NGHIÊN CỨU CÁC PHƯƠNG ÁN PHÓNG ĐẠN PHẢN LỰC DẬP LỬA CHỮA CHÁY NHÀ CAO TẦNG TỪ PHƯƠNG TIỆN BAY KHÔNG NGƯỜI LÁI

Hoàng Thế Dũng*, Nguyễn Đức Thuận

Tóm tắt: *Công tác chữa cháy nhà cao tầng, siêu cao tầng ở nước ta hiện đang gặp nhiều khó khăn do thiếu hụt về phương tiện phòng cháy, chữa cháy hiệu quả. Giải pháp sử dụng động cơ phản lực để đưa các chất dập lửa đến khu vực cháy từ phương tiện bay không người lái, vừa đảm bảo khả năng dập cháy ở các tầng cao, những khu vực cách ly khó tiếp cận, vừa đảm bảo tính kịp thời, nhanh chóng khi triển khai cứu hỏa và đảm bảo sự an toàn cho lực lượng phòng cháy, chữa cháy. Kết quả nghiên cứu có thể áp dụng vào thực tiễn để triển khai chế tạo một tổ hợp chữa cháy từ xa hoàn chỉnh phục vụ chữa cháy nhà cao tầng, các kho tàng hóa chất,... cho lực lượng phòng cháy, chữa cháy chuyên trách.*

Từ khóa: Thiết bị chữa cháy; Động cơ phản lực; Drone.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, ở nước ta, để chữa cháy nhà cao tầng, lực lượng Phòng cháy, chữa cháy-Cứu nạn, cứu hộ (PCCC&CNCH) thường sử dụng các xe thang chuyên dụng. Tầm với cao nhất của xe thang loại này chỉ đạt 56 m (tương ứng độ cao 15-18 tầng theo TCXDVN 323:2004). Mặt khác, do có tải trọng và kích thước lớn nên việc vận hành xe thang trong một số khu vực nội thành rất khó khăn như: gây sập cống, đứt dây điện, đường cua xe dài không qua được đường đông, ngõ nhỏ,... Riêng đối với các nhà siêu cao tầng (40 tầng trở lên - tương đương chiều cao 144 m) thì chưa có loại phương tiện chữa cháy nào đáp ứng được, mà chủ yếu sử dụng các hệ thống kỹ thuật được trang bị từ trước của tòa nhà. Xuất phát từ thực trạng đó, việc đề xuất xây dựng giải pháp chữa cháy ứng dụng động cơ phản lực trên phương tiện bay không người lái có thể nâng cao tính hiệu quả công tác PCCC&CNCH nói chung và cho nhà cao tầng nói riêng.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Giả sử đối tượng cần chữa cháy là tòa nhà văn phòng cao tầng có tường bao được làm từ kính cường lực, theo tiêu chuẩn xây dựng, chiều cao tấm kính là 3 m ÷ 3,6 m (xem hình 1). Giải pháp chữa cháy đề xuất là sử dụng phương tiện bay không người lái (Drone) tiếp cận cửa sổ phòng có đám cháy, phóng viên đạn phá kính và sau đó phóng viên đạn mang chất dập lửa vào bên trong phòng để dập tắt đám cháy.

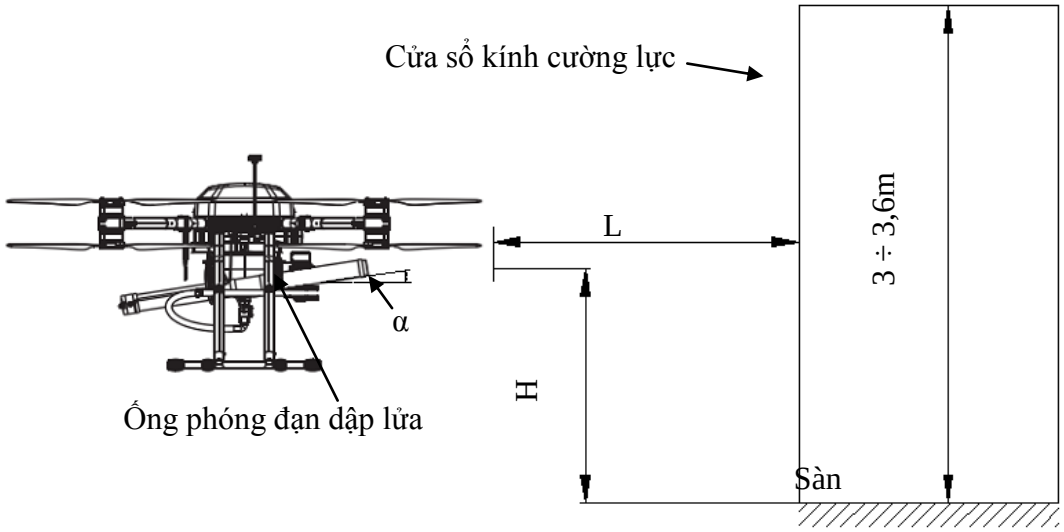
Trong phạm vi nghiên cứu của bài báo, giả thiết thiết bị bay khi phóng đạn là đứng yên và kính cường lực đã được phá, tiến hành khảo sát các nội dung sau:

