

УДК 621.43.052

Ю. В. СТОРЧЕУС, канд. техн. наук, доц. СНУ ім.В.Даля, Луганськ

ЗАСТОСУВАННЯ АГРЕГАТИВ КАСКАДНОГО ТЕПЛООБМІНУ ДЛЯ ПОЛІПШЕННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ У ТРАНСПОРТНИХ СИЛОВИХ УСТАНОВКАХ

Розглянуто шляхи поліпшення енергоспоживання на транспорті. Надано класифікацію агрегатів безпосередньої взаємодії газоповітряних середовищ, які можуть застосовуватись на транспортних установках. Проведено оцінку перспектив поліпшення рівня енергоспоживання на автомобільному промисловому транспорті за рахунок використання агрегатів безпосередньої взаємодії газоповітряних середовищ каскадного типу. Виявлено основні переваги застосування агрегатів на базі каскадних трансформаторів енергії у системах повітропостачання автотракторних двигунів. Вироблено рекомендації із розширення галузі застосування каскадних трансформаторів енергії.

Ключові слова: енергозбереження, транспорт, каскадні трансформатори енергії, обмінник тиску, теплообмін, повітропостачання.

Вступ. За сучасних умов Україна відноситься до енергодефіцитних країн, яка задовольняє свої потреби в енергетичних ресурсах за рахунок власного виробництва менше ніж на 50% (у тому числі по споживанню імпортованого природного газу на душу населення займає перше місце в світі). Поряд із цим ефективність використання паливно-енергетичних ресурсів в економіці країни низька, енергоємність валового внутрішнього продукту в два рази вища за енергоємність промислово розвинених країн світу [1].

Як видно із даних Держкомстату України [2], обсяг вантажних перевезень транспортним комплексом України з 2000 року має досить сталий характер, при збільшенні перевезень автомобільним та залізничним транспортом. Загальна потреба транспортного комплексу у світлих нафтопродуктах знизилась з 15 млн.т. нафтового еквіваленту у 2008 році до 11,6 млн.т. у 2012 році, що у процентному відношенні складає 93% загального обсягу споживання енергії на транспорті.

Аналіз основних досягнень і літератури. Серед пріоритетних напрямків енергозбереження на транспорті є «використання сучасних економічних двигунів, високоефективних моторних палив та їх альтернативних видів, удосконалення системи транспортних потоків і зниження негативного впливу на довкілля» [1]. Стосовно автомобільного та залізничного транспорту на першому місці стоїть впровадження більш економічних двигунів, у тому числі з турбонаддувом для зниження витрат пального до 5%, використання альтернативних палив та запровадження раціональних схем опалення.

Можливість поліпшення експлуатаційних показників автомобільних дизелів застосуванням газотурбінного наддуву значною мірою обмежується проблемами, пов'язаними з підвищенням температури повітряного заряду в циліндрах і незадовільною якістю повітропостачання на нерозрахованих режимах. Особливо помітно відзначені недоліки проявляються при експлуатації двигуна в умовах жаркого клімату. Висока температура навколишнього середовища обумовлює падіння потужності установки через обмеження циклової подачі палива через зниження щільності повітря і неприпустимості перевищення максимальної температури циклу, меж термонапруженості матеріалів турбіни й циліндропоршневої групи. При цьому зменшення відносини граничних температур термодинамічного циклу визначає зниження ККД установки в середньому на 6.3 % на кожні 10 К підвищення

© Ю. В. Сторчеус, 2014

температури повітря на вході в турбокомпресор.

За останні роки на кафедрі ДВЗ СНУ ім.В.Даля створено новий клас теплоенергетичних машин, що використовують принцип безпосередньої взаємодії газоповітряних середовищ (рис.1) – каскадні трансформатори енергії (КТЕ) двох типів: компресори каскадно-теплового стиску (КТС) [3, 4] і каскадні обмінники тиску (КОТ) [5, 6, 7].

