

## **УТИЛІЗАЦІЯ ТЕПЛОТИ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ ІЗ ВИКОРИСТАННЯ ДВИГУНА ЗОВНІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ СТИРЛІНГА**

*У статті проведено аналіз існуючих конструкцій теплових двигунів і можливість підвищення ККД двигуна внутрішнього згорання за рахунок утилізації його відпрацьованих газів*

**Ключові слова:** *тепловий двигун, теплота відпрацьованих газів, двигун Стирлінга.*

**Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.** Поршневий двигун внутрішнього згорання сьогодні є найрозповсюдженішим тепловим двигуном. Він використовується для приводу засобів наземного, повітряного і водного транспорту, сільськогосподарської й будівельної техніки, електрогенераторів, компресорів, насосів, моторизованого інструменту та інших машин, як мобільних, так і стаціонарних та виготовляється у великій кількості.

Двигун внутрішнього згорання відносять до великого ряду теплових двигунів, які відрізняються за конструкцією і різноманіттям. Він багато років домінує за рахунок більш високого коефіцієнта корисної дії й задовольняє інші експлуатаційні вимоги. Але з появою нових технологій та більш жорстких вимог до забруднення навколишнього середовища і збереження паливних ресурсів усе більший інтерес викликають інші конструкції теплових двигунів. Серед них – двигун зовнішнього згорання Стирлінга. Двигун Стирлінга вже застосовують у деяких напрямках, де він успішно конкурує із класичним поршневим двигуном внутрішнього згорання. Розглянемо особливості цього двигуна та ще один спосіб його застосування.

**Аналіз останніх досліджень, у яких започатковано розв'язання цієї проблеми й на які спирається автор, виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Аналіз останніх досліджень свідчить про те, що розвиток двигунів сучасних автомобілів спрямовано на забезпечення підвищення продуктивності, скорочення енерговитрат; зменшення витрат праці на виготовлення, технічне обслуговування та ремонт двигуна, зниження витрати металу, експлуатаційних матеріалів; полегшення умов праці; поліпшення екологічних характеристик. Досягнення кращих показників



При цьому змінюється тиск, за рахунок чого можна отримати корисну роботу. Об'єм, у якому відбувається нагрівання й охолодження робочого тіла, називають рекуператор. Корисна робота здійснюється тільки за рахунок різниці температур між нагрівачем і охолоджувачем.

Основну кількість різновидів двигунів Стирлінга поділяють на три типи:

- Альфа-стирлінг;
- Бета-стирлінг з ромбічним механізмом і регенератором;
- Гамма-стирлінг без регенератора.

На рис. 2 зображено три типи цих двигунів Стирлінга.

Альфа-стирлінг - становить два роздільних силових поршні у роздільних циліндрах. Один поршень - гарячий, другий - холодний. Циліндр з гарячим поршнем уміщений в теплообміннику з більш високою температурою, в той час як циліндр з холодним поршнем знаходиться у більш холодному теплообміннику. В цьому типі двигуна відношення потужності до об'єму достатньо велике, але, на жаль, висока температура «гарячого» поршня створює значні технічні проблеми. Регенератор (R) перебуває між гарячою частиною з'єднувальної трубки і холодною.

Бета-стирлінг - циліндр усього один, гарячий з одного кінця і холодний з другого. Всередині циліндра рухається поршень (з якого знімається потужність) і «витискач», змінюючий об'єм гарячої порожнини. Газ перекачується із холодної частини циліндра в гарячу через регенератор. Регенератор може бути зовнішнім як частина теплообмінника або суміщений з поршнем-витискачем.

