NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO THỎI NHIÊN LIỆU RẮN HỖN HỢP DÙNG CHO ĐẠN PHÁO TĂNG TẦM 130 mm M46 THEO NGUYÊN LÝ BASE BLEED

Nguyễn Đức Long[1], Trần Hữu Thành[1*], Nguyễn Văn Hùng[1], Đoàn Văn Điệp[1], Nguyễn Văn Thanh[1], Hoàng Văn Hùng[1], Đỗ Mạnh Hùng[2]

Tóm tắt: *Thỏi nhiên liệu BB là thỏi nhiên liệu rắn hỗn hợp, một bộ phận quan trọng mang tính quyết định về khả năng và độ ổn định quỹ đạo trong phát bắn của đạn pháo tăng tầm theo nguyên lý Base bleed. Trong bài báo trình bày một số kết quả nghiên cứu chế tạo thỏi nhiên liệu BB dùng cho đạn pháo tăng tầm 130 mm M46. Hiệu quả của thỏi nhiên liệu BB trong đạn pháo tăng tầm do Viện Thuốc phóng Thuốc nổ chế tạo đã được chứng minh qua thực nghiệm bắn trên pháo chiến đấu 130 mm M46.*

Từ khóa: Thỏi nhiên liệu Base Bleed; Đạn pháo130 mm M46; Perclorat ammoni; Cao su CKH; Vỏ chống cháy.

1. MỞ ĐẦU

Trong chiến tranh hiên đại, cùng với sự phát triển không ngừng của nghệ thuật quân sự, việc tăng tầm bắn tối đa và độ chính xác của các hệ pháo có trong biên chế góp phần quan trong việc nâng cao hiệu quả, năng lực tác chiến (tiêu diệt được sở chỉ huy, tham mưu, sân bay, trung tâm liên lạc, cầu, sân bay, những vị trí được xây dựng kiên cố có ý nghĩa quan trọng ở phía sâu trong lòng địch), đồng thời đảm bảo an toàn cho con người, vũ khí, trang bị của Quân đội ta.

Xu hướng phát triển và các giải phápcó thể sử dụng nhằm tăng tầm bắn cho đạn pháo được sử dụng trong trang bị quân đội các nước trên thế giới bao gồm:

- Tăng sơ tốc đầu đạn;

- Tối ưu hình dạng khí động của đầu đạn, để giảm tối đa lực cản tác dụng lên đạn trên đường bay. Các biện pháp tăng tầm đạn pháo trên cơ sở giảm lực cản đáy gồm có:

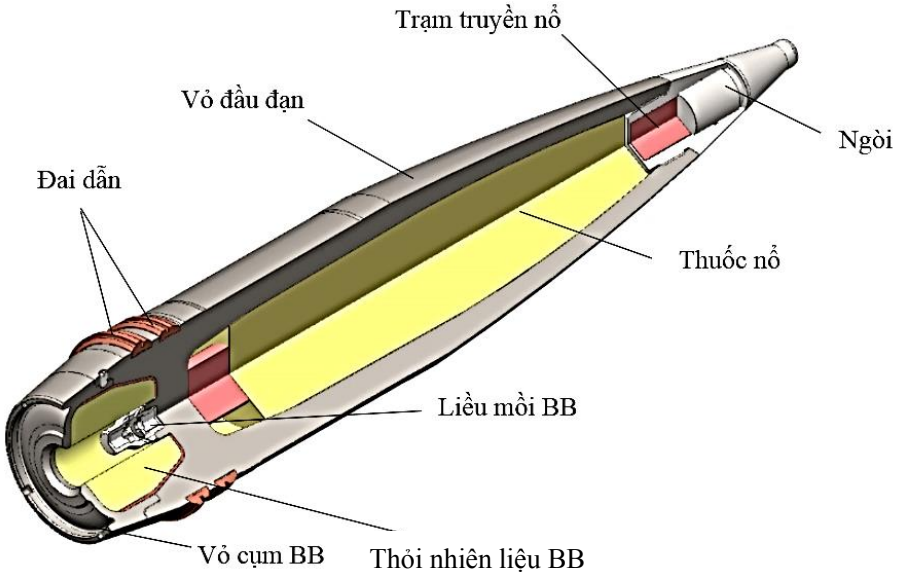
+ Cải tạo hình dạng đạn, tạo hốc lõm đáy đạn **(Hollow Base)**: phương pháp này có hiệu quả tăng tầm khoảng 5 - 8% [1].

