

Nghiên cứu thiết kế, chế tạo liều phóng cho động cơ hành trình thiết bị bay MTB01 từ thuốc phóng RST

Phạm Quang Hiếu^{1*}, Bùi Anh Thứ^{1,3}, Phạm Văn Toại¹, Phạm Kim Đạo¹, Mai Văn Tú²

¹Viện Thuốc phóng Thuốc nổ, Tổng cục CNQP, 192 Đức Giang, Long Biên, Hà Nội, Việt Nam;

²Viện Tên lửa, Viện Khoa học và Công nghệ quân sự, 17 Hoàng Sâm, Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam;

³Viện Hóa học Vật liệu, Viện Khoa học và Công nghệ quân sự, 17 Hoàng Sâm, Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam.

*Email: hieuphus@gmail.com

Nhận bài: 30/6/2024; Hoàn thiện: 16/9/2024; Chấp nhận đăng: 18/9/2024; Xuất bản: 08/10/2024.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.IPE.2024.60-67>

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu, chế tạo và thử nghiệm động cơ hành trình thiết bị bay MTB01 sử dụng thuốc phóng rắn RST của tên lửa V. Trong đó, đã nghiên cứu tính toán thiết kế chế tạo liều phóng, công nghệ chế tạo lớp phủ chống cháy cho thuốc phóng rắn và thử nghiệm động cơ hành trình. Kết quả các động cơ thử nghiệm hoạt động ổn định, các thông số chính thu được như sau: Áp suất $P_{max} = 61,9$ bar; thời gian cháy 31,75 giây; lực đẩy động cơ trung bình 670,7 N; tổng xung lực đẩy 21247,9 N.s; nhiệt độ vỏ động cơ trong khoảng thời gian động cơ làm việc tương đương nhiệt độ môi trường, sau khi động cơ ngừng hoạt động nhiệt độ vỏ động cơ tăng đến 86 °C. Đây là động cơ hành trình sử dụng thuốc phóng rắn có kích thước lớn nhất do các đơn vị trong nước phối hợp nghiên cứu và chế tạo, trên cơ sở đó tạo được một loại mục tiêu bay MTB01 mới có tốc độ lớn nhất đạt 248 m/s, thời gian bay không nhỏ hơn 60 giây.

Từ khóa: Tên lửa; Mục tiêu bay; MTB01; Thuốc phóng RST; Động cơ tên lửa.

1. MỞ ĐẦU

Trong thời gian qua Quân đội ta luôn được Đảng, Nhà nước quan tâm đầu tư để tiến thẳng lên hiện đại. Bên cạnh việc trang bị các khí tài, tên lửa thế hệ mới phục vụ trực chiến sẵn sàng chiến đấu thì công tác huấn luyện chiến đấu cũng được quan tâm hơn cho lực lượng tên lửa, pháo phòng không. Một trong những nội dung huấn luyện quan trọng cho bộ đội tên lửa, lực lượng pháo phòng không là huấn luyện tiêu diệt các mục tiêu trên không, trong đó sử dụng các thiết bị, phương tiện bay không người lái để làm mục tiêu bắn. Từ năm 1993 đến nay, trong nước chủ yếu sử dụng các loại thiết bị, phương tiện bay không người lái như bảng 1 sau:

Bảng 1. Một số loại thiết bị, phương tiện bay không người lái ở trong nước.

