

# GIẢI PHÁP PHÒNG TÀU VŨ TRỤ AN TOÀN, TIẾT KIỆM

Vũ Huy Toàn

Công ty cổ phần CONINCO-MI

4 Tôn Thất Tùng, Hà Nội. Email: [vuhuytoan@conincomi.vn](mailto:vuhuytoan@conincomi.vn)

**Tóm tắt:** Xuất phát từ cách đặt lại vấn đề về động lực học các vật thể chuyển động với khối lượng thay đổi cùng với sự bất đồng nhất của không gian lân cận bề mặt Trái đất, tác giả đã tính toán lại chuyển động của tên lửa vũ trụ và phát hiện ra nhiều vấn đề có tính “kinh điển” từ trước tới nay không còn đúng nữa và qua đó, đã đề xuất một giải pháp phóng tàu vũ trụ ưu việt hơn so với cách phóng truyền thống.

## I. TÓM LƯỢC VỀ ĐỘNG LỰC HỌC TÊN LỬA

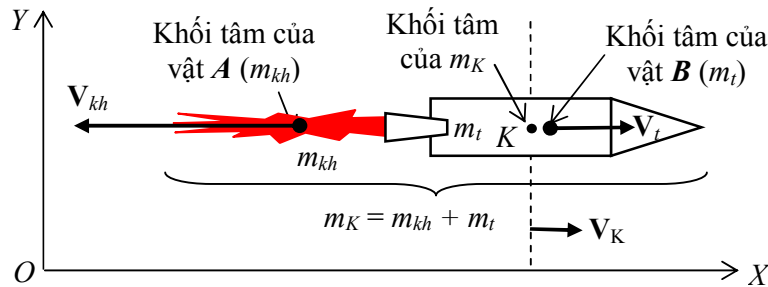
Động cơ phản lực nói chung và động cơ tên lửa nói riêng đã được nghiên cứu từ hơn 80 năm trước và cũng hơn nửa thế kỷ nay đã trở thành một dạng phương tiện phổ biến trong lĩnh vực giao thông, chinh phục vũ trụ, quốc phòng và ngày càng được hoàn thiện và phát triển về kết cấu, chủng loại, tính năng kỹ thuật v.v.. Tuy vậy, riêng về động lực học tên lửa cho đến nay vẫn hoàn toàn dựa vào các kiến thức kinh điển từ hơn một thế kỷ qua, trong đó phải kể đến phương trình chuyển động của vật với khối lượng thay đổi được Mescerxkii đưa ra từ năm 1897 [1, 2]. Trên cơ sở đó, phương trình động lực học cơ bản của tên lửa trong không gian tự do, không có lực hấp dẫn có dạng:

$$m_t \frac{d\mathbf{V}_t}{dt} = \mathbf{V}_{td} \frac{dm_t}{dt} \quad (1)$$

ở đây,  $m_t$  – là khối lượng của tên lửa;  $\mathbf{V}_{td}$  – là vận tốc tương đối của khí phụt ra so với tên lửa:

$$\mathbf{V}_{td} = \mathbf{V}_{kh} - \mathbf{V}_t \quad (2)$$

với  $\mathbf{V}_{kh}$  và  $\mathbf{V}_t$  – tương ứng là vận tốc của khí phụt ra và vận tốc của tên lửa so với HQC khối tâm  $K$  của cả hệ, mà hệ này lại chuyển động với vận tốc  $\mathbf{V}_K$  trong HQC quán tính  $XOY$  nào đó như được thể hiện trên Hình 1.



