

УДК 62-932.4

І.В. Косминський, к.т.н., доцент КНУБА  
М.С. Мельниченко, студент КНУБА

## МОДИФИКАЦІЯ ДВИГУНА СТИРЛІНГА З ДОДАВАННЯМ ВАКУУМНОЇ ГЕРМЕТИЧНОСТІ ТА ОХЛОЛОДЖУВАЧА ПРИМУСОВОЇ ДІЇ

**АННОТАЦІЯ.** Модифікація двигателя Стирлінга с добавлением вакуумной герметичности и охладителя принудительного действия. В статье сделан анализ существующих конструкций данного типа двигателя. Предлагается новое конструктивное решение путем добавления вакуумной герметичности и охладителя принудительного действия.

**Ключевые слова:** вакуумная герметичность, двигатель Стирлинга, охладитель принудительного действия.

**ANNOTATION.** Modification of the Stirling engine with the addition of vacuum sealing and cooling compulsory. The article made an analysis of the existing structures of this type of engine. It proposed new design by adding a vacuum sealing and cooling compulsory.

**Keywords:** vacuum impermeability, Stirling engine, cooler compulsory.

**Актуальність роботи.** Двигун Стирлінга був уперше запатентований Робертом Стирлінгом 27 вересня 1816 (англійський патент № 4081). Він застосовувався на заводі, де працював сам винахідник, незабаром став дуже популярним. Але з часом двигуни внутрішнього згоряння витиснули двигуни Стирлінга і про них на деякий час забули. У 30-х роках ХХ століття компанія «Philips» почала роботи по розробці невеликого, з низьким рівнем шуму, електричного генератора з тепловим приводом для живлення радіоапаратури.

У сучасних умовах США і Японія виробляють даний тип двигуна для підводних човнів - невидимок.

Двигуни Стирлінга можуть бути чотирьох видів [1-3]:

1.  $\alpha$  - Стирлінг (рис.1) - містить два окремих силових поршня в розділених циліндрах, один - гарячий, інший - холодний.

2.  $\beta$  - Стирлінг (рис.2) - циліндр всього один, гарячий з одного кінця і холодний з іншого. У середині циліндра рухаються поршень (з якого знімається потужність) і витискач, що змінює обсяг гарячої порожнини.

3.  $\gamma$  - Стирлінг (рис.3) - так само є поршень і витискач, але при цьому два циліндра - один холодний (там рухається поршень, з якого знімається потужність), а другий гарячий з одного кінця і холодний з іншого (там рухається витискач).

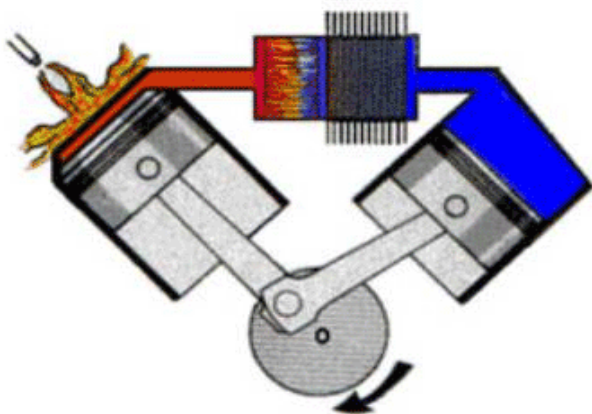


Рисунок 1. Схема  $\alpha$  – Стирлінга.

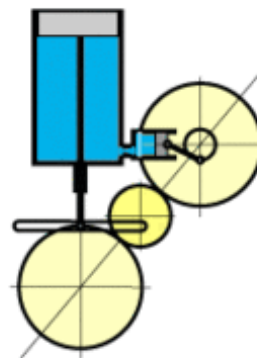


Рисунок 2. Схема  $\beta$  – Стирлінга.

4. Роторний двигун Стірлінга- патент Мухіна на герметичний введення обертання (ГВВ), (відсутній кривошипно-шатунний механізм) [4].

Перші три типи цих двигунів застосовуватися в різних сферах промисловості: електростанції, холодильні установки, насоси, кораблі, і т.д.

