



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
АСОЦІАЦІЯ ІНЖЕНЕРІВ ПО ВЕНТИЛЯЦІЇ, ОПАЛЕННЮ ТА
КОНДИЦІОНУВАННЮ «АВОК України»
СПІЛКА ХОЛОДИЛЬЩИКІВ УКРАЇНИ
МІЖНАРОДНА АКАДЕМІЯ ХОЛОДУ**

**XI Всеукраїнська науково-технічна конференція
XI Всеукраинская научно-техническая конференция
XI International scientific conference**

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ
MODERN PROBLEMS OF REFRIGERATION EQUIPMENT AND TECHNOLOGY**

21-22 вересня 2017 року

ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ



ОДЕСА 2017

УДК 621.565 (075.6)

Сучасні проблеми холодильної техніки та технології / Збірник тез доповідей XI Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Одеса: ОНАХТ, 2017. – 243 с.

У збірнику наведені матеріали XI Всеукраїнської науково-технічної конференції «Сучасні проблеми холодильної техніки та технології» та розглянуто різні аспекти науково-технічних питань, пов'язаних з проектуванням, виготовленням та експлуатацією холодильного обладнання різного призначення, дослідженням робочих тіл та процесів в елементах холодильних та криогенних систем, застосуванням нано та когенераційних технологій, використанням холоду в харчових технологіях, застосуванням і впровадженням нетрадиційних джерел енергії.

В сборнике представлены материалы XI Всеукраинской научно-технической конференции «Современные проблемы холодильной техники и технологии» и рассмотрены различные аспекты научно-технических вопросов, связанных с проектированием, изготовлением и эксплуатацией холодильного оборудования различного назначения, исследованием рабочих тел и процессов в элементах холодильных и криогенных систем, применением нано и когенерационных технологий, использованием холода в пищевых технологиях, применением и внедрением нетрадиционных источников энергии.

Рекомендовано до видання Вченою Радою Одеської національної академії харчових технологій протоколом №6 від 07.11.2017 р.

Відповідальність за достовірність інформації несе автор публікації.
Матеріали публікуються мовою оригінала, наданого автором.

Голова конференції – Єгоров Богдан Вікторович – ректор Одеської національної академії харчових технологій, член-кореспондент НААН України, Заслужений діяч науки і техніки, д-р техн. наук, професор.

Заступник голови – Косой Борис Володимирович – директор Інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського, д-р техн. наук, професор.

Члени наукового комітету:

Хмельнюк М.Г. – зав. кафедрою холодильних установок і кондиціонування повітря ОНАХТ, академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор.

Лагутін А.Є – академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор.

Морозюк Л.І. – д-р техн. наук, професор.

Желєзний В.П. – зав. кафедрою теплофізики та прикладної екології ОНАХТ, д-р техн. наук, професор.

Симоненко Ю.М. – зав. кафедрою криогенної техніки ОНАХТ, д-р техн. наук, професор.

Мілованов В.І. – зав. кафедрою компресорів та пневмоагрегатів ОНАХТ, заслужений діяч науки і техніки України, д-р техн. наук, професор.

Радченко М.І. – зав. кафедрою кондиціонування і рефрижерації НУК, академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор.

Бондаренко В.Л. – д-р техн. наук, професор.

Лавренченко Г.К. – д-р техн. наук, професор.

Семенюк В.О. – к.т.н., директор НВФ «Терміон».

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова – проф. Хмельнюк М.Г.

Науковий секретар – к.т.н. Зімін О.В.

Члени – к.т.н. Буданов В.О., к.т.н. Яковлева О.Ю., к.т.н. Желіба Ю.О., к.т.н. Стоянов П.Ф., к.т.н. Остапенко О.В., к.т.н. Ерін В.А., к.т.н. Гайдук С.В., к.т.н. Соколовская В.В., к.т.н. Подмазко І.О., к.т.н. Федоров О.Г.

ТЕМИ ДОКЛАДОВ ПЛЕНАРНОГО ЗАСІДАННЯ

1. 30 РОКІВ МОНРЕАЛЬСЬКОГО ПРОТОКОЛУ. СТРАТЕГІЇ В СФЕРІ ОБІГУ ОЗОНОРУЙНУЮЧИХ ХОЛОДОАГЕНТІВ

Возний В.Ф., к.т.н., президент ВГО «Спілка холодильщиків України»

2. РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ І СПОЖИВАННІ РІДКІСНИХ ГАЗІВ

Бондаренко В.Л., доктор техн. наук, професор, МДТУ ім. М. Е. Баумана, м. Москва;