TT	Chỉ tiêu, tính năng	ĐVT	Mục tiêu bay		
			M96	M100-CT	M400-CT
1	Chiều dài	m	1,7	2,1	2,4
2	Sải cánh	m	2,2÷2,4	3,0	3,26
3	Khối lượng	kg	8,0÷15,0	25	65÷67
4	Loại động cơ	-	2 kỳ	2 kỳ	2 kỳ
5	Nhiên liệu	-	A92+ nhớt	A92+ nhớt	A92, 96+ nhớt
6	Tốc độ bay	m/s	Đến 50	36,1÷41,7	69,4÷77,8

Các loại mục tiêu bay này hàng năm tham gia tích cực trong huấn luyện sẵn sàng chiến đấu của lực lượng pháo phòng không, lực lượng tên lửa, ngoài ra còn tham ra trong quá trình nghiệm thu tên lửa do các đối tác trong và ngoài nước cải tiến. Một điểm dễ nhận ra của các mục tiêu bay bằng cánh quạt này là tốc độ bay thấp, nên các mục tiêu này thường dễ được tiêu diệt.



Hình 1. Các mục tiêu bay (từ trái qua phải) M96, M100-CT và M400-CT.

Ngày nay, trong chiến tranh hiện đại, các lực lượng sử dụng tên lửa tấn công có tốc độ bay nhanh để áp đảo về bầu trời và mặt đất thì việc tác chiến, huấn luyện chiến đấu để chống lại tên lửa là một vấn đề mới. Do đó, việc huấn luyện bộ đội tên lửa đòi hỏi phải sát với thực tiễn để nâng cao khả năng bảo vệ tổ quốc từ sớm, từ xa. Cho nên rất cần thiết phải sớm đưa ra được một loại thiết bị bay có khả năng mô phỏng tên lửa chiến thuật, trong đó thiết bị bay MTB01 có tốc độ bay cận âm đang được triển khai nghiên cứu. Thiết bị bay MTB01 có chiều dài khoảng 2920 mm, kích thước thân 182 mm, sải cánh lớn nhất 775 mm, khối lượng toàn bộ thiết bị bay là 117,5 kg và thời gian bay lớn hơn 60 giây. Phương án sử dụng các thoi thuốc phóng RST được tháo ra từ động cơ phóng tên lửa V để nghiên cứu, chế tạo liều phóng cho động cơ hành trình có tính khả thi, do loại thuốc phóng này có đường kính lớn đạt tới 157 mm. Chính vì vậy, trong bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu chế tạo, thử nghiệm liều phóng cho động cơ hành trình thiết bị bay MTB01 từ thuốc phóng RST.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Nghiên cứu, chế tạo liều phóng cho động cơ hành trình thiết bị bay MTB01 từ thuốc phóng RST được tháo ra từ động cơ phóng của tên lửa V.

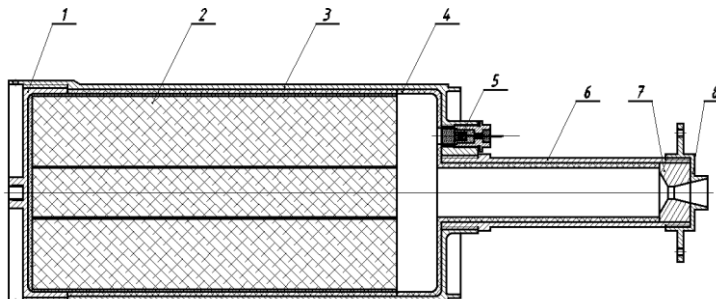
2.2. Vật tư, nguyên liệu và trang thiết bị

Thoi thuốc phóng rắn ballistic RST hình trụ, 1 lỗ, có chiều dài 2700 mm, đường kính ngoài 157 mm và đường kính lỗ 42 mm như trên hình 2.



Hình 2. Thoi thuốc phóng RST nguyên bản tháo ra từ tên lửa V.

Động cơ hành trình được thiết kế như trên hình 3 sau:



Hình 3. Kết cấu cấu động cơ hành trình MTB01

- 1- Nắp đầu; 2- Liều phóng hành trình; 3- Vỏ động cơ; 4- Lớp bảo vệ nhiệt; 5- Bộ môi;
6- Ống nối; 7- Lõi loa phụt; 8- Loa phụt.

