

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

Василечко Іван Вікторович

УДК 621.32

**Мікро газотурбінна електростанція для автономних
біогазових енергоустановок**

141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

АВТОРЕФЕРАТ
дипломної роботи магістра на здобуття вищої освіти
освітнього ступеня магістр

Тернопіль – 2018

Дипломною роботою магістра є рукопис

Робота виконана в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник кандидат технічних наук, доцент
Коваль Вадим Петрович,
доцент кафедри електричної інженерії
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя

Рецензент кандидат технічних наук, доцент
Романюк Леонід Антонович
доцент кафедри вищої математики
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя

Захист відбудеться "27" грудня 2018 р. о 17 годині на засіданні екзаменаційної комісії № 38 з атестації здобувачів вищої освіти освітнього ступеня магістр 141 - електроенергетика, електротехніка та електромеханіка при Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя МОН України за адресою: 46000, м. Тернопіль, вул. Микулинецька, 46, аудиторія 404.

З авторефератом дипломної роботи магістра можна ознайомитись в інституційному репозиторії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (ELARTU) за адресою: <http://elartu.tntu.edu.ua/>.

Секретар
екзаменаційної комісії № 38

Коцюрко Р.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Скорочення споживання природного газу, розвиток енергозбереження та вирішення нагальних екологічних проблем – найбільш актуальні задачі, що стоять сьогодні перед Україною.

Більшість сучасних екологічних проблем виникає через локальне нагромадження органічних відходів, кількість яких дуже велика для природного потенціалу біодеградації. Такі відходи мають підлягати утилізації. Одним із шляхів утилізації сільськогосподарських відходів є біогазова технологія, яка дає змогу разом із розв'язанням екологічної проблеми отримувати високоефективні органічні добрива та енергію у вигляді біогазу. Останнім часом цей напрям дістав дальшого розвитку, особливо в країнах Західної Європи. Про це свідчать матеріали міжнародних спеціалізованих сільськогосподарських виставок, які щороку проводять в польському місті Познані, чеському місті Брно і німецькому місті Ганновері. Широкий інтерес до розробки та реалізації біогазових установок у західних країнах зумовлений, насамперед, дієвим екологічним законодавством і державним дотуванням впровадження нетрадиційних відновлювальних джерел енергії, а також введенням світових квот на забруднення навколишнього середовища метаном. Аналіз експедицій згаданих виставок, а також інших доступних інформаційних матеріалів свідчить, що розвиток біогазових установок йде у двох напрямках. Перший — це раціональне спрощення, а відповідно, і здешевлення тих установок, під час використання яких отримання біогазу не є головною метою порівняно з вимогами екологічної безпеки довкілля та отримання високоефективних органічних добрив. Ці розробки, зазвичай, пропонують для використання в невеликих фермерських господарствах. Другий напрям — це створення сучасних високопродуктивних повнокомплектних біогазових установок на основі новітніх удосконалених конструкцій біореакторів, сучасних автоматизованих систем керування технологічним процесом, високоефективного теплотехнічного, електротехнічного і технологічного обладнання.

На сьогодні основним паливом в Україні залишається природний газ – його частка в структурі споживання первинних енергоносіїв складає близько 40 %. При цьому, за рахунок власних запасів Україна забезпечує себе газом лише на 35 %, тоді як 65 % необхідного обсягу приходится імпортувати, в першу чергу, з Росії. На вугілля припадає 28 % загального споживання первинних енергоносіїв, нафти та нафтопродуктів – 12 %, атомної енергії – 18 %. Внесок відновлюваних джерел енергії до енергобалансу становить 2,5 %, в тому числі великої гідроенергетики – 2 %. З біомаси виробляється лише близько 0,5 % загального обсягу енергії.

Актуальність теми. Економія традиційних видів палива є **актуальною у наш час**. Завдяки використанню біогазових установок отриманий біогаз ми можемо витратити на виробництво теплової і електричної енергії. Забруднення атмосфери – проблема, яка стосується кожного з нас, а при використанні даних

установок ми можемо знизити викиди парникових газів в атмосферу, припинити вивіз органічних відходів на полігони їхнього поховання.

В даний час спостерігається збільшення застосування ДВЗ для отримання теплової та електричної енергії. Ці автономні теплоелектростанції (когенераційні установки) відповідають найсучаснішим вимогам і мають високий ККД. Спільне виробництво тепла і електроенергії можливо, як при використанні газопоршневих двигунів, так і газових турбін. Але, за оцінками багатьох експертів, застосування турбін більш доцільно при експлуатації установок великої потужності (10 - 20 МВт), а також в тих випадках, коли цілий рік існує потреба в постійному великому споживанні теплової енергії. Така точка зору заснована на високу вартість розробки і монтажу існуючих установок іноземного виробництва. Сучасні мікро- газотурбінні установки (МГТУ) мають високу вартість, складні в обслуговуванні, експлуатації, а ремонт вимагає спеціально підготовленого персоналу. Використання в мікро- газотурбінних установках заводських вузлів, що серійно випускаються, дозволяє знизити їх вартість і переглянути існуючу думку про недоцільність їх використання.