+ Cải tạo hình dạng đạn, dùng cụm bù khí (cụm **Base Bleed)**: phương pháp này có hiệu quả tăng tầm khoảng 15 - 25% [1].

+ Cải tạo hình dạng đạn, dùng động cơ phản lực tạo lực đẩy **(Rocket Assisted)**: phương pháp này có hiệu quả tăng tầm khoảng 30 - 50% [1].

Tại Việt Nam, từ năm 2004 đến nay, việc nghiên cứu phương án tăng tầm cho đạn pháo được thực hiện nhiều năm nay, đi đầu là Viện Vũ khí và Viện Thuốc phóng Thuốc nổ/ Tổng cục Công nghiệp quốc phòng. Trên cơ sở nghiên cứu hiệu quả các giải pháp tăng tầm cho đạn pháo được áp dụng trong quân đội trên thế giới và khả năng đáp ứng yêu cầu kỹ thuật, công nghệ sẵn có trong quân đội cho thấy phương án sử dụng nguyên lý Base Bleed có khả thi và hiệu quả nhất. Bản chất của phương pháp Base Bleed là tăng tầm đạn pháo bằng cách giảm lực cản đáy được hình thành trong vùng áp suất thấp phía sau đầu đạn nhờ dòng khí nóng sinh ra trong quá trình làm việc của cụm bù khí. Cụm bù khí (cụm sinh khí) bao gồm vỏ; liều mồi và thỏi nhiên liệu rắn hỗn hợp được phủ lớp vỏ chống cháy xung quanh nhằm bảo đảm cho thỏi nhiên liệu làm việc đúng quy luật theo thiết kế.

Sơ đồ nguyên lý đạn pháo tăng tầm được mô tả trên hình 1 [2].



Hình 1. *Đầu đạn pháo tăng tầm 130 mm sử dụng cụm BB.*

Cơ sở để thiết kế thỏi nhiên liệu BB là đánh giá tác động của thỏi nhiên liệu BB trong việc tăng tầm bắn cho đạn pháo dựa trên việc kết hợp 2 phương pháp chính [2, 3]:

- Một là, bổ sung một thành phần lực tác động theo hướng dọc trục của viên đạn như lực đẩy của động cơ phản lực

$$\overrightarrow{\mathrm{BB}} = \frac{\rho_\infty \mathrm{v}^2}{2} \mathrm{S} C_{\mathrm{xBB}} f(I) f(i_{BB}) \left(\frac{\vec{\mathrm{v}}}{\mathrm{v}} \cos\delta + \vec{\delta} \right),$$

Trong đó: C_{xBB} - Hệ số giảm lực cản trong quá trình cụm BB hoạt động; $f(i_{BB})$ - Hệ số phù hợp để điều chỉnh lượng giảm lực cản; v - Vận tốc đầu đạn; I - Lưu lượng khí thổi qua loa phụt cụm BB.

- Hai là, hiệu chỉnh hệ số lực cản khí động của đạn nguyên bản với một lượng giảm do ảnh hưởng của hiệu ứng BB.

