

Nghiên cứu thiết kế thành phần mìn nhiên liệu cho động cơ xuất phát

Lê Viết Hà*, Nguyễn Văn Hùng, Nguyễn Đức Long, Trần Hữu Thành

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

*Email: lochamta@gmail.com

Nhận bài: 03/7/2024; Hoàn thiện: 16/9/2024; Chấp nhận đăng: 18/9/2024; Xuất bản: 14/10/2024.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.IPE.2024.89-95>

TÓM TẮT

Nghiên cứu trình bày kết quả khảo sát, chế thử mẫu nhiên liệu động cơ xuất phát và đánh giá khả năng chế tạo tại Việt Nam. Mẫu nhiên liệu được chế tạo bao gồm NC, NG, DNT, Xentralit-2, CaCO₃, vazolin và PbO. Các kết quả đo đặc trưng năng lượng, xạ thuật cho thấy mẫu nhiên liệu gồm (55,0÷57,0)% NC, (27,0÷29)% NG, (8,0÷10,0)% DNT, (2,0÷4,0)% Xentralit-2, (1,0÷1,5)% PbO, (1,0÷1,5)% CaCO₃, (1,0÷1,3)% vazolin có đặc trưng hóa lý, năng lượng tương đương với mẫu nhiên liệu của nước ngoài. Đây là cơ sở quan trọng trong việc xây dựng các chỉ tiêu hóa lý, năng lượng cho thử nhiên liệu ballistit của động cơ xuất phát.

Từ khóa: Thuốc phóng ballistit; Bài toán thuật phóng trong; Tính chất năng lượng; Xạ thuật.

1. MỞ ĐẦU

Trong tác chiến hiện đại, lực lượng hải quân đóng vai trò hết sức quan trọng, trong đó có các tổ hợp tên lửa đối hải đa dạng, đóng vai trò chủ đạo, hình thành nên sức mạnh của lực lượng hải quân. Tên lửa P là loại tên lửa đối hải điều khiển có cánh sử dụng để tấn công tiêu diệt các mục tiêu mặt nước của địch. Tên lửa P được trang bị tổ hợp động cơ bao gồm 2 động cơ xuất phát (động cơ phản lực nhiên liệu rắn) được nối ghép với nhau bằng thanh giằng, hai động cơ ngắt tầng và các bộ phận khác.

Hiện nay, phần lớn tên lửa do thời gian bảo quản đã lâu và do điều kiện khí hậu khắc nghiệt của nước ta nên số lượng tên lửa bị xuống cấp là khá lớn, đặc biệt là các thử nhiên liệu của động cơ xuất phát. Qua tìm hiểu tài liệu, cũng như thông qua khảo sát sơ bộ động cơ xuất phát cho thấy thử nhiên liệu thuộc loại nhiên liệu ballistit (thuốc phóng 2 góc năng lượng NC-NG), màu cánh dán, chưa rõ mìn thuốc phóng.

Thành phần mìn thuốc phóng ballistit được trình bày ở bảng 1 [1].

Bảng 1. Thành phần của một số loại thuốc phóng ballistit.

TT	Thành phần, (%)	Ký hiệu mìn nhiên liệu						
		NDT-3	H	HM-2	RSI-12K	RNDSI	ΦCF -2	ΦΓ
1	Nitroxenlulo	55,5	56,5	54	55,5	58,0	55,0	55,5
2	Nitroglyxerin	26,5	28,0	27,0	27	16,5	29,3	28,5
3	Nitrodiglycol	-	-	-	-	15,0	-	-
4	Xentralit	3,0	3,0	-	3,0	3,0	3,0	3,0
5	Dinitrotoluen	9,0	11,0	15,0	11,0	4,0	10,0	10,0
6	Dibutylphtalat	4,5	-	-	-	-	-	-
7	Vazolin	1,0	1,0	2,0	1,0	1,0	1,3	1,0
8	Phtalat chì	-	-	-	-	-	0,9	1,0
9	Magie oxit	-	-	2,0	-	-	-	-

TT	Thành phần, (%)	Ký hiệu mức nhiên liệu						
		NDT-3	H	HM-2	RSI-12K	RNDSI	ΦCF -2	ΦΓ
10	Chì oxit	-	-	-	1,0	1,0	-	-
11	CaCO ₃	-	-	-	1,0	1,0	-	-
12	Than kỹ thuật	-	-	-	-	-	0,5	0,5
13	Hàm ẩm	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,7	0,5

