

УДК 615.1:621.31

ВИКОРИСТАННЯ МАЛИХ КОГЕНЕРАЦІЙНИХ УСТАНОВОК З ДВИГУНАМИ СТІРЛІНГА ДЛЯ ВИРОБІТКУ ЕНЕРГІЇ В МОДУЛЬНИХ СИСТЕМАХ ВІЙСЬКОВО-МЕДИЧНИХ ПІДРОЗДІЛІВ

О.П. Шматенко, полковник медичної служби, доктор фармацевтичних наук, професор, начальник кафедри військової фармації Української військово-медичної академії

Ю.І. Семірненко, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедрою проектування технічних систем Сумського національного аграрного університету

І.І. Семірненко, доцент кафедри військової фармації Української військово-медичної академії

А.М. Соломенний, підполковник медичної служби, кандидат фармацевтичних наук, доцент кафедри військової фармації Української військово-медичної академії

Резюме. *Наведені результати досліджень по визначенню можливості використання малих когенераційних установок з двигунами Стірлінга, які працюють за рахунок утилізації теплоти відхідних газів.*

Ключові слова: *двигун Стірлінга, модульна система, мобільний госпіталь.*

Вступ. Сьогодні особливості проведення оборонної реформи в Україні обумовлені складною воєнно-політичною, оперативнo-стратегічною та економічною ситуацією, яка склалася внаслідок збройної агресії Росії проти України, окупації Російською Федерацією частини суверенної території України – Автономної Республіки Крим та міста Севастополя.

В Указі Президента України №240/2016 «Про Стратегічний оборонний бюлетень України» зазначено, що проведена в рамках комплексного огляду сектору безпеки і оборони оцінка стану воєнної безпеки держави, а також набутий досвід участі Збройних Сил (ЗС) України у антитерористичній операції (АТО) виявили низку проблем функціонування сил оборони в умовах існуючих та потенційних загроз, зокрема: низька ефективність системи медичного забезпечення сил оборони [3].

Враховуючи суттєві зміни внутрішньої та зовнішньої політики, а також воєнно-політичну орієнтацію на поглиблення відносин стратегічного партнерства з країнами Європейського союзу, Сполученими штатами Америки та Північноатлантичним альянсом (НАТО) існує потреба поступового переходу до стандартів НАТО (STANAGs) [4]. Одним з

головних принципів медичного забезпечення НАТО є створення та функціонування військових підрозділів з використанням модульної системи [4].

Мета дослідження: вивчити можливості виробітку електричної енергії за рахунок утилізації відхідних газів та технологічні характеристики малої теплоенергетичної установки на основі двигуна Стірлінга з подальшим застосуванням в сучасних модульних системах військово-медичних підрозділів.

Матеріали та методика досліджень. У роботі наведені результати дослідження 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 коефіцієнт корисної дії (ККД) когенераційної установки при незмінних витратах палива.

Результати дослідження та їх обговорення. Забезпечення медичної служби Міністерства оборони України сучасними мобільними госпіталями зразка НАТО дозволить значно підвищити рівень надання медичної допомоги особовому складу ЗС України та інших силових відомств України безпосередньо в районі проведення АТО.

Звісно, модульні системи мають значні переваги у використанні:

- модульна система має короткий час встановлення (першочергове значення має швидка експлуатаційна готовність);
- самодостатність для роботи в місцевостях не забезпечених електропостачанням, питною водою, у екстремальних кліматичних умовах;
- контейнери мають можливість до збільшення у 2-3 рази, для розміщення більших медичних команд, приміщень та обладнання;
- для забезпечення стерильних зон поміж контейнерами і палатками наявні повітряні та водні затвори;
- індивідуальне розташування компонентів та обладнання в середині контейнера створюють можливість роботи при хімічному, біологічному, ядерному зараженні місцевості.

Однак, як показав досвід використання мобільного госпіталю EMEDS, такі системи забезпечення життєдіяльності, як електричні мережі, інженерні комунікації, допоміжне та медичне обладнання зразка НАТО відрізняються від умов експлуатації в нашій країні, і як висновок, потребують попереднього детального вивчення та адаптації до вітчизняних умов експлуатації.