Hình 1. Chuyển động của tên lửa trong HQC quán tính  $XOY$

Từ thực tế là  $V_{kh} > V_t$  nên véc tơ hiệu  $\mathbf{V}_{td}$  có chiều trùng với chiều của véc tơ  $\mathbf{V}_{kh}$  và vì các véc tơ  $\mathbf{V}_{kh}$  và  $\mathbf{V}_t$  ngược chiều nhau nên có thể viết lại (2) dưới dạng modul:

$$V_{td} = V_{kh} + V_t \quad (3)$$

Biểu thức ở vế phải của (1) là lực đẩy của động cơ phản lực, vốn được xác định theo biểu thức:

$$\mathbf{F}_{dc} = -\mathbf{V}_{td} \frac{dm_{kh}}{dt} \quad (4)$$

với  $m_{kh}$  – là khối lượng của khí phụt ra. Song, vì khối lượng khí phụt ra đúng bằng khối lượng nhiên liệu bị đốt cháy  $m_{nl}$  và bằng hiệu của khối lượng của cả hệ tên lửa và khí là  $m_K$  với khối lượng của tên lửa (bao gồm cả nhiên liệu chưa cháy)  $m_t$ :

$$m_{kh} = m_{nl} = m_K - m_t$$

nên ta có:

$$\mathbf{F}_{dc} = -\mathbf{V}_{td} \frac{dm_{kh}}{dt} = \mathbf{V}_{td} \frac{dm_t}{dt} \quad (5)$$

như đã thấy trong phương trình (1). Giải phương trình (1) ra, người ta được công thức liên hệ giữa sự biến thiên tốc độ của tên lửa với biến thiên khối lượng của nó vẫn được áp dụng rộng rãi cho đến ngày nay:

$$\mathbf{V}_t - \mathbf{V}_0 = -\mathbf{V}_{td} \ln \frac{m_0}{m_t} \quad (6)$$

ở đây  $m_0$  và  $\mathbf{V}_0$  – tương ứng là khối lượng và vận tốc ban đầu của tên lửa. Có thể viết lại (6) ở dạng modul:

$$V_t - V_0 = V_{td} \ln \frac{m_0}{m_t} \quad (7)$$

Khi có tính tới sự ảnh hưởng của hấp dẫn, người ta chỉ đưa thêm vào về trái của (1) một số hạng là trọng lực  $\mathbf{P}_{ta}$  do Trái đất tác động vào tên lửa theo hướng trùng với hướng phụt ra của khí thải, vì xem (1) là định luật 2 Newton viết cho tên lửa nên có thể viết:

$$m_t \frac{d\mathbf{V}_t}{dt} = \mathbf{F}_{dc} + \mathbf{P}_{ta} \quad (8)$$

và khi đó công thức (6) sẽ xuất hiện thêm đại lượng bằng  $\mathbf{g}_\alpha t$  – là thành phần tốc độ do hấp dẫn gây nên bởi hình chiếu của gia tốc trọng trường lên phương chuyển động tương ứng là  $\mathbf{g}_\alpha$ :

$$\mathbf{V}_t - \mathbf{V}_0 = -\mathbf{V}_{td} \ln \frac{m_0}{m_t} + \mathbf{g}_\alpha t \quad (9)$$

Có thể viết lại (9) ở dạng modul:

$$V_t - V_0 = V_{td} \ln \frac{m_0}{m_t} - g_\alpha t \quad (10)$$

Xuất phát từ (10), người ta có thể tính được ảnh hưởng của hấp dẫn lên mức độ tiêu hao nhiên liệu của tên lửa. Từ tất cả các phân tích từ trước tới nay đều đi đến kết luận là để giảm ảnh hưởng của hấp dẫn phải giảm thời gian  $t$  phóng tàu vũ trụ lên quỹ đạo đến mức ít nhất có thể.

## II. NHỮNG BẤT CẬP TRONG BÀI TOÁN ĐỘNG LỰC HỌC TÊN LỬA

Trong cơ học cổ điển, đã được biết đến định luật 2 của động lực học Newton đối với một vật có khối lượng thay đổi ( $m_t \neq \text{const}$ ), chuyển động với vận tốc  $\mathbf{V}_t$  được viết ở dạng đạo hàm của động lượng  $\mathbf{p}_t$  chứ không phải của vận tốc  $\mathbf{V}_t$  như ở (1):

$$\frac{d\mathbf{p}_t}{dt} = \mathbf{F}_\Sigma \quad (11)$$

trong đó:

$$\mathbf{p}_t = m_t \mathbf{V}_t \quad (12)$$

là động lượng của vật;  $\mathbf{F}_\Sigma$  – là ngoại lực tổng hợp tác động lên vật. Đối với một vật cô lập không chịu tác động của ngoại lực thì chỉ còn:

$$\frac{d\mathbf{p}_t}{dt} = 0 \quad (13)$$

hay viết dưới dạng giới hạn:

