

# NGHIÊN CỨU MÔ PHỎNG ĐẶC TÍNH KHÍ ĐỘNG CỦA DÒNG KHÍ ĐI QUA BUỒNG ĐỐT ĐỘNG CƠ TUA BIN KHÍ CỖ NHỎ

Nguyễn Quốc Quân<sup>1,\*</sup>, Nguyễn Văn Bằng<sup>2</sup>  
Lê Tiến Dương<sup>1</sup>, Nguyễn Quang Thanh<sup>1</sup>, Nguyễn Hoàng Vũ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Viện Cơ khí động lực, Trường Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn

<sup>2</sup>Viện Kỹ thuật Phòng không - Không quân

DOI: 10.56651/lqdtu.jst.v18.n02.689

## Tóm tắt

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu đặc tính khí động học trong buồng đốt động cơ tua bin khí cỡ nhỏ đang được nghiên cứu phát triển bởi nhóm tác giả. Sử dụng phần mềm mô phỏng Star CCM+ để tính toán, đánh giá đặc tính khí động học buồng đốt, như tỉ lệ phân chia lưu lượng không khí đảm bảo cho quá trình cháy, làm mát và hòa trộn có đảm bảo theo yêu cầu thiết kế đặt ra. Kết quả mô phỏng cho thấy, tỉ lệ phân chia lưu lượng không khí qua các ống hóa hơi là 5%, lưu lượng không khí ở vùng cháy chính chiếm 26%, vùng cháy phụ 34% và vùng hòa trộn 40%. Vận tốc dòng khí dưới 0,3 Mach và tổn thất áp suất toàn phần 5,8%, đảm bảo yêu cầu đặt ra. Kết quả tính toán có thể căn cứ dùng để hiệu chỉnh, tối ưu hóa thiết kế buồng đốt trước khi chế tạo.

**Từ khóa:** Tua bin khí; buồng đốt; ống đốt; tổn thất áp suất; RANS.

## 1. Mở đầu

Động cơ tua bin khí cỡ nhỏ (microturbine) ra đời xuất phát từ nhu cầu lắp trên máy bay mô hình giữa những năm 1980, khi các nhà chế tạo nghiệp dư cố gắng thu nhỏ và chế tạo động cơ phản lực [1-3]. Những động cơ này đã chứng tỏ được độ tin cậy và tính thực tiễn khi chế tạo động cơ phản lực bằng các công nghệ gia công cơ khí đơn giản. Nhiều công ty với khả năng ứng dụng công nghệ cao sau đó cũng đã nghiên cứu, chế tạo các phiên bản thương mại, như JetCat (Đức) [4], AMT (Hà Lan) [5], KingTech (Đài Loan) [6], PBS (Cộng hòa Séc) [7], Jet Central (Mê-hi-cô) [8], Jets Munt (Tây Ban Nha) [9], Wren (Anh) [10]. Hiện nay, cùng với sự tiến bộ về công nghệ, lực đẩy động cơ có thể đạt 1100N (Jetcat P1000-Pro) [4] và có thể sử dụng cho các loại máy bay không người lái lớn hơn, tên lửa tầm ngắn hoặc các bộ quần áo bay phản lực [11].

Nhìn chung, các động cơ tua bin khí cỡ nhỏ ngày nay có kết cấu tương đồng với động cơ phản lực một trục [12, 13]. Rô to của động cơ thường gồm một máy nén ly tâm và một

---

\* Email: ngquanturbine@lqdtu.edu.vn

tua bin dọc trục (hoặc hướng tâm), đặt trên hai vòng bi chịu được vòng quay lớn. Động cơ thường khởi động bằng động cơ điện đặt phía trước máy nén, kết nối cơ học với trục rô to qua một khớp tự ngắt. Hệ thống điều khiển kiểm soát các thành phần động cơ từ khi khởi động đến khi tắt máy, điều khiển động cơ điện khởi động, bơm nhiên liệu, van điện từ cấp khí môi lửa và nhiên liệu công tác, nèn điện đánh lửa, thu thập tín hiệu cảm biến vòng quay và nhiệt độ khí xả [12, 14].

Buồng đốt thường được bố trí nằm ở phần không gian giữa vành khuếch tán máy nén và thiết bị phun tua bin [12-15]. Buồng đốt có nhiệm vụ duy trì quá trình đốt cháy nhiên liệu được cấp từ các kim phun vào ống hóa hơi và phải bảo đảm nhiều yêu cầu khắt khe [16, 17]. Nếu quá trình đốt cháy không đồng đều thì phân bố nhiệt độ, vận tốc dòng khí trong buồng đốt cũng như khi đi vào tua bin cũng không đều, dẫn tới làm giảm hiệu suất động cơ, thậm chí có thể tiếp tục cháy trong tua bin hay xả ra ngoài. Do vậy, quá trình cháy cũng phải được hạn chế trong phạm vi trong buồng đốt, bằng cách duy trì tỉ lệ lưu lượng dòng khí hợp lý sao cho trong khoảng thời gian ngắn, nhiên liệu và không khí phải được hòa trộn, đốt cháy kiệt. Lượng không khí còn lại sẽ làm mát khí cháy xuống nhiệt độ tối đa thường dưới 1023 K, thấp hơn nhiều so với động cơ cỡ lớn [3, 15, 18].

