VỀ MỘT PHƯƠNG ÁN THIẾT KẾ ĐỘNG CƠ NHIÊN LIỆU RẮN SỬ DỤNG CHO VŨ KHÍ PHẢN LỰC CÓ ĐIỀU KHIỂN TẦM GẦN

Bùi Đình Tân*, Nguyễn Đức Thuận

Tóm tắt: *Tổ hợp vũ khí phản lực có điều khiển tầm gần được sử dụng đơn chiếc với cự ly thông thường từ 30 km đến 120 km mang theo đầu đạn có đương lượng nổ nhỏ và trung bình để tiêu diệt các mục tiêu quân sự trong chiều sâu chiến thuật của đối phương. Để đạt được yêu cầu về cự ly cần phải thiết kế hệ thống đồng bộ cho vũ khí, trong đó, hệ thống động cơ chiếm vị trí, vai trò quan trọng. Hệ thống động cơ có nhiệm vụ đưa tên lửa đạt cự ly, đồng thời phải thỏa mãn điều kiện chế tạo phù hợp với công nghệ trong nước. Bài báo trình bày một phương án tính toán, thiết kế liều nhiên liệu và động cơ nhằm đáp ứng chỉ tiêu chiến kỹ thuật của tổ hợp vũ khí, có tính khả thi để sản xuất, chế tạo bằng công nghệ trong nước hiện nay.*

Từ khóa: Tên lửa; Động cơ tên lửa; Tổ hợp vũ khí phản lực có điều khiển tầm gần.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong chiến thuật tấn công cũng như phòng ngự chủ động, các loại vũ khí có điều khiển tầm gần (tầm bắn 30 km đến 120 km) có vai trò quan trọng, chúng có tác dụng răn đe, đánh phủ đầu đối phương.

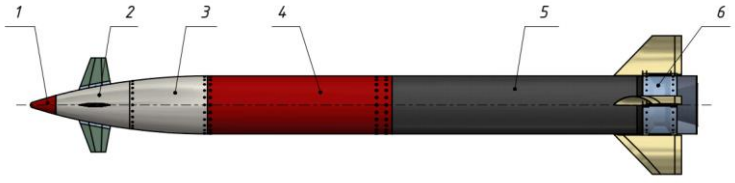
Trên thế giới đã có khá nhiều tổ hợp vũ khí phản lực có điều khiển tầm gần (VKPLĐKTG) có uy lực lớn với chi phí hợp lý. Tổ hợp Extra của Israel có tầm bay 25 km đến 150 km mang theo đầu đạn nặng 120 kg; Tên lửa BM-30 Smerch của Nga có tầm hiệu quả từ 20 km đến 90 km có tổng khối lượng 800 kg với vận tốc lớn nhất lớn hơn 3M; Tên lửa A-100/200 do Trung Quốc sản xuất có tầm bắn từ 40 km đến 100 km có khối lượng tổng thể 840 kg;... [1, 2, 7].

Quân đội ta chưa chủ động trang bị được các loại vũ khí nói trên, vì thế, việc nghiên cứu thiết kế và làm chủ công nghệ chế tạo loại vũ khí này là cần thiết và cấp bách. Bài báo trình bày về một phương án thiết kế động cơ sử dụng cho VKPLĐKTG có tính khả thi sản xuất bằng công nghệ trong nước.

2. TÍNH TOÁN XÁC ĐỊNH CHỈ TIÊU THIẾT KẾ ĐỘNG CƠ

2.1. Tính năng cơ bản tổ hợp vũ khí phản lực có điều khiển tầm gần

Từ khảo sát, phân tích một số tổ hợp VKPLĐKTG trên thế giới [1, 2, 7] được thống kê trên bảng 1. Đặt ra yêu cầu tổ hợp VKPLĐKTG có các thông số tính năng cơ bản như sau: tầm bắn 30 km đến 100 km, đường kính 300 mm, khối lượng nhỏ hơn 400 kg, thời gian bay 45 s đến 155 s, tốc độ lớn nhất 1020 m/s đến 1350 m/s, khối lượng phần chiến đấu 120 kg,... Hình dạng và sơ đồ phối trí tên lửa thuộc tổ hợp VKPLĐKTG như trên hình 1.



