# PHƯƠNG TRÌNH CHUYỂN ĐỘNG CỦA TỔ HỢP ĐẠN CHỐNG TĂNG GIẢM THANH THEO NGUYÊN LÝ 2 PÍT TÔNG

Ngô Phi Hùng[1*], Bùi Ngọc Hồi[2], Nguyễn Phúc Linh[1]

***Tóm tắt**: Nội dung bài báo trình bày kết cấu, nguyên lý làm việc của đạn chống tăng giảm thanh theo nguyên lý 2 pít tông. Thiết lập phương trình chuyển động của đạn trong lòng xi lanh và biểu thức tính vận tốc của đạn nhằm phục vụ trực tiếp cho việc xây dựng bài toán thuật phóng trong của đạn chống tăng giảm thanh theo nguyên lý 2 pít tông sau này.*

**Từ khóa:** Giảm thanh; Phương trình; Chống tăng; 2 pít tông; Sơ tốc; Áp suất.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cùng với các loại vũ khí giảm thanh khác, tổ hợp vũ khí chống tăng giảm thanh theo nguyên lý 2 pít tông (gọi tắt là đạn giảm thanh 2 pít tông) có ý nghĩa đặc biệt quan trọng trong chiến đấu vì giữ được bí mật vị trí phát hỏa, do không có khói lửa đầu nòng và giảm được âm thanh khi bắn. Loại vũ khí này rất thuận lợi để trang bị cho bộ đội đặc nhiệm, tác chiến đơn lẻ, đòi hỏi tính bí mật, bất ngờ.

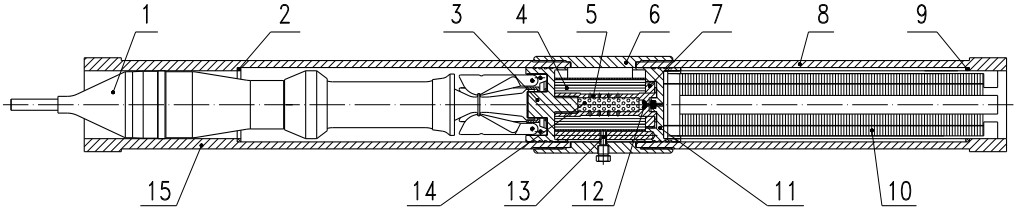
Một số nước có nền khoa học và công nghệ tiên tiến đã chế tạo và đưa vào trang bị cho quân đội đạn giảm thanh 2 pít tông. Tuy nhiên, do đặc thù vũ khí bí mật nên các tài liệu nghiên cứu về chúng đều không được công bố. Trong nước mới chỉ có Viện Vũ khí/ Tổng cục CNQP bước đầu nghiên cứu nguyên lý đạn giảm thanh này. Ngoài ra, Viện Vũ khí và một số đơn vị khác nghiên cứu khác cũng đã nghiên cứu về đạn giảm thanh nhưng theo nguyên lý một pít tông (pít tông thuận hoặc pít tông ngược). Do tầm quan trọng của đạn chống tăng giảm thanh theo nguyên lý 2 pít tông nên việc nghiên cứu về chúng có ý nghĩa cấp thiết để cung cấp cơ sở lý luận, phục vụ cho nhiệm vụ nghiên cứu tính toán, thiết kế, chế tạo bằng năng lực quốc phòng hiện có của quân đội ta.

Để có cơ sở tính toán thiết kế và chế tạo tổ hợp đạn chống tăng giảm thanh theo nguyên lý 2 pít tông, trước hết cần nghiên cứu mô hình kết cấu, nguyên lý làm việc và thiết lập được phương trình chuyển động, tính vận tốc của đạn. Giải quyết vấn đề này là nội dung của bài báo.

## 2. KẾT CẤU VÀ NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC CỦA TỔ HỢP ĐẠN CHỐNG TĂNG GIẢM THANH THEO NGUYÊN LÝ 2 PÍT TÔNG

### 2.1. Kết cấu của tổ hợp đạn chống tăng giảm thanh theo nguyên lý 2 pít tông [2]

Cấu tạo tổ hợp vũ khí chống tăng giảm thanh theo nguyên lý 2 pít tông (hình 1):




***Hình 1.** Kết cấu hệ vũ khí chống tăng giảm thanh theo nguyên lý 2 pít tông:*
*1 - Đạn; 2 - Đệm bịt kín 1; 3- Pít tông trước; 4 - Liều phóng; 5 - Ống mồi; 6 - khâu nối; 7 - Bạc cắt; 8 - nòng súng sau; 9 - Đệm bịt kín 2; 10 - Đối trọng; 11 - Pít tông sau; 12 - Mồi lửa điện; 13 - Cụm định vị; 14 - Thuốc mồi; 15 - Nòng súng trước.*

