

УДК 621.438:662.767.2(045)

<sup>1</sup>Е.П. Ясиніцький, к.т.н., доц.  
<sup>2</sup>Р.Й. Гупало, студ.

## ГАЗОТУРБІННИЙ ДВИГУН НА БІОГАЗІ

Національний авіаційний університет

<sup>1</sup>E-mail: kafad@nau.edu.ua<sup>2</sup>E-mail: rondo7@ukr.net

*Розглянуто проблему застосування біопалива для установок великої потужності. Показано, що використання біогазових установок малої та середньої потужності пояснюється великою кількістю підприємств, у процесі своєї діяльності яких утворюються відносно невеликі об'єми біосубстратів. Для підприємств із великим об'ємом субстратів використання модульних систем біогазових установок середньої потужності неефективно. Проаналізовано застосування проблеми технології біогазу та біометану як палива для газотурбінного двигуна. Визначено рентабельність біогазотурбінної установки з урахуванням робочих характеристик двигуна потужністю 5 МВт, орієнтовної ринкової ціни на природній газ та обладнання компанії «Зорг Україна». Обґрунтовано необхідність дослідження впливу біогазу на робочі характеристики газотурбінних двигунів та їх надійності, а також конструювання сучасних вітчизняних систем очищення біогазу.*

**Ключові слова:** альтернативні джерела енергії, біогаз, біометан, біопаливо, газотурбінна установка, газотурбінний двигун, установки великої потужності.

### Постановка проблеми

Нині відбувається бурхливий розвиток альтернативних джерел енергії.

В Україні в сільському господарстві застосовують невеликі біогазові установки з малою та середньою потужністю, оскільки більшість підприємств чи комунальних господарств мають відносно невеликі запаси біосубстратів. Тим не менш, є чимало великих сільськогосподарських підприємств чи підприємств харчової промисловості, де об'єми відходів у вигляді органічних сполук величезні, і тому для них варто розглядати можливість застосування біогазових установок великої потужності.

Для аналізу розвитку газотурбінних двигунів, основним паливом яких є біогаз, уведемо такі терміни:

біогазотурбінний двигун – газотурбінний двигун, що використовує біопаливо;

біогазотурбінна установка – газотурбінна установка разом з біогазовою установкою.

### Аналіз останніх досліджень

У розвинутих країнах біогаз у значних обсягах використовується як моторне паливо.

На початку 70-х рр. КНР здійснила «великий біогазовий стрибок», в результаті якого в Китаї до 1999 р. побудовано 7 млн. малих біогазових установок і понад 60 % всього автобусного парку країни перевели на живлення біогазом [1].

Демонстрація нового пального відбулася нещодавно на прикладі переобладнаного автомобіля «Фольксваген-Жук» на вулицях Брістоля [2], хоча фактично автомобіль переобладнали звичайним газовим обладнанням, а біометаном просто заповнили газові ємності. Як і під час експлуатації стандартного газового палива для початку роботи автомобілів необхідно додатково використовувати бензин.

Науковці з Дніпропетровського державного аграрного університету досліджували можливість використання біогазу на автотракторних дизелях. Для забезпечення

нормального робочого процесу та ефективної роботи газодизелів застосовували біогаз із додаванням рідкого біодизелю (15–20 %) [1].

Дослідження застосування двигунів внутрішнього згоряння показує, що робота на низькокалорійних паливах, до яких слід віднести і незбагачений біогаз, знижує їх потужності та погіршує масово-габаритні показники.

Світовий досвід використання біогазу, який отримується з сільськогосподарських відходів, указує на два основні напрями його застосування [1]:

- спалювання в топках для отримання тепла;
- спалювання для живлення стаціонарних мотор-генераторів на базі газових двигунів внутрішнього згоряння.

Про використання ж біогазу для газотурбінних двигунів даних мало.

У роботі американських спеціалістів відзначено, що компанія-постачальник зеленої енергії Sustainable Power Corp. оголосила про можливість застосування біопального під власною торговою назвою Vertroleum® для газотурбінних генераторів виробництва Siemens Energy USA, найбільшого постачальника турбін для електростанцій у США і по всьому світу [3].

Запатентований біогаз Vertroleum®, що утворюється у процесі піролізу органічних відходів із додаванням спеціального каталізатора, був проаналізований на сумісність з газотурбінними двигунами компанією AmSpec. Цей процес піролізу має авторські права і називається процесом Рівера.

Біопаливо Вертроліум містить зовсім мізерну частину метану (в суміші вуглеводнів метан-бутан займає менше 0,01 %), основна ж частина суміші складається з вуглеводнів від пентану до ейкозану.