Thông thường, rất khó để chế tạo buồng đốt mà không thực hiện việc chế tạo nguyên mẫu và thử nghiệm do chưa có một chuẩn chung để tính toán thiết kế, mà phần lớn vẫn dựa vào thực nghiệm [19-22]. Hiện nay, phương pháp mô phỏng CFD được ứng dụng phổ biến không chỉ nhằm kiểm nghiệm đặc tính buồng đốt, mà còn giúp hiểu bản chất dòng lưu thông, giảm thiểu mẫu thiết kế trước khi chế tạo [23-25]. Do việc phân bố lưu lượng dòng qua các khu vực bên trong buồng đốt liên quan trực tiếp tới hệ số dư lượng không khí nên ở giai đoạn thiết kế ban đầu các tính toán chủ yếu dựa vào đặc tính khí động [26-28].

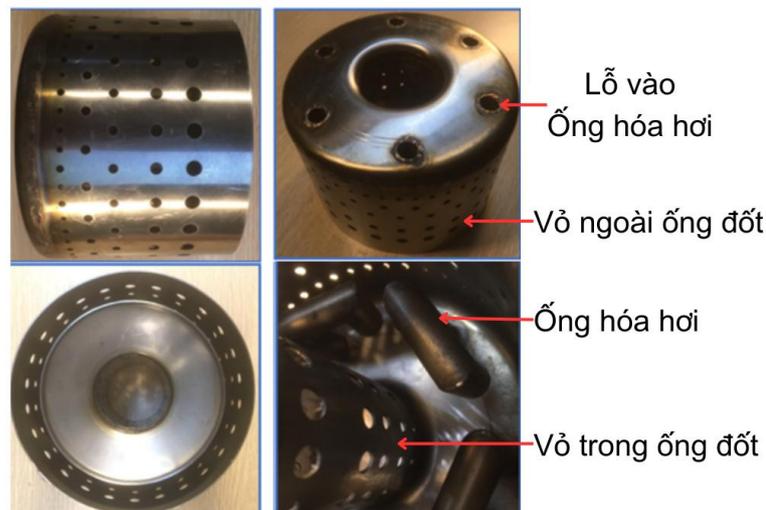
Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu đặc tính khí động buồng đốt động cơ tua bin khí cỡ nhỏ do các tác giả nghiên cứu phát triển. Sử dụng phần mềm Star CCM+ để mô phỏng, tính toán phân bố dòng không khí lưu thông trong buồng đốt làm căn cứ đánh giá, hoàn thiện thiết kế.

## **2. Đặc điểm kết cấu của buồng đốt động cơ tua bin khí cỡ nhỏ**

Vùng lưu thông không khí trong buồng đốt là phần không gian được nằm giữa vỏ ngoài động cơ và vỏ trục động cơ phía trong. Ống đốt có cấu tạo thường là một khoang rỗng với tiết diện ngang hình vành khuyên. Khác với động cơ cỡ lớn, động cơ cỡ nhỏ sử dụng các ống dẫn khí đặt ở đầu hoặc cuối ống đốt, dẫn không khí vào trong ống đốt cùng với nhiên liệu được phun vào ngay đầu ống. Điều này giúp cho quá trình xé toí, hòa trộn nhiên liệu với không khí, nhờ nhiệt độ cao trong buồng đốt mà nhiên liệu nhanh chóng hóa

hơi trước khi đi vào vùng cháy chính. Buồng đốt động cơ cỡ nhỏ cũng phải đảm bảo các yêu cầu như dễ đánh lửa, hiệu suất cháy cao, tổn thất áp suất toàn phần thấp, làm mát tốt và nhiệt độ khí đi vào tua bin nằm trong giới hạn. Ống hóa hơi giúp đảm bảo hiệu suất cháy cao mà không cần vòi phun và bộ tạo xoáy phức tạp như ở động cơ cỡ lớn [20, 29], nhưng cũng đặt ra những thách thức khi thiết kế, chế tạo buồng đốt.

Động cơ trong bài báo này được thiết kế sử dụng máy nén ly tâm, tua bin hướng tâm, buồng đốt với 6 ống hóa hơi đặt ở phía đầu ống đốt. Các ống hóa hơi dạng ống gập hình chữ U, tương tự kết cấu trên các động cơ của hãng AMT [29]. Mẫu buồng đốt với các ống hóa hơi do nhóm tác giả chế tạo được thể hiện trên hình 1. Ở giai đoạn thiết kế ban đầu, yêu cầu đặt ra đối với buồng đốt là phải đảm bảo lưu lượng dòng khí ở 1/3 chiều dài buồng đốt (vùng cháy chính) đủ để đốt cháy hết nhiên liệu và chiếm khoảng 25 - 30% tổng lưu lượng. Tại vùng này cũng phải có dòng chuyển động xoáy với vận tốc thấp để đảm bảo quá trình hòa trộn và đốt cháy nhiên liệu. Lượng không khí đi qua dãy lỗ lớn nhất cuối cùng (vùng hòa trộn) chiếm khoảng 40 - 50%, dòng khí qua lỗ đi sâu vào giữa dòng lưu thông để đảm bảo quá trình hòa trộn giảm nhiệt độ khí cháy được tốt trước khi đi vào tua bin. Tốc độ dòng khí trong buồng đốt không quá cao, phần lớn dưới 0,3 Mach. Tổn thất áp suất toàn phần trong buồng đốt do sức cản khí động dưới 6%.

