

Ю. І. Семірненко, к. т. н, доц., (Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна)

Утилізація тепла відхідних газів з метою виробітку електричної енергії

Для децентралізованого забезпечення тепловою та електричною енергією сільськогосподарських підприємств пропонується використання малих когенераційних установок з двигунами Стірлінга, які працюють за рахунок утилізації теплоти відхідних газів.

В статті наведені результати досліджень, проведених на лабораторній установці, які показали можливість виробітку разом з тепловою енергією електричної за рахунок утилізації тепла відхідних газів, що сприяє збільшенню ККД когенераційної установки. Наведена схема підключення запропонованої когенераційної установки до автономної електричної мережі.

Ключові слова: енергія, утилізація, когенерація, двигун Стірлінга, паливо, тепло, газ.

Для децентрализованного обеспечения тепловой и электрической энергией сельскохозяйственных предприятий предлагается использование малых когенерационных установок с двигателями Стирлинга, работающих за счет утилизации теплоты отходящих газов.

В статье приведены результаты исследований, проведенных на лабораторной установке, которые показали возможность выработки вместе с тепловой энергией электрической за счет утилизации тепла отходящих газов, что способствует увеличению КПД когенерационной установки.

Ключевые слова: энергия, утилизация, когенерация, двигатель Стирлинга, топливо, тепло, газы.

In order to provide decentralized supply of thermal and electric energy to agricultural enterprises, it is proposed to use small cogeneration units with Stirling engines, which work by utilizing the heat of waste gases.

The article presents the results of research carried out at the laboratory plant, which showed the possibility of production together with the thermal energy of electric by means of utilization of heat of waste gases and contributes to increasing the efficiency of the cogeneration unit.

Key words: energy, utilization, cogeneration, Stirling engine, fuel, heat, gases.

Вступ. Беручи до уваги те, що в Україні недостатньо власних енергоресурсів, впровадження енергоєфективних технологій є питанням першорядної важливості для нашої країни, тому що від його рішення залежить не тільки економічна, а й політична незалежність [1]. Крім того, розвиток сучасної світової енергетики має направленість на децентралізацію за рахунок використання відновлюваних джерел енергії. Одним із способів вирішення питань децентралізації енергетики та заміни викопних палив відновлюваними є використання двигунів Стірлінга в когенераційних установках.

Ефективне забезпечення малих фермерських господарств, приватних підсобних сільськогосподарських господарств і т. ін. електричною та тепловою енергією є однією із нагальних проблем для їх функціонування. Особливо гостро це питання стоїть при вирішенні проблем життєзабезпечення віддалених від електричної мережі підрозділів сільськогосподарських підприємств таких, як літні табори для випасу телят, механізовані збиральні загони і т. п.

Постановка задачі в загальному вигляді. В польових умовах традиційним способом отримання електричної і теплової енергії є їх роздільна генерація, відповідно електрична енергія виробляється за ра-

хунок мобільних генераторів, які приводяться в дію від ДВЗ (бензинових чи дизельних), а тепла енергія виробляється за рахунок спалювання рідкого чи твердого палива в малих теплогенеруючих установках. Рідше використовується електрообігрів за рахунок використання електричної енергії. Одними із основних недоліків даного генеруючого обладнання є низький ККД, громіздкість, шумність ДВЗ і т. ін.

Сучасні сільськогосподарські підприємства та їх підрозділи не можуть в належній мірі функціонувати без енергозабезпечення. У деяких випадках вони потребують децентралізованого енергозабезпечення, яке сприяє створенню автономних когенераційних установок та максимального використання поновлюваних джерел енергії. Виключні властивості двигунів Стірлінга, як двигунів із зовнішнім підведенням теплоти, дозволяють застосовувати не тільки традиційні види палива, але також всі без виключення види альтернативних палив, відомих в теперішній час у світі, наприклад, вугілля, деревина, відходи сільського господарства, високопотенціальну теплоту димових газів та інші види енергії, робить їх особливо привабливими у зв'язку із використанням енергії з доступних поновлюваних джерел. Двигуни Стірлінга можна