Ефективне забезпечення військово-медичних підрозділів електричною та тепловою енергією є одною із насущних проблем для їх функціонування та автономності. Особливо гостро це питання стоїть при вирішенні проблем життєзабезпечення малих, роздібнених підрозділів, що знаходяться в районі зіткнення з ворогом чи близько до нього (військові мобільні госпіталі, блок-пости, віддалені військові підрозділи тощо).

У військах в польових умовах традиційним способом отримання електричної і теплової енергії є їх роздільна генерація, відповідно електрична енергія виробляється за рахунок мобільних генераторів, які приводяться в дію від двигуна внутрішнього згорання (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, демаскування за рахунок шуму ДВЗ, димління тощо.

Сучасні військово-медичні підрозділи не можуть в належній мірі функціонувати без енергозабезпечення. У більшості випадків вони потребують децентралізованого енергозабезпечення, яке сприяє створенню автономних когенераційних установок та максимального використання поновлюваних джерел енергії. Альтернативою використання традиційних енергетичних підходів може стати впровадження двигунів Стірлінга.

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 поновлювальних джерел. Двигуни Стірлінга можна використовувати в усіх установках, де виробляється тепла енергія і є необхідність у електричній енергії. Такий двигун доцільно встановити та випробувати в польових умовах на модулях мобільних госпіталів або інших структурних підрозділів побудованих за модульним принципом.

У світових оглядах по енергоперетворюючій техніці, двигун Стірлінга розглядається як двигун, що володіє

найбільшими можливостями для подальшої розробки. Двигун Стірлінга відноситься 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, порівняльні 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.

До того ж двигуни Стірлінга гранично прості в експлуатації. Для його 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% [1].

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

В теперішній час когенерація є однією з найперспективніших технологій, що дозволяє використовувати енергію первинного палива з найбільшою ефективністю. 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, що не було використано в основному процесі [2].

В рамках вирішення цих задач, по оцінкам багатьох зарубіжних спеціалістів, найбільш

перспективним шляхом є розробка, виробництво та впровадження енергоперетворюючих систем на основі двигунів Стірлінга. Як і більшість двигунів зовнішнього згорання, двигунам Стірлінгам властива багатопаливність: двигун працює від перепаду температури, незалежно від причин, які його викликали.

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 впливу високої температури, труба відхідних газів покрита термоізоляцією 3 (рис. 1). Температура відхідних газів контролювалася за допомогою ртутного термометра, частота обертання ведучого маховика двигуна вимірювалася за допомогою тахометра. При проведенні досліджень значення температури газів, що виходили з печі змінювалось в межах від 140°C до 200°C.

Дослідження проводились з метою визначення можливості використання малих КГУ для виробітку теплової та електричної енергії та з мінімальною реконструкцією генератора теплової енергії.

На розробленій КГУ (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 градусів.

Як видно з рис. 2, із збільшенням температури частота обертання маховика збільшується. Отримана графічна залежність описується наступним рівнянням (1):

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

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

Із залежності, приведеної на рис. 3, видно, що із збільшенням частоти обертання маховика

