

Льорчик Владислав, ст. гр. АД-21-24, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Нікітченко Валерія, ст. гр. АД-21-24, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Чірва Антон, ст. гр. АД-21-24, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ЗАСТОСУВАННЯ ДВИГУНА СТІРЛІНГА ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

Вступ

Двигуни Стірлінга відрізняються універсальністю та конструктивною різноманітністю та можуть працювати як двигуни, холодильні машини, теплові насосні та генераторні установки у багатьох областях техніки. Як двигуни вони мають ряд суттєвих переваг: висока ефективність та економічність, можливість роботи від різноманітних низько- та високопотенційних джерел знергії.

Застосування двигунів Стірлінга може дозволити використовувати місцеві види палива без попередньої їхньої переробки особливо у віддалених районах. До недоліків розроблених двигунів (в основному автомобільних) відносяться їх дещо більші масо-габаритні параметри та більш висока вартість. З метою їх усунення нині ведуться роботи з вирішення широкого кола питань: від удосконалення теорії та методики розрахунків щодо оптимізації необхідних параметрів до вдосконалення технології виробництва.

Конструкція та принцип роботи

Визначення «машина Стірлінга» часто відноситься до всіх без винятку типів регенеративних машин. Це – узагальнена назва великого сімейства машин з різноманітними функціями, характеристиками та конструкціями. У це сімейство входять як ротаційні, так і поршневі машини, в конструкції яких використовуються механізми різної складності. Всі ці машини здатні працювати як двигуни, теплові насоси, генератори тиску та холодильні установки.

Існують і специфічні назви, прив'язані до прізвища творців: двигуни Хейнрічі (Heinrich), Робінсона (Robinson) чи Ренкіна-Напіра (Renkine-Napier). В результаті це призводить до нечіткості термінології. Вираз «цикл Стірлінга» застосовується тільки для ідеального термодинамічного циклу а назва «двигун Стірлінга» – для певного різновиду машини, яка не працює за циклом Стірлінга.

Напрями науково-дослідних та проектно-конструкторських робіт фірми «Філіпс» регулярно публікуються з 1969 р. Відомі роботи з двигунів Стірлінга, що проводилися фірмою «Дженерал моторе» (General Motors) з 1958 по 1970 р. за ліцензією фірми «Філіпс». За пізнішими ліцензіями фірми «Філіпс»

працюють група з вивчення двигуна Стірлінга МАН – МВМ (M.A.N. – MWM), створена в 1967 р. у ФРН, та шведський консорціум «Юнайтед Стірлінг АВ» (United Stirling AB).

Двигуни, що працюють за циклом Стірлінга, можуть бути поділені на машини, в яких робочий і витіснювальний поршні знаходяться або в одному або різних циліндрах. Приклади всіх трьох систем наведено на рис. 1. Основна різниця між робочим поршнем і витіснювач полягає в тому, що в робочому поршні для запобігання витоку газу від одного його торця до іншого має газонепроникне ущільнення.

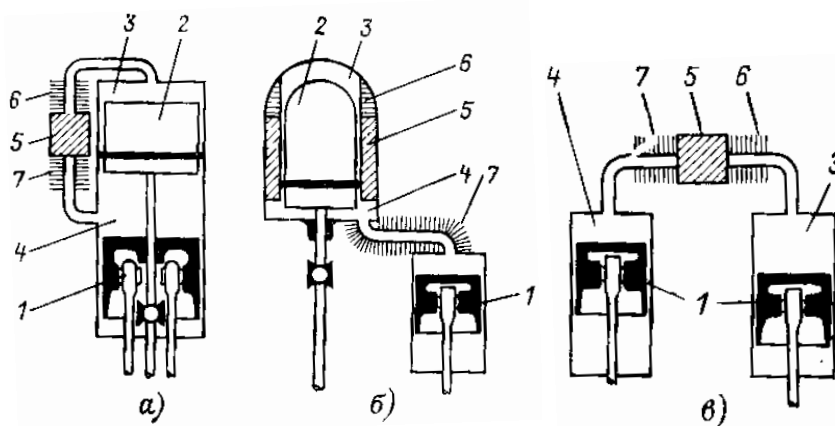


Рис. 1 – Основні схеми машин Стірлінга

а – робочий поршень і витіснювач в одному циліндрі; б – робочий поршень і витіснювач у різних циліндрах; в – машина з двома робочими поршнями
1 робочий поршень; 2 – витіснювач; 3 – порожнина розширення; 4 – порожнина стиснення; 5 – регенератор; 6 – нагрівач; 7 – холодильник.