Bài báo này trình bày kết quả khảo sát, nghiên cứu chế thử mẫu nhiên liệu động cơ xuất phát và đánh giá khả năng chế tạo tại Việt Nam.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Vật tư, hóa chất

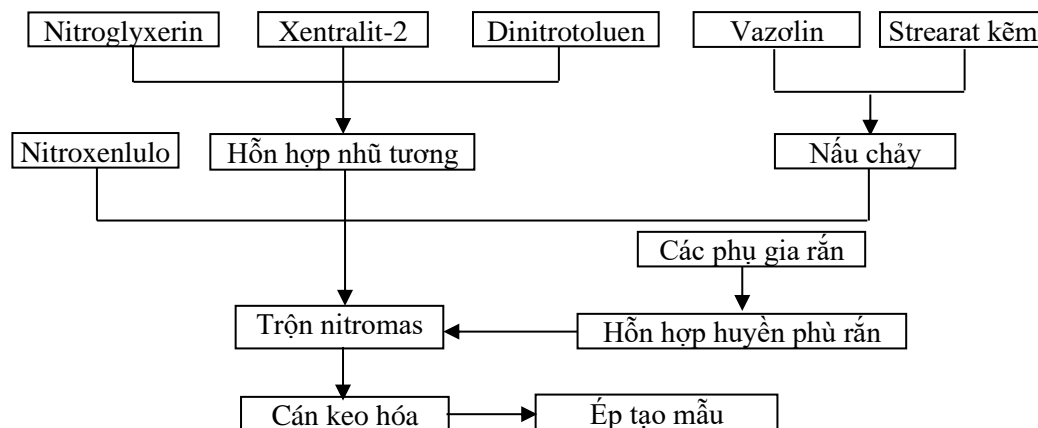
- Nitroxenlulo (NC): hàm lượng N, %: 12,09; hàm lượng tro, %, không lớn hơn: 0,5; xuất xứ: Việt Nam;
- Nitroglycerin (NG): độ an định Abel ở 72 °C, phút, không nhỏ hơn: 30; độ pH: 7÷9; xuất xứ Việt Nam;
- Xentralit-2: Hàm ẩm, %, không lớn hơn: 0,5; hàm lượng anilin, %, không lớn hơn: 0,26; Xuất xứ: Trung Quốc;
- Dinitrotoluen (DNT): Hàm MNT, %, không lớn hơn 1,0; hàm lượng tro, %, không lớn hơn: 0,04; Xuất xứ: Việt Nam;
- Vazolin: Hàm lượng các chất bay hơi, %, không lớn hơn: 0,5; xuất xứ: Trung Quốc.
- Kẽm stearat: Hàm ẩm, %, không lớn hơn: 2,0; xuất xứ: Trung Quốc;
- Chì oxit (PbO): xuất xứ Trung Quốc;
- Canxi cacbonat (CaCO₃): xuất xứ Trung Quốc.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp chế tạo mẫu nhiên liệu

Mẫu nhiên liệu được chế tạo theo sơ đồ hình 1 [2-4]. Bao gồm các bước cơ bản:

- Chuẩn bị nguyên liệu đầu (NC, NG, DNT, Xentralit-2, CaCO₃, vazolin và PbO);
- Chuẩn bị nhũ tương vazolin và stearat kẽm;
- Chuẩn bị huyền phù chất rắn CaCO₃ và PbO;
- Chuẩn bị hỗn hợp 3 thành phần (NG, DNT, Xentralit-2);
- Trộn nitromass;
- Cán keo hóa và ép tạo mẫu.



Hình 1. Sơ đồ công nghệ chế tạo mẫu.

2.2.2. Phương pháp phân tích, đo đạc

- Xác định hàm lượng NG, DNT, xentralit theo TCVN/QS 755:2013;
- Xác định hàm lượng chì phtalat theo quy trình phòng thí nghiệm;
- Phân tích ICP/OES kim loại (Ca, Pb, Mg, Ti) theo TCVN 9556-2:2013;
- Xác định nhiệt lượng cháy của nhiên liệu theo TCVN/QS 889:2019.
- Xác định tốc độ cháy của nhiên liệu theo TCVN/QS 888:2019.
- Xác định hàm ẩm của thuốc phóng theo TQSA 1275:2006
- Xác định độ an định hóa học Vi ây theo TQSA 418:2006;
- Xác định khối lượng riêng nhiên liệu theo TQSA 1282:2006.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả khảo sát thời nhiên liệu động cơ xuất phát

Khảo sát kích thước thời nhiên liệu của động cơ xuất phát, kết quả được thể hiện ở bảng 2.