Động cơ MTB01 được gia công chế tạo từ thép C45, buồng đốt động cơ được tạo thành bởi vỏ động cơ (3), nắp đầu (1), ống nối (6) và loa phụt (8), các chi tiết này được lắp ghép với nhau bằng mối ghép ren. Lớp bảo vệ nhiệt (4) được chế tạo bằng vật liệu composite sợi thủy tinh để bảo vệ nhiệt cho vỏ động cơ. Lõi loa phụt (8) động cơ được chế tạo bằng bột molipden được nén ép và thiêu kết, vật liệu này có thể chịu được dòng sản phẩm cháy có nhiệt độ cao, tốc độ cao khi chuyển động qua loa phụt trong quá trình động cơ làm việc. Liều phóng (2) của động cơ được mồi cháy bằng liều mồi (5).

Các tham số của động cơ hành trình MTB01 trong bảng 2.

Bảng 2. Bảng các thông số ban đầu của động cơ hành trình MTB01.

TT	Tham số	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
1	Đường kính trong vỏ động cơ	d_k	mm	168
2	Đường kính ngoài vỏ động cơ	D_k	mm	175
3	Chiều dài động cơ	L_k	mm	557
4	Đường kính tối hạn loa phụt	d_{th}	mm	8,36
5	Đường kính cửa ra loa phụt	d_a	mm	23,5
6	Thời gian làm việc của động cơ	-	s	~ 30
7	Áp suất làm việc trung bình	P_{TB}	MPa	~ 6

Bộ khuôn để chế tạo lớp phủ chống cháy bao gồm: Đáy khuôn, thân khuôn và nắp trên có định vị tâm (hình 4). Đáy và nắp trên được làm từ thép không gỉ SUS304, thân khuôn làm từ nhôm, có 2 lớp tuần hoàn nước gia nhiệt. Kích thước giữa mặt ngoài thời thuốc phóng rắn RST và thành ống thân là $2,0^{+0,2}$ mm.



Hình 4. Bộ khuôn phủ lớp chống cháy.

Lớp phủ chống cháy cho thời thuốc phóng được chế tạo từ các nguyên liệu sau: Butyl metacrylate (BMA, Sigma Aldrich Pte Ltd, CAS 97-88-1), Benzoyl peroxide (Aladdin, Trung Quốc, CAS 94-36-0), Polymetyl metacrylate (PMMA, Sigma Aldrich Pte Ltd, CAS 9011-14-7); polyeste không no PIH-609-21M (Vitareaktiv, Nga, GOST 27952-88).

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thiết kế, chế tạo liều phóng

Từ nguyên lý làm việc, cấu tạo của động cơ ở trên, một số đặc điểm liều phóng được thiết kế như sau: Để thời gian cháy dài, thời thuốc phóng phải cháy định diện từ một mặt đầu, đối với thời RST nguyên bản có lỗ cần phải bịt lỗ trong và cần phải phủ chống cháy toàn bộ mặt ngoài thời thuốc và phần mặt đáy. Phương án sử dụng thời thuốc phóng nhỏ có kích thước gần bằng đường kính lỗ trong thời thuốc phóng chính là phương án được lựa chọn, do vừa tạo được thời thuốc phóng đặc, vừa tăng lực đẩy của động cơ khi làm việc. Đối với thuốc phóng RST theo tài liệu [1] phương trình tốc độ cháy phụ thuộc vào áp suất được thể hiện qua công thức $u=5,83 \cdot p^{0,25}$ (trong dải áp suất từ 4÷8MPa), khi đó, tốc độ cháy của thuốc phóng ở 6MPa là 9,12mm/s. Để đảm bảo thời gian làm việc của động cơ đạt 30 giây thì chiều dài thời thuốc phóng cần thiết 273,6mm.