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{p}_t}{\Delta t} = 0 \quad (14)$$

Trong bài toán động lực học tên lửa, bản thân tên lửa cũng được coi gần đúng là cô lập nên thay vì áp dụng (11), người ta đã sử dụng (14) để rồi chứng minh được công thức (1). Tuy

nhiên, có một điều mà người ta đã quên mất đó là nếu áp dụng (13), hay kể cả là (14), thì biểu thức động lượng phải chứa các đại lượng liên quan tới toàn bộ hệ tên lửa (khối lượng  $m_K$  và vận tốc  $\mathbf{V}_K$ ) gồm cả phần khí phụt ngược trở lại (gọi là vật **A**) với khối lượng là  $m_{kh}$  và cả phần tên lửa cùng nhiên liệu bay đi (gọi là vật **B**) có khối lượng chung là  $m_t$  như đã được mô tả trên Hình 1. Khi đó, động lượng của cả hệ “tên lửa + khí phụt ra” bằng:

$$\mathbf{p}_K = m_K \mathbf{V}_K \quad (15)$$

Và vì đã giả thiết là một hệ cô lập không có tác động của ngoại lực nên vận tốc của khối tâm  $K$  sẽ không thay đổi:  $\mathbf{V}_K = \text{const}$ , do đó:

$$\frac{d\mathbf{p}_K}{dt} = 0 \quad (16)$$

là điều có thể hiểu được. Chỉ đối với khối lượng  $m_K$ , khi không có tác động của ngoại lực, mới có thể nói tới định luật bảo toàn động lượng trong HQC  $XOY$ :

$$m_{kh} \mathbf{V}_{kh} + m_t \mathbf{V}_t = m_K \mathbf{V}_K \quad (17)$$

Nhưng vấn đề sẽ khác hoàn toàn khi định luật 2 Newton được viết không phải cho cả hệ với khối lượng  $m_K$  mà là chỉ cho phần tên lửa với khối lượng  $m_t$  thôi (cho dù vào thời điểm ban đầu  $t = 0$ :  $m_t = m_0 = m_K$ ). Khi đó, không thể nào áp dụng các biểu thức (13) và (14) được, vì lúc này, phần tên lửa với khối lượng  $m_t$  không phải là cô lập, không chịu tác động của ngoại lực nữa mà trái lại, nó chịu tác động của lực đẩy  $\mathbf{F}_{dc}$  do khối khí  $m_{kh}$  phụt ra, tức là cần phải áp dụng (11) chứ không phải là (14) như từ trước tới nay vẫn làm [1, 2, 3, 4]. Lực đẩy này tuy là nội lực của hệ có khối lượng  $m_K$ , nhưng lại là ngoại lực đối với phần tên lửa có khối lượng  $m_t$ . Tức là đối với riêng phần tên lửa, chứ không phải với cả tên lửa và khí phụt ra, ta phải có định luật 2 Newton viết trong HQC  $XOY$  ở dạng:

$$\frac{d\mathbf{p}_t}{dt} = \mathbf{F}_{dc} \quad (18)$$

ở đây

$$\mathbf{p}_t = m_t (\mathbf{V}_t - \mathbf{V}_0) \quad (19)$$

với  $\mathbf{V}_0$  và  $\mathbf{V}_t$  – là các vận tốc ban đầu và vận tốc tức thời của tên lửa so với HQC  $XOY$ . Trong bài toán tên lửa, vào thời điểm ban đầu, tên lửa đứng yên so với HQC  $XOY$  nên  $\mathbf{V}_K = 0$ , tức là HQC gắn với khối tâm  $K$  đứng yên so với HQC  $XOY$  và do đó, các véc tơ  $\mathbf{V}_{kh}$  và  $\mathbf{V}_t$  đều là các vận tốc được đo trong HQC  $XOY$  này, vì vậy, biểu thức động lượng (19) của phần tên lửa có khối lượng  $m_t$  vẫn quay trở về dạng (12). Nếu áp dụng (18), sau khi thay (12) vào, lẽ ra ta đã phải có:

$$m_t \frac{d\mathbf{V}_t}{dt} + \mathbf{V}_t \frac{dm_t}{dt} = \mathbf{F}_{dc} \quad (20)$$

