

На підставі запропонованого методу побудови профілів лопаток осьових турбомашин розроблено програмний код в середовищі Fortran PowerStation, який дозволяє розраховувати та візуалізувати отримані результати на екрані монітора комп'ютера.

Перевагою запропонованого методу є те, що він дозволяє в процесі моделювання профілю відстежувати графіки розподілу кривини, похідної від неї та кута β в залежності від довжини власної дуги. При незадовільному характері розподілу цих диференціальних характеристик вздовж дуги обводу кривої можна незначною зміною вхідних даних, крім геометричних кутів модельованих профілів, досягти прийняттого результату.

Висновки. Запропоновано новий підхід до геометричного моделювання спинки і коритця профілів лопаток осьових турбін у вигляді складеної з двох ділянок кривої. Кожна ділянка подається у натуральній параметризації та застосуванням законів розподілу кривини від довжини дуги. Змодельовані ділянки кривих стикаються із забезпеченням третього порядку гладкості.

Література:

1. Борисенко В.Д., Устенко С.А., Устенко І.В. Геометричне моделювання кривих ліній і поверхонь у натуральній параметризації. Миколаїв: ФОП Швець В.М., 2018. 220 с.

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ УТВОРЕННЯ ТОКСИЧНИХ КОМПОНЕНТІВ В ДВОПАЛИВНІЙ НИЗЬКОЕМІСІЙНІЙ КАМЕРІ ЗГОРЯННЯ ГТД ПРИ РОБОТІ НА ГАЗОПОДІБНОМУ ТА РІДКОМУ ПАЛИВАХ

Діасамідзе Б. Т.

аспірант

Національного університету кораблебудування

імені адмірала Макарова

м. Миколаїв, Україна

Вступна частина. Експлуатація ГТД одночасно на рідкому і газоподібному паливах є одним із способів розширити маневреність та підвищити показники економічної ефективності ГТД.

Тривимірні розрахунки проведені з використанням розробленої математичної моделі двопаливної камери згоряння ГТД [1-2] з урахуванням рекомендацій [3-7].

Основна частина. Утворення токсичних компонентів досліджувалося для варіанту низькоемісійної газотурбінної двопаливної камери згоряння з 16 жаровими трубами на режимі гарячої продукції при витраті повітря 4,355 кг/с, температурі 770 К, тиску 2,523 МПа.

Початкові дані для розрахунків низькоемісійної камери згоряння, що працює одночасно на рідкому та газоподібному паливах, на номінальному режимі двигуна зі співвідношенням масових витрат 50 % газоподібного та 50 % рідкого палива (підведення рідкого палива: 95 % через зовнішній завихрювач та 5 % через внутрішній завихрювач; (підведення газоподібного палива: 85 % через основний канал та 15 % через другий канал) представлено в табл. 1.

Таблиця 1

Вхідні параметри для розрахунку камери на номінальному режимі

Назва параметру	Значення
1. Витрата рідкого палива через зовнішній завихрювач, кг/с	0,047025 (47,5 %)
2. Витрата рідкого палива через внутрішній завихрювач, кг/с	0,002475 (2,5 %)
3. Витрата метану через зовнішній завихрювач, кг/с	0,007425 (7,5%)
4. Витрата метану через внутрішній завихрювач, кг/с	0,042075 (42,5%)
5. Витрата повітря через жарову трубу, кг/с	4,35555
6. Тиск в камері, Па	2052300
7. Температура повітря на вході в камеру, К	770
8. Температура метану на вході в камеру, К	288

На рис. 1 представлено графік розподілу температури в поздовжньому перерізі низькоемісійної камери згоряння ГТД. Представлені дані відображають процес горіння палив в камері згоряння: різке підвищення температури в первинній зоні та монотонне її підвищення по довжині жарової труби.