### 2.2. Nguyên lý hoạt động của tổ hợp đạn chống tăng giảm thanh theo nguyên lý 2 pít tông

Khi bắn, mồi lửa điện cháy mồi cháy thuốc đen trong ống mồi, khi áp suất trong ống

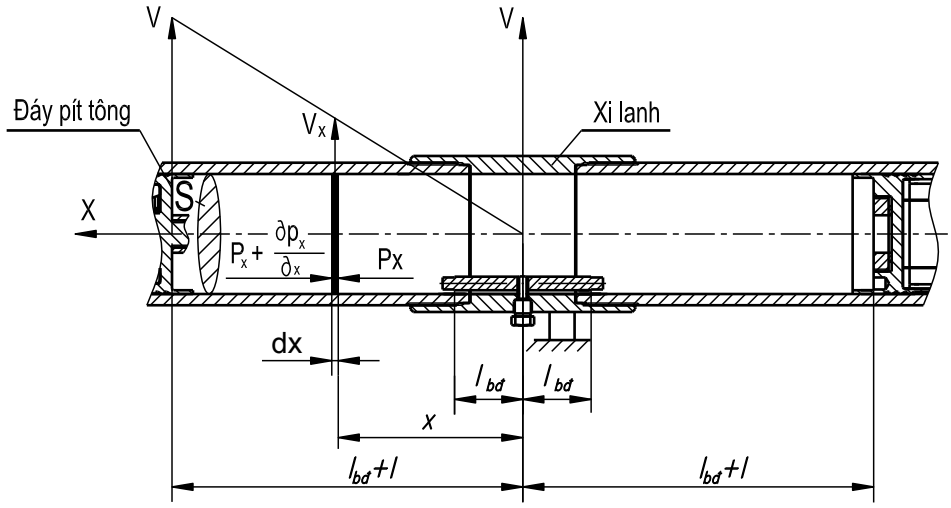
mồi tăng lên đến khoảng 4,41 MPa (45 kG/cm$^2$) thì ống giấy của cụm ống mồi bị đột qua lỗ trên thân ống mồi, khí thuốc tràn ra ngoài, nhiệt lượng cháy của thuốc mồi mồi cháy thuốc phóng của liều phóng. Khí thuốc phóng sinh ra trong thể tích không đổi của buồng đốt làm áp suất tăng lên đến khoảng 7,36 MPa (75 kG/cm$^2$) làm vành tai của vỏ ống mồi bị cắt (phá vỡ liên kết giữa cụm pít tông trước và sau), áp suất khí thuốc tiếp tục tăng và giản nở đẩy 2 cụm pít tông chuyển động về 2 phía (pít tông trước với vỏ ống mồi và đạn chuyển động về phía trước; pít tông sau với bạc cắt và đối trọng chuyển động về phía sau; 2 thành phần chuyển động này có trọng lượng bằng nhau). Khi 2 pít tông gặp gờ chặn của các nòng súng (trước và sau) thì các pít tông đó sẽ bị dừng lại, đóng chặt 2 đầu nòng súng, khí thuốc ngừng giãn nở, đạn và đối trọng bay ra khỏi nòng súng với một vận tốc xác định, kể từ thời điểm này đạn bay như một viên đạn chống tăng thông thường [2].

## 3. THIẾT LẬP PHƯƠNG TRÌNH CHUYỂN ĐỘNG CỦA ĐẠN

Bài toán chuyển động của đạn chống tăng giảm thanh được xây dựng trên cơ sở nghiên cứu quy luật phân bố tốc độ khí thuốc trong không gian sau đáy pít tông và quy luật phân bố áp suất trong lòng xi lanh.

### 3.1. Quy luật phân bố tốc độ khí thuốc trong không gian sau đáy pít tông

Để nghiên cứu quy luật phân bố tốc độ khí thuốc trong không gian trong lòng xi lanh sau đáy pít tông, ta khảo sát tại tiết diện *x* bất kỳ, tại thời điểm *t* khi đạn chuyển động được đoạn đường *l* (hình 2).




***Hình 2.*** *Sơ đồ xét sự phân bố áp suất khí thuốc trong lòng xi lanh.*

Khi đó phương trình liên tục của dòng khí có dạng, [1, 3]:

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\rho_x S\right)+\frac{\partial}{\partial x}\left(\rho_x S V_x\right)=0 \tag{1}$$

Trong đó: $\rho x$, $Vx$ tương ứng là mật độ trung bình và tốc độ của khí thuốc tại tiết diện khảo sát.