Биканов О.М., «KLA–Tencor Corporation», Milpitas, California, USA;

Симоненко Ю.М., доктор техн. наук, професор, ОНАПТ, м. Одеса

Чигрин А.А., інженер-технолог, ООО «Кріоін Інжиніринг», м. Одеса;

e-mail: ysim1@yandex.ua

3. ТЕХНОЛОГИИ КОМБИНИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ, ТЕПЛА И ХОЛОДА: РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ НА КАФЕДРЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ И РЕФРИЖЕРАЦИИ НУК ИМ. АДМИРАЛА МАКАРОВА

Радченко Н.И. доктор техн. наук, професор, Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, г. Николаев, nirad50@gmail.com

4. КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА МАШИННОГО ОТДЕЛЕНИЯ УСТАНОВКИ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ

Трушляков Е.И., к.т.н., доц., Радченко А.Н., к.т.н., доц., Грич А.В., к.т.н., ассистент

Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, г. Николаев,

nirad50@gmail.com

5. СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В СВЕТЕ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ. СОЛНЕЧНЫЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ АБСОРБЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛО-ХЛАДОСНАБЖЕНИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

А.В. Дорошенко, доктор техн. наук, професор кафедры термодинамики и возобновляемой энергетики

6. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ВЫБОРЕ КОМПРЕССОРА. СРАВНЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО ВИНТОВОГО И ПОРШНЕВОГО КОМПРЕССОРОВ

В. Гринько Региональный представитель J&E Hall и GEА ВОСК/Генеральный директор ООО «Еврокул

**СЕКЦІЯ № 3. КОМПРЕСОРИ ТА ПНЕВМОАГРЕГАТИ.
ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ. РОБОЧІ РЕЧОВИНИ**

стр.

| | | |
|------|--|-----|
| 99. | КАЛОРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ РОЗЧИНІВ R600a / МИНЕРАЛЬНОЕ МАСТИЛО ТА DME / TEG | 225 |
| | Мотовой І.В., Івченко Д.О., Железний В.П | |
| 100. | ПРОЦЕС ТЕПЛООБМІНУ МІЖ ЗЕРНІВКАМИ ТА ОХОЛОДЖУВАЛЬНИМ ПОВІТРЯМ У ЗЕРНОСХОВИЩІ | 228 |
| | Кюрчев С.В., Кюрчева Л.М., Верхоланцева В.О., | |
| 101. | ЗАСТОСУВАННЯ МАГНІТНОЇ ОБРОБКИ ПАЛИВА ДЛЯ СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК | 230 |
| | Андреев А.А., Максимов В.І. | |
| 102. | ДЕЦЕНТРАЛІЗАЦІЯ ПОВІТРОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ | 231 |
| | Федоров О.Г. | |
| 103. | НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТУРБОКОМПРЕСОРІВ ДВС | 233 |
| | Буданов В.О., Мілованов В.І., Губінов Д.О. | |
| 104. | ДОСЛІДЖЕННЯ РІДИННО-ПАРОВИХ ЕЖЕКТОРІВ, ЯКІ ПРАЦЮЮТЬ ЗА ПРИНЦИПОМ СТРУМИННОЇ ТЕРМОКОМПРЕСІЇ | 236 |
| | Шарапов С.О., Арсеньев В.М. | |
| 105. | ІНТЕНСИФІКАЦІЯ МІЖФАЗОВОГО ВОЛОГООБМІНУ КАПЛІАРНО-ПОРИСТИХ ТІЛ | 237 |
| | Гапонюк І. І., | |
| 106. | 30 РОКІВ МОНРЕАЛЬСЬКОГО ПРОТОКОЛУ. СТРАТЕГІЇ В СФЕРІ ОБІГУ ОЗОНОРУЙНУЮЧИХ ХОЛОДОАГЕНТІВ | 238 |
| | Возний В.Ф. | |
| 107. | СТРАТЕГІЯ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В СВЕТЕ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ | 239 |
| | Дорошенко А.В. | |

УДК: 632-564

НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТУРБОКОМПРЕСОРІВ ДВС

Буданов В.О., к.т.н., доц., Мілованов В.І., д.т.н., проф., Губінов Д.О., ОНАХТ, Одеса,
milovanow@ukr.net