Bảng 2. Kích thước thời nhiên liệu khảo sát.

TT	Nội dung kiểm tra	Theo tài liệu [2]	Thực tế khảo sát
1	Số lượng thời nhiên liệu	14	14
2	Kích thước thời nhiên liệu		
	- Đường kính ngoài, mm	121	121,4
	- Đường kính trong, mm	61	60,2
	- Chiều dài, mm	766	763,0
3	Khối lượng thời nhiên liệu, kg	-	10,50

Tiến hành phân tích mẫu nhiên liệu được lấy từ động cơ xuất phát, kết quả được thể hiện ở bảng 3.

Bảng 3. Kết quả phân tích mẫu nhiên liệu của nước ngoài.

TT	Thông số	Đơn vị tính	Kết quả
1	Nhiệt lượng cháy	Cal/g	850,6
2	Thể tích khí cháy	ml/g	936,8
3	Tốc độ cháy tại áp suất:		
	60 at	mm/s	8,34
	80 at	mm/s	9,94
	100 at	mm/s	10,5
4	Mật độ	g/cm ³	1,59
5	Hàm lượng các thành phần		
-	NG	%	26,1
-	DNT	%	8,61
-	Xentralit-2	%	3,08
-	Ca	%	0,5545
-	Pb	%	0,8197
-	Mg	%	0,0106
-	Ti	%	0,0057
-	NC và các chất còn lại	%	-

Kết quả phân tích thành phần mẫu nhiên liệu của nước ngoài cho thấy, thành phần chính của mác nhiên liệu là NC, NG, DNT, Xen 2, sử dụng xúc tác cháy là hợp chất của chì, ổn định cháy là hợp chất của canxi. Trong thành phần không có hợp chất chứa Mg và Ti (0,01% và 0,0057% có thể do sai số phép đo), do đó, có thể loại bỏ khả năng sử dụng MgO và TiO₂ trong vai trò xúc tác cháy. Như vậy, căn cứ vào kết quả phân tích và các mác nhiên liệu ballistit thường được sử dụng trong Quân đội của nước ngoài cho thấy, đây là nhiên liệu ballistit hệ RSI.

Sử dụng phần mềm Origin xây dựng phương trình của tốc độ cháy phụ thuộc vào áp suất $U = U_0 p^\nu$, với các giá trị tốc độ cháy tại áp suất 6 MPa, 8 MPa và 10 MPa tương ứng là 8,34; 9,94 và 10,50 mm/s, thu được kết quả, $U_0 = 1,29381 \times 10^{-3}$ m/s; $\nu = 0,45837$.

Phương trình cháy của thuốc phóng Nga: $U = 1,29381 \times 10^{-3} \cdot P^{0,45837}$ (m/s, Pa)

Phương trình cháy này có hệ số ν nhỏ, chứng minh khả năng cháy ổn định của mìn thuốc phóng trong động cơ [5, 6]. Phương trình cháy này rất quan trọng trong việc xác lập đơn thành phần nhiên liệu và tính toán bài toán thuật phóng trong cho động cơ.

3.2. Tính toán, xác lập đơn thành phần mẫu nhiên liệu

Trên cơ sở mẫu phân tích của nước ngoài, nhóm nghiên cứu đã tiến hành tính toán, xác lập đơn thành phần theo các phương án để đạt được chỉ tiêu thuật phóng tương đương. Sử dụng phần mềm Real tiến hành tính toán xây dựng 03 đơn thành phần M1, M2, M3 theo bảng 4.

Bảng 4. Một số phương án thiết kế đơn thành phần nhiên liệu.