Từ đó, thời thuốc phóng được gia công cơ khí đạt yêu cầu trước khi phủ chống cháy gồm thời thuốc phóng chính và thời thuốc bịt lỗ (như hình 5): Chiều dài thời thuốc phóng chính 270 mm,

thời thuốc phóng bịt lỗ hình trụ đặc với chiều dài 268 mm, đường kính 41,8^{+0,2} mm. Hai thời thuốc phóng này đều được gia công cơ khí từ thời thuốc phóng tháo ra từ tên lửa V.



Hình 5. Hình ảnh các thời thuốc phóng sau gia công cơ khí.

Quy trình công nghệ phủ chống cháy được thực hiện theo phương pháp đúc rót, hóa rắn hỗn hợp phủ chống cháy phương pháp polyme hóa có gia nhiệt độ. Thành phần phủ chống cháy trên nền BMA, PMMA và polyeste không no ПН-609-21M. Đơn thành phần chất phủ chống cháy cho trong bảng 3.

Bảng 3. Đơn thành phần chất phủ chống cháy

TT	Hạng mục	Đơn vị	Yêu cầu
1	Butyl methacrylat	%	22 ... 24
2	ПН-609-21M	%	28 ... 30
3	Polymetyl methacrylat	%	48 ... 52
4	Peroxit (cho ngoài 100%)	%	1,0 ... 1,4

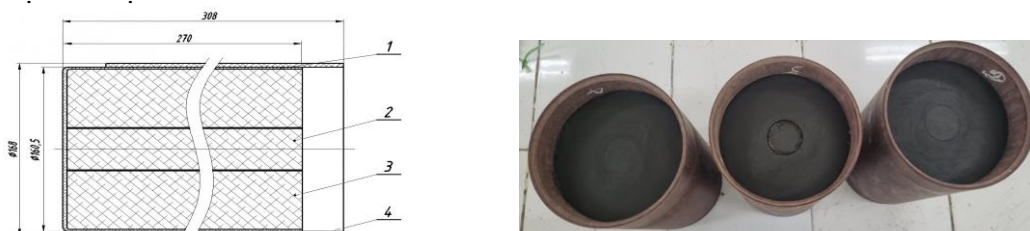
Các công đoạn phủ chống cháy thời thuốc phóng RST được thực hiện như sau:

- Các thời thuốc phóng được làm sạch bề mặt bằng cồn etylic 99% [5,6].
- Khuôn phủ được vệ sinh sạch sẽ, sấy khô ở nhiệt độ không nhỏ hơn 100°C, để nguội tự nhiên. Nắp đáy và thành bên trong thân khuôn được quét 3 lớp keo chống dính, chế tạo từ 1,5% polyisobutilen trong toluen về khối lượng. Mỗi lớp keo chống dính được quét cách nhau 20-30 phút ở nhiệt độ 25 ÷ 35°C.
- Quét hỗn hợp phủ chống cháy lên bề mặt lỗ trong của thời thuốc chính và bề mặt ngoài thời thuốc bịt lỗ. Lắp thời nhỏ vào trong lỗ của thời thuốc chính, định tâm chắc chắn thời thuốc trong khuôn phủ. Rót thành phần phủ chống cháy vào khuôn có thời thuốc ở bên trong làm 03 lần cho đến vị trí ngang bằng bề mặt trên của thời thuốc.
- Để khuôn chứa sản phẩm ở nhiệt độ môi trường trong thời gian 30÷45 phút trước khi cấp nước nóng để gia nhiệt. Thực hiện hóa rắn với nhiệt độ nước gia nhiệt 85÷90°C trong thời gian không nhỏ hơn 5 giờ.
- Sản phẩm sau khi hóa rắn được chuyển đến công đoạn tháo khuôn lấy sản phẩm, ngoài ra bọc thêm phía ngoài thời thuốc 1 lớp vải kevlar nhằm mục đích bảo vệ phần mặt ngoài của vỏ chống cháy. Kết quả sản phẩm chế tạo thời thuốc phóng được thể hiện qua hình 6 dưới đây:



Hình 6. Thời thuốc phóng sau khi phủ chống cháy.

