

Nghiên cứu xác định thành phần và các đặc trưng năng lượng thuốc phóng F sử dụng cho bom phóng

Nguyễn Văn Hùng, Trần Hữu Thành, Hoàng Văn Hùng, Lê Việt Hà*

Viện Thuốc phóng Thuốc nổ, Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng, Số 192 Đức Giang, Long Biên, Hà Nội, Việt Nam.

*Email: lochamta@gmail.com

Nhận bài: 03/7/2024; Hoàn thiện: 11/9/2024; Chấp nhận đăng: 18/9/2024; Xuất bản: 14/10/2024.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.IPE.2024.220-227>

TÓM TẮT

Bài báo trình bày cơ sở lựa chọn đơn thành phần thuốc phóng keo F của bom phóng và xây dựng bài toán thuật phóng trong trên phần mềm Matlab. Kết quả nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm cho thấy ảnh hưởng một số thành phần đến đặc trưng năng lượng, xạ thuật, trên cơ sở đó đề ra yêu cầu cần đạt của thuốc phóng F. Đây là cơ sở quan trọng trong việc thiết lập điều kiện kỹ thuật xây dựng mác thuốc phóng F mới có tính chất tương đương với nước ngoài.

Từ khoá: Bom phóng; Thuốc phóng ballistit; Thuốc phóng F; Bài toán thuật phóng trong.

1. MỞ ĐẦU

Thuốc phóng keo (ballistit) là hệ rắn đồng nhất gồm nhiều cấu tử, có khả năng cháy theo quy luật lớp song song mà không cần có sự tham gia của oxi bên ngoài, khi cháy tạo ra nhiệt lượng và lượng sản phẩm khí lớn. Nhiệt lượng và sản phẩm khí này được sử dụng làm nguồn năng lượng chuyển động của đầu đạn, đạn phản lực và tên lửa.

Các cấu tử trong thuốc phóng ballistit gồm nitroxenlulo, các dung môi hoá dẻo và các phụ gia [1, 2]. Trong đó, NC là cấu tử cơ bản bảo đảm năng lượng của thuốc phóng, các dung môi hoá dẻo là các dung môi có năng lượng cao, sau khi hoá dẻo NC, các dung môi năng lượng cao được giữ lại trong thuốc phóng như nguồn năng lượng thứ hai. Tuy nhiên, do thuốc phóng tên lửa hoạt động ở điều kiện áp suất thấp (khoảng dưới 20 MPa) so với áp suất trong pháo (200 - 400 MPa) và thời gian cháy kéo dài. Do vậy có thể xảy ra trường hợp cháy chưa hoàn toàn hoặc cháy không ổn định. Để khắc phục các đặc điểm này, trong thành phần thuốc phóng ballistit người ta thêm các cấu tử phụ gia thay đổi tốc độ cháy (hay còn gọi là xúc tác cháy) và phụ gia ổn định cháy.

Phụ gia tốc độ cháy thường được sử dụng như chì oxit, chì phtalat hoặc các oxit và các muối của kim loại có hóa trị thay đổi. Phụ gia ổn định cháy thông thường được sử dụng là các chất rắn khó nóng chảy như MgO, CaCO₃, TiO₂. Các thành phần chất rắn này làm giảm tính chất cơ lý và công nghệ trong chế tạo thuốc phóng keo, do đó thông thường người ta thường sử dụng với tỷ lệ thấp (khoảng dưới 2%). Thành phần hóa học một số mác thuốc phóng keo được trình bày trong bảng 1[1, 2].