Об'єкт дослідження: процеси горіння палива у мікро газотурбінній установці.

Предмет дослідження: мікро газотурбінна установка, яка спалюючи газоподібне паливо генерує електричну та теплову енергію.

Мета роботи. Розробка і дослідження газотурбінної установки для автономного енергопостачання невеликих сільськогосподарських об'єктів.

Відповідно до даної метою ставляться такі **завдання**:

1. Сучасні тенденції та проблеми розвитку біоенергетики в Україні.
2. Провести аналіз джерел відходів біомаси.
3. Провести огляд і аналіз існуючих систем енергопостачання на основі газотурбінних технологій.
4. Розробити методики розрахунку для створення МГТУ, що використовує турбокомпресор ДВЗ з можливістю роботи на різних видах газоподібного палива.
5. Зробити економічне обґрунтування і визначити можливості застосування пропонованої МГТУ в сільському господарстві.

Наукова новизна отриманих результатів:

- розроблена методика розрахунку параметрів камери згорання двигуна з турбокомпресором ДВЗ для пропонованої МГТУ;
- розроблена методика розрахунку коефіцієнта надлишку повітря, що відрізняється врахуванням впливу отворів подачі повітря жарової труби на температуру газового потоку в камері згорання.

Практичне значення отриманих результатів:

Запропонована автором система управління та інші системи МГТУ забезпечують надійну роботу всіх вузлів установки, і може використовуватися при створенні МГТУ різної потужності.

Апробація результатів роботи. Окремі результати роботи доповідались на VII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 28-29 листопада 2018 року. ТНТУ.

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 6 частин, висновків та переліку посилань. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 134 арк. формату А4, графічна частина – 20 аркушів презентації.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та основні задачі досліджень, сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, апробацію та впровадження результатів роботи.

Перший розділ «Літературний огляд» носить оглядово-аналітичний характер і містить результати роботи по аналізу існуючої у світі інформації щодо тематики дипломної роботи. Розглянуто: розвиток біоенергетики як запорука енергетичної безпеки України, сучасні тенденції та проблеми розвитку біоенергетики в Україні, джерела відходів біомаси, області застосування і існуючі системи автономного енергопостачання, переваги та недоліки газотурбінних генераторів.

Після аналізу ситуації на українському ринку виникла необхідність зайняти порожню його нішу (МГТУ електричної потужністю 3-15 кВт) і розробити по новій технології бюджетну установку малої потужності з газотурбінним двигуном на основі турбокомпресора двигуна внутрішнього згоряння українського виробництва.

У **другому розділі «Основна частина»** наведено основні результати дипломної роботи.

Виходячи зі зробленого аналізу існуючих конструкторських рішень ГТУ для МГТУ, найбільш придатною є радіальна доцентрова турбіна (**рис.1**) Існуючі конструкції вітчизняних турбокомпресорів двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) виробляються на основі доцентрових турбін, широко доступні на ринку і порівняно дешеві. Що дозволяє використовувати їх для виробництва МГТУ малої вартості.

Запропонована методика підбору турбокомпресора ДВЗ, для використання в МГТУ. За даною методикою розрахована максимальна потужність установки для різних турбокомпресорів.

Запропонована методика розрахунку камери згорання (КЗ) розробленої МГТУ.

Запропонована методика розрахунку камери згорання для багатопаливної МГТУ. Встановлено, що для роботи однієї установки на декількох видах палива потрібно різні форсунки. Однак, використання регульовального крана дозволяє використовувати одну форсунку найбільшого діаметра для роботи на кількох

видах палива. Підбір рівня відкриття крана в цьому випадку вибирається для кожного газу окремо виходячи з масової витрати газу в секунду.