Trong suốt thời gian động cơ làm việc, để bảo vệ vỏ động cơ hành trình có thể sử dụng các loại vật liệu có độ chịu nhiệt tốt, khi chịu tác động của sản phẩm cháy không tạo ra các dị vật làm ảnh hưởng đến khả năng làm việc của động cơ. Có nhiều phương pháp để bảo vệ nhiệt động cơ, trong phương án thiết kế này, nhóm tác giả hướng đến phương pháp sử dụng vật liệu composite cốt sợi thủy tinh chịu nhiệt, vật liệu này được gia công cơ khí tạo ra lớp bảo vệ nhiệt và lắp ghép trực tiếp với thỏi thuốc phóng sau khi được phủ chống cháy ở công đoạn trên. Lớp bảo vệ nhiệt này có 2 tác dụng chính là bảo vệ nhiệt khối khí nóng đến 2000 °C của sản phẩm cháy, ngoài ra còn tạo ra được thể tích cháy ban đầu để thu được áp suất theo tính toán của động cơ. Lớp áo bảo vệ nhiệt được gia công theo kích thước có chiều dày 2 mm, kích thước dài 308 mm gồm thân và lắp đáy được thể hiện như hình 7.



Hình 7. Bản vẽ thiết kế và ảnh chụp của động cơ hành trình MTB01.

1- Lớp chống cháy; 2- Thỏi thuốc phóng nhỏ bịt lỗ; 3- Thỏi thuốc phóng chính; 4- Lớp bảo vệ nhiệt.

3.2. Tính toán bài toán thuật phóng trong của động cơ hành trình

Từ công thức tính áp suất môi động cơ:

$$P_{môi} = \frac{\omega_{môi} f_{môi}}{W_{td}} \quad (1)$$

Trong đó: $P_{môi}$ - áp suất môi, MPa; $\omega_{môi}$ - khối lượng thuốc môi, gam; $f_{môi}$ - lực thuốc môi, kJ/kg; W_{td} - thể tích tự do ban đầu của buồng đốt, m³. Với kết cấu của động cơ hành trình MTB01 xác định được các thông số để tính toán khối lượng thuốc môi (thuốc đen) cho động cơ là:

- Thể tích thiết kế ban đầu của động cơ hành trình: 0,0010952 m³.
- Áp suất môi lựa chọn: 4,5 MPa.
- Lực thuốc môi: 280000 J/kg [2].

Sử dụng công thức (1) tính lượng thuốc môi (làm tròn và tính đến cả tổn thất nhiệt) cho động cơ hành trình MTB01 là: 20 gam.

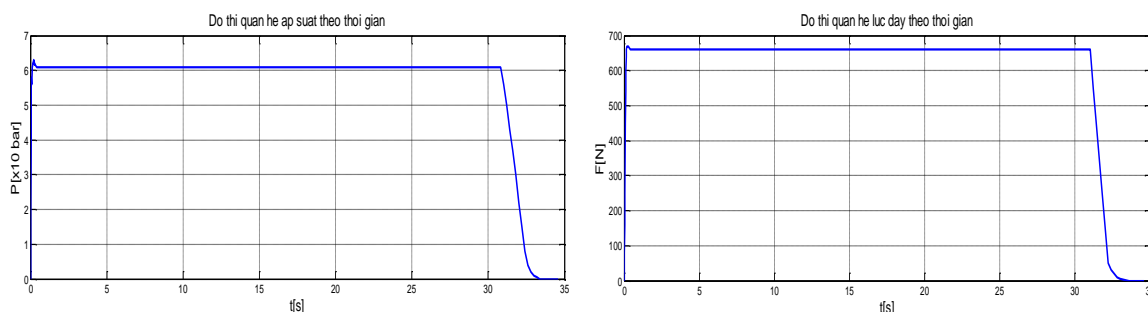
Với các số liệu ban đầu là các đặc trưng kích thước bên trong của buồng đốt, loa phụt; các đặc trưng kích thước, hình dạng của liều phóng; các tính chất nhiệt động lực học của thuốc phóng RST và của sản phẩm cháy. Các thông số đầu vào để giải bài toán thuật phóng trong đối với động cơ hành trình MTB01 được thể hiện trong bảng 4.