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

| TT | Thành phần, (%) | Ký hiệu mác thuốc phóng | | | | | | |
|----|-----------------|-------------------------|------|------|---------|-------|-------|------|
| | | NDT-3 | H | HM-2 | RSI-12K | RNDSI | ΦCT-2 | ΦΓ |
| 1 | Nitroxenlulo | 55,5 | 56,5 | 54 | 55,5 | 58,0 | 55,0 | 55,5 |
| 2 | Nitroglycerin | 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 | Vazolín | 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 | - | - | - | - |
| 10 | Chì oxit | - | - | - | 1,0 | 1,0 | - | - |

| TT | Thành phần, (%) | Ký hiệu mức thuốc phóng | | | | | | |
|----|-------------------|-------------------------|-----|------|---------|-------|-------|-----|
| | | NDT-3 | H | HM-2 | RSI-12K | RNDSI | ΦCF-2 | ΦΓ |
| 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 |

Trong nội dung bài báo này trình bày một số kết quả nghiên cứu khảo sát, chế thử mẫu thuốc phóng F trong phòng thí nghiệm đạt các yêu cầu kỹ thuật theo mẫu của nước ngoài.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Đối tượng nghiên cứu

- Nitroxenlulo: Hàm lượng nitơ, %: 12,1; Hàm lượng tro, %, không lớn hơn: 0,5; Xuất xứ: Việt Nam;
- Nitroglycerin: 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: Châu Âu;
- Dinitrotoluen: Hàm mononitrotoluen, %, 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: Châu Âu.
- Kẽm stearat: Hàm ẩm, %, không lớn hơn: 2,0; Xuất xứ: Châu Âu.
- Chì phtalat: Độ tinh khiết, %, không nhỏ hơn: 98; Hàm ẩm, %, không lớn hơn: 2,0; Xuất xứ: Châu Âu.
- Cacbon: Độ tinh khiết, % không nhỏ hơn: 99,3; Hàm lượng hao hụt ở 105°C, % không lớn hơn: 0,08; Xuất xứ: Châu Âu.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp tính toán đơn thành phần

Sử dụng phần mềm Real, kết hợp sử dụng bảng giá trị hệ số nhiệt - hóa β và hệ số α các chất hóa học trong thành phần thuốc phóng để tính toán các thông số thuật phóng, năng lượng, lựa chọn các thông số phù hợp trước khi tiến hành trộn mẫu. Các chất chì phtalat, kẽm stearat là những chất có nhiệt độ phân hủy cao hoặc sử dụng ở tỷ lệ rất nhỏ, do đó có thể được bỏ qua.

Công thức tính nhiệt lượng:

$$Q_v = \sum n_i \cdot \beta_i$$

Công thức tính thể tích khí:

$$W_1 = \sum n_i \cdot \alpha_i$$

Trong đó: n_i – Thành phần chất i trong thuốc phóng; β_i - Hệ số nhiệt hóa chất i trong thuốc phóng; α_i – Hệ số chỉ sự thay đổi thể tích khí sinh ra (theo lít) khi thay đổi thành phần chất i trong thuốc phóng lên 1%.

Các hệ số nhiệt-hóa β và hệ số α được biểu diễn trong bảng 2.

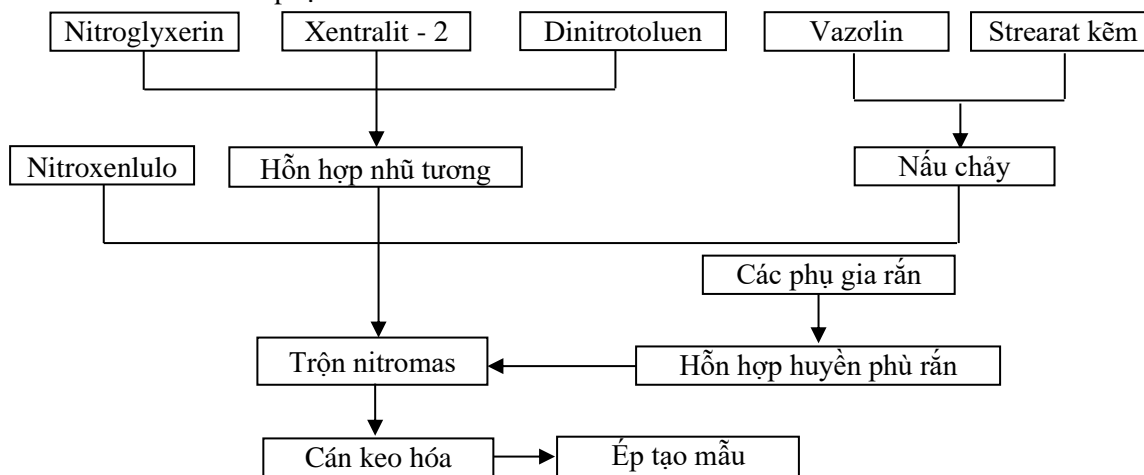
Bảng 2. Hệ số nhiệt-hóa β và hệ số α của một số thành phần trong thuốc phóng.