Hình 1. *Sơ đồ phối trí tên lửa thuộc tổ hợp VKPLĐKTG.*
1. Ngòi nổ; 2. Cơ cấu chấp hành- máy lái; 3. Hệ thống điều khiển;
4. Phần chiến đấu; 5. Động cơ; 6. Cụm cánh đuôi.

Tên lửa thuộc tổ hợp VKPLĐKTG là loại tên lửa tự hành được dẫn đường chính xác bằng hệ thống GPS/GLONASS và hệ thống dẫn đường quán tính INS.

Bảng 1. *Một số tổ hợp VKPLĐKTG điển hình.*

Tên tổ hợp (quốc gia)	Đường kính /chiều dài, m	Khối lượng, kg	Tầm xa, km	Vận tốc max, M	Động cơ	Kiểu dẫn đường
Extra (Israel)	0,306/4,43	501	25-150	~4	Động cơ nhiên liệu hỗn hợp năng lượng cao	INS + GNSS
BM-30 Smerch (Russia, 1989)	0,30/7,6	800	20-90	~3		GNSS + Gdata
A-100/200 (China, 2000)	0,30/7,3	840	40-100	~3		GNSS + Gdata
Fajr-5C (Iran, 2017)	0,333/6,48	907	30-75	~4.5		INS + GNSS
T-300 Kasirga (Turkey, 1998)	0,302/	585	30-120	~3		INS + GNSS
Vilkha-M (Ucraina, 2018)	0,30/7,6	800	20-125	~3.5		INS + GNSS

2.2. Tính toán xác định sơ bộ khối lượng nhiên liệu và thông số làm việc

Trong giai đoạn chuyển động tích cực, coi tên lửa chuyển động thẳng trong mặt phẳng bắn, coi lưu lượng phụt khí là hằng số, tên lửa chuyển động từ tốc độ V=0 đến tốc độ V_{max}, theo [4] (tr.41), mối quan hệ giữa μ_0 (tỷ số giữa khối lượng nhiên liệu ω_T và khối lượng của tên lửa) với vận tốc V_{max} được xác định theo biểu thức:

$$\mu_0 = \frac{\omega_T}{m_{TL}} = 1 - e^{\left(\frac{-V_{\max}}{\chi_{cp} I_1}\right)} \qquad \text{hay} \qquad \omega_T = m_{TL}\left(1 - e^{\left(\frac{-V_{\max}}{\chi_{cp} I_1}\right)}\right) \tag{1}$$

Thay các thông số tính năng cơ bản của tổ hợp VKPLĐKTG, tham khảo [1] giá trị của tên lửa [1]: hệ số tăng tốc $\chi_{cp} = 0,88$, xung đơn vị I_1=2350 N.s.

Giải hệ phương trình chuyển động của tên lửa giai đoạn chuyển động tích cực với các phương án lực đẩy P và thời gian làm việc của động cơ t_{lv} khác nhau:

$$\dot{V} = \frac{P}{m} - \frac{R_x}{m} - g\sin\theta; \quad \dot{\theta} = -\frac{g}{V}\cos\theta; \quad \dot{y} = V\sin\theta; \quad \dot{x} = V\cos\theta \tag{2}$$

Điều kiện ban đầu để tích phân hệ phương trình (2):

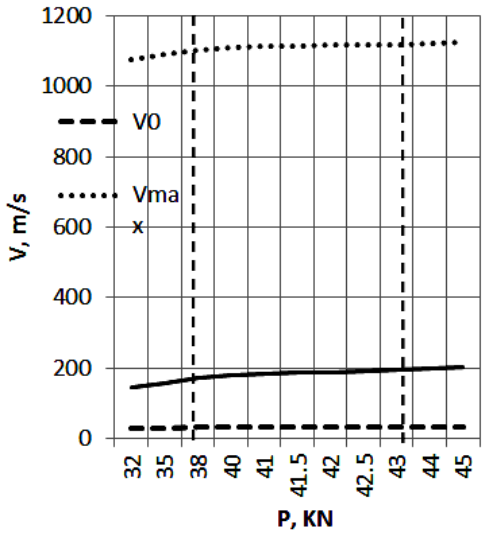
$$t = 0; \quad V = 0; \quad x = x_o = 0; \quad y = y_o = 0; \quad \theta = \theta_o = 45^0.$$

Kết quả tính toán xác định tốc độ rời bệ V_0, tốc độ V_{max}, gia tốc lớn nhất a_{max} theo các phương án lực đẩy và thời gian khác nhau (cố định khối lượng nhiên liệu) được trình bày trên bảng 2. Đồ thị mối quan hệ giữa các tham số chuyển động với các giá trị lực đẩy khác nhau được trình bày trên hình 2.