**Мета** роботи – визначити доцільність використання біогазу як пального для газотурбінних двигунів, основні переваги газотурбінних двигунів над газопоршневими двигунами, що нині широко застосовуються в біогазових установках, та перешкоди, які

можуть виникнути в ході застосування біопалива для газотурбінних двигунів, шляхи їх подолання, оцінити рентабельність застосування біогазотурбінних двигунів.

Використання газотурбінних двигунів як привода для генератора в біогазових установках розглядається не так активно, як традиційні мотор-генератори.

Газотурбінні двигуни мають свої переваги та недоліки. До переваг порівняно з газопоршневими двигунами можна віднести [4]:

- набагато більшу питому потужність;
- низькі експлуатаційні навантаження;
- високу швидкість обертання;
- високий ККД при утилізації тепла;
- кращі робочі показники за низьких температур навколишнього середовища;
- нижчий рівень споживання мастила;
- нижчий рівень вібрації;
- нижчу вартість капітального ремонту;
- менший рівень шкідливих викидів.

Недоліком газових турбін є низька ефективність та висока ціна при потужності до 3 МВт. Але оскільки розглядаємо біогазотурбінну установку середньої та високої потужності (більше 5 МВт), то цим недоліком можемо знехтувати.

Можна виділити дві основні перспективні області застосування біогазотурбінних двигунів:

- використання збагаченого або незбагаченого біогазу на компресорних станціях магістральних газопроводів як додаткове пальне;
- конструювання біогазотурбінної установки як електростанції середньої потужності.

Використовувати біопальне в газотурбінній індустрії можна в двох напрямках:

- біогаз неочищений з високим вмістом CO<sub>2</sub>;
- біометан – очищений біогаз від CO<sub>2</sub>.

За паливними характеристиками біометан повністю підходить для використання в газотурбінних установках, адже використовуємо 95–98% чистого метану. Проблема постає тільки в рентабельності очисних споруд.

Для автомобільних двигунів очищувати біогаз і використовувати чистий біометан на думку спеціалістів компанії «Greenfuel» досить вигідно [2].

Однак очищення великих об'ємів біогазу (35 000 м<sup>3</sup>/д) для промислового використання вимагає значних затрат. Наприклад, обладнання та монтаж очисної системи компанії «Зорг Україна» коштує 2,4 млн. € [5].

Використання незбагаченого біогазу є економічним, але складним.

Великий вміст двоокису вуглецю буде негативно впливати на характеристики перебігу горіння в камері згорання. Такі складові біогазу, як нітратні сполуки, ймовірно будуть упливати на перебіг корозійних процесів. Але наскільки використання такого пального відобразиться на параметрах робочого процесу та на довговічність двигунів – невідомо. Тому в цьому напрямі слід проводити дослідження використання неочищеного біогазу як дешевого пального.

Для ефективної роботи газової турбіни потрібно забезпечити роботу двигуна з мінімальною кількістю перезапусків. Більшість газотурбінних установок працюють у безперервному режимі, а для неперервної роботи об'єми пального у вигляді біометану мають бути величезні. Тому якщо біогаз можна отримати у великій кількості, то після збагачення об'єм біометану становитиме 55–70 % від об'єму біогазу.

Отже, робота біогазотурбінних двигунів на біометані потребує збільшити майже вдвічі об'єми виробництва біогазу порівняно з використанням неочищеного пального.

Для визначення рентабельності конструювання біогазотурбінних двигунів потрібно врахувати, чи вистачить біосубстратів для забезпечення безперервного генерування великих об'ємів біогазу. Якщо біоресурсів недостатньо, тоді в камері згорання можна подавати суміш природного газу та біометану.

Пропорції зазначених складових не мають особливого значення, адже кінцева суміш буде у вигляді того ж природного газу,

тільки вміст метану збільшиться, наприклад з 95 до 98 %.

Незбагачений біогаз також можна змішувати з природним газом, тільки масова частка метану буде зменшуватися залежно від пропорції.

Компресорні станції обладнані газотурбінним приводом і розташовані в сільській місцевості, тому є ймовірність знаходження поряд сільськогосподарського підприємства, наприклад, птахофабрики. У такому випадку можливе застосування біопалива на агрегатах компресорної станції.