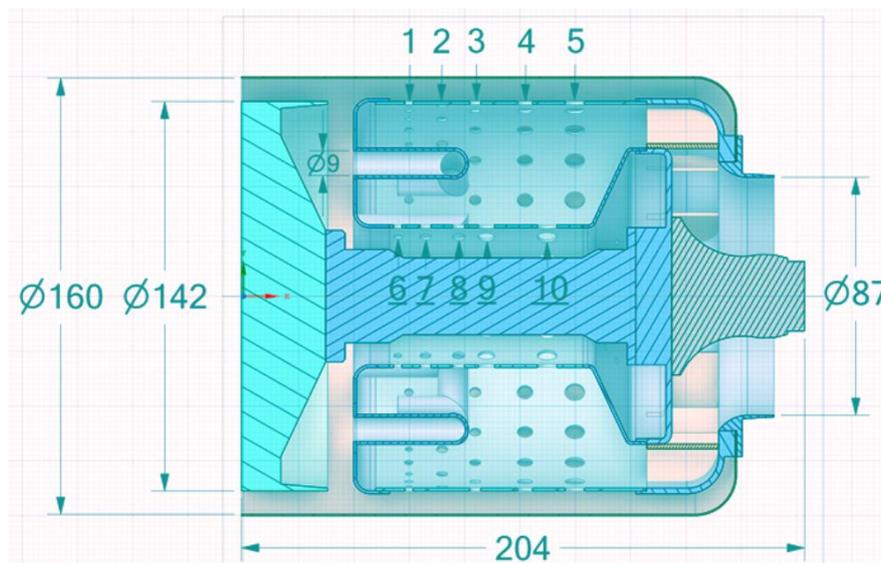


Hình 1. Mẫu buồng đốt được chế tạo với 6 ống hóa hơi hình chữ U.

### 3. Xây dựng mô hình mô phỏng

Hiện không có công cụ tính toán thiết kế chính xác buồng đốt nên nhóm tác giả sử dụng phương pháp được trình bày trong một số công bố [16, 19, 22, 26], hiệu chỉnh theo kích thước máy nén, tua bin cũng như phù hợp với gia công. Mô hình 3D (Hình 2) cũng

như phần dòng lưu thông bên trong buồng đốt được xây dựng bằng Siemens NX, Ansys SpaceClaim v2023 [30].

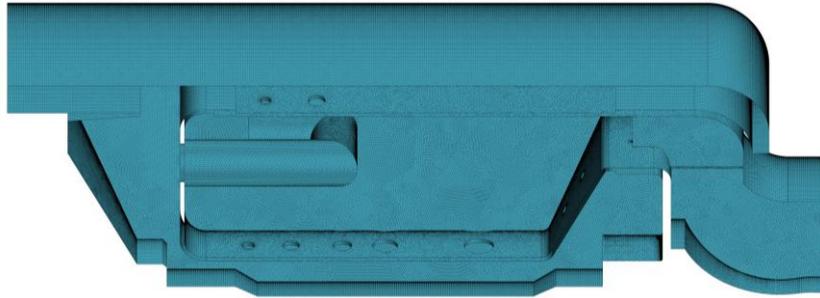


Hình 2. Xây dựng mô hình 3D buồng đốt với các thông số chính  
 Kích thước lỗ vỏ ngoài ống đốt: 1)  $\text{Ø}3,5$ ; 2)  $\text{Ø}4$ ; 3)  $\text{Ø}4$ ; 4)  $\text{Ø}5,5$ ; 5)  $\text{Ø}7$ ;  
 Vỏ trong ống đốt: 6)  $\text{Ø}3$ ; 7)  $\text{Ø}4$ ; 8)  $\text{Ø}4,5$ ; 9)  $\text{Ø}6$ ; 10)  $\text{Ø}7$