TT	Tên thành phần	Hệ số nhiệt-hóa β , KJ/%	Hệ số α , lít/%	Mẫu nhiên liệu			
				Nga	M1	M2	M3
1	Nitroxenlulo	37,3696	9,3059	58,43	57	55,6	55,0
2	Nitroglyxerin	73,27	6,9	26,10	26,88	27,0	27,9
3	Xentralit-2	-92,11	22	3,08	3,08	3,13	3,2
4	Dinitrotoluen	-4,19	13,55	8,61	8,8	10,1	9,5
5	Vazolin	-136,08	32	1,00	1,135	1,07	1,3
6	Nước	0	12,4	0,50	0,50	0,50	0,50
7	CaCO ₃	0	0	1,38	1,40	1,40	1,40
8	PbO	0	0	0,90	1,00	1,10	1,20
9	Kẽm stearat	0	0	0,05	0,05	0,05	0,05
-	Nhiệt lượng, Cal/g						
+	Tính toán			869,4	865,7	854,92	857,0
+	Đo đạc			850,60	872,0	850	846,9
	Thể tích khí, ml/g						
+	Tính toán			946,46	946,67	949,6	951,2
+	Đo đạc			850,00	-	920,4	943,0
-	Mật độ, g/cm³			1,59	-	-	1,59
-	Tốc độ cháy, mm/s						
+	U ₆₀			8,34	-	-	8,72
+	U ₈₀			9,94	-	8,9	10,10
+	U ₁₀₀			10,5	9,99	9,7	10,50

Mẫu M1 được thiết lập dựa trên kết quả phân tích mẫu của nước ngoài, tuy nhiên, nhằm đảm bảo yếu tố công nghệ, nhóm nghiên cứu quyết định điều chỉnh một số thành phần một lượng không lớn. Kết quả phân tích tốc độ cháy cho thấy, mẫu M1 có tốc độ cháy U₁₀₀ nằm trong dải cho phép (u₁₀₀ = 9,9 mm/s), tuy nhiên, nhiệt lượng mẫu M1 tương đối lớn (872 cal/g), đòi hỏi nhóm nghiên cứu phải điều chỉnh giảm giá trị nhiệt lượng và không làm thay đổi giá trị tốc độ cháy. Mặt khác, cần điều chỉnh thành phần để đảm bảo yếu tố công nghệ hơn. Phương án đưa ra là giảm thành phần

NC và tăng DNT, PbO (mẫu M2). Kết quả phân tích nhiệt lượng, thể tích khí, cơ bản mẫu M2 đạt các giá trị tương đương với sản phẩm của nước ngoài, tuy nhiên, giá trị tốc độ cháy vẫn đang ở cận dưới ($u_{100} = 9,7$ mm/s). Do đó, cần tiếp tục giữ giá trị nhiệt lượng và điều chỉnh tốc độ cháy. Nhóm nghiên cứu đã điều chỉnh một số thành phần NC, NG, PbO và Xentralit-2 để tăng tốc độ cháy (bảng 4). Kết quả phân tích cho thấy, mẫu M3 các đặc trưng hóa lý, năng lượng tương đương mẫu của nước ngoài. Tác giả quyết định sử dụng đơn thành phần này cho các nghiên cứu tiếp theo.

Thiết lập phương trình cháy của thuốc phóng mẫu M3:

$$U = 12,93 \cdot 10^{-3} \cdot P^{0,41745} \text{ (m/s, Pa)}$$

Phương trình cháy này có hệ số v nhỏ hơn của mẫu nước ngoài do có hàm lượng xúc tác cháy lớn hơn, chứng minh khả năng cháy ổn định của mìn thuốc phóng trong động cơ.

3.3. Tính toán thuật phóng trong

Số liệu đầu vào của bài toán thuật phóng trong của động cơ xuất phát được thể hiện như trong bảng 5 [5-6].

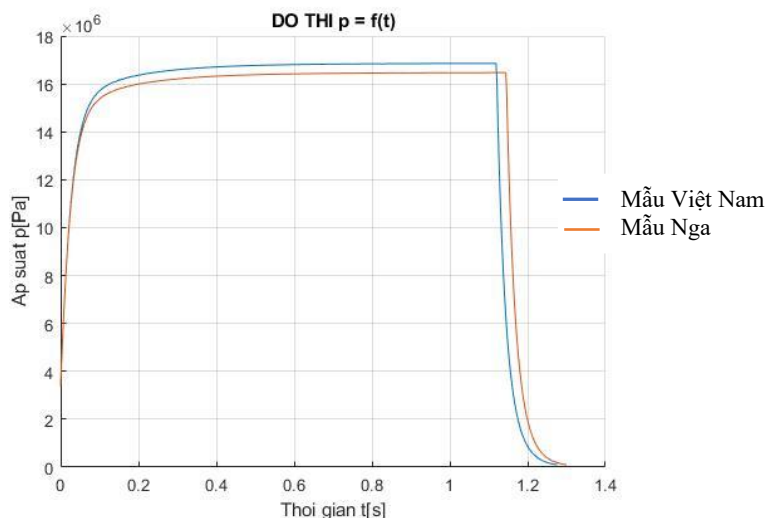
Bảng 5. Các đại lượng sử dụng trong chương trình thuật phóng trong.