Từ số liệu trên bảng 2 và hình 2 cho thấy khoảng lực đẩy 40.000 N÷43.000 N là hợp lý vì: với lực đẩy nhỏ hơn, sơ tốc rời bệ (dưới 28 m/s) không đảm bảo tên lửa rời bệ ổn định. Với lực đẩy lớn hơn, gia tốc của tên lửa cao gây quá tải cho các trang thiết bị trên VKPLĐKTG.

Bảng 2. *Kết quả tính toán tham số chuyển động đoạn tích cực.*

P_{TB}, N	t_{lv}, s	V_0, m/s	V_{max}, m/s	a_{max},m/s^2
32000	11.26	28.3	1078.2	144.5
35000	10.31	29.7	1091.1	157.7
38000	9.48	31.0	1103.3	171.2
40000	9.01	31.8	1109.6	180.2
41000	8.79	32.2	1112.9	184.7
41500	8.68	32.4	1115.4	186.9
42000	8.58	32.6	1117.6	189.2
42500	8.48	32.7	1117.7	191.4
43000	8.38	32.9	1120.3	193.7
44000	8.19	33.3	1123.7	198.2
45000	8.01	33.7	1125.3	202.7

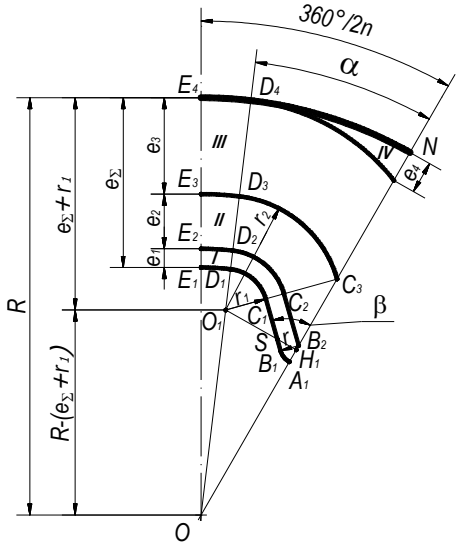


Hình 2. *Đồ thị sơ tốc, vận tốc lớn nhất và lực đẩy của tên lửa VKPLĐKTG.*

3. TÍNH TOÁN THIẾT KẾ SƠ BỘ ĐỘNG CƠ

3.1. Tính toán thiết kế liều nhiên liệu

Tương tự các động cơ sử dụng cho các tên lửa đã nêu trên bảng 1, lựa chọn nhiên liệu hỗn hợp cho tên lửa VKPLĐKTG. Theo các báo cáo, Việt Nam đã làm chủ việc chế tạo liều phóng sử dụng nhiên liệu hỗn hợp dưới dạng đúc với khối lượng liều nhiên liệu đến 120 kg, trong đó nhiên liệu NK-4 đã được chế tạo và thử nghiệm thành công ở các dải nhiệt độ khác nhau. Bài báo lựa chọn nhiên liệu NK-4 [5] làm cơ sở thiết kế liều nhiên liệu. Một số thông số đặc trưng cơ bản nhiên liệu NK-4 nêu trên bảng 3.



