

## KHẢO SÁT DÀI CHIỀU DÀI RAY TRƯỢT PHÓNG VẬT BAY TRÊN XE

INVESTIGATING THE LENGTH OF THE GUIDE TO LAUNCH  
FLYING OBJECTS ON A VEHICLE

TS. Võ Anh Hiếu

Viện Khoa học và Công nghệ Quân sự

### TÓM TẮT

*Bài báo trình bày phương pháp tính toán chiều dài ray trượt để đảm bảo sơ tốc rời bệ cho vật bay. Bằng việc khảo sát động lực học của cơ hệ thu được hệ phương trình vi phân mô tả chuyển động của vật bay trên ray trượt. Thông qua việc giải hệ phương trình bằng phương pháp số, bài báo tiến hành khảo sát ảnh hưởng của chiều dài ray trượt đến sơ tốc rời bệ của vật bay. Kết quả tính toán trong nghiên cứu này là cơ sở cho việc tính toán, thiết kế bệ phóng để phóng vật bay mang theo chuỗi khối lượng có ích đặt trên xe.*

**Từ khóa:** *Vật bay; Chiều dài đường trượt; Sơ tốc rời bệ.*

### ABSTRACT

*This paper presents a method to calculate the length of the guide to ensure the launcher leaving speed for the flying object. By investigating the dynamics of the launcher, the differential equations obtained describe the motion of the flying body on the guide. By solving the system of equations by numerical method, the article investigates the influence of the guide length on the departure speed of the flying object. The results in this article are the basis for the calculation and design of the launcher to launch the flying object with the useful mass chain placed on the tracked vehicle.*

**Keywords:** *Flying object; Length of the guide; Launcher leaving speed.*

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Mô hình bộ phóng đặt trên phương tiện mang đang rất được quan tâm hiện nay [1] bởi vì tính cơ động cao và giúp giải phóng sức mang vác cho con người. Ngoài ra, khi đặt trên xe, chúng ta có thể tăng đáng kể khối lượng có ích. Khi bố trí bộ phóng trên xe, đối với mỗi một loại vật bay cần xác định được khoảng chiều dài ray trượt để bố trí phù hợp với kết cấu của phương tiện mang.

Khi tăng khối lượng của vật bay, để đảm bảo vận tốc ban đầu đủ lớn ở thời điểm vật bay rời khỏi đường trượt, cần nghiên cứu khảo sát chiều dài ray trượt của bộ phóng [2].

Trong các công trình [3] và [4], khi nghiên cứu về vật bay kéo theo chuỗi khối lượng có ích, các tác giả đã tiến hành tính toán về các thành phần của tổ hợp vật bay kéo theo chuỗi khối lượng có ích. Tuy nhiên, trong các nghiên cứu đó đã không tính đến sự thay đổi khối lượng của vật bay khi nó chuyển động trên ray trượt. Cách tính toán này có ưu điểm là đơn giản hóa các phép tính, tuy vậy nó sẽ làm giảm độ chính xác khi xác định vận tốc rời ray trượt cũng như chiều dài ray trượt.

Để giải quyết vấn đề này, trong bài báo này, tác giả đã bổ sung phương trình độ hụt khối của vật bay vào mô hình toán sự chuyển động của vật bay trên ray trượt. Thông qua việc giải mô hình toán đó, bài báo đã tiến hành khảo sát ảnh hưởng của chiều dài ray trượt đến sơ tốc rời bộ của vật bay. Kết quả này là cơ sở cho việc thiết kế bộ phóng cho phối bộ vật bay kéo theo chuỗi khối lượng có ích.

## 2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH TOÁN

### 2.1. Các giả thiết ban đầu

Hệ “Bộ phóng - vật bay” là một đối

tượng nghiên cứu động học trong đó có nhiều chi tiết đàn hồi, có bậc tự do lớn, chịu tác dụng của nhiều loại tải trọng. Vì sự phân bố của hệ luôn thay đổi nên việc biểu thị toàn bộ quá trình dao động của bộ và giải phương trình là một việc làm hết sức phức tạp. Do vậy, chúng ta cần phải đưa ra các giả thiết thích hợp và dựa vào đó việc giải phương trình sẽ tiện lợi hơn [2].

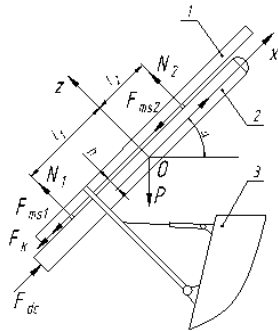
Trong bài báo này, tác giả sử dụng các giả thiết như sau:

- Bỏ qua ảnh hưởng của môi trường không khí;
- Không xét dao động của bộ phóng. Bộ phóng được xem là cứng tuyệt đối;
- Lực đẩy của động cơ trên vật bay tác dụng theo phương trùng với trục dọc của vật bay;
- Bỏ qua lực kéo cáp vì ở giai đoạn trượt trên ray cáp chưa đủ căng để kéo chuỗi khối lượng có ích;
- Xét chuyển động của vật bay trong mặt phẳng bản.