TT	Các đại lượng	Ký hiệu		Đơn vị đo	Giá trị
		Trong hệ phương trình	Trong chương trình		
1	Mật độ thanh thuốc phóng	ρ_T	mdtp	kg/m ³	1590
2	Tổn thất lưu lượng	φ_2	phi2		0,92
3	Chiều dài thanh thuốc phóng	L	Ltp	m	1,526
4	Đường kính ngoài thanh thuốc phóng	D	dn	m	0,1214
5	Đường kính trong thanh thuốc phóng	d	dtr	m	0,0602
6	Đường kính tiết diện tới hạn	d_{th}	dth	m	0,117
7	Lực thuốc phóng	f_0	f0	J.m/kg	851
8	Số mũ của quy luật tốc độ cháy	v	nuy		0,273
9	Hệ số quy luật cháy thanh thuốc phóng (có lỗ)	u_{11}	u1	m/s/pa	$12,93 \cdot 10^{-3}$
10	Đường kính trong thân động cơ	D_k	dk	m	0,375
11	Chiều dài thân động cơ	L_k	lk	m	1,675
12	Số mũ đoạn nhiệt	k	kn		1,25
13	Hệ số ổn định nhiệt của áp suất	k_T	kt		0,002
14	Số loa phụt	slf	slf	cái	1
15	Nhiệt độ tiêu chuẩn	T_0	Tbdc	Độ K	273
16	Nhiệt độ ban đầu	T_{bd}	Tbd	Độ K	278 313

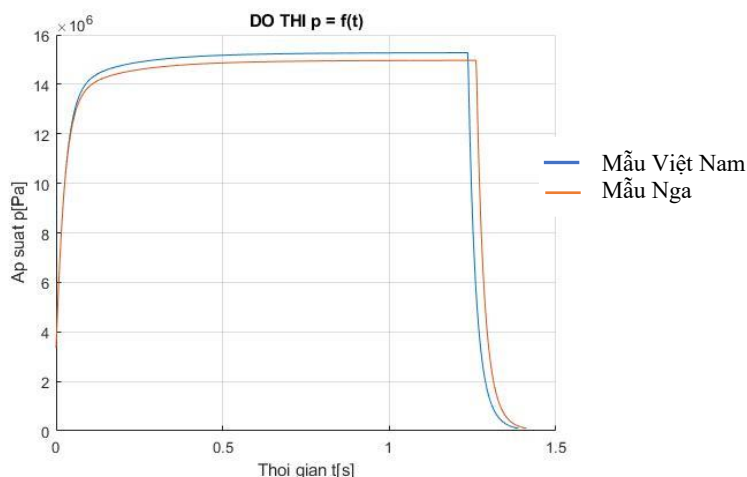
Bảng 6. Kết quả tính toán thuật phóng trong động cơ xuất phát.

TT	Các đại lượng	Kí hiệu	Đơn vị	Yêu cầu	Giá trị	
					+40°C	+5°C
1	Thời cháy của thuốc phóng	t	s	-	1,111	1,226
2	Thời gian làm việc của động cơ	t _c	s	≤1,55	1,268	1,379
3	Áp suất lớn nhất	P _{max}	MPa	23,2	17,3	15,7
4	Áp suất làm việc trung bình	P _{tb}	MPa	-	17,1	15,5

a. 5 °C



b. 40 °C



Hình 2. Đồ thị quy luật thay đổi áp suất theo thời gian của động cơ xuất phát ở các nhiệt độ +5 °C, +40 °C so sánh với mẫu Nga.

Như vậy, phân tích đồ thị áp suất - thời gian cho thấy, mức nhiên liệu do nhóm tác giả nghiên cứu theo mẫu hoàn toàn đáp ứng yêu cầu đặt ra

3.4. Đánh giá khả năng chế tạo thử nhiên liệu động cơ xuất phát tại Việt Nam

Trên đây chuyên sản xuất thuốc phóng hình ống của Việt Nam đã chế tạo thử nhiên liệu dùng cho động cơ đạn phân lực (ĐPL). Kết quả so sánh kích thước của thử nhiên liệu động cơ đạn phân lực và động cơ xuất phát được thể hiện tại bảng 7.