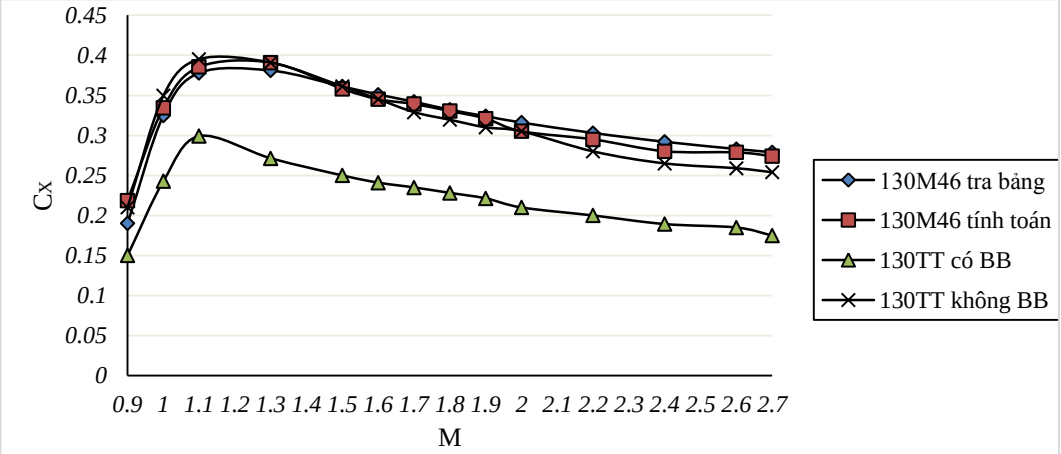
$$\Delta C_{X0B} = C_{X0} - f(i_{BB}) \left(\frac{I.\Delta BP}{(\gamma/2).M^2 (1/d_b)^2} \right)$$

Trong đó: ΔBP - Sự thay đổi áp suất không thứ nguyên trong cụm BB; d_b - Đường kính đạn; P_b - Áp suất cụm BB; P - Áp suất không khí; M - Số Mach.

Tốc độ cháy của nhiên liệu, áp suất trong động cơ, thời gian làm việc được tính toán mô phỏng và tối ưu hóa, sử dụng phần mềm ANSYS CFX, phần mềm tính toán thuật phóng ngoài trên nền tảng Mathlab-Simulink nhằm tối ưu hóa ảnh hưởng của thỏi nhiên liệu BB đến tầm bắn tối đa của đạn pháo tăng tầm 130 mm M46,... Giá trị áp suất trong buồng đốt khi sử dụng phương án tăng tầm bằng hiệu ứng base bleed này ở mức thấp [4].

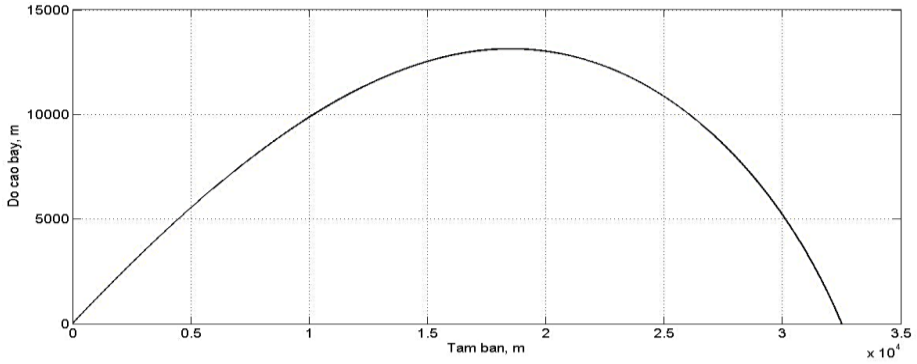
Trên cơ sở đó, bài toán thiết kế đặt ra là chế tạo được thỏi nhiên liệu hỗn hợp đáp ứng yêu cầu về xạ thuật (tốc độ cháy 0,9 - 1,2 mm; áp suất trong động cơ 0,8 - 1,2 Bar; thời gian làm việc không nhỏ hơn 25 giây; lực đẩy trung bình không lớn hơn 10 N), yêu cầu về độ bền ly tâm, độ bền va đập tương đương với một phát bắn của đạn pháo.