Hình 3. *Tham số rãnh sao: R - Bán kính thỏi nhiên liệu; r, r_1 lần lượt là bán kính đáy sao và bán kính đỉnh sao; e_Σ- Bề dày cháy toàn bộ; n - Số cánh sao; α - Góc nửa đỉnh sao; β - Góc nửa đáy sao.*

Bảng 3. *Thông số đặc trưng nhiệt động nhiên liệu NK-4.*

TT	Thông số	Ký hiệu	Đơn vị	NK-4
1	Nhiệt lượng	Q_e	*kJ/kg*	6284
2	Chỉ số mũ đoạn nhiệt	k		1,21
3	Nhiệt độ sản phẩm cháy (ở 10*MPa*)	T_1	*K*	3542
4	Hằng số khí của sản phẩm cháy	R	*J/kg.K*	422
5	Nhiệt dung riêng đẳng áp	c_p	*J/kg.K*	1947

Để đảm bảo lực đẩy lớn (>40.000 N) với thời gian dài (>8,8 s) trong khi đường kính động cơ nhỏ (300 mm), tương tự các liều phóng sử dụng cho VKPLĐKTG khác, liều phóng lựa chọn thiết kế có lõi dạng hình sao, mặt ngoài bọc chống cháy tiếp xúc với thành vỏ động cơ.

Theo [3], ở pha cháy thứ nhất, công thức tính diện tích đáy sao có dạng:

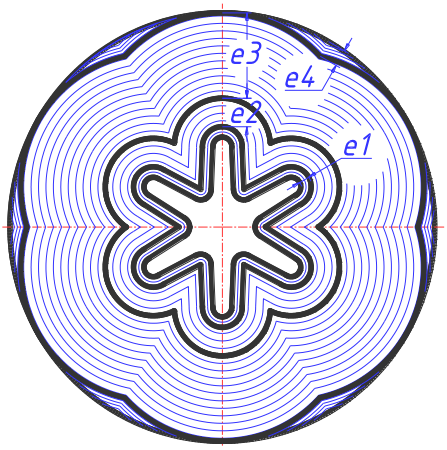
$$S_{sao} = \frac{2n\pi}{360^o}\left(\frac{360}{2n} - \alpha\right)\left(R - e_\Sigma\right)^2 + \frac{\pi}{360^o}\left(90^o + \alpha - \beta\right)r_1^2 + \frac{r_1^2 tg\beta}{2} + \frac{x^2 \sin 2\alpha}{4} - \frac{\left(x\dfrac{\sin\alpha}{\cos\beta} - \dfrac{r_1}{tg\alpha} - r_1 tg\beta\right)^2}{4}\sin 2\beta + \frac{r^2}{2tg\beta} - \frac{\pi r^2}{360^o}\left(90^o - \beta\right). \quad (3)$$

Chiều dài liều nhiên liệu được xác định:

$$L_{tp} = \frac{P\tau_{lv}}{I_r \rho_{nl}\left(\pi R^2 - S_{sao}\right)} \quad (4)$$

Nhập các thông số thiết kế sơ bộ vào (3): R = 143 mm; r = 7,0 mm; r_1 = 6,4 mm; e_Σ = 83 mm; n = 6; $\alpha = 30^0$; $\beta = 32{,}3^0$. Ta nhận được: S_{sao} = 4634,7 mm^2; L_{tp} = 1.460 m.

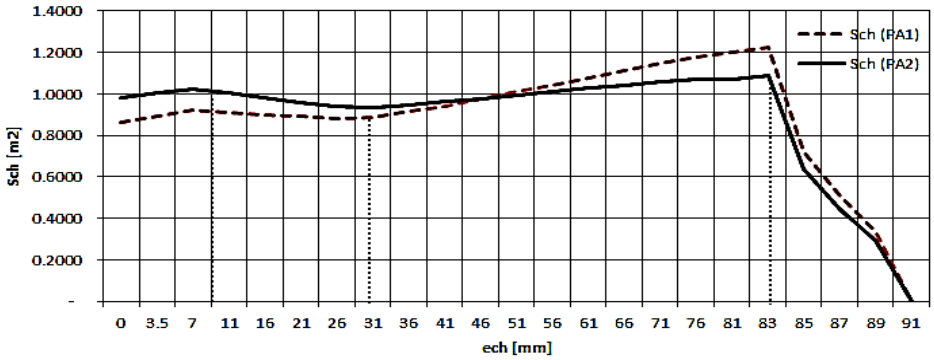
Sử dụng các công thức tính toán bề dày cháy theo từng pha và tính toán diện tích bề mặt theo [3] nhận được quy luật thay đổi diện tích bề mặt cháy mô tả trên hình 4 với hai phương án: Phương án 1 (PA1) liều nhiên liệu gồm 01 thỏi (dài 1460 mm); Phương án 2 (PA2) liều nhiên liệu gồm 2 thỏi (mỗi thỏi dài 730 mm).