Для визначення рентабельності біогазотурбінної установки на прикладі компресорної станції, що розташована поблизу птахофабрики з виділенням 35 т/д посліду, припустимо, що на компресорній станції встановлена установка сучасного типу з потужністю силового агрегату в 5 МВт, що споживає для виробництва 1 кВт потужності 0,35 м<sup>3</sup>/год газового палива, тобто для цього двигуна

$$1750 \text{ м}^3/\text{год} = 15\,330\,000 \text{ м}^3/\text{р.}$$

Об'єми капіталовкладень для побудови біогазової установки, зважаючи ціни компанії «Зорг Україна», становлять 1,3 млн. € (14 300 000 грн) [5].

Біогазова установка здатна виробляти 4500 м<sup>3</sup>/д біогазу, після збагачення за допомогою системи очищення – 2300 м<sup>3</sup>/д біометану, або 839 500 м<sup>3</sup>/р. Енергетичний еквівалент збагаченого біогазу (біометану) становить 9 – 10 кВт · год/м<sup>3</sup>, а теплота згорання – 35–40 МДж/м<sup>3</sup> [5].

У такому випадку можемо використовувати суміш біометану з природним газом в пропорції 1 до 18. Період окупності буде тісно пов'язаний з ринковими цінами на газ. Якщо прийняти вартість в 300 доларів за 1 тис. м<sup>3</sup> (2400 грн./тис. м<sup>3</sup>), то час, за який біогазова установка окупиться, визначимо так:

$$839\,500 \text{ м}^3/\text{р} \times 2,4 \text{ грн./м}^3 = 2\,014\,800 \text{ грн./р.}$$

$$14\,300\,000 \text{ грн.} : 2\,014\,800 \text{ грн./р} = 7 \text{ р.}$$

Головний чинник, що впливає на період окупності, – початкові капіталовкладення.

В Україні є великий науково-технічний потенціал, щоб конструювати власні біогазові установки, тим самим суттєво знижуючи собівартість біотехнологій. До того ж необхідно врахувати фактор «зеленого тарифу», який ще не до кінця врегульований в українському законодавстві стосовно біогазу.

Поки що найбільш економічно вигідним варіантом утилізації біогазу є вироблення електроенергії та подача її в загальну електромережу.

Побудова електростанції великої потужності на базі біогазотурбінної установки – це один із перспективних напрямів для розвитку цієї галузі.

Нещодавно почалося будівництво найбільшого в Східній Європі біогазового енергопарку на Бабино-Гощанському цукровому заводі «Овас-Цукор» [5].

Через декілька років загальна продуктивність енергопарку досягатиме 40 млн. м<sup>3</sup>/р. У планах компанії «Інсеко», яка володіє цукровим заводом, збагачений біогаз буде подаватися в газотранспортну систему України.

Таким чином, пільги від держави за «зеленим тарифом» можуть і не надатися, а вигода від будівництва електростанції на базі біогазотурбінної установки очевидна.

### Висновки

Для розвитку біогазотурбінних технологій потрібні:

– дослідження робочих та експлуатаційних характеристик для газотурбінних двигунів, що використовують біогаз;

– дослідження впливу домішок на корозійні процеси в проточній частині турбіни;

– розвиток перспективних засобів очищення біогазу та утилізації домішок.

Для електростанцій потужністю від 5 МВт, що планують використовувати біопаливо, біогазотурбінні двигуни є оптимальним варіантом. Для економії природного газу необхідне будівництво біогазових установок поблизу компресорних станцій, але це рентабельно тільки в разі використання вітчизняних технологій.

### Література

1. *Бабич О.С.* Біогаз як місцевий енергоресурс для сільськогосподарських підприємств / О.С. Бабич, П.М. Кухаренко, В.О. Улексін // Науковий вісник національного університету біоресурсів і природокористування України, 2010. – С. 5.

2. *Клаудіа Герера-Паль.* Біометан – пальне з фекалій для автомобілів майбутнього / Клаудіа Герера-Паль, Роман Гончаренко. – Режим доступу: <http://www.dw-world.de/dw/article/0,,5909622,00.html>

3. *Bionomicfuel.com* Green energy investments and news. Mode of access: [www.bionomicfuel.com](http://www.bionomicfuel.com)

4. *2005–2010* Компанія «Новая генерация» / Что лучше, надежнее, экономичнее: газопоршневые или газотурбинные силовые агрегаты? – Режим доступу: [http://www.manbw.ru/analytics/which\\_is\\_better\\_gas\\_piston\\_or\\_gas\\_turbine\\_power\\_units.html](http://www.manbw.ru/analytics/which_is_better_gas_piston_or_gas_turbine_power_units.html)

5. *Компанія Зорг Біогаз АГ.* Статті з офіційного сайту. – Режим доступу: <http://zorgbiogas.ru/>

Стаття надійшла до редакції 28.03.2011.