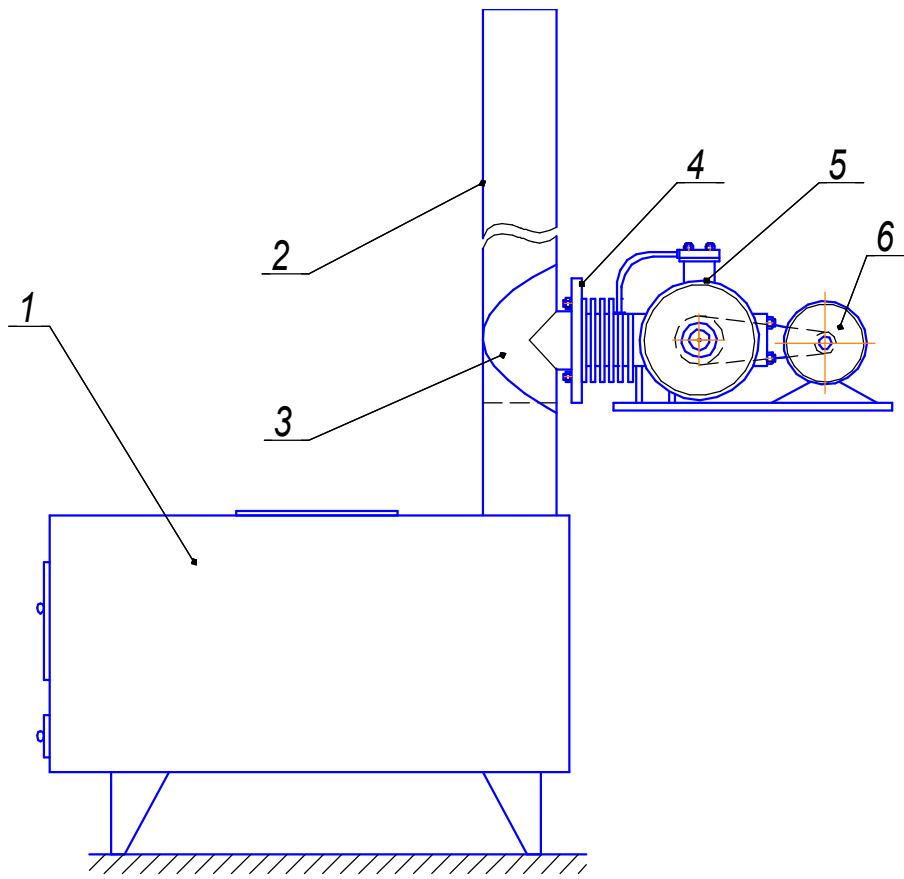


Рис. 1. Лабораторна когенераційна установка

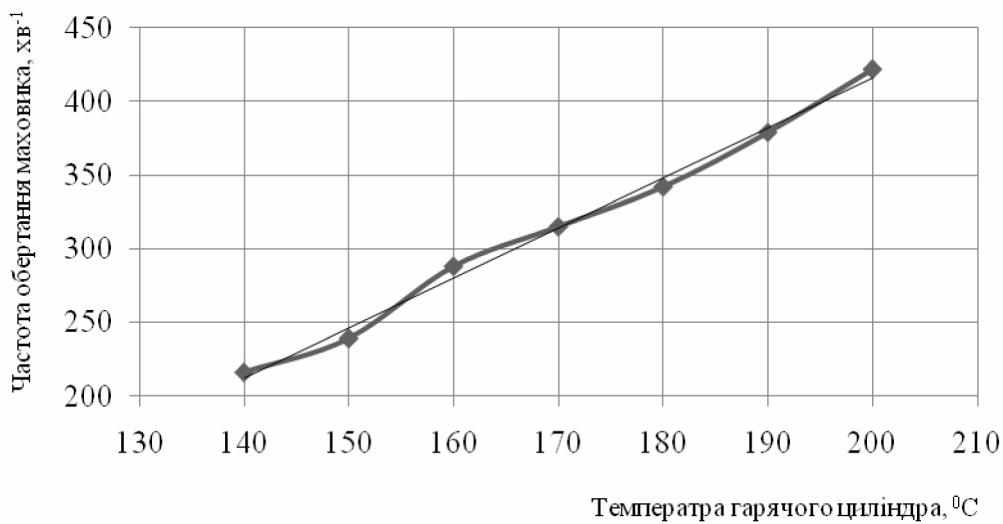


Рис. 2. Залежність частоти обертання маховика від температури гарячого циліндра

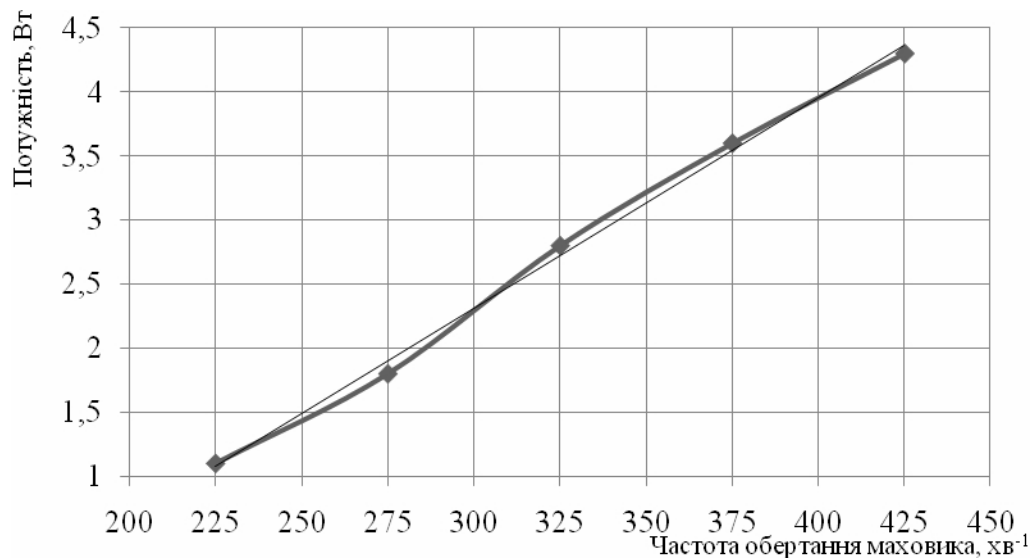


Рис. 3. Залежність потужності від температури гарячого циліндра

потужність збільшується і описується наступним рівнянням (2):

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

При використанні даних КГУ їх підключення до автономної електричної мережі може бути представлена наступним чином:

Рис. 4. Підключення до автономної електричної мережі когенераційної установки

Для забезпечення безперебійного постачання електричної енергії до споживача в схему необхідно підключити акумулятор, який був би резервним джерелом живлення і включатиметься контролером при непрацюючому основному джерелу енергії. Підзарядка батареї по мірі необхідності буде виконуватись також від генератора КГУ.

Враховуючи те, що переважна більшість споживачів адаптована під змінний струм – в схему включений інвертор.

Крім того, можливе забезпечення регулювання частоти обертання маховика двигуна та потужності генератора зміною температури відхідних газів шляхом регулювання тяги генератора теплової енергії.

Таким чином, використання вищезазначеної теплоенергетичної установки дасть можливість використовувати енергію первинного

палива з найбільшою ефективністю, дозволить значно спростити використання модульних установок у вітчизняних умовах та прискорить процеси впровадження стандартів країн НАТО.

Висновки