Kết quả tính toán hệ số lực cản $C_x(M)$ đạn pháo 130 mm-M46 nguyên bản và đạn pháo 130TT (có lắp và không lắp cụm bù khí) bằng phần mềm mô phỏng số ANSYS CFX được trình bày trong hình 2. Theo đó, giá trị hệ số lực cản giảm đáng kể khi sử dụng cụm bù khí, đặc biệt có hiệu quả đối với đầu đạn có vận tốc siêu thanh M≥1. Đây cũng là cơ sở để xác định thời gian hoạt động của thỏi nhiên liệu BB.



Hình 2. *Hệ số lực cản $C_x(M)$ đạn pháo 130-M46 và 130TT.*

Xác định tầm bắn của đạn pháo 130 mm tăng tầm khi sử dụng cụm BB đã được mô phỏng tính toán ANSYS CFX, phần mềm tính toán thuật phóng ngoài trên nền tảng Mathlab-Simulink cho ra kết quả tầm bắn tối đa lên tới 32,84 km (hình 3).



Hình 3. *Độ cao bay - tầm bắn của đạn 130TT với góc bắn 50 độ.*

Để đạt được hiệu ứng tăng tầm cần thiết, một trong những yêu cầu quan trọng đặt ra là chế tạo được thỏi nhiên liệu hỗn hợp có bọc lớp phủ chống cháy đáp ứng các yêu cầu thiết kế. Bài báo này trình bày một số kết quả nghiên cứu chế tạo thỏi nhiên liệu BB dùng cho đạn pháo tăng tầm 130 mm M46.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nhiên liệu BB

- Cao su phân tử khối thấp (oligomer) butadien nitril chứa nhóm cacboxyl cuối mạch (Nga);

- Chất oxy hóa amoni peclorat: Hàm lượng chất chính ≥ 99,0%; Kích thước hạt 100-125 µm (Viện Thuốc phóng Thuốc nổ);

- Epoxy ED-20: Hàm lượng nhóm epoxy 20-22,5%; hàm lượng ion clo ≤ 0,5 (Nga);
- Dioctinxebaxinat (DOC) Hệ số axit ≤ 0,12 mg KOH/g chất chính (Nga);
- Chì II oxit (PbO): dạng ngoài: Bột màu vàng; hàm lượng chất chính ≥ 99,0%;
- Aeroxin: Hàm lượng ẩm ≤ 1,5%; Kích thước hạt trung bình 5-15 nm (Châu Âu);
- Phụ gia công nghệ.

Vỏ chống cháy dùng cho nhiên liệu BB được chế tạo theo công nghệ đã được nhóm nghiên cứu công bố [5].

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Tính toán, chế thử mẫu, đo đạc các thông số kỹ thuật, công nghệ đáp ứng yêu cầu cho chế tạo nhiên liệu rắn hỗn hợp dùng cho thỏi nhiên liệu tăng tầm.

Nhiên liệu được chế tạo bằng phương pháp trộn, đúc rót trong chân không và sấy gia nhiệt theo chu trình 70, 80, 90 ^{o}C trong thời gian 170 giờ.

Độ xuyên kim được xác định trên thiết bị đo độ xuyên kim Koehler (dải đo 0-390), Mỹ. Độ giàn trải nhiên liệu được xác định trên thiết bị đo độ giàn trải do Viện Thuốc phóng Thuốc nổ chế tạo.

Nhiệt lượng cháy nhiên liệu xác định theo TCVN/QS 889:2019; Tốc độ cháy nhiên liệu xác định theo TCVN/QS 888:2019; Độ bền cơ lý nhiên liệu và vỏ chống cháy xác định theo tiêu chuẩn TCVN 4509:2013 trên thiết bị Testometric M350-10CT (Đức). Độ bền li tâm xác định trên thiết bị Inertial tester (Tốc độ quay 15000 vòng/phút, thời gian quay 90 s – tương đương tốc độ quay của đạn khi ra khỏi nóng pháo); Độ bền va đập được xác định trên búa Maccet (Thỏi nhiên liệu được lắp vào bộ gá được thiết kế sẵn, sử dụng răng thứ 23 - được tính tương đương với tác động của khí thuốc phóng trong nòng pháo lên thỏi nhiên liệu).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Tính toán, thiết kế đơn thành phần nhiên liệu

Trên cơ sở đầu bài đặt ra, Viện Thuốc phóng thuốc nổ đã tính toán, chế thử mẫu trong phòng thí nghiệm để đạt được nhiên liệu hỗn hợp đạt các yêu cầu.