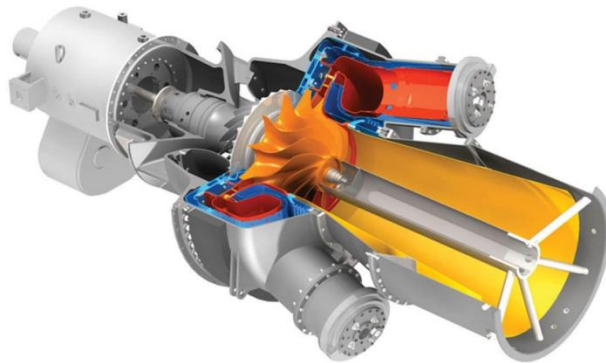


Рис. 1. Турбогенератор із радіальною доцентровою турбіною

Нами проведено розрахунок геометричних параметрів жарової труби (ЖТ) камери згоряння. Завданням розрахунку є визначення концентрації; кількості та перетину отворів ЖТ для рівномірного і повного згоряння палива в об'ємі ЖТ. Перетин отворів для підведення повітря і їх кількість в ЖТ – одна з найважливіших характеристик КЗ.

Для безпечної та ефективної роботи установки потрібна система автоматичного управління, що дозволяє здійснювати регулювання всіх необхідних параметрів в потрібній заданій послідовності з дотриманням заданого режиму горіння. В якості системи управління газотурбінної установки в МГТУ запропонована аналогова схема, що складається з приладів, датчиків, перемикачів і реле, що використовуються для регулювання роботи різних систем МГТУ.

Нами пораховано електричний та тепловий ККД газотурбінної установки. Отримане теоретичне значення ККД МГТУ становить: електричне – 19 %, теплове – 65 %.

У третьому розділі «Спеціальна частина» представлено опис програмного забезпечення, яке використано для створення графічної частини дипломного проекту.

У четвертому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» наведено опис проекту по використанню МГТУ в сільському господарстві. Виконано розрахунок собівартості виробництва електричної та теплової енергії.

У п'ятому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» описано основні вимоги безпеки до улаштування та експлуатації технологічного обладнання та особливості проведення рятувальних та інших невідкладних робіт при ліквідації наслідків великих виробничих аварій і катастроф

У шостому розділі «Екологія» наведено аналіз альтернативних джерел енергії, ресурсозбереження, безвідходні і маловідходні технології, утилізація відходів, екологізація виробництва.

ВИСНОВКИ

1. Виходячи з зробленого аналізу літератури на тему виробництва газотурбінного устаткування, зроблено висновок, що мікро газотурбінні установки в Україні не виробляються. Також встановлено, що МГТУ в технологічних процесах сільськогосподарського виробництва не використовуються.

2. Запропоновані методики розрахунку дозволяють створити МГТУ на основі турбокомпресорів ДВЗ, що промислово випускаються із електричною потужністю від 3 до 35 кВт.

3. Для безпечної та ефективної роботи установки була створена система автоматичного управління, що дозволяє здійснювати регулювання всіма необхідними параметрами в потрібній заданій послідовності з дотриманням заданого режиму горіння.

4. Отримане теоретичне значення ККД МГТУ становить: електричний – 19 %, тепловий – 65,1 %.

5. Серійне виробництво МГТУ за запропонованою методикою доцільно, оскільки вартість 1 кВт встановленої потужності повинна бути в два рази дешевше існуючих на ринку мікро газотурбінних установок при подібних технічних параметрах МГТУ.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати роботи

1. Василечко І. Газотурбінна електростанція для автономних міні енергоустановок / Василечко І. // Збірник тез Міжнародної студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 26-27 квітня 2018 року. — Т. : ТНТУ, 2018. — Том 1. — С. 108.

АНОТАЦІЯ

Василечко І. В. Мікро газотурбінна електростанція для автономних біогазових енергоустановок. – **Рукопис.**

Дипломна робота магістра за спеціальністю 141 - електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

У роботі проведено аналіз сучасних тенденцій та проблем розвитку біоенергетики в Україні, джерел відходів біомаси. Проведено огляд і аналіз існуючих систем енергопостачання на основі газотурбінних технологій. Розроблено методики розрахунку для створення мікро газотурбінної електростанції, що використовує турбокомпресор двигуна внутрішнього згорання з можливістю роботи на різних видах газоподібного палива. Зроблено економічне обґрунтування застосування пропонованої мікро газотурбінної електростанції в сільському господарстві.

Ключові слова: газотурбінна електростанція, біомаса, енергоустановка, турбокомпресор.

ANNOTATION

Vasilechko I.V. Micro gas turbine power plant for autonomous biogas power installations. - **Manuscript.**

Diploma paper for a Master's Degree, speciality 141 Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics . – Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ternopil, 2018.

The modern trends and problems of bioenergy development in Ukraine, biomass waste sources has been analyzed. A review and analysis of existing power supply systems based on gas turbine technologies was conducted. The method of calculation for the creation of a micro gas turbine power plant using turbocharger of an internal combustion engine with the ability to work on different types of gaseous fuel has been developed. The economic justification of the proposed micro gas turbine power plant in agriculture is made.

Key words: gas turbine power plant, biomass, power plant, turbocharger.