- Lượng bột chữa cháy cần thiết tương ứng với diện tích/thể tích đám cháy cần dập tắt;
- Khoảng cách từ vị trí Drone đến vị trí đám cháy L và độ cao Drone so với sàn nhà H;
- Phương án động lực của động cơ phóng viên đạn dập lửa.

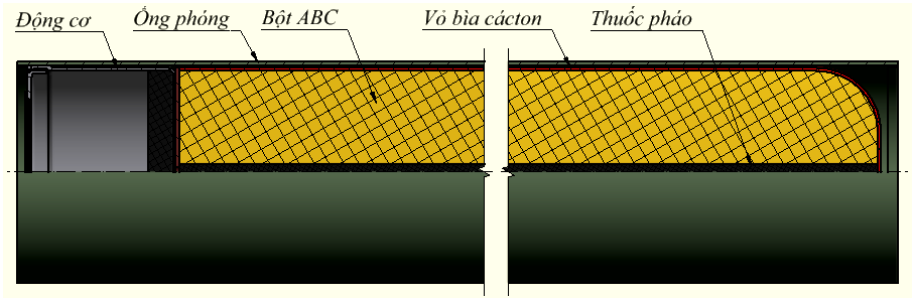
Để đảm bảo tính an toàn, giảm tính sát thương đối với người trong căn phòng, viên đạn dập lửa được phóng vào bên trong không có kết cấu kim loại hoặc những vật liệu có độ cứng tương tự.

Cấu tạo hệ thống phóng đạn dập lửa (hình 2) bao gồm ống phóng bằng kim loại; động cơ phóng sử dụng thuốc hỏa thuật hoặc thuốc phóng ballistic; đầu đạn dập lửa gồm bột ABC nhồi vào trong ống làm bằng bìa cacston, ở giữa khối bột nhồi thuốc pháo để giải

phóng bột ra khu vực cháy, thuốc pháo được kích hoạt bằng dây cháy chậm. Động cơ phóng sau khi đẩy đầu đạn dập lửa ra khỏi ống phóng sẽ được giữ lại trong ống.



Hình 1. *Sơ đồ triển khai giải pháp chữa cháy nhà cao tầng.*



Hình 2. *Sơ đồ hệ thống phóng đạn dập lửa.*

2.1. Xác định khối lượng bột dập lửa và khối lượng thuốc pháo

Giả sử bột dập lửa được giải phóng dưới dạng hình cầu, khi đó khối lượng bột cần thiết được xác định theo công thức:

$$\omega_b = \frac{4}{3}\pi\left(\frac{S_d}{\pi}\right)^{\frac{3}{2}}\rho_d \qquad (1)$$

Trong đó: S_d - Diện tích vùng cháy cần dập tắt, [m^2]; ρ_d - Mật độ bột chiếm chỗ cần thiết trong không gian dập lửa, theo tiêu chuẩn ГОСТ 53280.4-2009 của Nga [2], ρ_d = 0,35 kg/m^3.