### 2.2. Hệ quy chiếu của cơ hệ

Với các giả thiết nêu trên, cơ hệ sẽ là mô hình vật bay chuyển động dọc trục với một bậc tự do. Hệ quy chiếu được sử dụng là hệ quy chiếu quán tính  $Oxz$ , có gốc tọa độ  $O$  gắn với một điểm cố định trên ray trượt, có phương  $Ox$  song song với ray trượt và có chiều theo chuyển động của vật bay (hình 1).





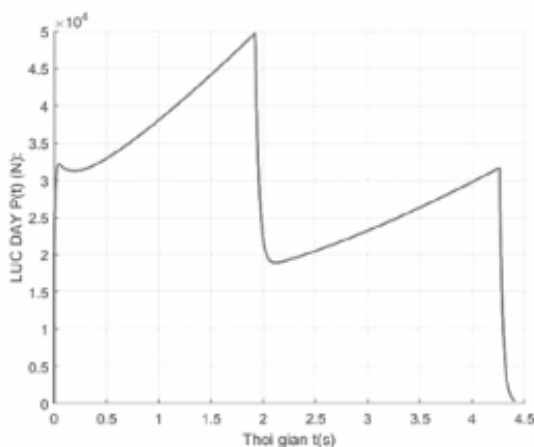
Hình 1. Mô hình vật bay trên ray trượt  
1 - Ray trượt; 2 - Vật bay; 3 - Xe mang

### 2.3. Các ngoại lực tác dụng lên vật bay

Khi chuyển động trên đường trượt, vật bay chịu tác dụng của các lực sau (hình 1):

- Lực đẩy của động cơ trên vật bay  $F_{dc}$ : được xác định từ tính toán động lực của động cơ để đảm bảo tầm xa của vật bay. Việc tính toán động lực này dựa vào các mẫu động cơ của các vật bay kéo theo chuỗi nổ có ích thế hệ trước và kết quả tính toán trong công trình [5]. Đặc tuyến lực đẩy động cơ theo thời gian có quy luật như trên hình 2. Nội suy tuyến tính từng đoạn theo thời gian dưới dạng:

$$F_{dc} = f_{dc}(t) \quad (1)$$



Hình 2. Lực đẩy động cơ theo thời gian

- Lực trọng trường của vật bay P: Trọng lực P tác dụng lên vật bay được chia làm hai thành phần gồm thành phần theo trục Ox và Oz, giá trị của chúng được thể hiện ở các công thức dưới đây.

$$P_x = mg \sin \alpha \quad (2)$$

$$P_z = mg \cos \alpha \quad (3)$$

Trong đó: m - Khối lượng của vật bay; g - Gia tốc trọng trường;  $\alpha$  - Góc bắn.

- Phản lực của ray trượt lên các vấu trượt trên vật bay  $N_1, N_2$ :

Giá trị các phản lực này cần thỏa mãn hai phương trình cân bằng theo lực và mô men. Phương trình cân bằng lực theo phương Oz:

$$N_1 + N_2 = mg \cos \alpha \quad (4)$$

Phương trình cân bằng mô men tại khối tâm O của động cơ:

$$(F_{ms1} + F_{ms2})h - N_1l_1 + N_2l_2 = 0 \quad (5)$$

Trong đó: h là khoảng cách từ bề mặt trượt của ray trượt đến khối tâm của vật bay;  $l_1, l_2$  lần lượt là khoảng cách từ khối tâm của vật bay đến các vấu trượt sau và trước.

- Lực ma sát giữa vấu trượt và đường trượt  $F_{ms1}, F_{ms2}$ : Lực ma sát tác dụng lên các vấu của vật bay là lực ma sát trượt cân Culong, có chiều ngược với chiều trục Ox.

$$F_{ms1} = \mu_1 N_1 \quad (6)$$

$$F_{ms2} = \mu_2 N_2$$

Trong phương trình (6),  $\mu_1$  và  $\mu_2$  là hệ số ma sát trượt giữa bề mặt ray và bề mặt vấu trượt.