Thành phần các mẫu thử nghiệm được trình bày trong bảng 1. Đây là nền nhiên liệu được sử dụng trong các loại tên lửa phòng không tầm thấp hiện đại [6].

Bảng 1. *Thành phần các mẫu thử nghiệm.*

TT	Thành phần	Đơn vị	Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3	Mẫu 4
1	Amoni perclorat	%	80,0	78,0	72,0	70,0
2	Cao su tổng hợp CKH -10KTP	%	16,5	18,15	23,8	25,8
3	Nhựa Epoxi ED-20					
4	DOC	%	2,9	3,2	3,5	3,5
5	PbO, Aeroxyl, Phụ gia công nghệ	%	0,6	0,65	0,7	0,7

3.2. Kiểm tra, đánh giá mẫu chế thử

Kết quả đo đạc các mẫu thử được trình bày trong bảng 2. Căn cứ vào kết quả thực nghiệm cho thấy, với cùng một chế độ hóa rắn, độ bền cơ lý của thỏi nhiên liệu tăng dần khi tăng hàm lượng cao su và epoxy ED-20. Tuy nhiên, khi tăng hàm lượng chất cháy-kết dính cao hơn 24% có thể dẫn đến hiện tượng phân lớp lỏng-rắn, ảnh hưởng trực tiếp đến độ ổn định tính chất cơ lý và xạ thuật của nhiên liệu. Có thể đây là nguyên nhân dẫn

đến độ bền kéo đứt của mẫu 4 đạt 2,2 MPa và không chịu được độ bền va đập ở răng 23. Mẫu 1, 2 cho giá trị độ bền kéo đứt thấp hơn (1,8 và 2,0 MPa) và có hiện tượng nứt khi thử nghiệm quay li tâm ở tốc độ 15000 vòng/phút trong thời gian 90 giây, điều này có thể được lý giải bởi rằng hàm lượng chất cháy-chất kết dính có thể chưa đủ để liên kết các thành phần trong nhiên liệu.

Bảng 2. *Kết quả đo đạc, thử nghiệm các mẫu nhiên liệu trong phòng thí nghiệm.*

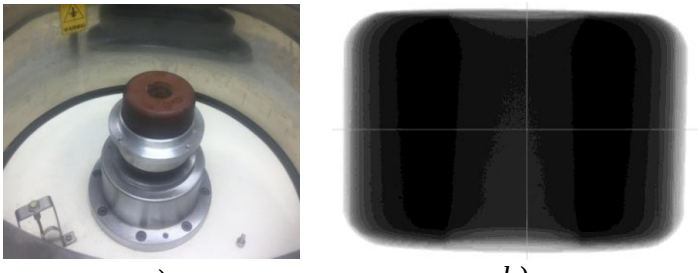
TT	Tính chất	Đơn vị	Mẫu thử			
			Mẫu 1	**Mẫu 2**	**Mẫu 3**	**Mẫu 4**
Tính chất cơ-lý						
1	Độ bền kéo đứt	MPa	1,8	2,0	2,4	2,2
2	Độ bền ly tâm (vận tốc quay 15000 vòng/phút, thời gian 90 giây)	-	Không đạt	Không đạt	Đạt	Đạt
3	Độ bền va đập (răng 13)	-	Không đạt	Không đạt	Đạt	Không đạt
Tính chất xạ thuật, năng lượng						
1	Tốc độ cháy ở áp suất khí quyển	mm/s	1,34	1,20	1,05	0,85
2	Nhiệt lượng	Cal/g	1060,4	965,3	942,6	930,6
3	Thể tích khí	ml/g	702,8	693,4	681,6	675,5

Qua nghiên cứu, thử nghiệm, đo độ dàn trải và độ xuyên kim cả 4 mẫu đều đảm bảo yếu tố công nghệ cho chế tạo nhiên liệu rắn hỗn hợp bằng phương pháp đúc rót tự do.