Hình 4. *Quy luật cháy rãnh sao.*

Từ đồ thị hình 5 cho thấy, với phương án liều phóng gồm 2 thỏi dạng (PA2) có diện

tích bề mặt cháy tương đối đẳng diện $S_{ch} \approx 1{,}0$ m^2. Đồng thời, do khối lượng liều nhiên liệu khá lớn (153 kg) nhiều hơn khả năng chế tạo trên dây chuyền hiện có (120 kg). Do đó, bài báo lựa chọn liều dạng 2 modul, mỗi modul có chiều dài 730 mm, khối lượng 76,6 kg.



Hình 5. *Đồ thị quy luật cháy.*

Để đảm bảo đạt được thời gian làm việc của động cơ như đã xác định, trong khi bề dày cháy lớn nhất e_Σ đã xác định, tốc độ cháy của thuốc phóng phải được điều chỉnh với hệ số ξ_c phù hợp. Từ quy luật tốc độ cháy $u = \xi_c u_1 p^\nu$, với $u = e_\Sigma / t_{lv}$ ta có:

$$\xi_c = \frac{u}{u_1 p^\nu} = \frac{e_\Sigma}{t_{lv} u_1 p^\nu} = 0{,}572$$

Các thông số u_1, ν lấy theo nhiên liệu NK-4 với áp suất làm việc $p_k = 80.10^5$ Pa. Như vậy, nhiên liệu sử dụng cho động cơ tên lửa VKPLĐKTG cần phải bổ sung phụ gia để giảm tốc độ cháy: $u = 6{,}315.10^{-4} p^{0{,}1708}$.

3.2. Tính toán xác định các thông số kết cấu loa phụt

Theo [3], diện tích F_{th} và đường kính D_{th} tiết diện tới hạn loa phụt được xác định theo công thức:

$$F_{th} = \frac{S_{ch} u_1 \rho_T \sqrt{\chi R T_1}}{K_0(k)\, p_k^{1-\nu}}, \quad D_{th} = \sqrt{\frac{4F_{th}}{\pi}}, \tag{5}$$

Trong đó: χ là hệ số tính đến ảnh hưởng pha rắn sản phẩm cháy nhiên liệu hỗn hợp (với NK-4 có $\chi = 0{,}87$); $K_0(k)$ là hàm của chỉ số mũ đoạn nhiệt:

$$K_o(k) = \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{2(k-1)}} \sqrt{k}$$

Từ đó, xác định được diện tích F_a và đường kính D_a tiết diện cửa ra loa phụt:

$$F_a = F_{th} \cdot \frac{\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{1}{k-1}} \cdot \sqrt{\frac{k-1}{k+1}}}{\sqrt{\left(\frac{p_a}{p_k}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_a}{p_k}\right)^{\frac{k+1}{k}}}}; \qquad D_a = \sqrt{\frac{4F_a}{\pi}} \tag{6}$$

3.3. Tính toán các tham số làm việc của động cơ

Phù hợp với các giả thiết cơ bản, các tham số làm việc của động cơ tên lửa VKPLĐKTG được tính toán bởi hệ phương trình vi phân [3]:

$$\begin{cases} \dfrac{dp}{dt} = \dfrac{(k-1)}{V} Q_{\Sigma} - \dfrac{p}{V}\dfrac{dV}{dt}; \\ \dfrac{dT}{dt} = \dfrac{T}{pV}(k-1)\left[Q_{\Sigma} - \dfrac{RT}{k-1}.(\dot{m}_{m+} + \dot{m}_{+} - \dot{m}_{-}) \right]; \\ \dfrac{dV}{dt} = \dfrac{\dot{m}_{m+}}{\rho_m} + \dfrac{\dot{m}_{+}}{\rho_T}; \\ \dfrac{de}{dt} = u_1.p^{\nu}; \\ \dfrac{de_m}{dt} = u_m = u_{1m} p^{\nu_m}. \end{cases} \tag{7}$$