Екологи та вчені всього світу шукають альтернативу існуючим двигунам, які могли б працювати на будь-якому виді палива, були безпечними і надійними. Так, наприклад, електродвигун буде працювати до тих пір, поки є заряд в батареї або світить сонце. При цьому вартість батарей не дуже висока. Двигуни, що працюють на водні і газі мають дуже високий ступінь вибухонебезпечності і низький ККД. До того ж водень має високу собівартість виробництва, а газ високу токсичність. Що ж стосується традиційних двигунів внутрішнього згоряння то вони ризикують зовсім зникнути, оскільки за прогнозами вчених запасів нафти вистачить приблизно на 50 років. До того ж ці двигуни досить сильно забруднюють навколишнє середовище і на них витрачається велика кількість металу, що призводить збільшення ваги конструкції. На відміну від наведених типів двигуни Стірлінга мають цілий низку переваг:

1. Можуть працювати на будь-якому паливі (на дровах, тирсі тощо).
2. Працюють тихо, мають великий моторесурс і малу витрату масла.
3. Прості в обслуговуванні.
4. Мають досить високий ККД приблизно схожий з двигунами внутрішнього згоряння.
5. Абсолютно не токсичні(табл.1), та майже повністю безпечні.

Таблиця 1

**Порівняльні дані по змісту токсичних компонентів у вихлопних газах різних двигунів**

Тип двигуна	Порівняльні дані по вмісту токсичних компонентів у вихлопних газах різних двигунів мг/к.с.* с		
	NO <sub>x</sub>	CO	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>
Бензиновий	0,6...2	40...100	15...120
Дизельний	0,4...2	0,2...5	0,6...12
Двигун Стірлінга	0,1...0,2	0,05...0,2	0,0015...0,007
Газова турбіна	0,7...2	2...3,6	0,012...0,07
Двигун який відповідає нормам Євро 5	0,414	0,311	0,095

Але разом з тим у двигуна Стірлінга є і ряд недоліків, зокрема величезні габарити і маса, висока собівартість і витрата палива (двигун компанії General Motors витрачає близько 20 - 23 кг палива на 100 км). На жаль, потенціал двигуна Стірлінга використовується всього на 45% від його можливостей. Основна проблема сьогоднішніх двигунів зовнішнього згоряння це нерівноцінна витрата тепла та енергії і той вид палива, який використовується. Саме тому двигун мало популярний. Але, не дивлячись на це двигун використовується в США, Швеції, Японії та інших країнах. І зовсім недавно почав широко застосовувати в Росії та Китаї. Де в якості джерела енергії використовується атомний реактор. Що дає відносно не обмежений запас ходу, але разом з тим високу небезпеку у випадки аварії реактора. Цілком можливо, що в перспективі реактори стануть

менші в розмірах і з'явиться практично вічний двигун і разом з тим зникнуть проблеми з паливом. У запропонованій конструкції пропонується один з способів їх розв'язання.

**Модифікація двигуна Стірлінга.** Модифікація традиційного двигуна полягає в тому, що повністю замінити вид палива (бензин, газ, дизельне паливо та ін.) і паливну систему для роботи на хімічному паливі, а також модифікувати конструкцію з додаванням вакуумної герметичності і примушувача охолоджуючої дії. В результаті отримуємо: повністю екологічний і безпечний для навколишнього середовища двигун; повністю економічне і недороге у виробництві паливо; мінімальну витрату масла; простоту конструкції; низьку вартість витратних матеріалів; збільшену потужність і ККД за рахунок вакууму. До того ж вартість даної конструкції майже однакова з ДВЗ.

Двигун має 4 циліндри: 2 гарячого згоряння і 2 холодного. Працювати вони будуть протилежно-попарно. В процесі реакції хімічного палива відбувається виділення теплоти. Однією з умов при виборі хімічного палива і паливної системи є абсолютна не токсичність і відсутність забруднення навколишнього середовища.

Два циліндра гарячий і холодний з'єднані між собою патрубками, в яких циркулює газ (наприклад, гелій) (рис.5).