| TT | Tên thành phần | Hệ số nhiệt hóa β, cal/% | Hệ số α, l/% | Ghi chú |
|----|----------------|--------------------------|--------------|----------------------|
| 1 | Nitroxenlulo | 1,3.N-6,7 | 15,23-0,49.N | N là % Nitơ trong NC |
| 2 | Nitroglycerin | 17,5 | 6,9 | |
| 3 | Xentralit-2 | -22,0 | 22 | |
| 4 | Dinitrotoluen | -1,0 | 13,55 | |
| 5 | Vazolin | -32,5 | 32 | |
| 6 | Ẩm | 0 | 12,4 | |
| 7 | Cacbon | -30,0 | 0 | |
| 8 | Chì phtalat | 0 | 0 | |

2.2.2. Phương pháp chế tạo mẫu

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

- Chuẩn bị hỗn hợp nguyên liệu đầu;
- Chuẩn bị nhũ tương vazolin và kẽm stearat;
- Chuẩn bị huyền phù chất rắn cacbon và chì phtalat;
- Chuẩn bị hỗn hợp 3 thành phần;
- Trộn nitromass;
- Cán keo hóa và ép tạo mẫu.



Hình 1. Sơ đồ công nghệ chế tạo mẫu thuốc phóng.

2.2.3. Phương pháp phân tích, đo đạc

- + Xác định hàm lượng nitroglycerin (NG), dinitrotoluen (DNT), xentralit-2 theo TCVN/QS 755:2013;
- + Xác định hàm lượng chì phtalat theo quy trình phòng thí nghiệm;
- + Xác định hàm lượng vazolin theo 31-TC110:2001;
- + Phân tích ICP kim loại theo TCVN 9556-2:2013;
- + Xác định nhiệt lượng cháy của thuốc phóng theo TCVN/QS 889:2019;
- + Xác định tốc độ cháy của thuốc phóng 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 thuốc phóng theo TQSA 1282:2006.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Phân tích mẫu thuốc phóng F

Kết quả phân tích mẫu thuốc phóng F được trình bày trong bảng 3.

Bảng 3. Kết quả phân tích, đo đạc thành phần và đặc trưng năng lượng của thuốc phóng F.

| TT | Tên chỉ tiêu | Đơn vị | Kết quả đo |
|----|-----------------------|--------|------------|
| 1 | Hàm lượng NG | % | 29,29 |
| 2 | Hàm lượng DNT | % | 9,19 |
| 3 | Hàm lượng Xentralit-2 | % | 2,92 |
| 4 | Hàm lượng DBP | % | 0 |
| 5 | Hàm lượng C | % | 0,74 |
| 6 | Hàm lượng chì phtalat | % | 0,88 |

Nghiên cứu khoa học công nghệ

| TT | Tên chỉ tiêu | Đơn vị | Kết quả đo | |
|----|----------------------------------|-------------------|------------|-------|
| 7 | Hàm lượng CaCO ₃ | % | 0,0418 | |
| 8 | Hàm lượng MgO | % | 0,0083 | |
| 9 | Hàm lượng TiO ₂ | % | 0,0083 | |
| 10 | Hàm lượng NC và các chất còn lại | % | 56,98 | |
| 11 | Nhiệt lượng cháy | cal/g | 868,5 | |
| 12 | Thể tích khí | ml/g | 950,7 | |
| 13 | Tốc độ cháy : | mm/s | 8,63 | |
| | - Ở 6 MPa | | | 10,21 |
| | - Ở 8 MPa | | | 11,20 |
| 14 | Mật độ | g/cm ³ | 1,580 | |

Kết quả phân tích thành phần mẫu thuốc phóng F cho thấy, thành phần chính gồm NC, NG, DNT, xentralit-2, cacbon, xúc tác cháy là chì phtalat. Trong thành phần không có hợp chất chứa Ca, Mg và Ti (kết quả đo rất nhỏ, có thể là sai số của phép đo). Như vậy căn cứ vào kết quả phân tích và các mức thuốc phóng keo thường được sử dụng trong Quân đội của nước ngoài cho thấy, đây là thuốc phóng keo họ ΦΓ, có thành phần và các thông số năng lượng, xạ thuật tương đương với mẫu thuốc phóng ΦΓ, ΦCG-2 (bảng 1).