Bảng 4. Các thông số đầu vào để tính toán động cơ.

TT	Các tham số	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
1	Thể tích tự do ban đầu	W_0	m ³	0,0010952
2	Khối lượng thuốc phóng	ω_{TP}	kg	10,1
3	Chiều dài liều phóng	L_{TP}	mm	308
4	Đường kính ngoài cùng thỏi thuốc	D_n	mm	157
5	Chỉ số mũ đoạn nhiệt của khí thuốc	k	-	1,26
6	Hằng số khí	R	kJ/kg.K	374,91

7	Nhiệt độ đẳng áp của sản phẩm cháy	T_p	K	2160
8	Mật độ thuốc phóng	ρ_T	kg/m ³	1620
9	Hệ số tốc độ cháy	u_1	mm/s.bar	5,83
10	Chỉ số mũ trong quy luật tốc độ cháy	v	-	0,25
11	Tốc độ cháy ở 60 bar	u	m/s	9,12

Kết quả tính toán bằng phần mềm Matlab các tham số nhiệt động học của động cơ hành trình MTB01 với liều phóng chế tạo, bao gồm đồ thị áp suất - thời gian và đồ thị lực đẩy - thời gian được thể hiện trên hình 8. Một số tham số đặc trưng nhiệt động học của động cơ được tổng hợp trong bảng 5.



Hình 8. Đồ thị quan hệ suất-thời gian, lực đẩy-thời gian của động cơ hành trình MTB01.

Bảng 5. Kết quả tính toán tham số nhiệt động học của ĐCHT MTB01.

TT	Tên chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả tính toán
1	Áp suất lớn nhất	bar	63,2
2	Áp suất trung bình	bar	61,4
3	Lực đẩy lớn nhất	N	669,7
4	Lực đẩy trung bình	N	647,2
5	Thời gian làm việc	s	32,5
6	Tổng xung lực đẩy	N.s	21036,7

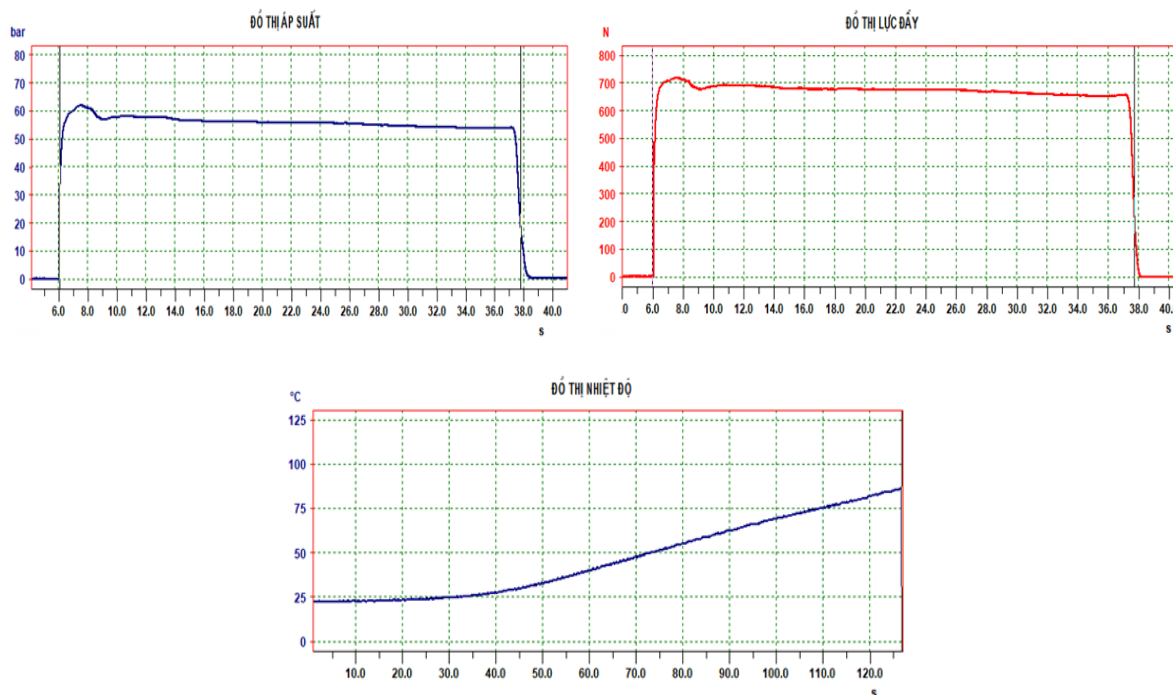
3.3. Thử nghiệm động cơ hành trình MTB01