Thay các lực ma sát (6) vào phương trình (5) thu được:

$$(\mu_1 N_1 + \mu_2 N_2)h - N_1 l_1 + N_2 l_2 = 0 \quad (7)$$

Từ các phương trình (4) và (7) nhận được các biểu thức phản lực  $N_1, N_2$ :

$$\begin{aligned} N_1 &= \frac{l_2 + \mu_2 h}{l_1 + l_2 + h(\mu_2 - \mu_1)} mg \cos \alpha \\ N_2 &= \frac{l_1 - \mu_1 h}{l_1 + l_2 + h(\mu_2 - \mu_1)} mg \cos \alpha \end{aligned} \quad (8)$$

## 2.4. Thiết lập hệ phương trình vi phân

Sử dụng định luật II Newton để thiết lập phương trình chuyển động theo phương Ox, ta được:

$$m\ddot{x} = F_{dc} - F_{ms1} - F_{ms2} - P_x \quad (9)$$

Thay các lực được xác định từ (1) đến (8) vào phương trình (9), ta được:

$$m\ddot{x} + \frac{l_2 \mu_1 + l_1 \mu_2}{l_1 + l_2 + h(\mu_2 - \mu_1)} mg \cos \alpha + mg \sin \alpha - f_{dc}(t) = 0 \quad (10)$$

Khối lượng vật bay cũng sẽ thay đổi trong quá trình vật bay chuyển động, do đó nếu coi thuốc phóng cháy là định diện thì phương trình độ hụt khối được tính gần đúng theo công thức [6]:

$$\dot{m} = -\frac{m_{tp}}{t_c} \quad (11)$$

Trong đó:  $m_{tp}$  - Khối lượng ban đầu của thuốc phóng;  $t_c$  - Thời gian cháy hết của thuốc phóng.

Hệ phương trình vi phân mô tả chuyển động của vật bay trên ray trượt bao gồm các phương trình (10), (11) và các điều kiện ban đầu để giải hệ phương trình vi phân bao gồm:

$$x_0 = 0, \quad \dot{x}_0 = 0 \quad \text{và} \quad m = m_0.$$

## 3. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN, THẢO LUẬN

### 3.1. Số liệu đầu vào

Để khảo sát phân tích kết quả, bài báo sử dụng bộ thông số đầu vào dựa trên tài liệu tham khảo trong công trình [5] và tính toán thiết kế sơ bộ động lực cho động cơ của vật bay.

Bảng 1. Các thông số đầu vào

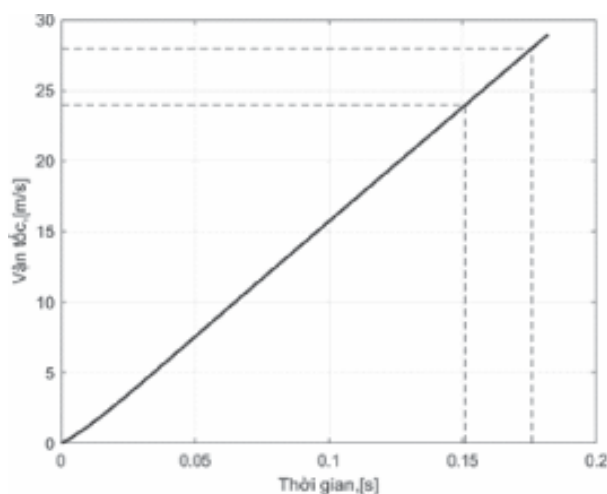
| Thông số                                | Giá trị                |
|-----------------------------------------|------------------------|
| Khối lượng ban đầu vật bay              | 184 kg                 |
| Khối lượng ban đầu của thuốc phóng      | 56 kg                  |
| Thời gian cháy hết của thuốc phóng      | 4,4 s                  |
| Góc phóng                               | 50°                    |
| Sơ tốc rời ray dẫn hướng yêu cầu        | 24 m/s ÷ 28 m/s        |
| Hệ số ma sát giữa bề mặt ray và mặt vấu | $\mu_1 = \mu_2 = 0,45$ |



## 3.2. Phương pháp tính toán và phân tích kết quả

Sử dụng phương pháp số Runge-Kutta để giải hệ phương trình vi phân thu được ở mục 2. Việc tính toán được thực hiện bằng phần mềm Matlab, kết quả tính toán được thể hiện trong các hình dưới đây.

Trên hình 3 thể hiện đồ thị vận tốc của vật bay ở giai đoạn trên ray trượt. Các đường "--" mô tả các giá trị nhỏ nhất và lớn nhất của sơ tốc rời ray trượt theo yêu cầu ( $V_{st1} = 24$  m/s,  $V_{st2} = 28$  m/s). Theo đồ thị trên hình 3, tương ứng với các đại lượng vận tốc này là các giá trị về thời gian  $t_{st1} = 0,151$  s,  $t_{st2} = 0,176$  s.



