

Секція № 3

РОБОЧІ ПРОЦЕСИ, КОНСТРУКЦІЯ ТА МІЦНІСТЬ ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ ТА УСТАНОВОК

УДК 621.43.056

МОЖЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ НИЗЬКОЕМІСІЙНИХ ДВОПАЛИВНИХ КАМЕР ЗГОРЯННЯ ГТД

Сербін С. І., д-р техн. наук, проф.; *Діасамідзе Б. Т.*, аспірант

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Сучасні тенденції у розвитку газотурбінних двигунів (ГТД) супроводжуються значним зростанням теплових і динамічних навантажень на елементи їх конструкцій, виникненням нових проблем при експлуатації. Однією з таких проблем є необхідність одночасного використання різних сортів палив (у тому числі рідких та газоподібних) без заміни паливних пристроїв камер згоряння при переході з одного сорту палива на інший. Замовники енергетичних систем вимагають забезпечення низьких викидів токсичних компонентів при різних режимах експлуатації, що достатньо складно, бо механізми горіння різнорідних за фазами палив суттєво відрізняються.

Застосування двопаливних ГТД один із перспективних напрямків підвищення ефективності й надійності енергетичних систем. Особливо це є актуальним на теперішній час для створення на базі ГТД автономних мобільних енергетичних засобів для комплексного та швидкого забезпечення електроенергією, теплотою та холодом об'єктів берегової зони півдня України, базування ВМС України та морської охорони Держприкордонслужби. Жорсткість міжнародних норм на рівні емісії токсичних компонентів визначає необхідність комплексного рішення питань удосконалення ГТД, що передбачає створення принципово нових конструктивних схем двопаливних камер згоряння з плазмовим супроводом.

Одним з найбільш перспективних методів підвищення стійкості робочого процесу низькоемісійної камери згоряння є інтенсифікація спалювання вуглеводнів за допомогою низькотемпературної плазми [1–3]. У випадку використання плазмохімічних стабілізаторів можна очікувати підвищення стабільності процесу горіння в двопаливних камерах згоряння, зниження пульсації тиску в об'ємі камери згоряння та зменшення ймовірності гасіння полум'я [4]. Незважаючи на велику кількість наукових досліджень в області низькоемісійних камер згоряння, методологічні і технічні аспекти вирішення проблеми створення двопаливних камер згоряння до теперішнього часу розроблені недостатньо. Треба зауважити, що велика кількість досліджень двопаливних камер згоряння була зроблена виключно експериментальними методами, і лише мала кількість дослідників використовувала методи обчислювальної гідродинаміки. На нашу думку, дослідження в цьому напрямку буде доцільним і матиме змогу значно підвищити ефективність робочого процесу двопаливних камер, а також розширити межі поширення полум'я.

Для підвищення ефективності процесів в двопаливній газотурбінній камері пропонується використовувати ідею попереднього перемішування рідкого і газоподібного палива з повітрям в аксіально-радіальних завихрювачах, дрібнодисперсного розпилювання рідкого палива високошвидкісним повітряним потоком після компресора високого тиску, а також активації збідненої паливо-повітряної суміші струминами низькотемпературної плазми, що забезпечить перехід з одного виду палива на інший без зупинки газотурбінного двигуна та мінімальні викиди токсичних компонентів на основних режимах роботи.

Для реалізації запропонованого технічного рішення необхідно вирішити цілий ряд питань, перед яких необхідно відмітити:

- забезпечення дрібнодисперсного розпилювання рідкого палива в повітряному потоці;
- забезпечення однорідного попереднього перемішування рідкого палива з повітрям;
- оптимізація швидкостей упорскування рідкого палива в повітряний потік;
- оптимізація розподілу крапель розпиленого палива по висоті повітряного каналу;
- створення ефективної системи охолодження жарових труб камери згоряння для тривалої роботи на рідкому паливі;
- розміщення великої кількості каналів для підведення різних середовищ в одному паливорозпилюючому пристрої;
- запобігання нагароутворення і коксоутворення на поверхнях елементів жарових труб, паливорозпилюючих пристроїв і паливних каналів;
- створення систем автоматичного управління і регулювання, а також відпрацювання алгоритмів роботи камери згоряння та ГТД;
- забезпечення переходу з одного виду палива на інший без зупинки двигуна;

- підтримання паливної системи в працездатному стані при тривалій роботі на одному з видів палива.

Висновки

1. Застосування двопаливних газотурбінних двигунів є одним з перспективних напрямків підвищення ефективності і надійності енергетичних систем.