Theo giả thuyết *S*=const và hỗn hợp khí phân bố đều nên $\frac{\partial \rho_x}{\partial x}=0$. Khi đó, phương trình (1) có dạng:

$$\frac{1}{\rho_x}\frac{\partial \rho_x}{\partial t}+\frac{\partial V_x}{\partial x}=0 \text{ hay } \frac{\partial}{\partial t}\ln \rho x+\frac{\partial V_x}{\partial x}=0 \tag{2}$$

Tích phân phương trình (2) theo x nhận được biểu thức:

$$C_1(t)x + V_x = C_2(t) \tag{3}$$

Trong đó: $C_1(t) = \frac{\partial}{\partial t}\rho_x$.

Các hằng số tích phân được xác định từ các điều kiện biên:

- Khi $x = 0$ (pít tông chưa chuyển động) thì $V_x = 0$, nên $C_2(t) = 0$;
- Khi $x = l_{bđ} + l$ (pít tông đã chuyển động) thì $V_x = V$ (vận tốc của đạn), nên:

$$C_1(t) = -\frac{V}{l_{bđ} + l}.$$

Thay $C_1(t)$, $C_2(t)$ vừa tìm được vào (3), cuối cùng ta có quy luật phân bố tốc độ khí thuốc trong lòng xi lanh:

$$V_x = \frac{V}{l_{bđ} + l}x \tag{4}$$

Biểu thức (4) cho thấy, vận tốc của đạn tuyến tính với quãng đường đạn chuyển động, khi quãng đường chuyển động của đạn $x$ tăng, thì tốc độ chuyển động của đạn tăng. Khi pít tông và xi lanh đóng chặt $x = l_{bđ} + l$ ($l$ là hành trình chuyển động của đạn và pít tông), tốc độ chuyển động của đạn là lớn nhất.

### 3.2. Quy luật phân bố áp suất khí thuốc trong lòng xi lanh

Để xác định quy luật phân bố áp suất khí thuốc trong thể tích không gian lòng trong xi lanh, sử dụng phương trình biến thiên động lượng của dòng khí trên cơ sở định luật 2 Newton đối với phân tố khí, [1, 3, 4]:

$$\frac{dm_x V_x}{d_t} = \sum_i P_i \tag{5}$$

Trong đó: $m_x$ - Trọng lượng phân tố khí; $\sum_i P_i$ - Tổng các lực tác dụng lên phân tố khí.

Tại tiết diện $x$ ta tách phân tố khí có bề dày $dx$, khi đó, theo các giả thiết ở trên, ta có:

- Trọng lượng phân tố khí: $m_x = Sdx\rho_x$;
- Áp suất khí thuốc trên tiết diện phải là $p_x$, trên tiết diện trái là: $p_x + \frac{\partial p_x}{\partial x}dx$.

Khi đó, phương trình chuyển động phân tố khí có dạng:

$$S\left[p_x - \left(\frac{\partial p_x}{\partial x}dx + p_x\right)\right] = Sdx\rho_x\frac{dV_x}{dt}$$

hay:

$$\frac{1}{\rho_x}\frac{\partial p_x}{\partial x} = -\frac{dV_x}{dt} \qquad \Rightarrow \qquad \frac{dV_x}{dt} = -\frac{1}{\rho_x}\frac{\partial p_x}{\partial x}$$

Từ (4) suy ra:

$$\frac{dV_x}{dt} = \frac{x}{l_{bd} + l}\frac{dV}{dt} \tag{6}$$

Thay biểu thức của $\frac{dV_x}{dt}$ ở trên vào phương trình chuyển động của phân tố khí (6) ta được:

$$\frac{1}{\rho_x}\frac{\partial p_x}{\partial x} = -\frac{x}{l+l_{bd}}\frac{dV}{dt} \tag{7}$$

Ta có: $\rho_x = \rho = \dfrac{\omega}{2S\left(l+l_{bd}\right)}$ và từ phương trình chuyển động của cụm pít tông trước cùng đạn $\dfrac{dV}{dt} = \dfrac{S_{pt}p_{pt}}{\varphi_1 M}$ ($\omega$- Trọng lượng thuốc phóng; $S_{pt}$ - Diện tích tiết diện của pít tông, $S_{pt} = \dfrac{\pi D_{pt}^2}{4}$; $p_{pt}$ là áp suất khí thuốc tác dụng lên đáy pít tông trước; $M$ - Trọng lượng tổng của đạn và cụm pít tông trước), thay vào biểu thức trên ta có:

$$\frac{\partial p_x}{\partial x} = -\frac{\omega S_{pt}}{2S\varphi_1 M}\frac{x}{(l_{bd}+l)^2}p_{pt} \tag{8}$$