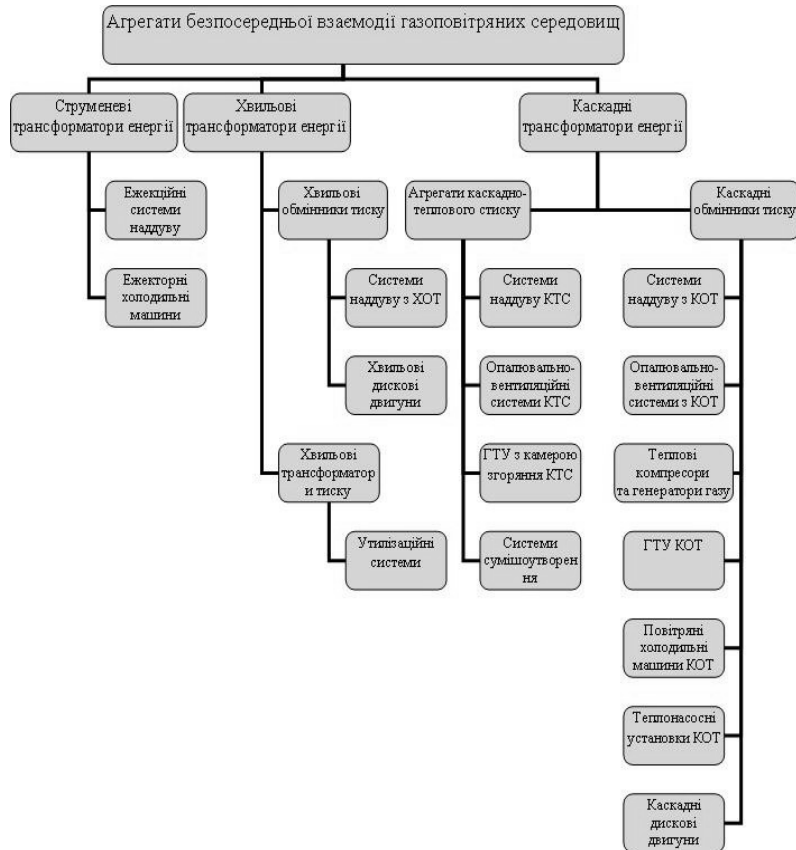


Рисунок 1 – Класифікація агрегатів безпосередньої взаємодії газоповітряних середовищ

Каскадні трансформатори енергії, що реалізують поетапний стиск робочого тіла в напорообмінних каналах, являють собою новий різновид обмінників тиску, апробованих у системах наддуву ДВЗ [4, 7]. Стиск повітря в КОТ як і у хвильовому обміннику тиску (ХОТ) здійснюється в результаті безпосереднього контакту зі стискаючими газами, однак з істотною відмінністю організації робочого процесу. Докладно принцип дії КОТ описано у роботах [3, 6].

З погляду енергетичної досконалості робочий процес КОТ становить більший інтерес для створення компресорних агрегатів через значне перевищення витрати стисливого повітря щодо стискаючого середовища, тем більшою мірою, чим вище температура останнього.

Мета дослідження, постановка задачі. Метою роботи є оцінка перспектив поліпшення рівня енергоспоживання на автомобільному промисловому транспорті за рахунок використання агрегатів безпосередньої взаємодії газоповітряних середовищ каскадного типу.

Результати досліджень. Принциповою відмінністю КОТ від відомих хвильових обмінників системи наддуву «Comprex» є суттєво більша енергоефективність обмінних процесів, невисока чутливість показників роботи до відхилення експлуатаційного

режиму від розрахункових умов, відносно невисока частота обертання його ротора. Високий ККД КОТ проявляється в значному перевищенні витрати стисливого повітря щодо стискаючого газу [6].

У сучасному автомобілебудуванні проявляється все більший інтерес до форсування двигунів наддувом за допомогою приводних об'ємних нагнітачів. Переваги механічного наддуву щодо розповсюдженого газотурбінного полягає в практично незмінному тиску наддуву у всьому діапазоні режимів роботи ДВС, у тому числі й в області мінімальних частот обертання колінчатого вала, а також відсутності «провалів» тиску наддуву на перехідних режимах роботи двигуна. Двигуни із приводним об'ємним компресором несприйнятливі до збільшення протитиску випуску, обумовленому, наприклад, установкою нейтралізатора відпрацювавших газів.

Основним недоліком механічного наддуву є підвищена витрата палива двигуном через втрати механічної енергії на привод компресора. Причому зі збільшенням форсування двигуна наддувом частка витрат механічної енергії на привод компресора зростає й при ступені підвищення тиску повітря в компресорі $\pi_k = 1,8 \dots 2,2$ досягає 20...25% ефективної потужності двигуна. Із цієї причини приводні об'ємні компресори, незважаючи на сприятливі характеристики наддуву, практично не знайшли застосування у двигунах легкових автомобілів, вантажних і дорожньо-будівних машин.

Можливим напрямком зниження витрат механічної енергії на здійснення наддуву є застосування КОТ у якості помножувача витрати повітря, що нагнітається компресором відносно невеликої продуктивності. У якості енергетичного джерела множення витрати наддувочного повітря служить скидна теплота відпрацювавших газів. Такий підхід дозволяє суттєво зменшити розмірність та енерговитратність приводного компресора, зберігаючи сприятливу характеристику механічного наддуву [4, 7].