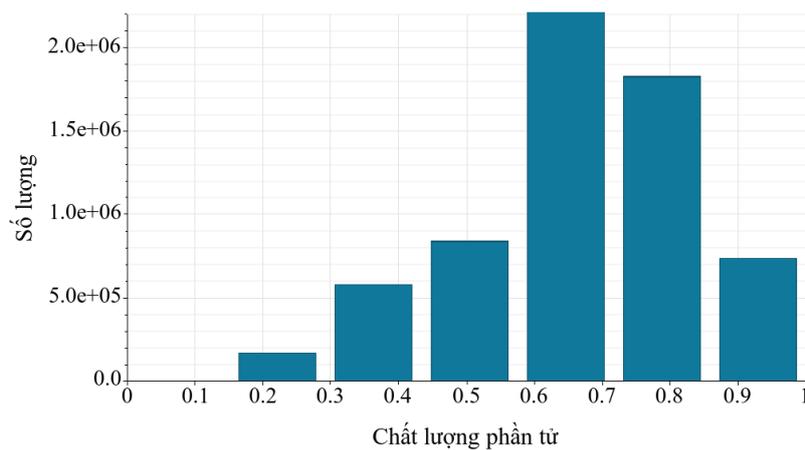
Phần mềm SpaceClaim cho phép tự động tạo phần lưu thông bên trong buồng đốt và chỉnh sửa, làm sạch hình học trước khi chia lưới. Hiện nay, việc mô phỏng buồng đốt động cơ tua bin khí phổ biến ứng dụng các phần mềm Ansys Fluent [13, 21, 25] và Star CCM+ [26], trong bài báo này sử dụng Star CCM+ v2023 [31].

Do buồng đốt được thiết kế lắp tương ứng 6 ống hóa hơi, nên phần lưu thông lấy cung  $60^\circ$ , giúp giảm tải nguyên tính toán. Các mặt điều kiện biên được thiết lập: đầu vào (inlet), đầu ra (outlet), tường biên (walls), mặt lặp (periodics). Mô hình mô phỏng sử dụng mô hình rối  $k-\omega$  SST, chỉ tiêu hội tụ  $10^{-4}$ . Đầu vào (inlet) đặt áp suất toàn phần 3 atm và nhiệt độ không khí sau máy nén 400 K. Đầu ra (outlet) là lưu lượng qua một cung là 0,1 kg/s, tương ứng tổng lưu lượng qua buồng đốt là 0,6 kg/s.

Mô hình chia lưới (Hình 3) sử dụng phần tử dạng đa diện (polyhedral), có thể tự động xử lý lỗi đối với các mô hình có các chi tiết nhỏ, phức tạp. Mô hình lưới kích thước cơ sở 0,5 mm với phân bố số lượng - chất lượng phần tử lưới được thể hiện trên biểu đồ hình 4. Chất lượng phần tử lưới nhỏ nhất 0,15, đồng thời chỉ tiêu chất lượng theo góc (angle skewness) thu được không quá  $85^\circ$  là chấp nhận được khi mô phỏng trong Star CCM+ [31].

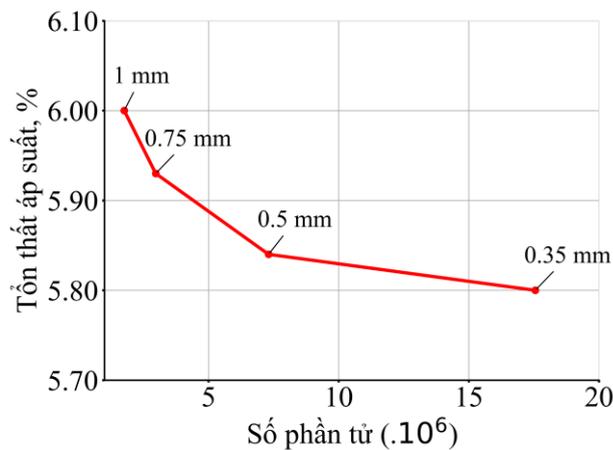


Hình 3. Mô hình chia lưới cung 1/6 buồng đốt với phần tử dạng đa diện.



Hình 4. Phân bố số lượng - chất lượng các phần tử lưới (1 là chất lượng tốt nhất).

Hình 5 thể hiện biểu đồ kết quả thử nghiệm tính độc lập kết quả vào mô hình lưới với 4 kích thước cơ sở 0,35, 0,5, 0,75 và 1 mm, thu được 4 mô hình lưới với khoảng 2, 4, 8, 12 triệu phần tử. Khi kích thước cơ sở nhỏ hơn 0,5 mm thì tổn thất áp suất thay đổi ít trong khi số phần tử lại tăng nhanh, do đó được lựa chọn để tiếp tục tính toán.

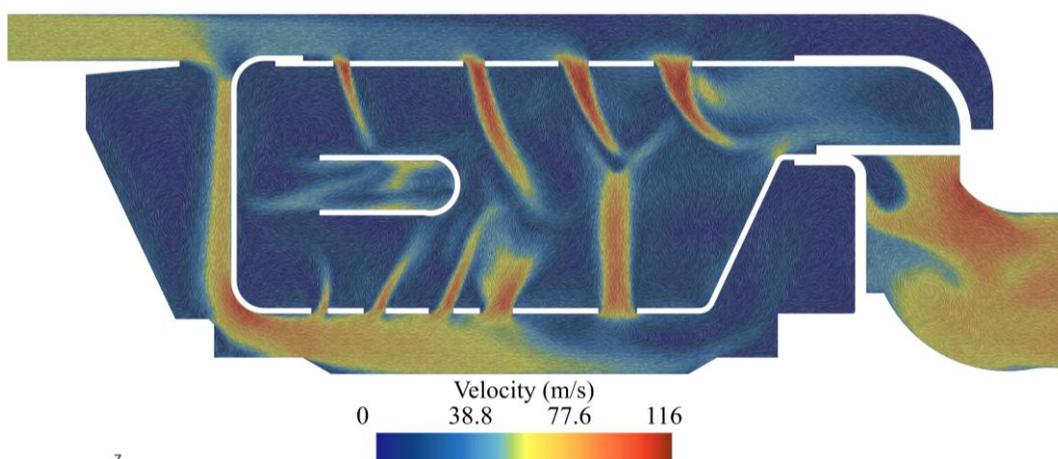


Hình 5. Kết quả tính tổn thất áp suất phụ thuộc vào số phần tử (theo kích thước cơ sở).