Tích phân biểu thức (8) trong giới hạn từ $x$ đến $l_{bđ}+l$ ta nhận được phương trình mô tả quy luật phân bố áp suất khí thuốc trong lòng xi lanh:

$$p_x = p_{pt}\left[1+\frac{\omega S_{pt}}{4S\varphi_1 M}\left(1-\frac{x^2}{\left(l_{bd}+l\right)^2}\right)\right] \tag{9}$$

Tại đáy pít tông khi chưa chuyển động:

$$x=0;\ p_x=0 = p_{dn} = p_{pt}\left[1+\frac{\omega S_{pt}}{4S\varphi_1 M}\right]$$

Trong đó, $p_{dn}$ là áp suất tại đáy nòng khi pít tông khi chưa chuyển động.

Tại đáy pít tông khi đã chuyển động:

$$x = l_{bđ} + l\ ;\ p_x = p_{pt}$$

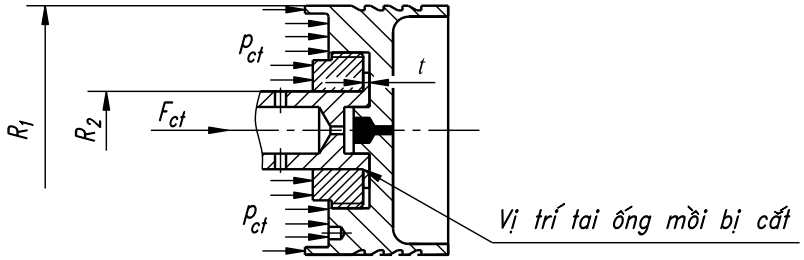
Như vậy, với giả thiết tại mỗi thời điểm bất kỳ, hỗn hợp sản phẩm cháy và các phần tử thuốc phóng chưa cháy hết phân bố đều trong khoảng không gian lòng xi lanh sau đáy pít tông dẫn đến tốc độ của khối khí thuốc phân bố theo quy luật tuyến tính và áp suất khí thuốc trong khoảng không gian phía sau đáy pít tông phân bố theo quy luật đường cong bậc 2 dạng parabol.

Trong tính toán thuật phóng trong cho đạn chống tăng giảm thanh, để đơn giản ta dùng áp suất trung bình thuật phóng:

$$p = \frac{1}{l_{bd}+l}\int_0^{l_{bđ}+l} p_x dx \tag{10}$$

### 3.3. Phương trình chuyển động của đạn trong xi lanh

*3.3.1. Trong quá trình cắt tai vỏ ống mồi*




***Hình 3.*** *Mô hình biểu diễn lực cắt tai và áp suất cắt tai.*

Sau khi thuốc của liều phóng được mồi cháy, áp suất khí thuốc tăng lên có xu hướng đẩy 2 pít tông chuyển động về 2 phía, tuy nhiên, bị vành tai và ren của ống mồi giữ lại, khi áp suất đạt đến giá trị áp suất cắt tai pct thì vành tai của vỏ ống mồi được cắt hoàn toàn (áp suất này tương đương áp suất tống đạn của súng pháo thông thường), đạn bắt đầu chuyển động. Áp suất cắt tai được xác định như sau (hình 3).

Ký hiệu $F_{ct}$ là lực cắt tai, $p_{ct}$ là áp suất cắt tai, $S_{ct}$ là diện tích tiết diện bề mặt tai tại vị trí bị cắt, $S_1$ là diện tích bề mặt chịu tác dụng trực tiếp của áp suất; $t$ là bề dày tai cắt.

Diện tích bề mặt vành tai ống mồi bị cắt:

$$S_{ct} = 2\Pi R_2 t \tag{11}$$

Lực dọc trục kéo đứt vành tai:

$$F_{ct} = p_{ct} S = p_{ct} \Pi (R_1^2 - R_2^2) \tag{12}$$

Theo điều kiện kéo nén đúng tâm trong sức bền vật liệu, điều kiện cắt tai vỏ ống mồi là:

$$\sigma_{ct} = p_{ct} = \frac{F_{ct}}{S_{ct}} \geq [\sigma] \;\Rightarrow F_{ct} \geq [\sigma] S_{ct} \tag{13}$$

Trong đó:

- $\sigma_{ct}$ là ứng suất cắt tai vỏ ống mồi;

- $[\sigma]$ là ứng suất cắt cho phép của vật liệu vỏ ống mồi, $[\sigma] = [\sigma_K] = [\sigma_N]$.