Đây mới đúng là định luật 2 Newton viết cho vật thể có khối lượng thay đổi khi chuyển động trong không gian tự do (với HQC  $XOY$ ), không có lực hấp dẫn, nhưng vận tốc chuyển động của khối tâm  $\mathbf{V}_K$  của cả hệ bằng 0 so với HQC  $XOY$ . Thay  $\mathbf{F}_{dc}$  từ (5) vào (20), ta được phương trình chuyển động của riêng tên lửa  $m_t$ :

$$m_t \frac{d\mathbf{V}_t}{dt} + \mathbf{V}_t \frac{dm_t}{dt} = \mathbf{V}_{td} \frac{dm_t}{dt} \quad (21)$$

So sánh (21) với (1), ta có thể thấy có sự khác nhau ở về trái: đó là sự xuất hiện thêm một số hạng nữa, mà như thế có nghĩa là nghiệm của nó sẽ phải khác với (6) là điều chắc chắn. Nếu chuyển nó sang về phải, ta có:

$$m_t \frac{d\mathbf{V}_t}{dt} = (\mathbf{V}_{td} - \mathbf{V}_t) \frac{dm_t}{dt} \quad (22)$$

Tính đến chiều ngược nhau của các véc tơ  $\mathbf{V}_{td}$  và  $\mathbf{V}_t$ , ta có thể viết lại (22) dưới dạng modul:

$$m_t \frac{dV_t}{dt} = (V_{td} + V_t) \frac{dm_t}{dt} \quad (23)$$

Song, có một điều rất lạ là cho đến nay, không một ai sử dụng phương trình (23) này cả mà đều xuất phát từ biểu thức (13) để cuối cùng đều đi đến công thức (1), tức là vô hình chung đã áp dụng định luật 2 Newton cho vật thể có khối lượng không đổi trong khi ở đây, khối lượng của tên lửa  $m_t$  lại thay đổi? Thậm chí vào năm 1992, còn xuất hiện bài báo [5] đặt vấn đề rằng khi không chịu tác động của ngoại lực (về phải của (21) bằng 0) thì dường như tên lửa vẫn bị một lực bằng  $-V_t dm_t/dt$  tác động lên nó khiến nó chuyển động với tốc độ  $V_t$  mà như vậy, theo các tác giả, là vô lý và vì thế mới lật ngược lại vấn đề rằng định luật 2 Newton không áp dụng được cho vật thể chuyển động có khối lượng thay đổi. Tuy nhiên, họ đã không đề ý đến một chi tiết là khi đã giả thiết ngoại lực bằng 0 đồng nghĩa với khí không bị phụt ra từ tên lửa thì làm gì có chuyển động nào, cũng như có sự biến thiên nào về vận tốc lẫn khối lượng? Tức là về trái của (21) cũng lập tức = 0 là đúng chứ? Ngoài ra, họ còn cho rằng phương trình (21) không thỏa mãn bất biến Galileo mà chỉ có phương trình (8). Song, điều này thật phi lý, vì (21) được viết trong HQC quán tính XOY nên đương nhiên nó phải bất biến đối với biến đổi Galileo với mọi HQC quán tính khác. Các tác giả đã mắc phải sai lầm mà cho đến mãi sau này vẫn còn nhiều người lặp lại là cho rằng tên lửa có khối lượng  $m_t$  là một vật thể cô lập nên việc cho ngoại lực bằng 0 là đương nhiên, trong khi vẫn lấy đạo hàm động lượng ở về trái của (18) [3, 4]. Cho tới nay, ở đâu đó, có người vẫn sử dụng biểu thức (21) một cách chiếu lệ, để rồi tìm cách loại bỏ đi thành phần  $-V_t dm_t/dt$  với lý do rất không xác đáng như cho rằng HQC để viết phương trình chuyển động cùng với tên lửa nên  $V_t = 0$  như ở [6] – mà đây lại là tài liệu chính thức của NASA?