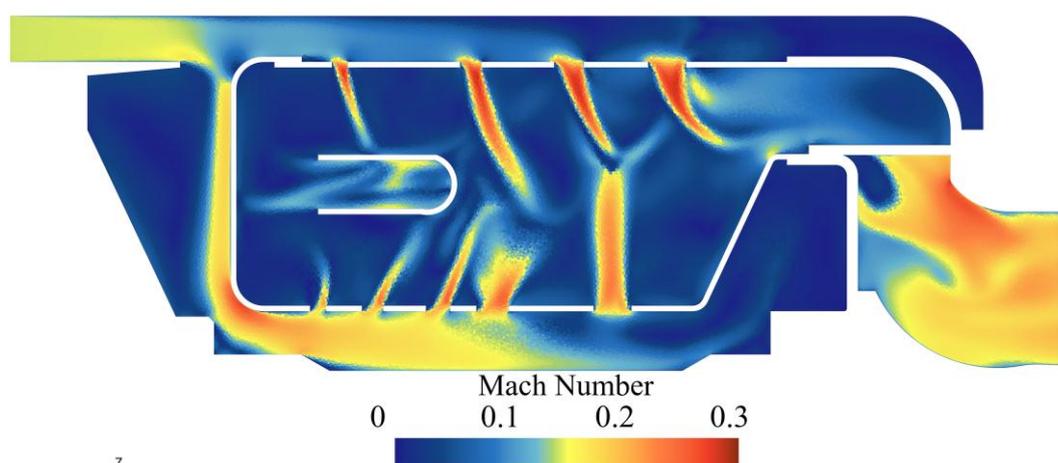
## 4. Kết quả và thảo luận

### 4.1. Vận tốc dòng khí lưu thông trong buồng đốt

Hình 6 thể hiện biểu diễn trong một mặt cắt bên trong buồng đốt. Vận tốc dòng không khí sau máy nén bắt đầu đi vào buồng đốt với giá trị trung bình khoảng 55,6 m/s. Vận tốc dòng khí đi vào ống hóa hơi khoảng 70 m/s tại vị trí kim phun nhiên liệu, có thể giúp xé toai, hòa trộn nhiên liệu tốt hơn trước khi cuốn hỗn hợp đi tới vùng cháy và ra khỏi ống hóa hơi với vận tốc trung bình 40 m/s, đập vào thành ống đốt và tạo vùng vận tốc thấp ở vùng cháy chính, giúp cho quá trình cháy hỗn hợp nhiên liệu-không khí được thuận lợi. Do chiều dài buồng đốt rất ngắn và nhiên liệu cần thời gian để tạo hỗn hợp và cháy, nên việc sử dụng ống hóa hơi trong kết cấu buồng đốt dạng ngược dòng như vậy sẽ tăng hiệu suất cháy. Hình 7 cũng thể hiện mặt cắt trường số Mach, cho thấy vận tốc dòng không quá 0,3 Mach.



Hình 6. Mặt cắt trường vector vận tốc dòng không khí trong buồng đốt.



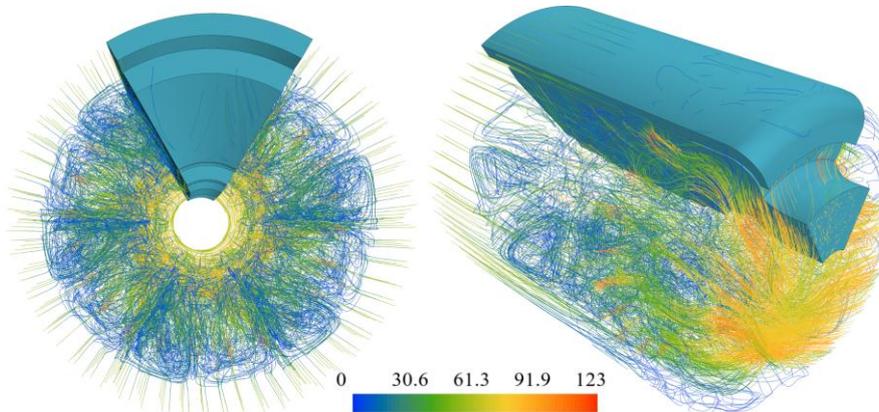
Hình 7. Mặt cắt trường số Mach trong buồng đốt.