Tiến hành thử nghiệm, nghiệm thu trên giá động cơ hành trình nhằm đánh giá kết quả nghiên cứu, tính toán và chế tạo liều phóng, so sánh với yêu cầu thiết kế chung của động cơ hành trình MTB01. Thử nghiệm trên giá động cơ hành trình trên giá được thể hiện qua hình 9.



Hình 9. Thử nghiệm đốt trên giá động cơ hành trình.

Kết quả đo áp suất, lực đẩy động cơ và nhiệt độ vỏ động cơ được thể hiện qua hình 10.

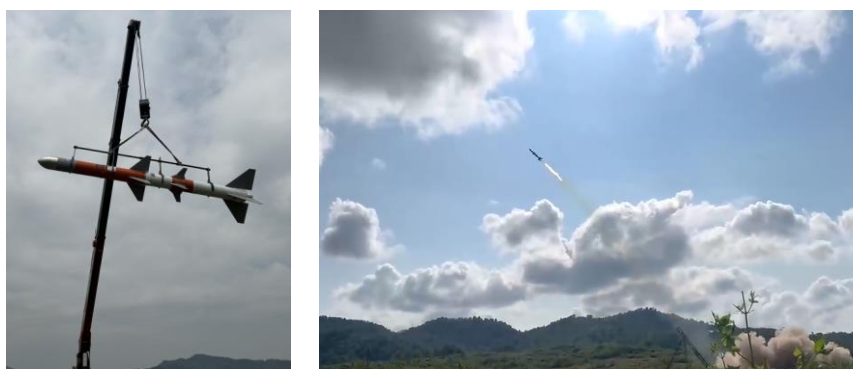


Hình 10. Kết quả thử nghiệm, nghiệm thu tĩnh trên giá động cơ hành trình.

Kết quả các động cơ thử nghiệm ổn định, các chỉ tiêu làm việc chính thu được như sau:

TT	Tên chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả tính toán	Kết quả thử nghiệm
1	Áp suất lớn nhất	bar	63,2	61,9
2	Áp suất trung bình	bar	61,4	55,7
3	Lực đẩy lớn nhất	N	669,7	717,7
4	Lực đẩy trung bình	N	647,2	670,7
5	Thời gian làm việc	s	32,5	31,7
6	Tổng xung lực đẩy	N.s	21036,7	21247,9

Nhiệt độ vỏ động cơ trong thời gian làm việc tương đương nhiệt độ môi trường, sau khi động cơ ngừng hoạt động nhiệt độ tăng đến 86 °C cho thấy lớp bảo vệ nhiệt đáp ứng được yêu cầu đặt ra. Kết quả thử nghiệm với tính toán cho giá trị tương đương, qua đó kết luận liều phóng, động cơ hành trình hoạt động tốt.