Điều kiện đầu đối với hệ, khi $t = 0$:

$$p = p_0; \quad T = T_0; \quad V = V_0; \quad e_m = 0; \quad e = 0 \tag{8}$$

và các biểu thức, phương trình bổ sung:

+ Nhiệt lượng toàn phần của động cơ:

$$Q_{\Sigma} = Q_m \dot{m}_{m+} + Q_e \dot{m}_{+} - k\varepsilon \dot{m}_{-} \tag{9}$$

+ Biểu thức xác định lưu lượng sinh khí của liều nhiên liệu:

$$\dot{m}_{+} = \frac{dm}{dt} = \rho_T.S_{ch}(e).u_1.p^{\nu} \tag{10}$$

+ Biểu thức xác định lưu lượng sinh khí của liều mồi:

$$\dot{m}_{m+} = \frac{dm_m}{dt} = \begin{cases} \dfrac{3m_{0m}(e_{0m} - e_m)^2}{e_{0m}^3} u_m \quad khi\ e_m \le e_{m0} \\ 0 \quad khi\ e_m > e_{m0} \end{cases} \tag{11}$$

+ Biểu thức xác định lưu lượng phụt khí:

$$\dot{m}_{-} = \frac{\varphi_2 K_o(k) F_{th} p}{\sqrt{RT}} \tag{12}$$

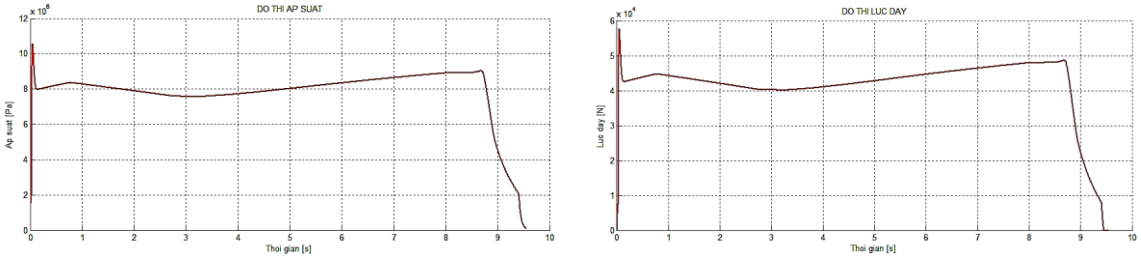
+ Lực đẩy của động cơ:

$$P = C_p.F_{th}.p \tag{13}$$

Trong đó: C_p - Hệ số lực đẩy của động cơ; T_0, T_n - Nhiệt độ ban đầu và nhiệt độ tiêu chuẩn; p, V - Áp suất và thể tích tự do của buồng đốt; p_0, V_0 - Áp suất ban đầu và thể tích tự do ban đầu của buồng đốt; e, e_m lần lượt là bề dày cháy của thuốc phóng và thuốc mồi tại thời điểm t; m_{0m}, e_{0m}, u_m tương ứng khối lượng ban đầu, bề dày dáy lớn nhất và tốc độ cháy của thuốc mồi.

Giải hệ phương trình (7) bằng phương pháp Runge-Kutta với điều kiện đầu (8) và các thông số kết cấu liều phóng, kết cấu loa phụt đã tính trên, xác định được các thông số

làm việc của động cơ (bảng 4). Đồ thị áp suất *p(t)*, lực đẩy *P(t)* của động cơ tên lửa VKPLĐKTG trên hình 6.



Hình 6. *Đồ thị áp suất và lực đẩy động cơ.*

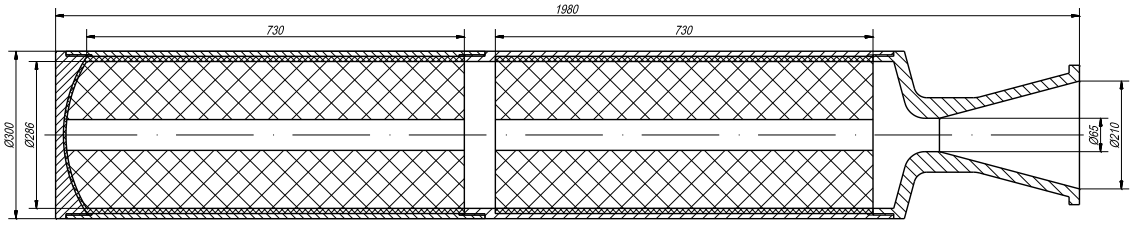
Bảng 4. *Các thông số làm việc của động cơ tên lửa VKPLĐKTG.*