Áp suất toàn phần sau buồng đốt giảm 17679 Pa, tương ứng tổn thất áp suất trong buồng đốt là 5,8% khi chưa có sự cháy. Giá trị này tương đồng với tổn thất thiết kế buồng đốt theo phương pháp được công bố trong các công trình [15, 22, 25]. Ở đây tổn thất áp suất toàn phần trong buồng đốt phần lớn là do khí động học, còn khi có sự cháy thì không lớn (khoảng 0,5%), phụ thuộc vào vận tốc sau máy nén và độ tăng nhiệt trong buồng đốt [16]. Tổn thất áp suất toàn phần là thông số quan trọng khi tính toán chu trình nhiệt của động cơ trong quá trình vận hành, điều khiển động cơ.

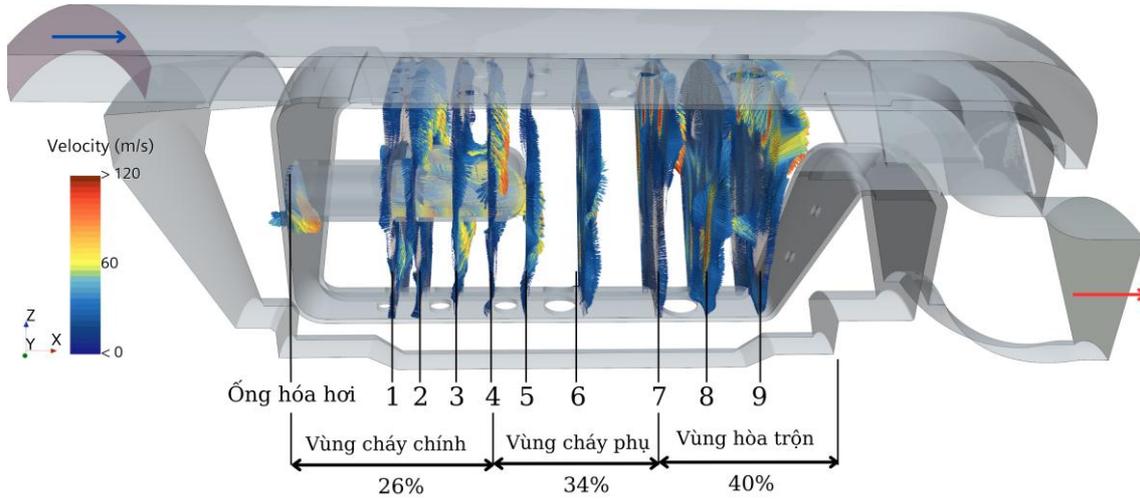
#### 4.2. Tổ chức phân chia dòng không khí trong buồng đốt

Buồng đốt về nguyên lý sẽ chia không khí làm nhiều phần: dòng sơ cấp trực tiếp đốt cháy nhiên liệu với nhiệt độ ở tâm cháy khoảng 2400 K, dòng thứ cấp làm mát các chi tiết và giảm nhiệt độ dòng khí về giá trị thích hợp trước khi đi vào tua bin [16, 17]. Hình 8 thể hiện đường dòng lưu thông bên trong buồng đốt. Không khí đi vào buồng đốt sẽ tập trung tạo thành vùng xoáy trước mặt chính diện của ống đốt, sau đó một phần đi vào ống đốt qua ống hóa hơi, phần còn lại đi qua các lỗ trên thành ống đốt. Phần qua ống hóa hơi và dãy lỗ đầu tiên ở trên ống đốt sẽ làm nhiệm vụ chính là hòa trộn và đốt cháy nhiên liệu (vùng cháy chính). Vị trí nhiên liệu cháy ngay bên ngoài ống hóa hơi, với hệ số dư lượng không khí thiết kế thường khoảng 0,8 - 1,2 [16, 17], vận tốc dòng lưu thông phải đảm bảo thấp để quá trình cháy diễn ra được thuận lợi. Kết quả mô phỏng cho thấy tại vùng này dòng khí tạo thành vùng xoáy với vận tốc thấp, sau đó được tăng tốc dọc theo ống đốt với các lỗ có đường kính tăng dần.

Trên hình 9 mô tả vị trí lấy các tiết diện để tính lưu lượng đi vào không gian bên trong ống đốt thông qua ống hóa hơi và các lỗ trên vành trong, vành ngoài của ống đốt. Các tiết diện này được đặt ở lỗ vào ống hóa hơi và ở các vị trí ngay sau các dãy lỗ dẫn không khí vào bên trong ống đốt. Các kết quả tính toán lưu lượng dòng khí qua các nhóm lỗ theo từng tiết diện dọc theo buồng đốt được trình bày trong bảng 1.



Hình 8. Phân bố vận tốc (m/s) theo đường dòng lưu thông bên trong buồng đốt.



Hình 9. Các tiết diện hình quạt đặt tại các vị trí sau từng dãy lỗ để tính lưu lượng không khí.