Hình 11. Hình ảnh bắn tổng hợp thiết bị bay MTB01.

Kết quả bản tổng hợp thiết bị bay MTB01 sử dụng liều phóng do nhóm tác giả chế tạo cho kết quả đạt yêu cầu, trong đó tốc độ lớn nhất của thiết bị bay đạt 248 m/s, thời gian bay không nhỏ hơn 60 giây.

4. KẾT LUẬN

Trong bài báo đã nghiên cứu tính toán, thiết kế chế tạo liều phóng cho động cơ hành trình thiết bị bay MTB01, sử dụng thuốc phóng rắn RST được tháo từ động cơ phóng tên lửa V. Trong đó, đã tính toán thiết kế động cơ thử nghiệm, xây dựng bài toán thuật phóng trong cho động cơ hành trình, nghiên cứu chế tạo lớp phủ chống cháy cho thỏi thuốc phóng RST và hoàn thiện liều phóng.

Đã tiến hành đốt thử nghiệm tĩnh động cơ hành trình trên giá, kết quả các động cơ thử nghiệm ổn định, các thông số chính thu được như sau: Áp suất $P_{max} = 61,9$ bar; thời gian cháy 31,75 giây; lực đẩy động cơ trung bình: 670,7 N; tổng xung lực đẩy: 21247,9 N.s; nhiệt độ vỏ động cơ trong khoảng thời gian động cơ làm việc tương đương nhiệt độ môi trường và tăng dần không đáng kể. Kết quả bản thử nghiệm thiết bị bay MTB01 cho thấy động cơ hành trình làm việc ổn định sau khi thiết bị tách tầng động cơ phóng, tốc độ lớn nhất của thiết bị bay đạt 248 m/s, thời gian bay không nhỏ hơn 60 giây.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. А.П. Денисюк, “Горение пороха и ТРТ”, ст 42, (1988).
- [2]. А.С.Ковальчук, “Основания устройства и конструкция орудий и боеприпасов наземной артиллерии.Учб”. МО СССР, стр 8, (1976).
- [3]. NASA Goddard Space Flight Center, *NASA Sounding rockets user handbook, Sounding rockets program office, Sub-orbital and special orbital projects directorate*, (2015).
- [4]. Vu Thanh Hai, *Project The approach of launching technics of low altitude booster rockets by physical models based on the sample of testing rocket TV-01*, VAST, (2016).
- [5]. Banzula J. B., Bogatkin G. S. *Patent RU 2426000 Device to produce channel charge from rocket mix rocket solid propellant*, (2009).
- [6]. Krasilnikov F. S., Filimonova E. J. *Patent RU 2465257 Thermoplastic armour compound for charge of solid rocket propellant of ballistite type*, (2011).

ABSTRACT

Research on manufacturing of charge for target missile cruise motor based on RST propellant

This article presents the results of research on manufacturing and testing a target missile cruise engine using RST solid propellant. In particular, we have researched and calculated the design of a test engine, and built a flow chart to calculate the system of internal discharge equations of the engine. Research on the design and manufacture of propellant doses for cruise engines, including presenting the technology for manufacturing fireproof coatings for solid propellant ingots and perfecting the complete propellant dose. Test combustion of the cruise engine on a static stand has been conducted. The results of the tested engines are stable, the main parameters obtained are as follows: Pressure $P_{max} = 61,9$ bar; Burning time 31,75 seconds; Average engine thrust: 670,7 N, Total thrust impulse: 21247,9 N.s, Engine housing temperature during the engine working period is equivalent to the ambient temperature after the engine stops thermal operation Engine cover temperature increased to 86 °C. This is the largest solid propellant cruise engine researched and manufactured by domestic units, on that basis creating a new type of MTB01 flying target with a maximum speed of 248 m/s, flight time of not less than 60 seconds.

Keywords: Missile; MTB01; Propellant RST; Rocket motor.