2. Для підвищення ефективності процесів у двопаливній газотурбінній камері пропонується використовувати ідею попереднього перемішування рідкого і газоподібного палива з повітрям в аксіально-радіальних завихрювачах.

3. Новизна підходу до підвищення ефективності спалювання палив різних за фазовим станом полягає в тому, що принципи попереднього випаровування рідкого палива, а також перемішування збідненої паливо-повітряної суміші поєднуються з тепловим, кінетичним і турбулентним впливом низькотемпературної повітряної плазми на процеси поширення полум'я.

Список літератури

1. Сербин С.И. Разработка и исследование характеристик плазменно-топливных форсунок [Текст] / С. И. Сербин, Е. Ю. Кирчук // Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование. Вестник НТУ «ХПИ»: Зб. наук. трудов. – Х. : НТУ «ХПИ», 2010. – № 3. – С. 43–49.

2. Clements R. V. An Experimental Study of the Injection Mechanism for Typical Plasma Jet Igniter [Text] / R. V. Clements, P. R. Smy, J. D. Dale // Combustion and Flame. – 1981. – Vol. 42. – P. 287–295.

3. Weinberg F. J. Plasma Jets in Combustion [Text] / F.J. Weinberg // Int. Conference on Combustion in Engineering. – Oxford, 1983. – P. 65–72.

4. Романовский Г. Ф. Плазмохимические системы судовой энергетики [Текст] / Г. Ф. Романовский, С.И. Сербин – Николаев : УГМТУ, 1998. – 246 с.

УДК 629.12.03

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕМІСІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА ПОТУЖНІСТЮ 2,5 МВт

Сербін С. І., проф., д-р техн. наук; **Рабий М. В.**, магістрант

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

В основі робочого процесу енергоустановок лежить процес горіння палива. Розширення промислового виробництва супроводжується збільшенням використання органічної сировини і атмосферного кисню, а також зростанням екологічно шкідливого впливу вихлопних газів, які містять продукти неповного згорання палива, оксиди азоту та сажисті частинки. Висока вартість природоохоронних заходів визначає необхідність комплексного підходу до вирішення проблем економічності і екологічності енергетичної установки.

Для дослідження фізико-хімічних процесів в камерах згорання газотурбінних двигунів використовують різні математичні моделі. У загальному випадку математичні моделі паливоспалюючих пристроїв поділяються на модульні і континуальні. У модульних моделях пристрій складається з декількох зон, у яких розраховуються найбільш характерні процеси. Необхідність розв'язання диференціальних рівнянь збереження і переносу усувається різними апроксимаціями. В континуальних моделях розрахункові сітки набагато менше розмірів самого пристрою. Вони мають більш загальне застосування, меншу кількість довільних параметрів і орієнтовані на розв'язання складних систем нелінійних диференціальних рівнянь у часткових похідних.

Як об'єкт досліджень обрано камеру згорання двигуна UGT2500 потужністю 2,5 МВт виробництва ДП НВКГ «Зоря»–«Машпроект», який забезпечує вироблення електроенергії з високою ефективністю.

Спочатку за допомогою системи автоматизованого проектування SolidWorks побудовано параметричну цифрову модель 1/2 частини традиційної камери згорання дифузійного типу двигуна. На основі геометричної моделі створено сіткову модель. Розрахункова кінцево-різницева сітка являє собою сукупність тетраедричних неструктурованих елементів. Для 1/2 частини камери згорання ГТД потужністю 2,5 МВт сітка складається із 4,2 млн тетраедрів.

Проведено розрахунки утворення оксидів азоту в перерізах камери згорання. Розрахункові викиди оксидів азоту в вихідному перерізі камери, що працює на природному газі (метані), становлять 66 ppm. Проведено також розрахунки емісії оксидів азоту при роботі камери на синтез-газі низької теплотворної здатності. Зі зменшенням теплотворної здатності синтез-газу і збільшенням швидкості течії робочого тіла в камері згорання зона максимального утворення оксидів азоту NO_x зсувається до вихідного перерізу. За рахунок цього викиди NO_x для варіанту з мінімальною теплотворною здатністю синтез-газу максимальні і становлять близько 200 ppm.

Висновки

1. Сучасні комплекси обчислювальної гідродинаміки в сукупності з використаними кінетичними схемами окиснення вуглеводнів дають можливість кількісно прогнозувати основні характеристики камер згорання ГТД, що працюють на газоподібному паливі.

2. Проведене числове дослідження характеристик серійної камери згорання ГТД потужністю 2,5 МВт при переводі її на синтез-газ показало необхідність внесення істотних змін в конструктивну схему камери згорання з метою підвищення стабільності та ефективності її роботи, особливо при роботі на низькокалорійному синтез-газі.