Патрубок по центру обмотаний кожухом примусового охолодження, що дає різницю температур в клапанах, за рахунок, якого і буде працювати двигун. Основним плюсом такого двигуна буде його безшумність, незважаючи на високі обороти. Також двигун буде обладнаний датчиками, щоб уникнути перегріву. У випадку перевищення реакції заданої температури рідина реакції буде частково охолоджена або припинена введенням каталізатора, або прискорена за допомогою інгібітора.

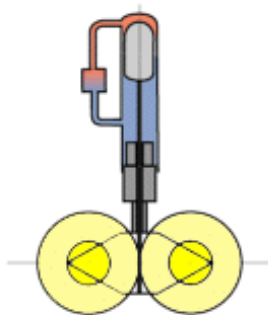


Рисунок 3. Схема  $\gamma$  – Стірлінга.

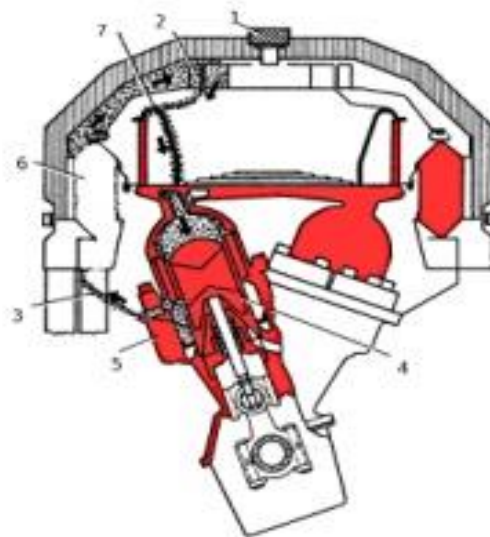


Рисунок 4. Пропонована конструкція двигуна.  
1 - охолоджувач; 2 - камера реакції хімічного палива; 3 - трубки нагрівача; 4 - гарячий поршень; 5 - клапан скидання теплоти; 6 - термокожух 7 - патрубок з проходом робочого речовини (гелій або інший газ).

Управління реакцією в камері згоряння відбувається в автоматичному режимі за допомогою комп'ютера. Незалежно від типу палива конструкція буде оснащена двома баками різних модифікацій (бак для палива і бак для відходу під утилізацію). При серійному виробництві дана конструкція не буде більш витратною в порівнянні з традиційними ДВЗ, оскільки не передбачається використання досить дорогих і складних у виробництві деталей. А в двигунах з паливом, в якому буде перенасичена сіль, може бути виготовлений з карбону або якого-небудь легкого, але жаростійкого полімеру.



Рисунок 5. Модель двигуна.

Проводячи невеликі експерименти і забігаючи вперед можна сказати, що чотирициліндровий двигун на 1 кг хімічного палива зможе працювати 2 години без дозаправки. А машина з даною силовою установкою зможе подолати 160-180 км, що на сьогоднішній день дуже багато. Порівнюючи з двигунами внутрішнього згоряння, який в середньому витрачає 6-7 кг на 100 км то 1 кг хімічного палива на 160 км це досить непоганий результат.

Порівнювати з іншими двигунами зовнішнього і внутрішнього згоряння даний двигун краще в плані економічності. Він має більший ресурс і запас ходу при використанні 1 кг хімічної речовини у співвідношенні з

1 л бензину. Двигун є абсолютно безшумним і екологічно чистим.

**Висновок.** Запропонована конструкція двигуна знаходиться на стадії розробки в кресленнях і формулах, але його доведення має хороші перспективи для подальшого використання.

#### *Література*

1. Чириков К.Ю. Перспективы применения СПГ на транспорте./ Чириков К.Ю., Пронин Е.Н.//Журнал «Газовая промышленность», №10, С.28-29, 1999.
2. Ридер Г. Двигатели Стирлинга/ Ридер Г., Хупер Ч.- Пер. с англ. М.: Мир, 1986, -464с., ил.
3. Walker, G. Stirling-Cycle Machines. - Oxford University Press, 1973. – 156 с.
4. Пат. 2117802 РФ F02G1/043 Машина по циклу Стирлинга/ В. А. Мухин; Е.В. Мухин - № 94025916/06; заявл. 12.07.1994 ;опубл. 20.08.1998