Sử dụng phần mềm Origin, giải bài toán phương trình cháy của tốc độ cháy phụ thuộc vào áp suất $U = U_0 P^v$, dựa vào kết quả đo tốc độ cháy ở áp suất, 6 MPa, 8 MPa, 10 MPa thiết lập quy luật tốc độ cháy của mẫu thuốc phóng F được xác định theo công thức:

$$U = 2,865 \cdot 10^{-6} \cdot P^{0,514} \text{ (m/s, Pa)}$$

Phương trình cháy này là thông số quan trọng trong việc xác lập đơn thành phần thuốc phóng và tính toán bài toán thuật phóng trong cho động cơ bom phóng.

3.2. Tính toán, xác lập đơn thành phần và chế thử mẫu thuốc phóng F

Trên cơ sở phân tích mẫu thuốc phóng F, 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 mẫu của nước ngoài. Nhóm nghiên cứu thiết kế, lựa chọn 03 đơn thành phần M1, M2, M3 theo bảng 4 để chế tạo mẫu trong phòng thí nghiệm.

Các mẫu M1, M2 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 ở mẫu M2. Kết quả đo đặc tốc độ cháy cho thấy mẫu M1 có tốc độ cháy U_{100} hơi thấp ($U_{100} = 10,47$ mm/s). Nhiệt lượng cháy mẫu M1, M2 tương đối lớn (889,7 và 893,2 cal/g) so với yêu cầu, đòi hỏi nhóm nghiên cứu phải điều chỉnh thành phần để giảm giá trị nhiệt lượng và tăng tốc độ cháy, đồng thời đảm bảo không làm thay đổi các yếu tố công nghệ khi trộn, cán mẫu.

Bảng 4. Đơn thành phần tính toán và kết quả đo đặc thuốc phóng F.

| TT | Thành phần | ĐVT | Theo mẫu khảo sát | Mẫu 1 | Mẫu 2 | Mẫu 3 |
|----|---------------|-----|-------------------|-------|-------|-------|
| 1 | Nitroxenlulo | % | 56,98 | 55,50 | 55,30 | 55,20 |
| 2 | Nitroglyxerin | % | 29,29 | 29,30 | 29,20 | 28,50 |
| 3 | Dinitrotoluen | % | 9,19 | 9,20 | 9,40 | 10,00 |
| 4 | Xentralit-2 | % | 2,92 | 2,90 | 2,90 | 3,00 |
| 5 | Vazolin | % | - | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 6 | Chì phtalat | % | 0,88 | 0,90 | 1,10 | 1,20 |

| TT | Thành phần | ĐVT | Theo mẫu khảo sát | Mẫu 1 | Mẫu 2 | Mẫu 3 | | | | |
|----|---|-------------------|-------------------|-------|--------|--------|-------|-------|---|-------|
| 7 | Than kỹ thuật | % | 0,74 | 0,70 | 0,60 | 0,60 | | | | |
| 8 | Ăm | % | - | 0,50 | 0,50 | 0,50 | | | | |
| 9 | Strearat kẽm | % | - | 0,05 | 0,05 | 0,05 | | | | |
| 10 | Hệ số dư oxi (α) | - | 0,556 | 0,557 | 0,556 | 0,550 | | | | |
| 11 | Nhiệt lượng cháy tính toán, Q_{tt} | cal/g | 888,31 | 890,3 | 889,53 | 873,58 | | | | |
| 12 | Nhiệt lượng cháy đo đạc, $Q_{đo}$ | cal/g | 868,5 | 889,7 | 888,4 | 868,6 | | | | |
| 13 | Tốc độ cháy : | mm/s | 8,63 | - | - | 9,50 | | | | |
| | - Ở 6 MPa | | | | | | 10,21 | - | - | 10,62 |
| | - Ở 8 MPa | | | | | | 11,20 | 10,47 | - | 11,60 |
| 14 | Mật độ | g/cm ³ | 1,580 | - | - | 1,585 | | | | |
| 15 | Độ an định hóa học bằng phương pháp áp kế $T_a = 7$ h | mmHg | - | - | - | 16,0 | | | | |