Ở mẫu nhiên liệu số 3 cho kết quả về tính công nghệ và độ bền cơ lý cao, đáp ứng được yêu cầu cho thỏi nhiên liệu tăng tầm, không bị biến dạng trong thử nghiệm quay li tâm, thử nghiệm va đập. Thử nghiệm quay li tâm và kết quả chụp X-RAY thỏi nhiên liệu mẫu số 3 được trình bày trong hình 4.

Các kết quả đo các chỉ tiêu xạ thuật cho thấy khi tăng hàm lượng chất cháy, chất kết dính và giảm hàm lượng AP, tốc độ cháy ở áp suất khí quyển giảm dần. Tốc độ cháy các mẫu về cơ bản đáp ứng yêu cầu bài toán đề ra.

Căn cứ vào tính chất công nghệ, tính chất cơ lý, tính chất xạ thuật cho thấy phương mẫu nhiên liệu số 3 là phương án tối ưu nhằm chế tạo nhiên liệu rắn hỗn hợp cho đạn pháo tăng tầm.



a) *b)*

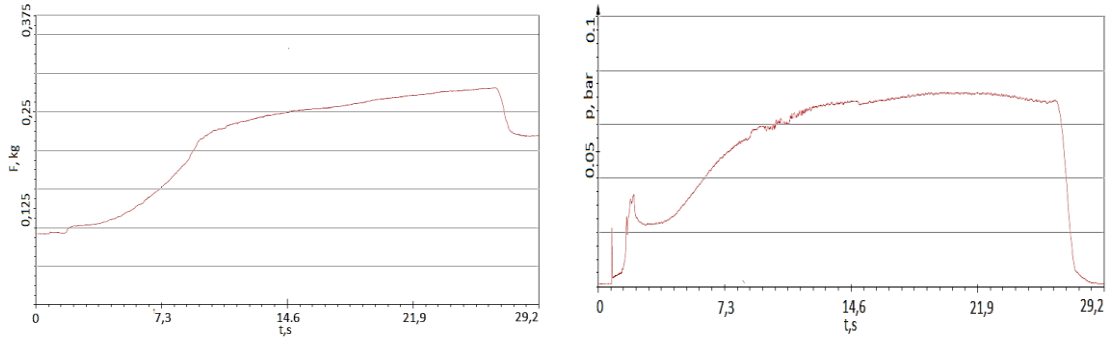
Hình 4. *Thử nghiệm quay li tâm trên thiết bị Inertial tester.*
a) Thỏi nhiên liệu tăng tầm đạn pháo trên thiết bị Inertial tester;
b) Hình ảnh chụp thỏi nhiên liệu trên thiết bị GE Phoenixv\|tome\|x s.

3.3. Thử nghiệm đốt trên giá và thử nghiệm bắn

Kết quả thử nghiệm trên giá thử nghiệm hình 5, hình 6 đo đường cong áp suất, lực đẩy theo thời gian cho thấy thỏi nhiên liệu tăng tầm hoạt động theo thiết kế, ổn định, đảm bảo các yêu cầu bài toán thiết kế đặt ra (Thời gian cháy 26,1 giây, lực đẩy max = 2,86 N).