Багатопоршневі машини Стірлінга можуть бути розділені на чотири великі групи:

- 1) поршневі;
- 2) ротаційні;
- 3) сільфонні та діафрагмові;
- 4) вільнопоршневі.

Найбільш відомими вважаються поршневі машини, що поділяються на односторонню та подвійну дії. Різновиди двопоршневих машин односторонньої дії (три з нерухомими циліндрами і одна з обертовим) показані на рис. 6-6. З усієї різноманітності машин цього типу у великій кількості виготовлялися тільки машини Райдера (Rider) з паралельними циліндрами, поршні яких з'єднувалися з колінчастим валом.

Застосування на автомобільному транспорті

Найбільше зусиль зі створення саме двигунів автомобільного призначення доклала фірма «Філіпс».



Рис. 2 – Можливі варіанти компоувальних схем двопоршневих машин односторонньої дії

До основних переваг цих двигунів слід віднести малий рівень шуму та малий ступінь забруднення повітря вихлопними газами при значеннях ефективного ККД та питомої потужності порівнянних чи кращих, ніж у бензинових двигунів чи дизелів. Саме це поєднання характеристик, що відповідає зростаючій турботі людей про навколишню середовище, посилює увагу до використання двигунів Стірлінга на транспорті. Інтенсивні дослідження і розробки, що проводяться в даний час, спрямовані на створення більш досконалого прототипу двигуна для транспорту і пов'язаних з ним систем.

Основними недоліками машин Стірлінга є їх складність і висока вартість удосконалених варіантів. Простіші варіанти двигунів дешевше, але мають менші, ніж у двигунів внутрішнього згоряння ефективний ККД та питому потужність. Зараз мало ймовірно, щоб питома вартість удосконалених двигунів Стірлінга знизилася до значень, характерних для дизельних двигунів, навіть за умови зниження цін, що залежать від кількості продукції, що випускається. Розробка двигунів Стірлінга з високими ефективними ККД та питомою потужністю стикається з серйозними проблемами з теплообміну та технології виготовлення ущільнень з точки зору як матеріалів, так і конструкції.

До позитивних сторін двигунів Стірлінга можуть бути віднесені такі: двигуни Стірлінга працюють без шуму та вібрацій; при спалюванні будь-якого виду палива рівень забруднення навколишнього середовища низький; у двигунах можливе використання теплоти, що підводиться від будь-якого джерела, включаючи акумульовану теплову енергію від джерела живлення, що періодично діє, а також концентратори сонячної енергії, радіоізотопні або ядерні джерела теплоти. При вдосконаленні двигуни можуть мати більшу, ніж бензинові двигуни внутрішнього згоряння, питому потужність, а також можна порівняти за економічністю в режимі часткового навантаження з дизельними двигунами. Двигуни Стірлінга мають більший ефективний ККД, ніж будь-який

інший перетворювач теплової енергії. При частковому навантаженні у них дуже хороші характеристики крутного моменту, а рівномірність крутного моменту за цикл більш висока, ніж у будь-якого іншого поршневого двигуна, за винятком, можливо, парової машини подвійної дії. Продукти згоряння палива не контактують з частинами, що рухаються, забезпечуючи мінімальний знос і, отже, великий ресурс і легкість в експлуатації. У процесі експлуатації споживання мастильних матеріалів може бути практично виключено, а їх заміна знадобиться лише через великий проміжок часу.

Висновки

Винайдений у середині XIX ст. двигун внутрішнього згоряння та його подальший розвиток у вигляді бензинових двигунів та дизелів, поряд з поширенням у той же час електродвигунів, стало причиною різкого зменшення використання двигунів Стірлінга та до 1914 р. вони вже практично не застосовувалися.