Ở mẫu số M3 trên cơ sở kết quả mẫu M1, M2 và tham khảo tài liệu, nhóm nghiên cứu đã chọn phương án giảm thành phần NG, cacbon và tăng lượng DNT, chì phtalat. Kết quả phân tích nhiệt lượng cháy, tốc độ cháy, thể tích khí của mẫu M3 đạt các giá trị tương đương với sản phẩm của nước ngoài. Nhóm nghiên cứu lựa chọn mẫu M3 để chế tạo thuốc phóng F trong phòng thí nghiệm (hình 2).

Sử dụng phần mềm origin, giải bài toán phương trình cháy của tốc độ cháy phụ thuộc vào áp suất $U = U_0 P^0$, quy luật tốc độ cháy của mẫu thuốc phóng F chế tạo trong phòng thí nghiệm được xác định theo công thức:

$$U = 2,132 \cdot 10^{-5} \cdot P^{0,391} \text{ (m/s, Pa)}$$

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 mẫu thuốc phóng trong động cơ.



Hình 2. Mẫu thuốc phóng khảo sát của nước ngoài (a) và mẫu thuốc phóng Việt Nam chế tạo (b).

3.3. Giải bài toán thuật phóng trong

Liều thuốc phóng F trong bom phóng gồm 7 thỏi thuốc hình trụ, có lỗ ở giữa. Trong đó: 06 thỏi xếp ngoài có kích thước giống nhau (lỗ trong nhỏ) và 01 thỏi xếp ở giữa có kích thước khác 6 thỏi ở ngoài (lỗ to) [3]. Tổng khối lượng liều phóng là: 7.575 gam.

Số liệu đầu vào của bài toán thuật phóng trong của bom phóng được thể hiện như trong bảng 5 [4-6].

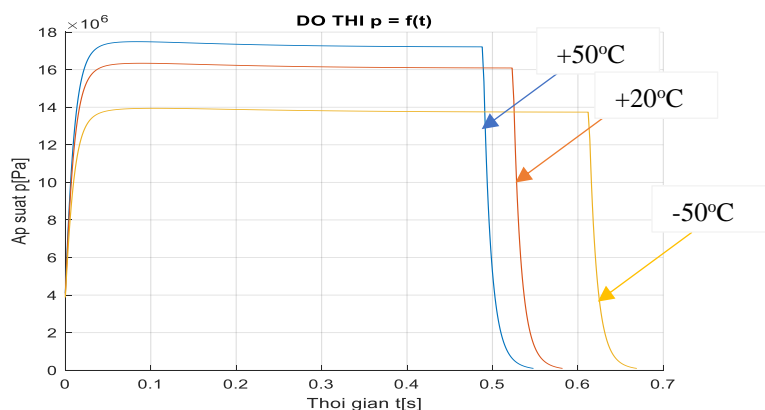
Bảng 5. Các đại lượng sử dụng trong chương trình thuật phóng trong.