Принципова схема застосування КОТ у складі комбінованої системи наддуву показана на рис.2.

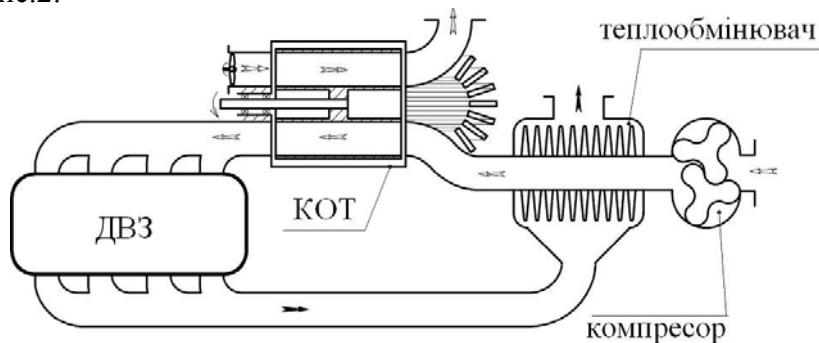


Рисунок 2 – Система наддуву

На прикладі дизеля ГАЗ - 560 розглянемо резерв підвищення паливної економічності двигуна застосуванням комбінованої системи наддуву (КСН) з КОТ у зіставленні із прямим наддувом компресором Lysholm. Узагальнені результати розрахунково-експериментальних досліджень представлені на рис.3.

При здійсненні наддуву комбінованою системою з КОТ імітувалася робота недорозміреного приводного компресора шляхом перепуску надлишкового повітря в атмосферу безпосередньо перед утилізаційним теплообмінником системи. Коефіцієнт зменшення розмірності приводного компресора по витраті повітря, що нагнітається, у розглянутому варіанті конструктивного виконання КСН КОТ, становить 1,65.

Як видно з рис.3 зовнішня швидкісна характеристика наддуву P_{int} двигуна з комбінованою системою наддуву КОТ практично повторює характеристику двигуна із приводним компресором за винятком низьких частот обертання колінчастого валу. Однак крутний момент двигуна з комбінованою системою наддуву КОТ у всьому діапазоні швидкісних режимів на 3...6% перевищує аналогічний показник двигуна з механічним наддувом. Останнє зв'язане зі зниженням на 45...68% потужності привода компресора N_k , що відбирається від колінчастого валу. У свою чергу зниження потужності механічних втрат і збільшення ефективної потужності двигуна з комбінованою системою наддуву КОТ при незмінному положенні органа паливостачання визначає зниження питомої ефективної витрати палива у середньому на 6%.

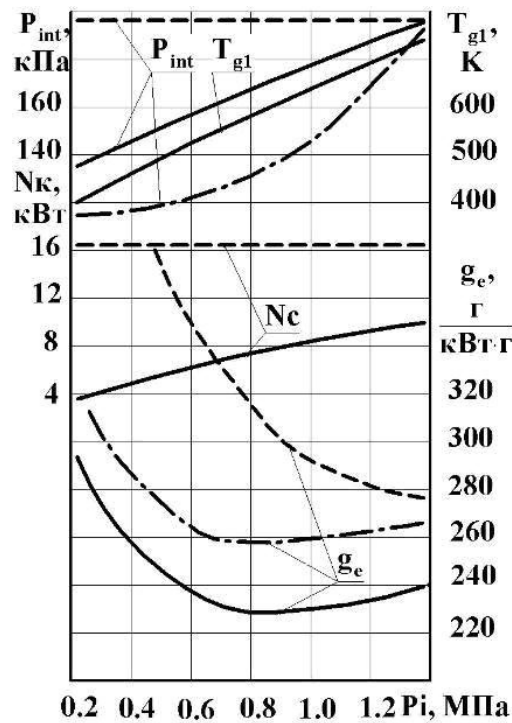


Рисунок 3 – Швидкісна характеристика двигуна з комбінованою системою наддуву

Кількісна оцінка ефективності застосування двигуна оснащеного КСН КОТ у транспортній установці проводилася на підставі порівняльних розрахунків середньоексплуатаційної витрати палива автомобіля ГАЗ - 3110 із двигуном ГАЗ – 560 при експлуатації за Європейським міським циклом. За даними розрахунків, при оснащенні двигуна ГАЗ – 560 КСН КОТ середньоексплуатаційна витрата палива при експлуатації за міським циклом знижується до 7,1 л на 100 км. Для порівняння: середньоексплуатаційна витрата палива становить 9,6 л – при використанні системи механічного наддуву, та 8,2 л – при штатній системі наддуву.