використовувати в усіх установках, де виробляється тепла енергія і є необхідність у електричній енергії.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У світових оглядах по енергоперетворюючій техніці, двигун Стірлінга розглядається як двигун, що володіє найбільшими можливостями для подальшої розробки. Двигун Стірлінга належить до класу двигунів із зовнішнім підведенням теплоти (ДЗПТ). У зв'язку з цим, в порівнянні з ДВЗ, в двигунах Стірлінга процес горіння здійснюється поза робочих циліндрів і протікає більш рівноважно, робочий цикл реалізується в замкнутому внутрішньому контурі при малих швидкостях підвищення тиску в циліндрах двигуна, плавному характеру теплогідрравлічних процесів робочого тіла внутрішнього контуру, при відсутності газорозподільчих механізмів клапанів.

Низький рівень шуму, мала токсичність відпрацьованих газів, можливість роботи на різних паливах, великий ресурс, порівняльно малі розміри і маса, гарні характеристики крутного моменту - всі ці параметри дають можливість машинам Стірлінга найближчим часом значно потіснити двигуни інших типів. В даний час найбільш перспективним є виробництво двигунів Стірлінга потужністю від 0,1 до 100 кВт. Дви-

гуни Стірлінга гранично прості в експлуатації. Для їх запуску не потрібно мати стартер або газорозподільний механізм. Досить нагрітої поверхні і перепаду температур. Висока надійність із-за простоти конструкції, високий ККД двигуна Стірлінга - перевищує 30% [2].

Слід також зазначити, що використання альтернативних видів палива при застосуванні когенераційних установок з двигунами Стірлінга скорочує емісію парникових газів, а також при згорянні палива вміст CO у відпрацьованих газах в 3 рази нижче та значно нижче вміст NO і CH₄, що відповідає самим жорстким світовим екологічним стандартам [3].

Враховуючи вище вказане, нами пропонується провести дослідження по виявленню можливостей генерації разом з тепловою енергією електричної без додаткових витрат палива.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Мета досліджень – визначити можливість виробітку електричної енергії за рахунок утилізації відхідних газів малої теплоенергетичної установки.

Матеріали та методика досліджень. У роботі наведено результати досліджень по визначенню залежності частоти обертання маховика двигуна Стірлінга від температури гарячого циліндра, потужності від частоти обертання маховика.

Для проведення експериментальних досліджень нами була використана у якості джерела виробітку теплової енергії піч типу «буржуйка», двигун Стірлінга УДС-1 та генератор постійного струму RS540 20 Вт 5-24V 10 мм. Двигун Стірлінга використовував теплоту відхідних газів. Таким чином, за рахунок утилізації теплоти відхідних газів підвищується ККД когенераційної установки при незмінних витратах палива.

Результати досліджень. В теперішній час когенерація є однією з найперспективніших технологій, що дозволяє використовувати енергію первинного палива з найбільшою ефективністю. Коефіцієнт корисної дії (ККД) сучасних когенераційних установок (КГУ) досягає 90–92%. Така висока ефективність когенераційного обладнання пояснюється виробленням відразу двох видів енергії: спочатку виробляється електрична енергія, а потім – тепла енергія за рахунок утилізації тепла палива, яке не було використано в основному процесі [4].

В рамках вирішення цих задач, по оцінкам багатьох зарубіжних спеціалістів найбільш перспективним шляхом є розробка, виробництво та впровадження енергоперет-

ворюючих систем на основі двигунів Стірлінга. Як і більшість двигунів зовнішнього згорання, двигунам Стірлінга властива багатопаливність: двигун працює від перепаду температури, незалежно від причин, які його спричинили.

Одна із основних задач дослідження - виявлення можливості часткової утилізації тепла відпрацьованих газів з метою отримання електричної енергії генераторною установкою на основі двигуна Стірлінга, що підвищує ефективність використання теплотворної здатності палива.

Для проведення досліджень у трубу 2 печі 1 на висоті 0,4 м був установлений на уварений фланець 4 гарячий циліндр 5 двигуна Стірлінга УДС-1. За допомогою пасової передачі від шківів двигуна передавався обертальний момент до генератора 6. Для зменшення впливу на холодний, робочий циліндр високої температури, труба відхідних газів покрита термоізоляцією 3 (рис. 1). У якості палива використовувалися паливні брикети із соломи.