Thuốc pháo khi cháy trong buồng kín tạo ra áp suất cao giải phóng bột dập lửa ra môi trường theo nguyên lý lan truyền áp suất. Giá trị áp suất theo bán kính tính từ tâm đầu đạn dập lửa được xác định như sau [3]:

$$\Delta p = \left(0{,}93\frac{\sqrt[3]{\omega_{td}}}{R} + 3\frac{\sqrt[3]{\omega_{td}^{\,2}}}{R^2} + 13\frac{\omega_{td}}{R^3}\right)\cdot g\cdot 10^4 \qquad (2)$$

Trong đó: R - Bán kính lan truyền áp suất tính từ tâm đầu đạn dập lửa, [m]; ω_{td} - Khối

lượng thuốc pháo tương đương, [kg]; g - Gia tốc trọng trường, [m/s^2].

Khối lượng thuốc pháo cần thiết để giải phóng bột dập lửa:

$$\omega_t = \frac{\omega_{td}}{k_1 k_2} \tag{3}$$

Trong đó: k_1 - Hệ số có tính đến ảnh hưởng của bề dày lớp bột, độ bền vỏ đầu đạn dập lửa; k_2 - Hệ số có tính đến ảnh hưởng của nhiệt lượng cháy thuốc pháo.

2.2. Xác định các tham số chuyển động của đạn và tổng xung của động cơ phóng

Để phóng được đầu đạn dập lửa từ Drone vào trong phòng có đám cháy cần xác định vận tốc đầu nòng của đạn sau khi ra khỏi ống phóng [1]:

$$V_0 = \frac{L}{\cos\alpha_b}\sqrt{\frac{g}{2\left(H + L\cdot\tan\alpha_b\right)}} \tag{4}$$

Trong đó: L - Khoảng cách từ Drone đến đám cháy, [m]; α_b - Góc ống phóng so với mặt phẳng nằm ngang, [rad]; H - Độ cao từ vị trí Drone đến mặt sàn phòng có đám cháy, [m].

Thời gian chuyển động của đầu đạn từ khi phóng đến khi rơi xuống sàn là:

$$t_d = \sqrt{\frac{2\left(H + L\cdot\tan\alpha_b\right)}{g}} \tag{5}$$

Quả đạn dập lửa chuyển động trong ống phóng dưới tác dụng của lực đẩy động cơ, để đạt được tốc độ đầu nòng V_0, động cơ cần có tổng xung lực đẩy được xác định từ phương trình cân bằng năng lượng như sau [1]:

$$I_{dc} = M_\Sigma\sqrt{V_0^2 + 2 f_{ms} g L_{op}\cos\alpha_b} \tag{6}$$

Ở đây: M_Σ - Khối lượng quả đạn, bao gồm đầu đạn dập lửa và động cơ phóng, [kg]; f_{ms} - Hệ số ma sát trượt giữa quả đạn và mặt trong ống phóng; L_{op} - Chiều dài đường trượt của ống phóng, [m].

Thời gian chuyển động của quả đạn trong ống phóng:

$$t_{op} = V_0\frac{M_\Sigma}{I_{dc}}t_{dc} \tag{7}$$

Trong đó, t_{dc} là thời gian hoạt động của động cơ phóng, [s].

2.3. Xác định khối lượng thuốc hỏa thuật và quy luật cháy của nó

Do động cơ phóng được tách ra khỏi đầu đạn dập lửa và được giữ lại trong ống phóng nên để giảm lực va đập giữa động cơ và ống phóng, thì thời gian hoạt động của động cơ cần nhỏ hơn thời gian chuyển động của quả đạn trong ống phóng. Để thỏa mãn điều kiện này, tác giả đề xuất sử dụng thuốc hỏa thuật làm nhiên liệu cho động cơ phóng.

Khối lượng thuốc hỏa thuật cần thiết để tạo ra lực đẩy cho động cơ là [4]:

$$m_t = S_t u_t \rho_t t_t\frac{1-e^{-n}}{n} \tag{8}$$

Trong đó: u_t - Tốc độ cháy của thuốc hỏa thuật, [m/s]; ρ_t - Mật độ thuốc hỏa thuật, [kg/m^3]; t_t - Thời gian cháy thuốc hỏa thuật, [s]; n - Hệ số giảm diện kích thước thuốc hỏa thuật; S_t - Diện tích bề mặt cháy ban đầu của thuốc hỏa thuật, [m^2].