Bảng 7. So sánh kích thước thời nhiên liệu động cơ đạn phản lực và động cơ xuất phát.

TT	Thời nhiên liệu ballistit	Kích thước thời nhiên liệu			Tiết diện ngang, mm ²
		Đường kính ngoài, mm	Đường kính trong, mm	Chiều dài, mm	
1	ĐPL	104	20	902	8177
2	P	121,4	61	768	8648

So sánh kích thước thời nhiên liệu cho thấy, thời nhiên liệu động cơ đạn phản lực có kích thước chiều dài lớn hơn và đường kính trong nhỏ hơn, trong khi thời nhiên liệu cho động cơ xuất phát có đường kính ngoài lớn hơn. Trên cơ sở tính toán và thực nghiệm ép tại đơn vị cho thấy khả năng triển khai ép thời thuốc phóng do Việt Nam chế tạo trên dây chuyền công nghệ của Nhà máy Z là khả thi, tuy nhiên có thể cần phải thay đổi một số trang bị công nghệ và điều chỉnh chế độ ép.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày kết quả khảo sát mẫu nhiên liệu của nước ngoài, đo đạc các thông số: Nhiệt lượng cháy, tốc độ cháy, thành phần, mật độ. Đã tính toán lập được đơn thành phần và chế tạo các mẫu nhiên liệu động cơ xuất phát trong phòng thí nghiệm. Các kết quả đo đạc đặc trưng năng lượng, xạ thuật cho thấy mẫu nhiên liệu gồm: (55,0÷57,0)% NC, (27,0÷29)% NG, (8,0÷10,0)% DNT, (2,0÷4,0)% xentralit-2, (1,0÷1,5)% PbO, (1,0÷1,5)% CaCO₃, (1,0÷1,3)% vazolin có các đặc trưng hóa lý, năng lượng tương đương với mẫu nhiên liệu của nước ngoài. Nghiên cứu cũng đưa ra khả năng triển khai ép thời thuốc phóng do Việt Nam chế tạo trên dây chuyền công nghệ của Nhà máy Z là khả thi, tuy nhiên cần phải thay đổi một số trang bị công nghệ và chế độ ép phù hợp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Công Hoà, Trần Ba, Dương Đức Thục, “Một số vấn đề cơ sở về thuốc phóng và nhiên liệu tên lửa rắn”, Viện Kỹ thuật Quân sự, tr.20-35, (1982).
- [2]. Б.П. Жуков, “Энергетические конденсированные системы”, Янис-К, 596с, (1999).
- [3]. И.В. Тишунин и М.М. Арш, “Курс порохов Ч. I- IV”, Москва, 235с, (1946).
- [4]. М.А. Фиошина, Д.Л. Русин, “Основы химии и технологии порохов и твердых ракетных топлив, министерство образования российской федерации”, Москва, 207с, (2001).
- [5]. Phạm Thế Phiệt, “Cơ sở tính toán thiết kế động cơ tên lửa nhiên liệu rắn”, NXB Học viện Kỹ thuật Quân sự, tr.15-44, (2014).
- [6]. Nghiêm Xuân Trình và cộng sự, “Thuật phóng trong”, NXB Học viện Kỹ thuật quân sự, tr.143-194, (2015).

ABSTRACT

Research on designing the fuel grade composition for the propulsion engine

The study presents the results of the survey and testing of fuel samples for the propulsion engine and evaluates the possibility of manufacturing them in Vietnam. The fuel samples manufactured include NC, NG, DNT, Xentralit-2, CaCO₃, Vaseline and PbO. The results of energy and radiometric measurements show that the fuel sample includes (55.0÷57.0)% NC, (27.0÷29)% NG, (8.0÷10.0)% DNT, (2.0÷4.0)% Xentralit-2, (1.0÷1.5)% PbO, (1.0÷1.5)% CaCO₃, (1.0÷1,3)% vazoline with properties equivalent to the foreign fuel sample. This is an important basis for establishing technical conditions for building ballistite fuel grades for the propulsion engine.

Keyword: Ballistite solid propellant; Projectile motion; Energy properties.