Режим горіння та, відповідно, й температура відхідних газів регулювалася за допомогою шиберної заслінки.

Температура відхідних газів контролювалася за допомогою ртутного термометра, частота обертання ведучого маховика двигуна вимірювалася за допомогою тахометра. До-

сліді проводились при температурі відхідних газів від 140°C до 200°C. Повторність проведення дослідів для кожного значення температури гарячого циліндра та частоти обертання маховика двигуна була трикратною.

В проведених дослідженнях також ставилося за мету визначення можливості використання малих когенераційних установок для виробітку теплової та електричної енергії з мінімальною реконструкцією генератора теплової енергії.

На розробленій когенераційній установці (рис. 1) були проведені дослідження по визначенню залежності частоти обертання маховика від температури гарячого циліндра (рис. 2) та потужності від частоти обертання маховика (рис. 3).

Досліди по визначенню залежності частоти обертання маховика проводились з інтервалом в 10°C.

Як видно з рис. 2, із збільшенням температури частота обертання маховика збільшується.

Отримана графічна залежність описується наступним рівнянням:

$$y = 3,4x - 263,57 \quad (1)$$

Залежність потужності від частоти обертання маховика двигуна наведена на рис. 3.

Із залежності, приведеної на рис. 3, видно, що зі збільшенням частоти обертання маховика потужність збільшується і описується на-