У такий спосіб виявлені переваги комбінованої системи наддуву з КОТ дають підстави припустити перспективність її застосування насамперед у двигунах транспортних установок і дорожньо-будівних машин, що працюють у широкому діапазоні навантажувальних і швидкісних режимів.

Висновки. Застосування принципів каскадної трансформації енергії для організації робочих процесів теплоенергетичних машин компресійної дії розкриває перспективу значного поліпшення техніко-економічних показників транспортних і

енергетичних установок різного призначення. Створені на базі агрегатів КТЕ системи повітропостачання двигунів транспортних установок дозволяють суттєво підвищити паливну економічність відносно механічних систем наддуву та поліпшити пристосовуваність за крутним моментом відносно систем турбонаддуву.

Більш висока паливна економічність двигуна із комбінованою системою наддуву каскадного типу щодо базового двигуна з турбонаддувом пов'язана з утилізацією теплової складової енергії відпрацювавши газів і відсутністю протитиску випуску газів із циліндрів, як у випадку здійснення наддуву за допомогою турбокомпресора.

Список літератури: 1. *Зеркалов Д. В.* Энергозбереження в Україні. [Електронний ресурс] Монографія. – К.: Основа, 2012. – 582 с. 2. Паливно-енергетичні ресурси України / Статистичний збірник під кер. *Піщейка В. О.* / Державний комітет статистики України, К.: 2012. – 444 с. 3. *Крайнюк А. И.* Исследования физической сущности процессов трансформации энергии на принципах каскадно-теплового сжатия: монография / *А. И. Крайнюк, Ю. В. Сторчеус*; [отв. ред. *Ю. В. Сторчеус*]. – Луганск : изд-во «Ноулидж», 2012. – 118 с. 4. *Крайнюк А. И.* Системы газодинамического наддува : монография / *А. И. Крайнюк, Ю. В. Сторчеус*. – Луганск: ВУГУ, 2000. – 224 с. 5. *Сторчеус Ю. В.* Научная деятельность кафедры ДВС ВНУ им. В. Даля / *Ю. В. Сторчеус* // Двигатели внутреннего сгорания. – Х.: ХПИ, 2011.- № 1. – С. 68-72. 6. *Сторчеус Ю. В.* Каскадные трансформаторы энергии: монография / *Ю. В. Сторчеус*. – Луганск : изд-во «Ноулидж», 2013. – 200 с. 7. Волновые обменники давления в системах наддува двигателей внутреннего сгорания: монография / [*А. И. Крайнюк, Ю. В. Сторчеус, В. П. Левчук, и др.*]; под ред. *Ю. В. Сторчеуса*. – Луганск : изд-во «Ноулидж», 2013. – 155 с.

Надійшла до редколегії 02.03.2014

УДК 621.43.052

Застосування агрегатів каскадного теплообміну для поліпшення енергоспоживання у транспортних силових установках / Ю. В. Сторчеус // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х. : НТУ «ХПІ», 2014. – № 8 (1051). – С. 84-88. – Бібліогр.: 7 назв. – ISSN 2078-6840.

Рассмотрены пути улучшения энергопотребления на транспорте. Предоставлена классификация агрегатов непосредственного взаимодействия газовой среды, которые могут применяться в транспортных установках. Выявлены основные преимущества применения агрегатов на базе каскадных трансформаторов энергии в системах воздухообеспечения автотракторных двигателей. Представлены рекомендации из расширения области применения каскадных трансформаторов энергии

Ключевые слова: энергосбережение, транспорт, каскадные трансформаторы энергии, обменник давления, теплообмен, воздухообеспечение.

Using unit cascade heat exchange for improvement of power consumption in transport power installation / U. V. Storcheus // Bulletin of NTU «KhPI». Series: Car- and tractorbuilding. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2014. – № 8 (1051). – P. 84-88. – Bibliogr.: 7. – ISSN 2078-6840.

Ways of improvement of power consumption on transport are considered. Classification of units of direct interaction of air-gas environments which can be applied in transport installations is provided. The main advantages of use of units on the basis of cascade transformers of energy in systems of airsupply of autotractor engines are revealed. Recommendations from expansion of a scope of cascade transformers of energy are submitted

Keywords: energy saving, transport, cascade transformers of energy, pressure exchanger, heat exchange, airsupply.