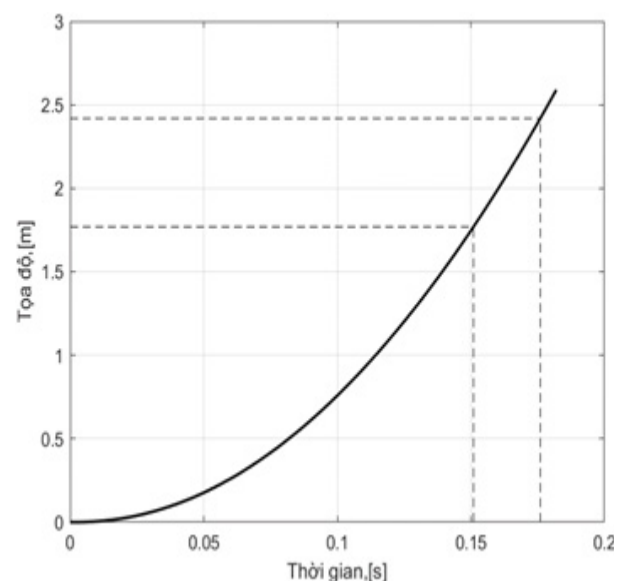
Hình 3. Vận tốc vật bay giai đoạn trên ray trượt

Trên hình 4 thể hiện đồ thị tọa độ vật bay trên ray theo thời gian. Tương ứng với các giá trị giới hạn của vận tốc rời bệ, các giá trị của chiều dài ray trượt được thể hiện bằng đường "--". Như vậy, để đạt được sơ tốc rời bệ theo yêu cầu, khoảng chiều dài ray trượt là  $1,769$  m ÷  $2,418$  m.

Kết quả tính toán cho thấy so với yêu cầu về chiều dài ray trượt của loại vật bay

mang theo chuỗi khối lượng có ích ở các thể hệ trước đây [3, 4], chiều dài ray trượt của vật bay nghiên cứu trong công trình này lớn hơn khá nhiều. Điều này cho thấy cần phải tính toán thiết kế lại cụm bệ phóng so với các bệ phóng đã được sử dụng trước đây.

Kết quả này có ý nghĩa thực tiễn cao trong việc đưa ra gợi ý về chiều dài ray trượt phục vụ cho việc thiết kế bệ phóng và lựa chọn phương án kết cấu động lực của phối bộ vật bay mang theo chuỗi khối lượng có ích.



Hình 4. Tọa độ vật bay trên ray trượt

## 4. KẾT LUẬN

Dựa trên phương trình định luật II Newton và phương trình độ hụt khối của động cơ trên vật bay, bài báo đã xây dựng được mô hình toán mô phỏng chuyển động của vật bay ở giai đoạn trên ray trượt. Bằng việc giải bài toán này, bài báo đã khảo sát sự phụ thuộc của chiều dài ray trượt với dải sơ tốc rời bệ theo yêu cầu, kết quả này là cơ sở cho việc thiết kế bệ phóng cho phối bộ vật bay mang theo chuỗi khối lượng có ích.

Kết quả nghiên cứu của bài báo có thể áp dụng vào việc tính toán thiết kế bộ phóng cho các loại vật bay mang theo chuỗi khối lượng có ích khác nhau.❖

Ngày nhận bài: **06/7/2022**

Ngày phản biện: **16/7/2022**

## Tài liệu tham khảo:

- [1]. T. X. Diệu (2022); “*Phân tích động học ngược mô hình bộ phóng trên tàu biển*”. Tạp chí Nghiên cứu Khoa học và Công nghệ Quân sự, số 80, tr. 149-155.
- [2]. Nguyễn Xuân Anh, Nguyễn Lạc Hồng (1998); “*Giáo trình tính toán bộ phóng và động lực học khi phóng*”. NXB. Quân đội Nhân dân.
- [3]. Trịnh Hồng Anh (2013); “*Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo vũ khí phá vật cản mở cửa cho bộ binh FMV-BI*”. Báo cáo tổng hợp kết quả đề tài cấp Quốc gia, Viện Khoa học và Công nghệ Quân sự.
- [4]. Tăng Xuân Long (2021); “*Nghiên cứu tính toán thiết kế bộ phóng vũ khí FMV-T2*”. Báo cáo khoa học đề tài Nghiên cứu thiết kế chế tạo vũ khí phá vật cản mở cửa cho xe tăng (vũ khí FMV-T2), Viện Khoa học và Công nghệ Quân sự.
- [5]. Phạm Thanh Hải (2020); “*Nghiên cứu tính toán và xây dựng phương án kết cấu cho vật bay nhiên liệu rắn dùng cho vũ khí mở cửa cho xe tăng FMV-T2*”. Báo cáo tổng hợp kết quả nghiên cứu đề tài nghiên cứu Khoa học Công nghệ cấp Viện Tên lửa.
- [6]. T. X. Diệu (2021); “*Tính toán thời điểm mở bảo hiểm cho ngòi nổ tên lửa chống tăng tầm gần*”. Tạp chí Nghiên cứu Khoa học và Công nghệ Quân sự, số Đặc san CBNC trẻ, tr. 94-102.