Bảng 1. Giá trị lưu lượng không khí qua các lỗ đi vào ống đốt

| STT | Vị trí                        | Lưu lượng, kg/s | Tỉ lệ, % | Tỉ lệ theo vùng        |
|-----|-------------------------------|-----------------|----------|------------------------|
| 1   | Ống hóa hơi                   | 0,004976        | 5%       | Vùng cháy chính<br>26% |
| 2   | Tiết diện 1                   | 0,007004        | 7%       |                        |
| 3   | Tiết diện 2                   | 0,014725        | 15%      |                        |
| 4   | Tiết diện 3                   | 0,017604        | 18%      |                        |
| 5   | Tiết diện 4                   | 0,025805        | 26%      |                        |
| 6   | Tiết diện 5                   | 0,029754        | 30%      | Vùng cháy phụ<br>34%   |
| 7   | Tiết diện 6                   | 0,044752        | 45%      |                        |
| 8   | Tiết diện 7                   | 0,060318        | 60%      |                        |
| 9   | Tiết diện 8                   | 0,072040        | 72%      | Vùng hòa trộn<br>40%   |
| 10  | Tiết diện 9                   | 0,099           | 99%      |                        |
| 11  | Tổng lưu lượng qua 1 cung 60° | 0,10            | 100%     |                        |

Kết quả mô phỏng cho thấy phần không khí đi vào buồng đốt theo hướng ngược dòng thông qua các ống hóa hơi chiếm khoảng 5% tổng lưu lượng không khí mà máy nén cung cấp. Lưu lượng không khí ở vùng cháy chính chiếm 26%; vùng cháy phụ 34%; và vùng hòa trộn 40%. Lưu lượng không khí ở vùng cháy chính chiếm khoảng 1/4 tổng lưu lượng là phù hợp với mục tiêu giảm nhiệt độ khí cháy xuống dưới 1023 K.

Để so sánh, các kết quả tính toán về tổ chức dòng không khí, số Mach và tổn thất áp suất khá tương đồng với mẫu nghiên cứu trong nước về buồng đốt sử dụng bộ tạo xoáy [25], cho thấy thiết kế này có thể đảm bảo cho quá trình cháy diễn ra theo đúng dự định.

## 5. Kết luận

Bài báo đã trình bày kết quả nghiên cứu khí động học buồng được thiết kế cho động cơ tua bin khí cỡ nhỏ bằng phương pháp mô phỏng CFD. Kết quả, tỉ lệ phân chia lưu lượng qua các ống hóa hơi chiếm 5%, vùng cháy chính 26%, vùng cháy phụ 34% và vùng hòa trộn 40% tổng lưu lượng không khí đi vào động cơ. Vận tốc dòng khí trong buồng đốt dưới 0,3 Mach và tổn thất áp suất là 5,8%. Lưu lượng dòng khí qua ống hóa hơi là căn cứ điều chỉnh lưu lượng nhiên liệu khí hoặc lỏng nhằm tạo hỗn hợp cháy phù hợp, nhất là khi đánh lửa ở giai đoạn khởi động. Các kết quả này cho thấy thiết kế buồng đốt đáp ứng yêu cầu khí động, có thể làm căn cứ để tiếp tục nghiên cứu mô phỏng quá trình cháy, tối ưu hóa trước khi hoàn thiện thiết kế và thử nghiệm.

## Tài liệu tham khảo

- [1] K. Schreckling, *Gas Turbine Engines for Model Aircraft*. Traplet Publication, 1992.
- [2] K. Schreckling, *Home Built Model Turbines*. Traplet Publication, 2004.
- [3] T. Kamps, *Model Jet Engines*, 3rd ed. Traplet Publication, 1995.
- [4] JetCat. <https://www.jetcat.de/en> (accessed 20.5.2023)
- [5] AMT Netherlands. <https://www.amtjets.com/> (accessed 20.5.2023)
- [6] KingTech Turbines Co. <https://kingtechtw.com/> (accessed 20.5.2023)
- [7] PBS Aerospace. <https://www.pbsaerospace.com/turbines> (accessed 20.5.2023)
- [8] Jet Central. <https://jetcentral.com.mx/> (accessed 20.5.2023)
- [9] Jets Munt. <https://jets-munt.com/en/product-category/engines/> (accessed 20.5.2023)
- [10] Wren Turbines. <http://www.wren-turbines.com/> (accessed 20.5.2023)
- [11] B. A. Григорьев, В. С. Кузьмичев, В. А. Зрелов, and А. И. Ланшина, *Малоразмерные авиационные газотурбинные двигатели: учебное пособие*. Самара: Издательство Самарского университета, 2021, p. 436.
- [12] M. Chmielewski and M. Gieras, "Small Gas Turbine GTM-120 Bench Testing with Emission Measurements," *Journal of KONES. Powertrain and Transport*, Vol. 22 No. 1, pp. 47-54, 2015. DOI: 10.5604/12314005.1161610
- [13] M. A. Harden, "Computational Fluid Dynamic Analysis of the TJT-3000 Micro Turbine Engine," Master of Science in Engineering, Youngstown State University, 2021.
- [14] E. Benini and S. Giacometti, "Design, manufacturing and operation of a small turbojet-engine for research purposes," *Applied Energy*, Vol. 84 No. 11, pp. 1102-1116, 2007. DOI: 10.1016/j.apenergy.2007.05.006
- [15] T. Suchocki, P. Lampart, and P. Klonowicz, "Numerical investigation of a GTM-140 turbojet engine," *Open Engineering*, Vol. 5 No. 1, pp. 478-484, 2015. DOI: 10.1515/eng-2015-0053
- [16] A. H. Lefebvre and D. R. Ballal, T. Edition, Ed. *Gas turbine combustion-Alternative Fuels and Emissions*. CRC Press, 2010.