Quy luật biến đổi áp suất trong buồng đốt được xác định từ công thức:

$$p(t)=\frac{y_1-y_1e^{-\beta t}}{1-\frac{y_1}{y_2}e^{-\beta t}}S_te^{-n\frac{t}{t_t}} \quad (9)$$

Trong đó: y_1, y_2 - Nghiệm của phương trình đặc trưng biểu diễn quá trình cháy, biến đổi năng lượng của thuốc hỏa thuật [4]; β - Hệ số thời gian.

Lực đẩy của động cơ có dạng:

$$P(t)=C_p p(t)F_{th} \quad (10)$$

Trong đó: C_p - Hệ số lực đẩy; F_{th} - Diện tích tiết diện tới hạn của loa phụt, [m^2].

3. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN, KHẢO SÁT

3.1. Các tham số ban đầu

Các đám cháy ở các khu văn phòng cao tầng thường là các đám cháy loại A (có chất cháy là gỗ, giấy, nhựa,...) và loại C (thiết bị điện), do đó, lựa chọn loại bột chữa cháy khô ABC làm chất dập lửa. Để giải phóng bột chữa cháy ABC sử dụng loại thuốc pháo có thành phần hóa học cơ bản từ Kali nitrat (KNO_3) và chất cháy. Thuốc hỏa thuật sử dụng cho động cơ phóng là thuốc đen số 1 hạt to theo TCVN/QS 839:2013. Các tham số đầu vào để tính toán, khảo sát được nêu trong bảng 1.

Bảng 1. *Các tham số kỹ thuật của các thành phần đạn dập lửa.*

TT	Tham số	Đơn vị	Giá trị
1	Mật độ nhồi bột	kg/m^3	750
2	Mật độ nhồi thuốc pháo	kg/m^3	1650
3	Mật độ nhồi thuốc đen	kg/m^3	1650
4	Nhiệt lượng cháy thuốc đen	*kcal/kg*	730
5	Chỉ số cháy đoạn nhiệt thuốc đen	-	1,12
6	Bề dày vòm cháy hạt thuốc đen	*mm*	1
7	Vận tốc cháy của thuốc đen	*m/s*	0,07
8	Khối lượng phân tử sản phẩm cháy thuốc đen	*kg/mol*	17,26
9	Hằng số khí sản phẩm cháy thuốc đen	*J/kgK*	481,69
10	Thể tích tự do ban đầu của buồng đốt	m^3	4.10^{-4}
11	Góc phóng	*độ*	10
12	Hệ số ma sát giữa đạn và ống phóng	-	0,15
13	Chiều dài đường trượt	*m*	1,2
14	Áp suất môi trường	*MPa*	0,1013

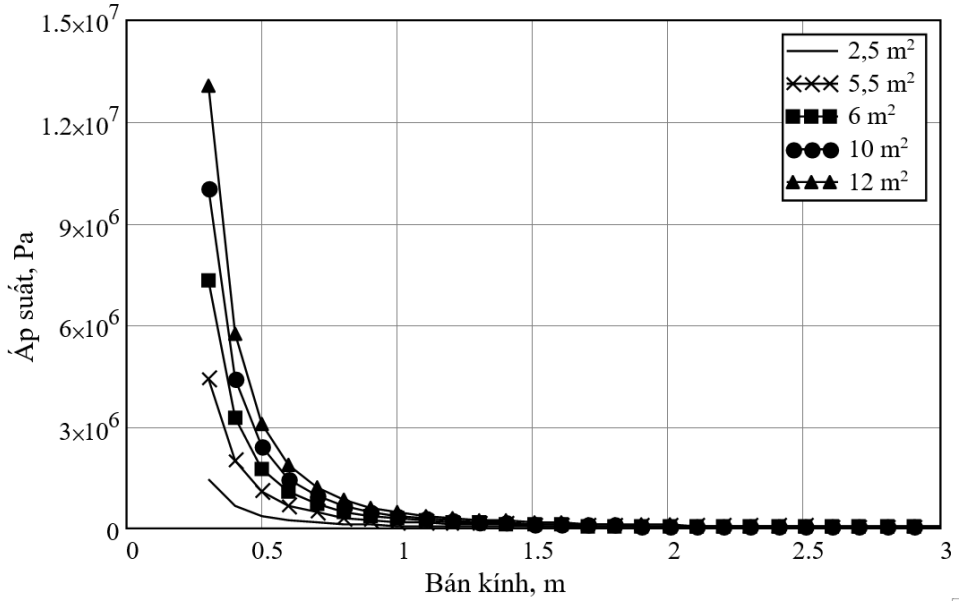
3.2. Tính toán, lựa chọn phương án thiết kế đạn dập lửa