Tóm lại, ta có nhận xét rằng biểu thức (23) cho ta biết giá trị lực tác động tổng hợp lên tên lửa đã tăng thêm một lượng bằng  $-V_t dm_t/dt$  so với giá trị tính theo biểu thức truyền thống (1) hoặc (8). Điều này là có thể hiểu được, vì lúc này, vật chuyển động có khối lượng thay đổi theo hướng giảm dần chứ không còn là hằng số nữa nên gia tốc của nó sẽ phải tăng lên chỉ nguyên do việc giảm khối lượng đó thôi, mà như thế có khác gì một vật có khối lượng không đổi, nhưng nhận thêm lực tác động để có được gia tốc lớn hơn nữa đâu? Tức là chừng nào nhiên liệu còn bị đốt cháy và phụt ra khỏi tên lửa ( $dm_t/dt \neq 0$ ) thì chừng đó tên lửa còn được gia tốc thêm ( $dV_t/dt \neq 0$ ).

Điều nhầm lẫn về tính cô lập của cả hệ tên lửa có khối lượng  $m_K$  với phần tên lửa chỉ có khối lượng  $m_t$  đã dẫn đến một kết quả sai như vừa nói là đã rõ. Vấn đề chỉ còn là xác định mức độ sai đến đâu thôi. Hơn nữa, có một thực tế là hầu như tất cả các tên lửa được thiết kế ra đều không thể bay được như dự kiến ở lần thử đầu tiên. Vậy, tất cả sự cố đã xảy ra đó liệu có căn nguyên từ sự bất hợp lý nội tại thuộc về nguyên lý không? Tức là liên quan tới phương trình (6) hay (9) không? Và tại sao người ta lại không giải trực tiếp từ định luật 2 Newton ở dạng (11), cũng tức là ở dạng (20) hay (22)? Đó vẫn còn là những vấn đề còn bỏ ngỏ.

### III. XÁC ĐỊNH THỜI GIAN CẦN THIẾT ĐỂ PHÓNG VỆ TINH LÊN QUỸ ĐẠO

Trong [7], tác giả đã chứng minh được rằng: *Một thực thể vật lý chỉ có thể thay đổi trạng thái năng lượng khi tác động lên nó lớn hơn hoặc bằng tác động tối thiểu của bản thân nó; đối với các quá trình tuần hoàn có chu kỳ xác định, thời gian tác động phải không được lớn hơn chu kỳ đó.* Cụ thể là nếu ban đầu vệ tinh có khối lượng  $m_V$  đứng yên trên mặt đất, để nó có thể bay được trên quỹ đạo với tốc độ là  $V_{qh}$  và chu kỳ là  $T$  thì tác động tối thiểu của nó phải là:

$$d = m_V V_{qh}^2 T \quad (25)$$

Khi đó, tác động  $D$  lên vệ tinh phải thỏa mãn điều kiện:

$$D = ET_p \geq d \quad (26)$$

ở đây,  $E$  – là năng lượng cần tiêu tốn;  $T_p$  – là thời gian phóng (phải thỏa mãn  $T_p < T$ ). Từ (26) có thể nhận thấy rằng vì vế phải là hằng số nên việc giảm thời gian phóng  $T_p$  ở vế trái (hiện vào khoảng ~10 phút) đồng nghĩa với phải tăng thêm năng lượng cần tiêu tốn. Từ đây cho thấy việc giảm thời gian phóng nhỏ nhất có thể chưa chắc đã là tối ưu về mặt năng lượng mà trái lại, nếu dẫn thời gian phóng tới gần chu kỳ  $T$  của vệ tinh trên quỹ đạo (thông thường khoảng ~90 phút) thì có khi lại tiết kiệm được nhiên liệu hơn. Tức là thời gian phóng thực tế có thể tăng lên ~9 lần. Điều này đồng nghĩa với việc giảm gia tốc cho tên lửa cũng khoảng gần bằng ấy lần khiến yêu cầu về độ cứng của kết cấu tên lửa giảm đáng kể, làm giảm nhẹ tự trọng của tên lửa, cũng góp phần giảm lượng nhiên liệu cho việc phóng tàu vũ trụ lên quỹ đạo.