- [17] V. S. Zuyev and L. S. Skubachevskii, *Combustion Chambers for Jet Propulsion Engines* (Series of Monographs in Aeronautics and Astronautics). Pergamon 1964, p. 260.
- [18] M. Badami, P. Nuccio, and A. Signoretto, "Experimental and numerical analysis of a small-scale turbojet engine," *Energy Conversion and Management*, Vol. 76, pp. 225-233, 2013. DOI: 10.1016/j.enconman.2013.07.043
- [19] B. C. Meyers, *The preliminary design of an annular combustor for a mini gas turbine*, 2015, ISABE-2015-20032.
- [20] F. Fuchs, V. Meidinger, N. Neuburger, T. Reiter, M. Zündel, and A. Hupfer, "Challenges in designing very small jet engines - fuel distribution and atomization," presented at *the 16<sup>th</sup> International Symposium on Transport Phenomena and Dynamics of Rotating Machinery*, Honolulu, United States, 2016, hal-01891309.
- [21] I. I. Enagi, K. A. Al-attab, and Z. A. Zainal, "Combustion chamber design and performance for micro gas turbine application," *Fuel Processing Technology*, Vol. 166, pp. 258-268, 2017. DOI: 10.1016/j.fuproc.2017.05.037
- [22] B. C. Meyers, M. A. Jan, and S. J. v. d. Spuy, "The design and testing of a can-type combustor in a compressor test rig," presented at *the 23<sup>rd</sup> International Society for Air Breathing Engines Conference*, United Kingdom, 2017, ISABE-2017-22522.
- [23] Y. Levy, V. Erenburg, Y. Goldman, V. Sherbaum, and V. Ovcharenko, "CFD Assisted Design of Micro GT Combustor," presented at the Volume 2: Combustion, Fuels and Emissions, *ASME Turbo Expo 2009: Power for Land, Sea, and Air*, 2009.
- [24] М. Ю. Орлов, С. В. Лукачѳв, and С. Г. Матвеев, *Моделирование процессов в камере сгорания: учеб. пособие*. Самара Изд-во, 2017, p. 292.
- [25] C. T. Dinh, X.-T. Le, T.-N. Hoang, and Q.-A. Pham, "Aerodynamic Performance of an Annular Combustion Chamber Cooling with Swirler Design," *International Journal of Fluid Machinery and Systems*, Vol. 14, pp. 1-12, 2021. DOI: 10.5293/IJFMS.2021.14.1.001
- [26] B. C. Meyers and J.-H. Grobler, "The Numerical Aerodynamic Evaluation of Geometrical Configurations of a Vaporizer Tube Micro-Gas Turbine Combustor," ISABE-2019-24062.
- [27] K. Vijayakumar and D. S. Bhatt, "Study of Flow Field Inside a Can Combustor for Micro Gas Turbine Engine Under Nonreacting Flow Conditions," *Journal of Aerospace Technology and Management*, Vol. 13, 2021, DOI: 10.1590/jatm.v13.1185
- [28] J. Li and Y. Li, "Micro gas turbine: Developments, applications, and key technologies on components," *Propulsion and Power Research*, Vol. 12 No. 1, pp. 1-43, 2023/03/01/ 2023. DOI: 10.1016/j.jprr.2023.01.002
- [29] Y. Levy, V. Erenburg, V. Sherbaum, I. Gaissinski, V. Ovcharenko, and O. Kam, "On the Operation of a Generic Vaporizer under Steady-State Conditions," presented at *the IEEE International Symposium on Circuits and Systems*, Sapporo, Japan, 2019.
- [30] ANSYS Inc., *SpaceClaim Documentation*. 2023R1.
- [31] Siemens, *Star CCM+ Tutorial Guide*. 2023.

## COMPUTATIONAL STUDY ON AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF AIRFLOW THROUGH A MICROTURBINE COMBUSTOR

**Abstract:** *This study presents numerical findings pertaining to the aerodynamics of a novel microturbine combustor, with the aim of evaluating airflow organization for the combustion process. A CFD simulation method was employed, utilizing a geometric model derived from a developing microturbine design. The results indicate that the air mass flow is distributed as follows: 5% through the evaporator, 26% in the primary combustion zone, 34% in the secondary combustion zone, and 40% in the dilution zone, with respect to the total combustor airflow. The flow velocity remains below 0.3 Mach, and the total pressure loss is determined at 5.8%. The numerical results can be used as a foundation for adjusting and optimizing the combustor design before manufacturing.*

**Keywords:** Microturbine; combustor; liner; pressure loss; RANS.

*Nhận bài: 11/05/2023; Hoàn thiện sau phản biện: 11/07/2023; Chấp nhận đăng: 31/07/2023*