- Khảo sát các phương án đầu đạn

Để có căn cứ lựa chọn phương án thiết kế đầu đạn dập lửa, tác giả đề xuất một số phương án theo diện tích đám cháy cần dập tắt là 2,5; 5,5; 8; 10; 12 m^2. Kết quả tính toán được trình bày trong bảng 2. Áp suất giải phóng bột chữa cháy theo bán kính tính từ tâm đầu đạn dập lửa được biểu diễn như trên hình 3.

Bảng 2. *Kết quả tính toán các phương án đầu đạn dập lửa.*

TT	Tham số	ĐVT	Diện tích đám cháy, m^2				
			2,5	5,5	6	10	12
1	Khối lượng bột chữa cháy	*kg*	0,99	3,32	5,67	7,93	10,42
2	Khối lượng thuốc pháo	*g*	9,91	33,23	56,74	79,29	104,2
3	Đường kính đầu đạn	*mm*	100	100	100	100	100
4	Chiều dài đầu đạn	*mm*	127	425	727	1016	1335



Hình 3. *Đồ thị áp suất giải phóng bột chữa cháy.*

- Khảo sát các phương án phóng

Đạn dập lửa được phóng từ ống phóng từ vị trí phương tiện bay Drone đến khu vực cháy. Vị trí Drone được xác định thông qua khoảng cách L và độ cao H (xem hình 1). Khoảng cách L được khảo sát từ 5 m đến 20 m, độ cao H của Drone so với mặt sàn được khảo sát từ 0,5 m đến 3 m. Để đạn được phóng đến đích, với góc phóng 10°, vận tốc đầu nòng của đạn ra khỏi ống phóng cần đạt tương ứng với các vị trí của Drone được tính toán như trong bảng 3. Trong tính toán, do cự ly phóng đạn là gần nên bỏ qua lực cản khí động và các yếu tố bất lợi khác tác động lên quả đạn khi bay.

Như vậy, để phóng được viên đạn từ khoảng cách xa nhất 20 m, khi Drone đứng ở vị trí chính giữa cửa sổ căn phòng bị cháy (1,5 m), tốc độ đầu nòng viên đạn cần đạt là 20 m/s.

Bảng 3. *Vận tốc đầu nòng của đạn dập lửa.*

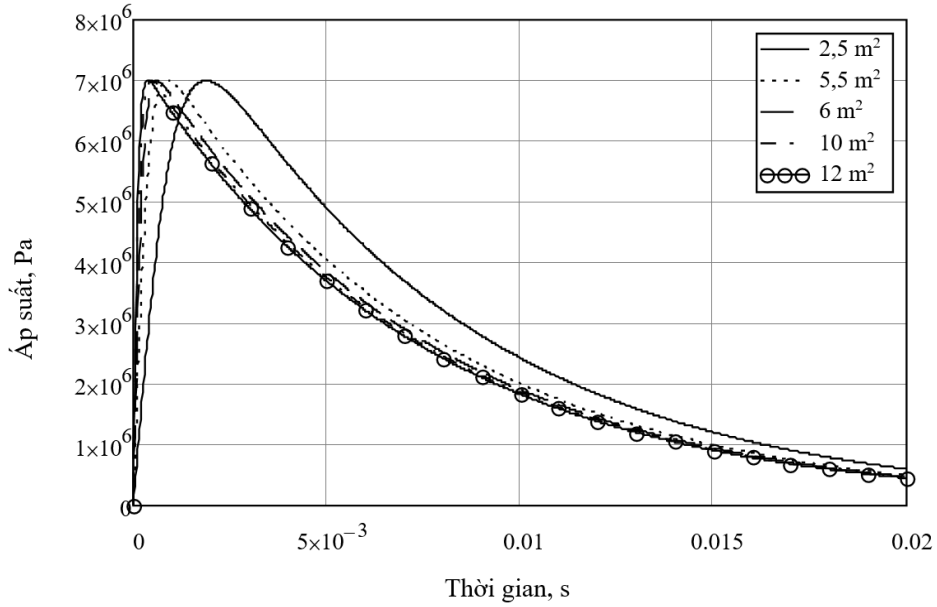
H, m \ L, m	5	10	12	16	20
0,5	9.565	14.946	16.683	19.741	22.411
1	8.196	13.526	15.286	18.404	21.137
1,5	7.285	12.447	14.189	17.307	20.058
2	6.623	11.591	13.3	16.385	19.129
3	5.706	10.302	11.929	14.911	17.603