На рис. 2 представлено розподіл об'ємних концентрацій газоподібного та рідкого палива по довжині жарової труби. Як газоподібне, так і рідке паливо встигають повністю вигоріти до перерізу підводу вторинного повітря. Максимальні концентрації пального мають місце в головній частині жарової труби, а надалі, по ходу руху робочого тіла, концентрації різко зменшуються при стабільному процесі горіння.

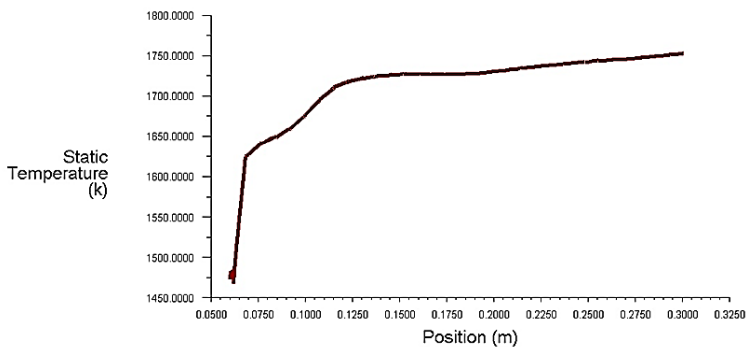
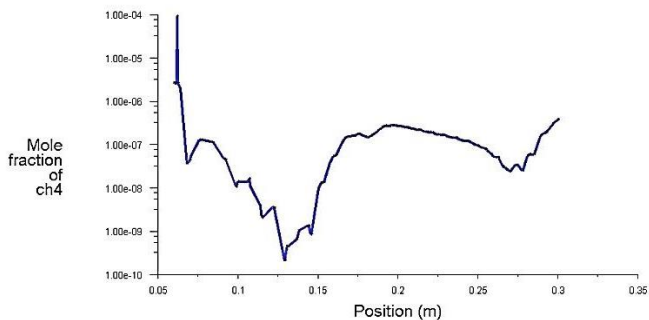
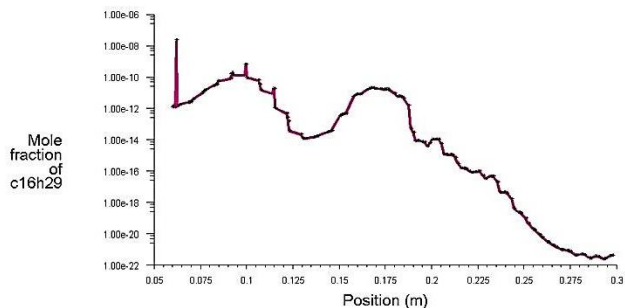


Рис. 1. Розподіл осередненої температури (К) по довжині низькоемісійної камери згоряння ГТД



а



б

Рис. 2. Об'ємні концентрації палив по довжині низькоемісійної камери згоряння ГТД: а – CH_4 ; б – $\text{C}_{16}\text{H}_{29}$

Графік зміни концентрацій оксидів азоту NO (рис. 3) має схожий вигляд із графіком зміни температур, так як найбільше впливає на утворення оксидів рівень температури середовища (термічні NO), і з ростом температури підвищується концентрація NO [8-9].

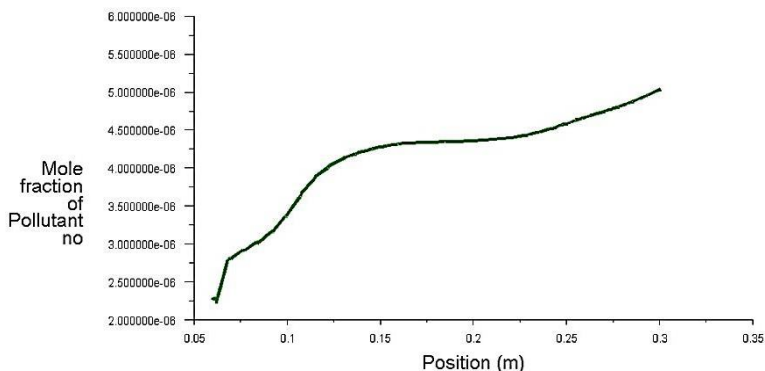


Рис. 3. Об'ємні концентрації оксиду азоту NO по довжині низькоемісійної камери згоряння ГТД

Параметри в вихідному перерізі жарової труби двопаливної низькоемісійної камери згоряння ГТД, що характеризують її екологічні показники, для розглянутого варіанту розподілу палив представлено в табл. 2.