Друга половина 1930-х стала відправною точкою в подальшому розвитку технологій конструювання турбокомпресорів. Йдеться про турбонагнетелях для все тих же літаків, але конструкція механізмів стала набагато досконаліше. Компресор дозволяв істотно форсувати авіаційний двигун. При таких характеристиках стало можливим підвищення максимальної висоти польоту. Найбільший успіх в цьому напрямку мали США, які активно встановлювали турбонагнетатели на бойові літаки з 1938 року. Таке рішення забезпечило якісне поліпшення льотних характеристик на великій висоті. У автоіндустрію турбокомпресори прийшли практично в той же самий час. 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. На ранній стадії розвитку автомобільні турбокомпресори зіткнулися з проблемами. Головним мінусом був досить низький рівень їх надійності. Цей нюанс не змогли перекрити явні переваги від використання нагнітача в технічному плані, а самі автомобілі з турбокомпресором тоді не отримали популярності і швидко покинули автомобільний ринок. Зростання популярності турбодвигунів на бензині припав на 70-і роки. [1] Посприяли цьому спортивні авто, а саме боліди Formula 1. Автомобіль з написом «turbo» став символом могутності, драйву і новітніх технологій того часу.

В даний момент саме турбонаддув є найбільш ефективну систему, яка дозволяє істотно підвищити потужність двигуна без необхідності збільшувати частоту обертання коленвала. 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 безнаддувний аналогами. Різні системи турбонаддува застосовується виробниками автомобілів на бензинових і дизельних агрегатах. Ефективність турбонаддува на дизелях в умовах паливного світової кризи і жорстких екологічних норм дозволила такого рішення в останні роки впевнено потіснити бензинові агрегати на світовій арені. Застосування турбонаддува на бензинових агрегатах супроводжується низкою технічних складнощів. До таких відносять можливість появи детонації, яка виникає при різкому збільшенні частоти обертання коленвала. Не менш важливою проблемою турбобензіна є високий температурний показник відпрацьованих газів, який знаходиться на позначці близько 1000 ° C порівняно з 500 600 ° C у дизельних моторів. [2] Все це викликає солідний нагрів турбонагнетателя, що робить необхідним проводити його з дорогих матеріалів і з урахуванням умов експлуатації при таких вкрай високих температурах. Турбіни для бензинових моторів коштують дорого і вимагають регулярного обслуговування. Турбобензиновим мотор особливо вимогливий до якості палива і мастильних матеріалів.

При всіх очевидних перевагах система турбонаддува не позбавлена цілого ряду негативних особливостей. До головних конструктивних недоліків заслужено 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 «турболяма». Після паузи відбувається різке збільшення тиску турбонаддува. Таким чином виходить,

що після подолання системою «турбоями» виникає стрибок потужності. Цей стрибок називається «турбоподхват». Турбояма виникає через інерційності системи турбонаддува. Для того щоб ефективно підвищити тиск наддуву при різкому відкритті дроселя, неминуче буде потрібно якийсь час. Це викликає невідповідність між необхідною потужністю в момент такого різкого відкриття заслінки і продуктивністю турбокомпресора.

Сьогодні розроблено кілька способів для зменшення такої затримки-турбоями. Найбільш активно використовуються такі рішення: 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 турбонаддува; Перше рішення активно використовується на сучасних дизельних моторах, а також зрідка зустрічається і на бензинових агрегатах. Турбіна зі змінюваною геометрією (VNT-турбіна) здатна забезпечувати якісну оптимізацію потоку відпрацьованих газів. [3] Працює дане рішення за принципом зміни площі вхідного каналу. Такі турбіни повсюдно використовують в сучасних двигунах сімейства TDI виробництва Volkswagen.

Твін і бі-турбо на ранньому етапі реалізовувалися 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 турбонаддува досягається за рахунок поділу турбокомпресорів стосовно до різних оборотам 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. [4] Механічний нагнітач забезпечує тиск повітря на низьких оборотах коленвала, а з підвищенням частоти обертання задіюється турбокомпресор і забезпечує необхідний підхоплення. При цьому механічний нагнітач автоматично відключається. Чудовою ілюстрацією такої схеми є система подвійного наддуву від багатьох європейських і американських автовиробників.

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 турбонаддува на бензинових силових установках. Що стосується дизельних моторів, то без турбокомпресора сьогодні такий двигун і зовсім важко уявити, а їздові показники і рівень паливної економічності роблять турбодизель одним з кращих пропозицій на сучасному автомобільному ринку.

Основні переваги від застосування турбонаддува

1. Істотне підвищення потужності мотора без збільшення його обсягу.
2. 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. Підвищений витрата палива. Незважаючи на підвищення ефективності згорання палива, це не повинно вводити в оману. Так, збільшення потужності двигуна на 40-50% призводить до збільшення витрати палива на 15-20%.

3. Турбірований двигун вимагає застосування спеціальних сортів олії 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.

Список літератури:

1. ГОСТ Р41.83-2004 (Правила ЕЭК ООН № 83) Единые 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>.