- *Khảo sát các phương án động lực*

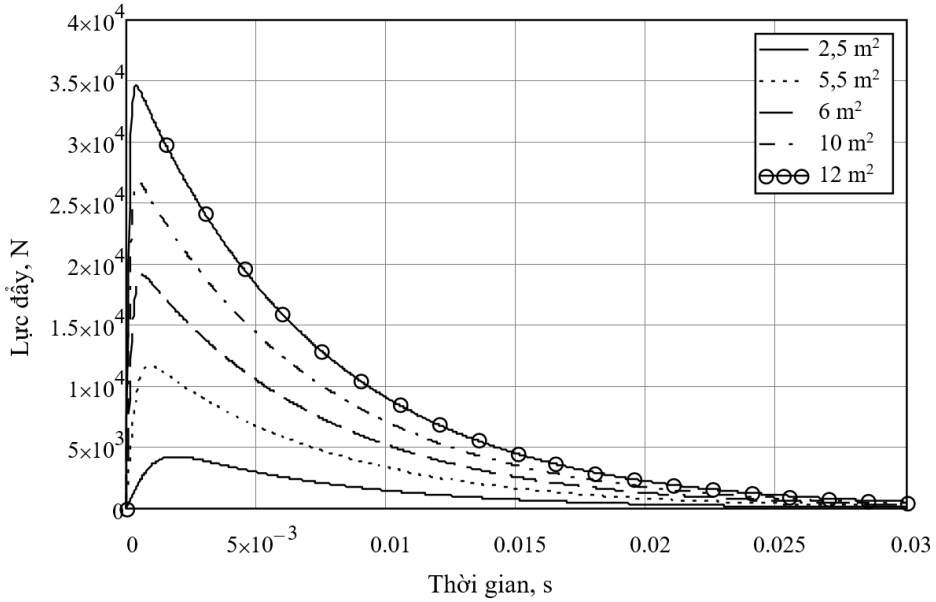
Đối với các phương án đầu đạn dập lựa được tính toán như trong bảng 2, để đạt được vận tốc đầu nòng 20 m/s, động cơ phóng cần đạt các tham số được tính toán như trong bảng 4. Độ thị áp suất và lực đẩy các phương án động cơ được trình bày như trong hình 4 và hình 5. Các quỹ đạo phóng đạn có tốc độ đầu nòng 20 m/s được trình bày như trên hình 6.

Bảng 4. *Kết quả tính toán các phương án động lực.*

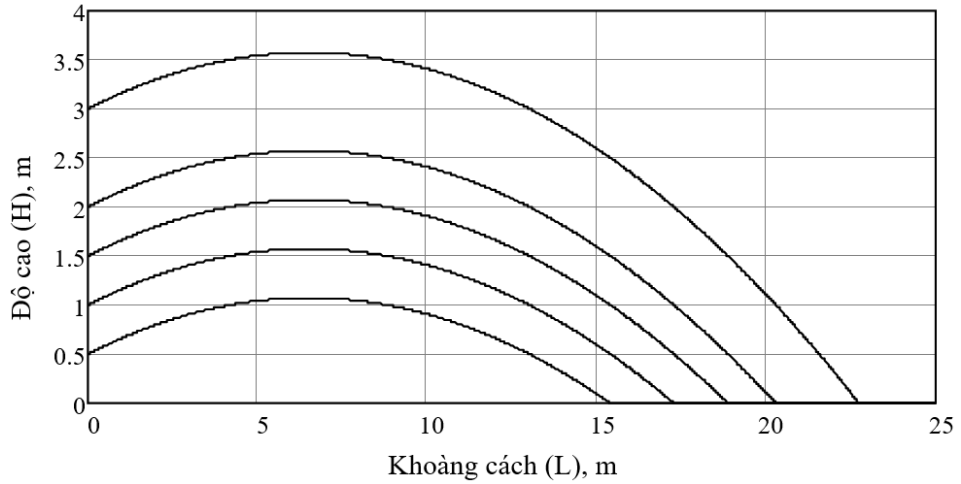
TT	Tham số	ĐVT	Diện tích đám cháy, m^2				
			2,5	5,5	6	10	12
1	Khối động cơ và đầu đạn	*kg*	1,60	3,96	6,33	8,61	11,13
2	Tổng xung lực đẩy	*Ns*	32,16	79,47	127,16	172,92	223,52
3	Thời gian làm việc của động cơ	*s*	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014
4	Thời gian chuyển động trong ống phóng	*s*	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
5	Khối lượng thuốc hỏa thuật	*kg*	0,025	0,06	0,094	0,129	0,165