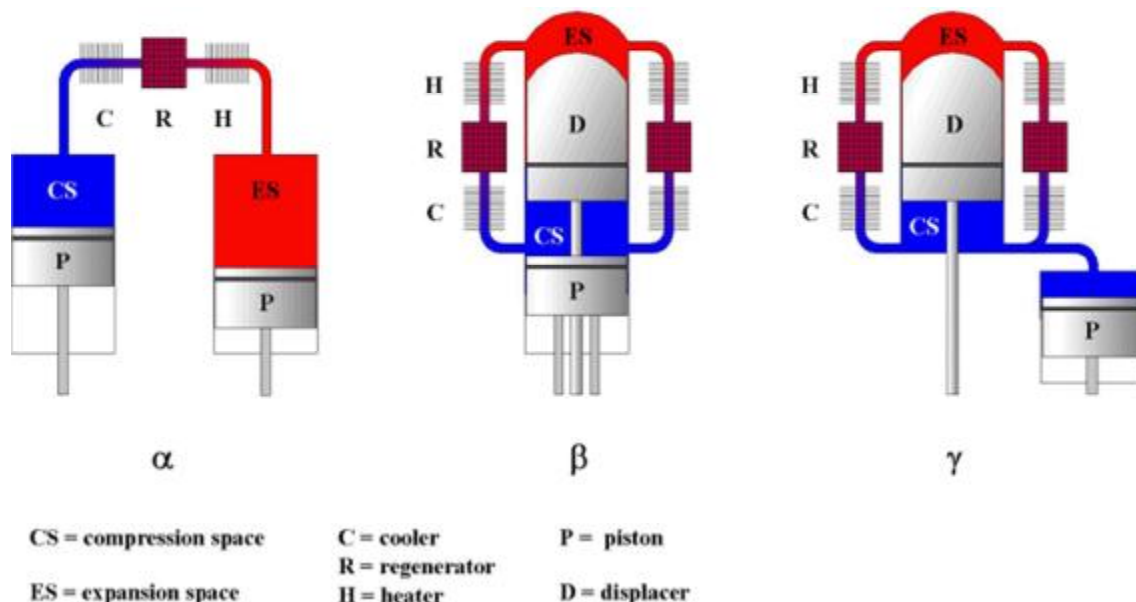


Рис. 2. Типи двигунів Стирлінга

Гамма-стирлінг - це теж поршень і «витискач», але при цьому два циліндри - один холодний (там рухається поршень, з якого знімається

потужність), а другий гарячий з одного кінця і холодний з другого кінця (там рухається «витискач»). Регенератор може бути зовнішнім, у цьому випадку він сполучає гарячу частину другого циліндра з холодною й одночасно з першим (холодним) циліндром. Внутрішній регенератор є частиною «витискача».

Як будь-який механізм, двигун Стирлінга має переваги і недоліки. Громіздкість і матеріалоемність – основний недолік двигуна. У двигунах зовнішнього згоряння робоче тіло необхідно охолоджувати, й це призводить до відчутного збільшення масогабаритних показників силової установки за рахунок збільшення радіаторів. Для отримання характеристик, порівняних з характеристиками ДВЗ, застосовують високий тиск (більше ніж 10 МПа) та спеціальні види робочого тіла – водень, гелій.

Тепло підводиться не до робочого тіла безпосередньо, а тільки через стінки теплообмінника. Стінки мають обмежену теплопровідність, через що ККД виявляється нижчим. Оскільки джерело тепла розташоване зовні, двигун повільно реагує на змінення теплового потоку, що підводиться до циліндра, і не відразу може видати потрібну потужність при запуску.

**Переваги двигуна Стирлінга** – це його «всеїдність». Як усі двигуни зовнішнього згоряння (точніше – зовнішнього підведення тепла), двигун Стирлінга може працювати майже від будь-якого перепаду температури, наприклад, між різними шарами води в океані, від сонця, від ядерного або ізотопного нагрівача, вугільної або дерев'яної півки і т.п.

Простота конструкції – вона не потребує додаткових систем, таких, як газорозподільний механізм. Запускається самостійно і не має потреби у стартері. Його характеристики дозволяють позбавитись від коробки передач, але володіє великою матеріалоемністю.

Збільшений ресурс – відсутність багатьох «слабких» агрегатів – дозволяє стирлінгу забезпечити багатократно більший ресурс, ніж інші двигуни (сотні тисяч годин безперервної роботи).

Економічність – для утилізації деяких видів теплової енергії, особливо при невеликій різниці температур, стирлінг часто виявляється найбільш ефективним двигуном. Наприклад, у випадку перетворення в електричну енергію сонячної енергії, особливо — для утилізації деяких видів теплової енергії, стирлінг має більший ККД (до 31,25%), ніж теплові машини на пару.

Безшумність двигуна — стирлінг не має вихлопу, а значить, рівень його шуму значно менший, ніж у поршневих двигунів внутрішнього згоряння. Бета-стирлінг із ромбічним механізмом являє собою ідеально збалансовану будову, як наслідок має низкий рівень вібрації.

Екологічність – його робоче тіло не витрачається, тобто екологічність залежить тільки від екологічних параметрів джерела тепла, яке застосовується.

Двигун Стирлінга використовують для перетворення сонячної енергії в електричну, перекачування рідин (де сама рідина охолоджує робоче тіло двигуна), у домашньому опаленні замінює електричний насос (де для роботи застосовують тепло самої системи опалення, підвищує її живучість). Випускають генератори із двигуном Стирлінга, який працює від конфорки газової плити. Генератори із двигуном Стирлінга, що працюють від радіоізотопних джерел енергії для космічних експедицій за замовленням NASA (Advanced Stirling Radioisotope Generator). Установлюють потужні двигуни Стирлінга на підводні човни Швеції та Японії. Існує також багато інших застосувань.

**Принцип дії.** На рисунку 3 зображено два двигуни. Основний – це звичайний двигун внутрішнього згоряння і допоміжний – двигун зовнішнього згоряння, який працює за циклом Стирлінга. Гаряча порожнина двигуна Стирлінга вмонтована у випускну систему основного двигуна. При роботі відпрацьовані гази своєю теплотою нагрівають робоче тіло допоміжного двигуна, який починає працювати.