Але не зважаючи на дещо гірші показники цих двигунів на даному етапі розвитку, у них є суттєвий потенціал через більш високу екологічність. Вимоги щодо значного зниження рівня токсичних складових у вихлопних газах автомобільних двигунів сприяє розвитку альтернативних двигунів. У той же час фірма «Філіпс» вже переконливо продемонструвала значне зменшення шуму та забруднення повітря при застосуванні двигунів Стірлінга для автомобілів. Можливо, що під дією громадськості будуть прийняті жорсткіші стандарти, щодо контролю забруднення повітря, а від дизелів та бензинових двигунів внутрішнього згоряння вимагатимуть таких норм щодо зменшення шкідливих складових у вихлопних газах або запровадять складну систему контролю за їх складом, що двигуни, які працюють за циклом Стірлінга займуть свою нішу на ринку. Імовірність такої ситуації цілком реальна і є підставою для того, щоб крупні світові автомобілебудівні фірми звернути особливу увагу на розробку автомобільних двигунів потужністю від 50 до 150 кВт.

Література

1. Двигун Стірлінга Електронний ресурс. Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D1%83%D0%BD_%D0%A1%D1%82%D1%96%D1%80%D0%BB%D1%96%D0%BD%D0%B3%D0%B0 (дата останнього звернення 30.03.2026).
2. G.Walker (1973). Stirling-cycle machines. Univercity of Calgary, Canada, Clarendon Press.Oxford.
3. C.M. Hargreaves (1991). The Philips Stirling Engine. Elsevier Science. ISBN 0-444-88463-7.
4. T. Finkelstein; A.J. Organ (2001). Air Engines. Professional Engineering Publishing. ISBN 1-86058-338-5.

5. Andy Ross. Making Stirling Engines, 3rd Edition. Ross Experimental, 1993.
6. Philips Technical Review (1947), Vol. 9, No. 4, p. 97.

*Науковий консультант Нікітченко Ігор Миколайович, к.т.н., зав. каф. ДВЗ,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет.*

Ронзик Ілля Олександрович, здобувач, гр. АД-41-22, Харківський національний
автомобільно-дорожній університет
ad122rio@stud.khadi.kharkov.ua

ЗАСТОСУВАННЯ ГІБРИДНОЇ СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ НА ЛЕГКОВОМУ АВТОМОБІЛІ

Сутність та історичний огляд

Застосування гібридних силових установок на автономних транспортних засобах має тривалу історію. Перший автомобіль цього типу був розроблений Фердинанд Порше, який у 1899 році отримав патент на гібридну установку, що поєднує електричну тягу з допоміжним двигуном внутрішнього згоряння, що забезпечує живлення електродвигунів та заряд акумуляторних батарей.

На сучасному етапі інтерес до гібридних транспортних засобів обумовлений не лише розвитком автомобілебудування, а й необхідністю підвищення екологічної безпеки та паливної економічності. Можливість їх широкого впровадження пов'язана з прогресом у галузі силової електроніки, накопичувачів енергії, електричних машин та інформаційно-керуючих систем.

З середини 1990-х років гібридні технології набули практичного розвитку, що пов'язано з появою серійних та демонстраційних моделей, таких як Honda Insight та Toyota Prius. В даний час більшість провідних автовиробників активно розвивають цей напрямок, незважаючи на відсутність єдиного підходу до проектування гібридних силових установок.

Тенденції розвитку екологічно чистого транспорту

Сучасні підходи до створення екологічно чистих транспортних засобів включають вдосконалення традиційних двигунів внутрішнього згоряння, використання альтернативних джерел енергії, а також розробку електричних і гібридних автомобілів.

Незважаючи на значний прогрес, потенціал глибокої модернізації ДВЗ значно вичерпано, тоді як альтернативні рішення (наприклад, водневі паливні елементи або криогенні двигуни) обмежені високою вартістю або технічними складнощами.

Основними факторами, що стимулюють пошук нових рішень, є негативний вплив викидів на навколишнє середовище, особливо в умовах великих міст, а також виснаження традиційних паливних ресурсів та зростання їхньої вартості.