1. Встановлена можливість альтернативного використання теплоенергетичної установки на основі дії двигуна Стірлінга в модульних системах військово-медичних підрозділів з метою поступового впровадження стандартів країн НАТО.

2. Проведені дослідження на лабораторній установці показали можливість виробітку разом з тепловою енергією електричної за рахунок утилізації тепла відхідних газів та сприяє збільшенню ККД КГУ.

3. Наведена схема підключення запропонованої КГУ до автономної електричної мережі забезпечує автоматичне регулювання в певних межах, відповідно, частоти обертання маховика двигуна та електричної потужності генератора, забезпечення автоматичного підключення резервного джерела енергії та перетворення постійного струму в змінний необхідної частоти та напруги.

Література

1. Уокер Г. Двигатели Стірлінга [Текст] / Г. Уокер – М: Машиностроение, 1985. – 408 с.
2. Клименко В.Н. Когенерационные системы с тепловыми двигателями: справочное пособие: [в 3 ч.] Ч. 1: Общие вопросы когенерационных технологий / Клименко В.Н., Мазур А.И., Сабашук П.П. – К.: ИПЦ АЛКОН НАН Украины, 2008. – 560 с.
3. Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 20 травня 2016 року “Про Стратегічний оборонний бюлетень України”. Указ Президента України від 6 червня 2016 року №240/2016. – Режим доступу: <http://www.president.gov.ua/documents/2402016-20137>.
4. Про основи національної безпеки України. Закон України від 19 червня 2003 року № 964-IV. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/964-15>.
5. Принципи і політика медичного забезпечення НАТО МС 0326/3. Рішення Північно-атлантичного військового комітету від 27 вересня 2011 року.

Науковий рецензент доктор фармацевтичних наук, професор Трохимчук В.В.