Hình 5. *Thử nghiệm hoạt động thỏi nhiên liệu tăng tầm trên giá thử.*



Hình 6. *Đường cong lực đẩy/thời gian, áp suất tương đối/thời gian thử nghiệm đốt trên giá.*

Thực hành bắn trên pháo 130 mm M46 (hình 7) cho thấy hiệu quả tăng tầm rõ rệt của đạn pháo tăng tầm 130 mm M46 do Việt Nam chế tạo (tăng đến 19% so với đạn pháo thông thường có trong trang bị). Kết quả này phù hợp với kết quả tính toán tính toán xạ thuật: 32,84 km đối với đạn pháo tăng tầm 130TT và 27,49 km đối với đạn pháo nguyên bản.



Hình 7. *Thử nghiệm bắn trên pháo 130 mm M46 (sử dụng đạn pháo tăng tầm).*

4. KẾT LUẬN

Trên cơ sở kết hợp lý thuyết và thực nghiệm, Viện Thuốc phóng Thuốc nổ đã tối ưu hóa thành phần, công nghệ dùng cho chế tạo thỏi nhiên liệu hỗn hợp trong đạn pháo tăng tầm 130 mm M46 sử dụng nguyên lý Base Bleed. Điều này được chứng minh thông qua hiệu quả các cuộc thử nghiệm tĩnh, thử nghiệm trên giá, thử nghiệm bắn trên pháo trong quá trình triển khai đề đạn pháo tài tăng tầm do Viện Vũ khí chủ trì. Đây một mặt là bước tiến quan trọng trong việc bổ sung lý luận khoa học và thực tiễn trong việc chế tạo các loại nhiên liệu hỗn hợp dùng cho các loại đạn pháo tăng tầm, đạn phản lực khác, mặt khác bổ sung vào nền tảng công nghệ chế tạo nhiên liệu tên lửa rắn hỗn hợp tại Việt Nam, một trong những nội dung quan trọng trong định hướng phát triển công nghiệp quốc phòng trong thời gian tới.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyễn Chí Thành,"*Nghiên cứu giải pháp tăng tầm cho đạn pháo".* Luận án Tiến sĩ. Hà Nội. 2006.

[2]. Báo cáo tổng kết đề tài: "*Nghiên cứu thiết kế, chế tạo đạn pháo tăng tầm 130mm ĐP-M46TT*", Viện Vũ khí. 2021.

[3]. NA Alotaibi, *"Base Bleed projectile simulation for long range large caliber artillery modeling",* The North-West University. 2019.

[4]. Base bleed unit for use in 155 caliber/ EDePro. Belgrade. Serbia.

[5]. Нгуен Дык Лонг, Чан Хыу Тхань, Нгуен Ван Хунг, Доан Ван Дьеп, Фам Ван Тхуан/ *"Исследование и разработка огнезащитного покрытия для газогенератора снаряда с повышенной дальностью к артиллерийской системе 130-мм М46"* // Tạpchí KH&CN quân sự. Số 67. 2020.

[6]. Protsun E.G., Zvonarev Ju. V. Patent RU 2258057 C2. "*Mixed solid roket fuel".*2003.

ABSTRACT

RESEARCH OF PRODUCING SOLID MIXED FUEL FOR 130 mm M46 FOLLOWING THE BASE BLEED PRINCIPLE

BB fuel is a mixed solid fuel, an important part that determines the ability and stability in combat of high-range artillery shells according to the Base bleed principle. In the research, some results of manufacturing BB fuel ingots for 130 mm M46 are presented. The effectiveness of the BB fuel ingot in projectile extended-range artillery shells manufactured by the Institute of Propellants and Explosives has been proven through experimental firing on a 130 mm M46 combat gun.

Keywords: Base Bleed fuel; 130 mm M46 artillery shells; Ammonium perchlorate; CKH rubber; Flame retardant rubber.

Nhận bài ngày 15 tháng 6 năm 2021
Hoàn thiện ngày 20 tháng 9 năm 2021
Chấp nhận đăng ngày 24 tháng 9 năm 2021

Địa chỉ: [1]Viện Thuốc phóng Thuốc nổ, Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng;
[2]Viện Vũ khí, Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng.
*Email: huuthanh.IPE@gmail.com.