаддуву на бензинових силових установках. Що стосується дизельних моторів, то без турбокомпресора сьогодні такий двигун важко уявити, а іздові показники і рівень паливної економичності роблять турбодизель одним з кращих пропозицій на сучасному автомобільному ринку.

Основні переваги від застосування турбонаддува: істотне підвищення потужності мотора без збільшення його обсягу та повніше згорання паливної суміші в циліндрах двигуна, як наслідок велика ефективність в порівнянні з атмосферними двигунами і зниження шкідливих викидів.

**Недоліки турбонаддува:**

1. Висока вартість турбіни, в разі її поломки потрібно витратити на ремонт істотну суму грошей.

2. Підвищена витрата палива. Так, збільшення потужності двигуна на 40 – 50 % призводить до збільшення витрати палива на 15 – 20%.

3. Турбірований двигун вимагає застосування спеціальних сортів мастила і суворого дотримання правил експлуатації.

4. Ефект «турбоями» – для двигунів з турбокомпресором при різкому натисканні на педаль акселератора відбувається помітна затримка в збільшенні оборотів двигуна. Це пов'язано з тим, що паливо спочатку має потрапити в циліндри двигуна, потім згоріти, і тільки потім відпрацьовані гази почнуть розкручувати крильчатку турбіни.

5. В цілому, турбований двигун схильний до підвищених навантажень. Це знижує його ресурс і вимагає більш частого сервісного обслуговування.

**Поради по експлуатації турбодвигуна:**

1. Використовувати тільки якісне і рекомендоване моторне мастило. Турбіна вельми чутливий елемент і неякісне мастило здатне швидко вивести її з ладу.

2. Заміну мастила необхідно проводити не рідше, ніж через 10 тисяч кілометрів пробігу.

3. При кожній заміні мастила необхідно замінювати фільтруючі елементи. Забруднення турбіни вкрай небажано, це призводить до підвищеного зносу і порушення режиму роботи машини.

4. У холодну пору року важливо прогріти мотор.

5. Обслуговування автомобіля бажано проводити в професійному сервісному центрі.

**Література:**

1. ГОСТ Р41.83-2004 (Правила ЕЭК ООН № 83). Единообразные предписания, касающиеся сертификации транспортных средств в отношении выбросов вредных веществ в зависимости от топлива, необходимого для двигателей [Текст]. Введен в действие 09.03.2004 г. постановлением № 126-ст. Издание официальное. Москва. ИПК Издательство стандартов. 2004.
2. Системы управления дизельными двигателями. Пер. с нем. 1-е русское изд. [Текст]. — М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. – 480 с.
3. Dr. Frank Schmitt, Dipl.-Ing. Hans-Peter Schmalzl, Dipl.-Ing. Patrick Descamps Neue Erkenntnisse bei der Entwicklung von Aufladesystemen for Pkw-Motoren. Feb.2003. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к статье <http://www.turbos.bwauto.com/service/default.aspx?doctype=12>.
4. Hoecker, P.; Pfluger, F.; Jaisle, J. W.; Munz, S. Moderne Aufladekonzepte fur PKW Dieselmotoren 7. Aufladetechnische Konferenz, Dresden, 28. – 29. September 2000. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к статье <http://www.turbos.bwauto.com/service/default.aspx?doctype=12>.