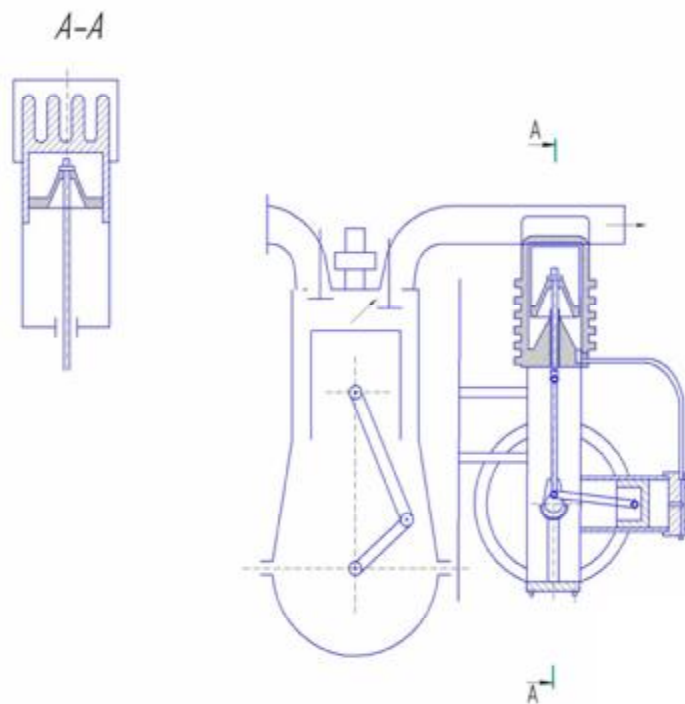


Рис. 3. Система утилізації відпрацьованих газів

### Висновки з цього дослідження

Отриманий крутний момент на колінчастому валу допоміжного двигуна можна використовувати для приводу інших механізмів (наприклад, зменшити значну протидію каталітичного нейтралізатора встановленням компресора). Така система утилізації енергії відпрацьованих газів підвищить коефіцієнт корисної дії двигуна внутрішнього згоряння і поліпшить його екологічні показники.

## Література

1. Кисликов В.Ф. Будова й експлуатація автомобілів: підручник / В.Ф. Кисликов. – К.: Либідь, 2000. – 400 с.
2. Говоруценко Н.Я. Техническая кибернетика транспорта / Н. Я. Говоруценко, В.Н. Варфоломеев. – Х.: ХГАДТУ, 2001. – 272 с.
3. Карагодин В.И. Ремонт автомобилей и двигателей / В.И. Карагодин. – М.: Академия, 2002. – 496 с.
4. Соснин Д.А. Автотроника. Электрооборудование и системы бортовой автоматики современных легковых автомобилей / Д.А. Соснин. – М.: СОЛОН-Р, 2001. – 272 с.
5. Родичев В.А. Грузовые автомобили / В.А. Родичев. – М.: Академия, 2002. – 256 с.
6. Сирота В.І. Основи конструкції автомобілів / В.І. Сирота – К.: Аристей, 2005. – 280 с.
7. Джениэлс Дж. Современные автомобильные технологии. – М.: ООО «Издательство АСТ», ООО «Издательство Астрель», 2003. – 223 с.
8. Гладов Г.И., Петренко А.М. Легковые автомобили отечественного и иностранного производства (Новые системы и механизмы): Устройство и техническое обслуживание. – М.: Транспорт, 2002. – 183 с.
9. Автомобильный справочник: Пер с англ. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. – 992 с.
10. Холдерман Джеймс Д., Митчелл, Чейз Д.-мл. Автомобильные двигатели: теория и техническое обслуживание, 4-е изд.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 664 с.

Надійшла до редакції 20.11.2012

© М. В. Шипунов

**УДК 62-747:621.43**

*Н.В. Шипунов, ст. преподаватель*

*Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка*

### **УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛОТЫ ОТРАБОТАННЫХ ГАЗОВ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВИГАТЕЛЯ ВНЕШНЕГО СГОРАНИЯ СТИРЛИНГА**

*В статье проведен анализ существующих конструкций тепловых двигателей и возможность повышения КПД двигателя внутреннего сгорания за счёт утилизации его отработанных газов.*

**Ключевые слова:** тепловой двигатель, теплота отработанных газов, двигатель Стирлинга.

**UDC 62-747:621.43**

*N. V. Shipunov, Senior Lecturer  
Poltava national technical University named after Yuri Kondratyuk*

**WASTE HEAT FROM EXHAUST GASES OF INTERNAL  
COMBUSTION ENGINE WITH EXTERNAL COMBUSTION STIRLING  
ENGINE**

*The article analyzes the existing structures of the heat engine and the possibility of increasing the efficiency of the internal combustion engine by utilizing its waste gases.*

**Keywords:** *heat engine, heat of exhaust gases, the Stirling engine.*