

# ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДВИГУНІВ СТІРЛІНГА З ВІДНОВЛЮВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ

Гончаров Є.С., студент

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра відновлюваних джерел енергії*

**Вступ.** Використання двигуна Стірлінга в комбінації з відновлюваними джерелами енергії є досить новою технологією. Двигун має широке застосування, оскільки він може мати будь-яке зовнішнє джерело тепла. Той факт, що двигун забезпечує прямі механічні та електричні роботи, створює перспективи для використання технології для будинків або селищ, які потребують тепла та енергії [1]. Двигун Стірлінга дозволяє їм бути незалежними від ТЕС.

**Мета роботи.** Оцінити економічну доцільність використання двигунів Стірлінга з відновлюваними джерелами енергії. Провести огляд сучасних світових компаній, які розробляють установки на основі двигуна Стірлінга. Аналізувати недоліки та розглянути можливе вирішення проблем технології. Розглянути блок компетенції та можливі ринки збуту.

**Матеріали і результати досліджень.** Сонячна енергія може використовуватися як зовнішнє джерело тепла для двигуна Стірлінга. Сонячні колектори мають параболічний рефлектор, який концентрує сонячні промені в теплових колекторах. Величезна перевага цієї комбінації полягає в тому, що вироблена енергія є чистою, а викиди забруднення майже нульові. Ця сонячна технологія також є системою з найвищою ефективністю перетворення сонячної енергії. Незважаючи на ефективність і низький вплив на навколишнє середовище, двигун не використовується у великих масштабах. Оскільки Двигун Стірлінга з комерційної точки зору знаходиться в зародковому стані.

У світі існують компанії, що виробляють двигун Стірлінга в комбінації з сонячними концентраторами. Багато хто з цих компаній виробляють лише прототипи, які використовуються для досліджень і розробок, але деякі компанії пропонують можливість встановлювати їх для комерційного використання.

У 2012 році компанія «Ripasso Energy» почала будувати свій перший комерційний двигун Стірлінга з сонячним концентратором в Апінгтоні, Південна Африка. Модулі можуть індивідуально виробляти електроенергію, а також бути об'єднаними на більші електростанції. У 2012 році 30-кіловатовий модуль Стірлінга цієї компанії мав коефіцієнт корисної дії переробки сонячної енергії на електричну 32%, що стало світовим рекордом. Компанія «Ripasso Energy» вважає, що сонячні умови в Південній Африці та Чилі можуть дозволити досягти LCOE, рівня менше 0,1 євро за кВт-год для електростанції потужністю 30 МВт. LCOE - це загальноприйнята метрика для порівняння поновлюваних технологій. LCOE оцінює відносну вартість проекту та обчислює необхідну ринкову ціну за продану електроенергію для одержання рівних витрат доходів.

Шведська компанія «Cleanergy» використовує альфа-конфігурацію двигунів Стірлінга, які сумісні з газом та сонячною енергією. У 2011 році вони

представили свою першу установку, яка складалася з сонячного колектора, двигуна Стерлінга та генератора. У 2012 році вони встановили свою першу демонстраційну сонячну електростанцію з 10 одиницями та потужністю 100 кВт у Китаї. Інженери компанії «Cleanergy» вважають, що після широкомасштабної комерціалізації сонячної енергії ціна одиниці може становити \$ 0,14 за кВт-год.

Двигун Стерлінга також може працювати в комбінації з паливом із біомаси, проте така система поки не є комерційною. Існує декілька компаній, які виробляють прототипи, що використовуються для досліджень та розробки технології. «Генуя Стерлінг» є італійською компанією, а їх бізнес - консалтинг, проектування та виготовлення двигунів Стерлінга. Компанія була заснована в 2009 році і розпочала розробку восьми прототипів, які були направлені до дослідницьких центрів та університетів у всьому світі. «Генуя Стерлінг» робить експерименти на двох з цих двигунів, щоб продовжувати розвивати двигун Стерлінга. Мета компанії - побудувати невеликий двигун Стерлінга, який зможе виробляти достатню потужність, щоб зробити її економічно привабливою.