Hình 4. *Đồ thị áp suất làm việc trong buồng đốt động cơ.*



Hình 5. *Đồ thị lực đẩy của động cơ.*



Hình 6. *Quỹ đạo phóng đạn dập lửa với V_o = 20 m/s .*

Từ bảng 4, do thời gian làm việc của động cơ (0,014 s) nhỏ hơn thời gian chuyển động của đạn trong ống phóng (0,12 s) nên có thể cho rằng toàn bộ năng lượng đẩy của động cơ đã được chuyển hóa thành động năng của quả đạn và với phương án giữ động cơ phóng lại trong ống phóng thì lực va chạm giữa đai động cơ và đai hãm trên ống phóng cũng giảm. Với thiết kế hợp lý, va chạm giữa các đai là va chạm mềm thì vận tốc của hệ Drone-ống phóng sau va chạm (khi đạn đã được phóng) có giá trị tính toán là 0,6 m/s.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã xây dựng được một số phương án kết cấu-động lực cho viên đạn dập lửa để dập tắt các đám cháy có diện tích khác nhau, từ các vị trí phóng khác nhau. Kết quả tính toán là cơ sở khoa học để lựa chọn phương án thiết kế hệ thống thiết bị chữa cháy nhà cao tầng sử dụng thiết bị bay không người lái và xây dựng chiến thuật chữa cháy cho lực lượng PCCC&CNCH khi sử dụng thiết bị chữa cháy này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyễn Xuân Anh, Nguyễn Lạc Hồng. "*Bệ phóng và động lực học khi phóng"*, Học viện Kỹ thuật Quân sự, Hà Nội 1998.

[2]. ГОСТ Р 53280.4-2009. *"Национальный стандарт российской федерации"*. Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Часть 4. Порошки огнетушащие общего назначения. 2009, стр. 5-6.

[3]. Орленко Л.П. *Физика взрыва и удара. М: ФИЗМАЛИТ, 2006-304с.*

[4]. Орлов Б. В., Мазинг Г. Ю. "*Термодинамические и баллистические основы проектирования РДТТ"*, Издательство Машиностроение, Москва., 1968, стр. 376-380.

ABSTRACT

FIRE FIGHTING SOLUTIONS FOR HIGH-RISE BUILDINGS BY JET ENGINE PUT ON UNMANNED AERIAL VEHICLE

The fire fighting of high-rise and super-high-rise buildings in our country is currently facing many difficulties due to the shortage of effective fire prevention and fighting equipment. The solution of using jet engine to bring fire extinguishing agents to the fire area from unmanned aerial vehicles (UAV), both ensuring the ability to extinguish fires on high floors, difficult-to-access isolated areas, and ensuring timely and quickly when deploying fire fighting and ensuring the safety of fighting forces. The research results can be applied in practice to deploy and manufacture a complete remote fire fighting complex for high-rise fire fighting, chemical warehouses, etc. for specialized fire prevention and fighting forces.

Keyworks: Fire fighting equipment; Jet engines; Drone.

Nhận bài ngày 20 tháng 7 năm 2021
Hoàn thiện ngày 09 tháng 8 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: hnpanh@gmail.com.