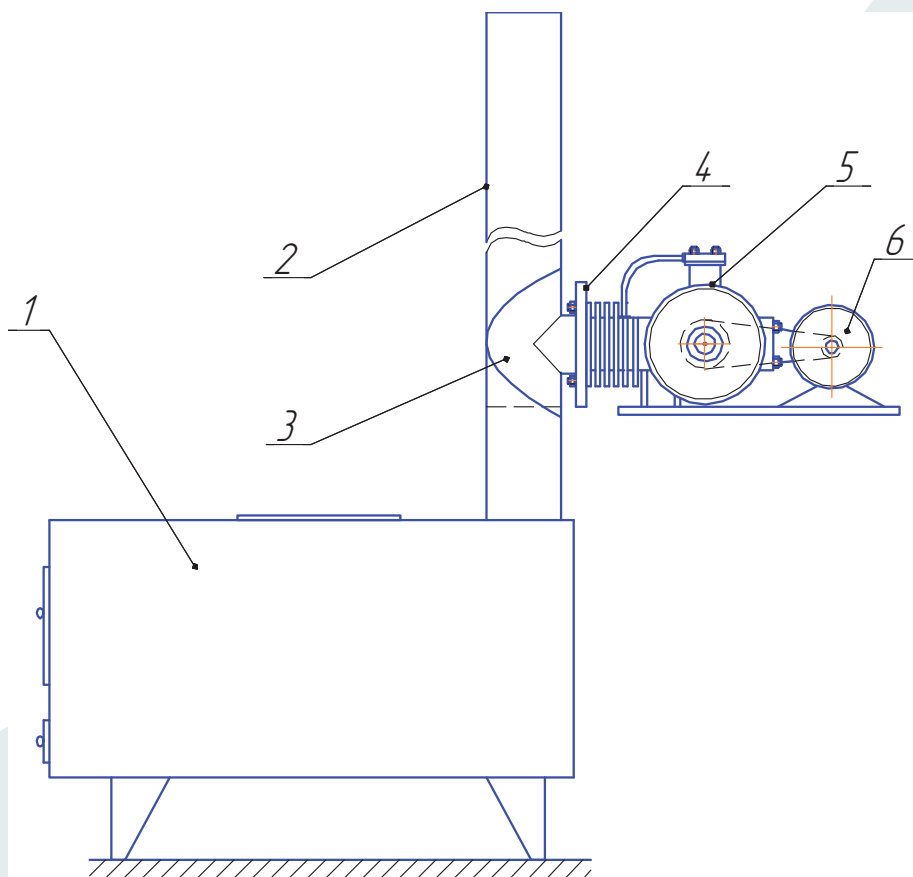


Рис. 1. Лабораторна когенераційна установка

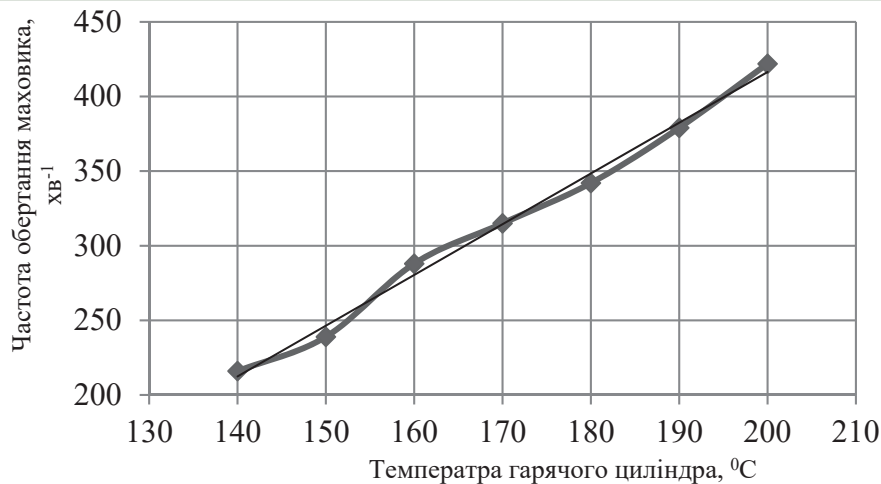


Рис. 2. Залежність частоти обертання маховика від температури горячого цилиндра

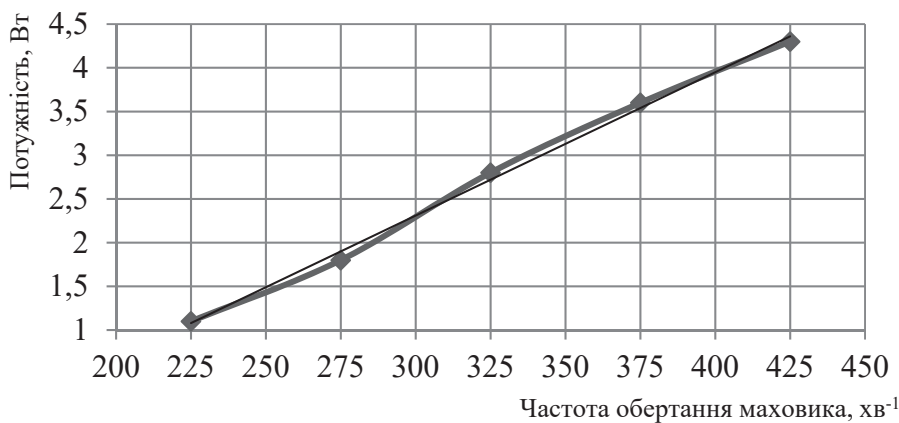


Рис. 3. Залежність потужності від температури горячого цилиндра

ступним рівнянням:

$$y = 0,0164x - 2,61 \quad (2)$$

Висновки

Проведені на лабораторній установці дослідження показали можливість виробітку разом з тепловою електричною енергією за рахунок утилізації тепла відхідних газів що сприяє збільшенню ККД когенераційної установки.

Список літератури:

1. Фицук Н.И. Энергосбережение. Мнение ученых и практиков [Текст] / Н.И. Фицук // Пром. теплотехника. – 2009. – Т.31, №7. – С. 155 – 157.
2. Уокер Г. Двигатели Стирлинга [Текст] / Г. Уокер – М: Машиностроение, 1985. – 408 с.
3. Басок Б.И. Энергетические и экологические показатели когенерационной установки электрической мощностью 1 МВт и тепловой мощностью 1,2 М.Вт [Текст] / Б.И. Басок, Д.А. Колмейко, Л.М. Кужель // Пром. теплотехника. – 2009. – №2, Т.31. – С. 42 – 49.
4. Клименко В.Н. Когенерационные системы с тепловыми двигателями: справочное пособие: [в 3 ч.] Ч. 1: Общие вопросы когенерационных технологий / В.Н. Клименко, А.И. Мазур, П.П. Сабашук. – К.: ИПЦ АЛКОН НАН Украины, 2008. – 560 с.

Инжиниринговые решения для различных отраслей промышленности в области автоматизации, мониторинга и диспетчеризации объектов