Двигун Стерлінга має великий потенціал, проте він потребує певної модернізації, перш ніж його можна буде комерціалізувати [2]. Одним з завдань є створення нової цінової моделі для двигуна Стерлінга, оскільки термін окупності занадто великий.

Найдорожчим компонентом є регенератор. Це пов'язано зі спеціальними матеріалами, необхідними при його виробництві, які повинні витримувати велику різницю температур під високим тиском. Через це більша частина досліджень та розробок зосереджується на підвищенні ефективності двигуна [3]. Після збільшення ефективності двигун стає більш конкурентоспроможним, оскільки ціна за встановлену потужність зменшується. Цього можна досягти шляхом зменшення втрат теплоти, які виникають через недостатню герметизацію установки.

Для того, щоб нова технологія досягла успіху, окрім модернізацій, вона потребує поєднання клієнтів, новаторів, підприємців, венчурних капіталістів, ринків збуту та промисловців. Разом вони утворюють блок компетенції [4]. При розробці нової технології важливо знати, що потрібно клієнтам. Новаторами є суб'єкти, які об'єднують нові та старі технології для розробки нових продуктів, а потім підприємці обирають вигідніший для інвестування. Підприємці потребують зовнішнього фінансування, яке вони отримують від капіталістів. Венчурним капіталістам потрібен ринок збуту, де вони можуть отримати прибуток.

Двигун Стерлінга має новаторів та підприємців, але потребує клієнтів, перш ніж виробники зможуть реалізувати масштабне виробництво та розподіл. Обидві компанії «Clean Energy» та «Ripasso Energy» мають можливість будувати великі електростанції, але не отримали першого замовлення, що вказує на те, що відсутні клієнти, венчурні капіталісти та ринки збуту. Таким чином, вхідні бар'єри для двигуна Стерлінга можуть бути ідентифіковані як досягнення повного блоку компетенцій.

Цілеспрямованими покупцями для двигуна Стірлінга, що працює на сонячній енергії або біомасі, є виробники електроенергії. В свою чергу, клієнтами багатьох покупців є споживачі електроенергії. Тому, аналізуючи поведінку споживачів, можна проаналізувати ціну та майбутній попит на двигун Стірлінга.

Ринок електроенергії можна розділити на дві частини: один - для розвинених країн, інший - для країн, що розвиваються. Для жителів розвинених країн використання електрики є очевидною необхідністю. У таких країнах як Швеція, ціна на електроенергію невисока у порівнянні з реальною заробітною платою. У 2009 році шведські домогосподарства використовували в середньому 3% свого наявного доходу для оплати електроенергії. Низька ціна на електроенергію та легкий доступ до неї призводять до високого споживання електроенергії. У багатьох країнах, що розвиваються, велика кількість мешканців не має доступу до електроенергії, тому її вартість зависока у порівнянні з реальною заробітною платою населення. Через високі ціни та низьку доступність електроенергії зростає попит на автономні електростанції.

**Висновок.** Результатом аналізу енергетичного ринку є те, що для досягнення успіху має бути досягнутий повний компетентний блок. Також необхідно визначити державну політику різних країн стосовно інвестицій для пошуку цільового ринку.

Попит на двигун Стірлінга базується на покупцях й існуючих заміниках двигуна. Сьогодні існує багато більш економічно вигідних технологій, тому увага має бути сконцентрована на модернізації конструкції установки та залученні клієнтів, які зможуть користуватись отриманими перевагами.

#### Перелік посилань

1. Cleanergy (2014). Technical concept. From: <http://www.cleanergy.com/technology/technical-concept/>, 2014-01-28
2. Beale, William (1984), Understanding Stirling Engines, Volunteers in Technical Assistance, Inc., Virginia
3. Four Peaks Technologies (2011). Stirling engines. From: [http://solarcellcentral.com/stirling\\_page.html](http://solarcellcentral.com/stirling_page.html), 2014-03-15
4. Bauner, David (2014) Interviewed by Isabelle Gadré and Johanna Maiorana on April 28. From: <http://www.diva-portal.se/smash/get/diva2:735271/FULLTEXT01.pdf>