TT	Thông số	Đơn vị	Giá trị	Chỉ tiêu
1	Áp suất lớn nhất	Pa	105.10^5	
2	Áp suất trung bình	Pa	78.10^5	80.10^5
3	Lực đẩy trung bình	N	41.500	40.000÷ 43.000
4	Thời gian cháy	s	8,70	8,38÷9,01
5	Thời gian hoạt động	s	9,38	
6	Tổng xung	N.s	396.370	388.000÷410.000

Nhận xét: Các tham số làm việc của động cơ khá phù hợp với chỉ tiêu làm việc của động cơ đã xây dựng (đã nêu trên mục 2). Trong giai đoạn động cơ làm việc ổn định, áp suất và lực đẩy của động cơ thay đổi không nhiều. Như vậy, phương án thiết kế liều nhiên liệu dạng có hình sao có hình dạng mặt cắt ngang như mô tả trên hình 4 với các tham số có thể chấp nhận được.

3.4. Đề xuất thiết kế sơ bộ kết cấu động cơ

Phương án kết cấu sơ bộ động cơ sử dụng cho tên lửa VKPLĐKTG được mô tả trên hình 7.



Hình 7. *Kết cấu sơ bộ động cơ.*

Liều nhiên liệu có dạng hai modul, mỗi modul có khối lượng 76,5 kg được nhồi trực tiếp vào lớp chống cháy và phần vỏ động cơ. Vỏ động cơ gồm thân trước và thân sau được ghép bằng mối ghép ren, phần mối ghép ren được bảo vệ bởi lớp cách nhiệt nằm giữa hai modul liều nhiên liệu.

4. ĐÁNH GIÁ VỀ KHẢ NĂNG GIA CÔNG CHẾ TẠO

- Nhiên liệu và liều nhiên liệu: Nhiên liệu đề xuất có thành phần và đặc trưng năng lượng tương tự nhiên liệu NK-4 đã sản xuất ổn định trong nước. Điểm khác biệt lớn nhất là tốc độ cháy của nhiên liệu đề xuất thấp hơn nhiên liệu NK-4 (bằng 57,2% tốc độ cháy của NK-4). Việc điều chỉnh tốc độ cháy có thể thực hiện được bằng việc thay đổi phụ gia

tốc độ cháy với tỷ lệ phù hợp. Liều nhiên liệu đề xuất có dạng modul, mỗi modul có khối lượng 76,5 kg nhỏ hơn rất nhiều khối lượng liều nhiên liệu có thể sản xuất của Tổng cục CNQP (64%), vì vậy có tính khả thi cao sản xuất bằng công nghệ trong nước.

- Lớp chống cháy, cách nhiệt: Hiện nay, các đơn vị nghiên cứa trong nước đã chế tạo thành công lớp chống cháy, cách nhiệt cho liều nhiên liệu tên lửa sử dụng NK-4 với thời gian làm việc ≈ 9 s bằng thời gian làm việc của tên lửa đề xuất (8,7 s). Do đó, có thể nghiên cứu phát triển trên nền công nghệ hiện có để sử dụng cho liều nhiên liệu tên lửa VKPLĐKTG có đường kính lớn hơn.

- Vỏ động cơ và loa phụt: Đề tài [4] đã nghiên cứu chế tạo thành công loa phụt tên lửa bằng vật liệu compozit cacbon-cacbon. Kết quả thử nghiệm trên động cơ sử dụng nhiên liệu hỗn hợp có thời gian làm việc đến 9 s (d_{th} = 14,5 mm) đạt yêu cầu kỹ thuật đề ra. Trên cơ sở kết quả nghiên cứu này có thể phát triển nghiên cứu sử dụng cho loa phụt có đường kính tiết diện tới hạn lớn hơn (d_{th} = 65 mm). Công nghệ gia công chế tạo vỏ động cơ chịu áp suất lớn, thời gian làm việc dài đã được nghiên cứu, chế tạo và thử nghiệm thành công cho nhiều sản phẩm động cơ, vì vậy, có tính khả thi áp dụng cho sản phẩm động cơ đề xuất.