Таблиця 2

Екологічні параметри в вихідному перерізі камери згоряння

Назва параметру	Значення
1. Середньомасова температура на виході з камери згоряння, К	1578
2. Мольна частка NO на виході з камери згоряння, ppm	6
3. Мольна частка CO на виході з камери згоряння, ppm	30
4. Середньомасова частка CO ₂ на виході з камери згоряння	0,0663

Висновки 1. Проведено математичне моделювання двопаливної низькоемісійної камери згоряння, при роботі одночасно на рідкому і газоподібному паливах. При цьому розрахункова середня концентрація токсичних компонентів на виході з жарової труби складає 6 ppm для оксидів азоту та 30 ppm – для монооксиду вуглецю. 2. Одним із

можливих способів підвищення ефективності спалювання палив, які відрізняються фазовим станом, є використання плазмової активації в камерах згоряння ГТД.

Література:

1. Романовський Г.Ф., Сербін С.І., Патлайчук В.М. (2005). Сучасні газотурбінні агрегати. Том 1. Агрегати виробництва України та Росії, Миколаїв: НУК, 344.

2. Романовський Г.Ф., Ващиленко М.В., Сербін С.І. (2003). Теоретичні основи проектування суднових газотурбінних агрегатів, Миколаїв: УДМТУ, 304.

3. Романовський Г.Ф., Сербін С.І. Екологічно чисті камери згоряння газотурбінних установок: Навчальний посібник. – Миколаїв: УДМТУ, 2002. – 84 с.

4. Діасамідзе Б. Т., Вілкул С. В., Сербін С. І. Теоретичні дослідження двопаливної низькоемісійної камери згоряння газотурбінного двигуна. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Сер. : Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування = Bulletin of the National Technical University «KhPI». Ser. : Power and Heat Engineering Processes and Equipment : зб. наук. пр. – Харків : НТУ «ХПІ», 2019. – № 1. – С. 27-33

5. Launder B.E., Spalding D. B. (1972). Lectures in Mathematical Models of Turbulence. Academic Press, London. <https://infoscience.epfl.ch/record/60257>

6. Cherednichenko O., Serbin S., Dzida M. (2019). Investigation of the Combustion Processes in the Gas Turbine Module of an FPSO Operating on Associated Gas Conversion Products. Polish Maritime Research, vol. 26, no. 4 (104), 149-156. <https://content.sciendo.com/view/journals/pomr/26/4/article-p149.xml>

7. Cherednichenko O., Serbin S., Dzida M. (2019). Application of thermo-chemical technologies for converging of associated gas in diesel-gas turbine installations for oil and gas floating units. Polish Maritime Research, vol. 26, no. 3 (103), 181-187. <https://content.sciendo.com/view/journals/pomr/26/3/article-p181.xml>

8. Backmier F. The Formation of Nitric Oxide and the Detection of HCN in Premixed Hydrocarbon-Air Flames at 1 Atmosphere [Text] / F. Backmier, K.H. Eberius, Th. Just // Combustion Science and Technology. – 1973. – Vol. 7(2). – P. 77–84.

9. De Soete G. G. Overall Reaction Rates of NO and N Formation from Fuel Nitrogen [Text] / G. G. De Soete // Proc. In 15th Symposium (International) on Combustion. – The Combustion Institute, USA, 1975. – P.1093–1102.