| TT | Các đại lượng | Ký hiệu | | Giá trị | Đơn vị đo |
|----|---|-----------------------|--------------------|-----------------------|-------------------|
| | | Trong hệ phương trình | Trong chương trình | | |
| 1 | Mật độ thuốc phóng | ρ_T | mdtp | 1585 | kg/m ³ |
| 2 | Tổn thất lưu lượng | φ_2 | phi2 | 0,92 | |
| 3 | Chiều dài thổi thuốc phóng | L | Ltp | 0,513 | m |
| 4 | Đường kính ngoài thổi thuốc phóng bên ngoài | D | dn | 0,043 | m |
| 5 | Đường kính trong thổi thuốc phóng bên ngoài | d | dtr | 0,010 | m |
| 6 | Đường kính ngoài thổi thuốc phóng ở giữa | D | dn2 | 0,0426 | m |
| 7 | Đường kính trong thổi thuốc phóng ở giữa | d | dtr2 | 0,0147 | m |
| 8 | Đường kính tiết diện tới hạn | d_{th} | dth | 0,0129 | m |
| 9 | Lực thuốc phóng | f_0 | f0 | 850 | J.m/kg |
| 10 | Số mũ của quy luật tốc độ cháy | ν | nuy | 0,391 | |
| 11 | Hệ số quy luật cháy thanh thuốc phóng | u_{11} | u1 | $2,132 \cdot 10^{-5}$ | m/s/pa |
| 12 | Đường kính trong thân động cơ | D_k | dk | 0,1309 | m |
| 13 | Chiều dài thân động cơ | L_k | lk | 0,589 | m |
| 14 | Khối lượng toàn bộ thuốc phóng | ω | om | 7,575 | kg |
| 15 | Số mũ đoạn nhiệt | k | kn | 1,25 | |
| 16 | Hệ số ổn định nhiệt của áp suất | k_T | kt | 0,002 | |
| 17 | Số loa phụt | slf | slf | 10 | cái |
| 18 | Nhiệt độ tiêu chuẩn | T_0 | Tbdc | 273 | Độ |
| 19 | Nhiệt độ ban đầu | T_{bd} | Tbd | 323; 293; 223 | Độ |

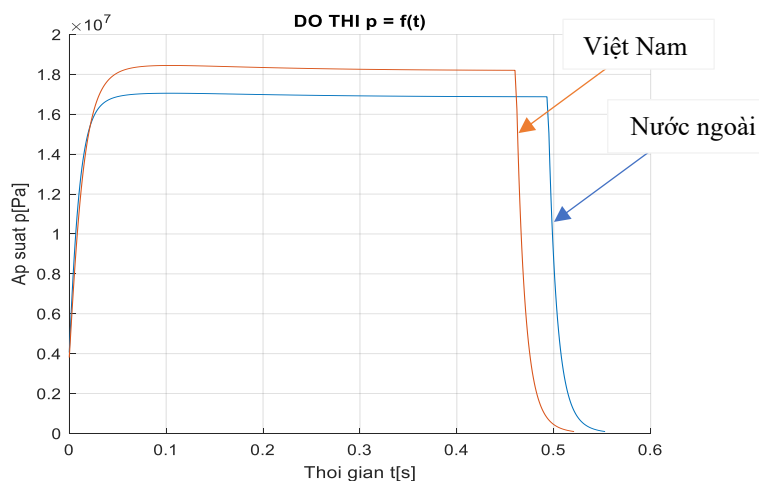
Sau khi giải hệ phương trình trên phần mềm matlab với số liệu đầu vào như trên ta nhận được kết quả như trên bảng 6, hình 2 và hình 3.

Bảng 6. Kết quả tính toán thuật phóng trong bom phóng.

| TT | Các đại lượng | Kí hiệu | Đơn vị | Giá trị | | | |
|----|--------------------------------|-----------|--------|------------|-------|-------|-------|
| | | | | +50°C | | +20°C | -50°C |
| | | | | Nước ngoài | VN | | |
| 1 | Thời cháy của thuốc phóng | t | s | 0,460 | 0,493 | 0,545 | 0,674 |
| 2 | Thời gian làm việc của động cơ | t_c | s | 0,52 | 0,552 | 0,602 | 0,728 |
| 3 | Áp suất lớn nhất | P_{max} | MPa | 18,45 | 17,05 | 15,43 | 14,0 |
| 4 | Áp suất làm việc trung bình | P_{tb} | MPa | 17,42 | 16,89 | 15,29 | 13,8 |