5. KẾT LUẬN

Từ các yêu cầu chiến-kỹ thuật đặt ra với tổ hợp VKPLĐKTG, bài báo đã xác định được các chỉ tiêu thiết kế động cơ: khối lượng nhiên liệu, lực đẩy, thời gian làm việc,... Bám sát các chỉ tiêu đặt ra, cùng với việc khảo sát năng lực chế tạo liều nhiên liệu hỗn hợp, bài báo đã đề xuất được phương án thiết kế kết cấu liều nhiên liệu và thiết kế sơ bộ kết cấu động cơ sử dụng cho tên lửa VKPLĐKTG.

Kết quả tính toán các thông số làm việc của động cơ cho thấy phương án thiết kế liều nhiên liệu vừa đáp ứng được chỉ tiêu đặt ra đối với động cơ, vừa đảm bảo có thể được sản xuất được bằng công nghệ trong nước. Tính hợp lý của phương án đề xuất thể hiện ở khả năng nghiên cứu chế tạo các kết cấu khác của động cơ như: chống cháy, cách nhiệt, loa phụt, vỏ động cơ,...

Tuy nhiên, việc đề xuất phương án kết cấu động cơ mới là giai đoạn tiền khả thi của quá trình nghiên cứu. Với đặc điểm động cơ có kích thước, khối lượng lớn, cần phải nghiên cứu, tính toán kỹ hơn các quá trình xảy ra trong buồng đốt cũng như nghiên cứu phát triển các công nghệ hiện có thể sử dụng cho động cơ kiểu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. *"Thuyết minh kỹ thuật và hướng dẫn sử dụng tên lửa Extra"*, Lữ đoàn 685/Quân chủng Hải quân (2014).

[2]. Đề xuất chuyển giao công nghệ chế tạo tên lửa đa dụng (MPM-TOT), Israel Military Industries Ltd.

[3]. Lê Song Tùng và các tác giả (2013), *"Tính toán thiết kế động cơ tên lửa nhiên liệu rắn"*, Viện Khoa học và Công nghệ Quân sự, Hà Nội.

[4]. Báo cáo kết quả đề tài VAST.TĐ.QP. 01/17-19 thuộc dự án KHCN trọng điểm quốc gia: *"Nghiên cứu công nghệ chế tạo vật liệu compozit cacbon-cacbon ứng dụng trong động cơ tên lửa nhiên liệu rắn hỗn hợp"*, Viện Hàn lâm KHVN.

[5]. Báo cáo kết quả đề tài cấp nhà nước: *"Nghiên cứu chế tạo thỏi nhiên liệu tên lửa hỗn hợp X cho động cơ hành trình tên lửa phòng không Igla"*.

[6]. Липанов А.М., Алиев А.В. (1995), *"Проектирование ракетных двигателей твёрдого топлива"*, М.: Машиностроение, tr. 38-44.
[7]. Wikipedia: https://vi.wikipedia.org.

ABSTRACT

ABOUT A DESIGN PROJECT OF SOLID FUEL ENGINE USE FOR SHORT-RANGE TACTICAL MISSILE

Short-range tactical missile is used alone with a normal range from 30km to 120km carrying warheads of small and medium explosive mass to destroy military targets in the enemy's tactical depth. In order to achieve the requirements of the range, it is necessary to design a weapon system, in which the rocket engine plays an important role. The rocket engine is responsible for bringing the missile to a distance, and can be made with domestic technology. The article presents a design project the dose of fuel and rocket engine to meet the technical criteria of the weapon complex, which is feasible for production and manufacturing using domestic technology.

Keywords: Rocket; Rocket engine; Short-range tactical missile.

Nhận bài ngày 15 tháng 6 năm 2021
Hoàn thiện ngày 21 tháng 9 năm 2021
Chấp nhận đăng ngày 24 tháng 9 năm 2021

Địa chỉ: Viện Tên lửa, Viện Khoa học và Công nghệ quân sự.
*Email: buidinhtantb@gmail.com.