#### IV. KẾT LUẬN

1- Trong động lực học tên lửa cổ điển, đã có sự nhầm lẫn dẫn đến các kết quả sai về chuyển động của tên lửa, đặc biệt là với các tên lửa vũ trụ. Cụ thể là:

- Đã có sự nhầm lẫn về tính cô lập của cả hệ tên lửa có khối lượng tổng bao gồm cả khối lượng của tên lửa với khối lượng của khí phụt ra với phần tên lửa không bao gồm khí phụt ra. Lực đẩy của tên lửa do khí bị đốt cháy phụt ra là nội lực của cả hệ “tên lửa + khí phụt ra”, nhưng lại là ngoại lực của phần tên lửa còn lại.

- Phương trình chuyển động của tên lửa nhận được vẫn được cho là theo định luật 2 Newton, nhưng thực chất lại chỉ là trường hợp riêng của định luật đó cho vật thể chuyển động có khối lượng không thay đổi. Phương trình đó thiếu hẳn một thành phần động lực học của phần khối lượng bị tiêu hao đi đúng theo định luật 2 Newton cho vật thể có khối lượng thay đổi; nó hoàn toàn khác với lực đẩy do khí bị đốt cháy phụt ra vừa nói tới ở điểm trên.

- Áp dụng định luật bảo toàn động lượng để giải bài toán động lực học tên lửa, nhưng kết quả nhận được lại vẫn sử dụng cho trường hợp khi có tác động của lực trọng trường chỉ bằng một thao tác là cộng thêm lực đó vào phương trình cuối cùng mà lẽ ra đã phải giải lại từ đầu, vì khi đã xuất hiện trọng lực, định luật bảo toàn động lượng không còn đúng nữa.

2- Việc ứng dụng nguyên lý tác động tối thiểu sẽ mở ra một hướng mới, nhưng an toàn hơn để giảm tổn thất do hấp dẫn trái với quan niệm truyền thống là giảm thời gian phóng tên lửa tới mức nhanh nhất có thể.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] Е. И. Бутников, А. С. Кондратьев. *Физика I Механика*. Физматлит. Москва, 2000.
- [2] Материал из Википедии — свободной энциклопедии. *Уравнение Мещерского*. [http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5\\_%D0%9C%D0%B5%D1%89%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE#mw-navigation](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%9C%D0%B5%D1%89%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE#mw-navigation)
- [3] М. Баррер, А. Жомотт, Б. Ф. Вебек, Ж. Ванденкерхове. *Ракетные двигатели*. (Перевод с Англиского языка). Государственное научно-техническое издательство Москва. 1962 г.
- [4] Variable-mass system. [http://en.wikipedia.org/wiki/Variable-mass\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Variable-mass_system)
- [5] Angel R. Platino and Juan C. Muzzio. *On the use and abuse of Newton's second law for variable mass problems*. *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy* 53: 227-232. 1992. Kluwer Academic Publishers \* Provided by the NASA Astrophysics Data System [2] Rocket propulsion. *Rocket & Space Technology*. <http://www.braeunig.us/space/propuls.htm>
- [6] Ideal rocket equation. National Aeronautic and Space Administration (NASA). <http://exploration.grc.nasa.gov/education/rocket/rktpow.html>
- [7] Vu Huy Toan. *Least – action Principle and quantum Mechanics*, Proceedings of IMFP-2005 – International Meeting on Frontiers of Physics, Kuala Lumpur, 2005.