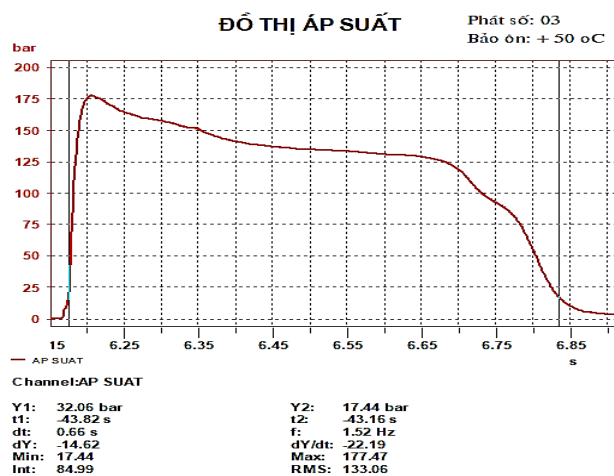


Hình 2. Đồ thị quy luật thay đổi áp suất theo thời gian của thuốc phóng F trong động cơ bom phóng.



Hình 3. Đồ thị quy luật thay đổi áp suất theo thời gian của động cơ bom phóng ở +50 °C đối với mẫu thuốc Việt Nam và thuốc của nước ngoài.

Kết quả tính toán lý thuyết bài toán thuật phóng trong động cơ bom phóng có các giá trị về thời gian làm việc, áp suất lớn nhất, áp suất trung bình phù hợp với kết quả đo đạc thực tế của bom phóng ở nhiệt độ thử nghiệm +50 °C (hình 4).



Hình 4. Đồ thị áp suất theo thời gian của động cơ bom phóng khi thử nghiệm ở nhiệt độ +50 °C.

4. KẾT LUẬN

Trên cơ sở kết quả phân tích, khảo sát mẫu thuốc phóng của nước ngoài, nhóm nghiên cứu đã tính toán, lựa chọn đơn thành phần và chế thử mẫu thuốc phóng F trong phòng thí nghiệm có các chỉ tiêu về hàm lượng các chất, nhiệt lượng cháy, tốc độ cháy, mật độ đạt yêu cầu so với mẫu khảo sát. Kết quả tính toán lý thuyết bài toán thuật phóng trong động cơ bom phóng đưa ra các giá trị tính toán về thời gian cháy của thuốc phóng, thời gian làm việc của động cơ, áp suất lớn nhất, áp suất trung bình trong động cơ phù hợp với kết quả đo đạc thực tế của bom phóng. Đây là cơ sở quan trọng trong việc thiết lập điều kiện kỹ thuật xây dựng mìn thuốc phóng F mới có tính chất tương đương với nước ngoài.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. М.А. Фиошина, Д.Л. Русин, “Основы химии и технологии порохов и твердых ракетных топлив”, министерство образования российской федерации, 207с, (2001).
- [2]. Nguyễn Công Hoà, Trần Ba, Dương Đức Thực, “Một số vấn đề cơ sở về thuốc phóng và thuốc phóng tên lửa rắn”, Viện Kỹ thuật Quân sự, tr.15-50, (1982).
- [3]. Trần Đăng Điện, “Thuật phóng trong của súng pháo”, NXB Học viện kỹ thuật quân sự, tr.25-70, (1998).
- [4]. Phạm Thế Phiệt, “Cơ sở tính toán thiết kế động cơ tên lửa thuốc phóng rắn”, NXB Học viện Kỹ thuật Quân sự, tr.15-44, (2014).
- [5]. Nghiêm Xuân Trình và cộng sự, “Thuật phóng trong”, NXB Học viện Kỹ thuật Quân sự, tr.143-194, (2015).

ABSTRACT

Research on selecting the F propellant composition and developing the propulsion equation for the launching bomb using Matlab software

The paper presents the basis for selecting the F propellant composition for the launching bomb and developing the propulsion algorithm using Matlab software. Theoretical and experimental research results highlight the impact of certain components on energy characteristics and ballistic performance, leading to the establishment of requirements for the F propellant. This forms a critical foundation for setting technical conditions to develop a new F propellant grade with properties equivalent to those of foreign products.

Keywords: Launch Bomb; Ballistite solid rocket propellant; Propellant F; Projectile motion.