Từ các biểu thức (11), (12) và (13) ta có điều kiện tin cậy cắt tai của vỏ ống mồi là áp suất cắt tai phải thỏa mãn:

$$p_{ct} \geq \frac{[\sigma] S_{ct}}{\Pi (R_1^2 - R_2^2)} = \frac{[\sigma] 2 R_2 t}{R_1^2 - R_2^2} \tag{14}$$

Áp suất cắt tai đối với kết cấu đạn chống tăng giảm thanh tương đương áp suất tống đạn của súng pháo thông thường ($p_{ct}=p_0$). Đây là tham số đầu vào để giải bài toán thuật phóng trong của đạn chống tăng giảm thanh.

Áp suất cắt tai phụ thuộc vào cơ tính và vật liệu chế tạo vỏ ống mồi, diện tích bề mặt cắt và kết cấu của vỏ ống mồi. Giá trị của áp suất cắt tai có thể tính toán lựa chọn theo công thức (14) hoặc được xác định bằng thực nghiệm ép tĩnh (đặt lực ép và tăng dần lực đến khi tai vỏ ống mồi bị cắt, khi đó, áp suất cắt tai bằng lực cắt tai chia cho diện tích bề mặt chịu áp) hoặc thông qua bắn với liều thuốc tăng dần đến khi tai bị cắt.

*3.3.2. Trong quá trình đạn chuyển động*

Pít tông trước cùng phần còn lại của ống mồi và đạn chuyển động trượt tịnh tiến về phía trước (pít tông tỳ vào đáy đạn, cùng với phần còn lại của ống mồi và đạn chuyển động về phía trước so với xi lanh là nòng súng trước) dưới tác dụng của tổng các lực tác dụng theo hướng trục pít tông trước. Các lực tác dụng bao gồm:

- Lực của áp suất khí thuốc tác dụng lên đáy pít tông trước là $S_{pt}.p_{pt}$;

- Lực ma sát giữa pít tông trước và xi lanh sinh ra khi pít tông trước chuyển động trượt so với xi lanh, $F_{ms1}=f_1.N_1$. Trong đó: $N_1$ là phản lực của cụm pít tông trước và phần còn lại của ống mồi tác dụng lên xi lanh; $f_1$ là hệ số ma sát trượt động giữa pít tông trước và xi lanh.

- Lực ma sát giữa đạn và thành nòng súng trước khi đạn chuyển động, $F_{ms2}=f_2N_2=f_2mg$. Trong đó: $N_2$ là phản lực của thành nòng súng tác dụng lên đạn, $N_2= m.g$ ($g$ - Gia tốc trọng trường); $f_2$ - Hệ số ma sát trượt động giữa đạn và thành nòng súng trước.

- Lực cản chuyển động tịnh tiến từ phía môi trường bên ngoài (lực cản của không khí phía trước đầu đạn), khi tính toán bỏ qua lực này do giá trị nhỏ.

Hợp lực tác dụng lên cụm pít tông trước theo phương chuyển động:

$$S_{pt}p_{pt} - F_{ms1} - F_{ms2} = S_{pt}p_{pt} - f_1N_1 - f_2mg$$

Như trên ta đã nói, cụm pít tông trước (gồm pít tông trước với phần còn lại của vỏ ống mồi và đạn) và cụm pít tông sau (gồm pít tông sau, bạc cắt và đối trọng) có trọng lượng bằng nhau, quãng đường chuyển động như nhau; Mặt khác, đạn và đối trọng cũng có trọng lượng bằng nhau nên vận tốc của đạn và đối trọng khi rời các pít tông là như nhau. Theo định luật bảo toàn động lượng, nếu hệ trước khi bắn ở trạng thái tĩnh thì đối với cơ hệ gồm đạn, đối trọng và súng sẽ có:

$$\mathrm{m}\vec{v} + \mathrm{m}_1\vec{v}' + M'\vec{V}_1 = 0 \tag{15}$$

Trong đó: $m$, $\vec{v}$ tương ứng là trọng lượng và vận tốc tuyệt đối của đạn so với mặt đất; $m_1$, $\vec{v}'$ tương ứng là trọng lượng và vận tốc tuyệt đối của đối trọng so với mặt đất; $M'$, $\vec{V}_1$ tương ứng là trọng lượng của bệ súng và vận tốc tuyệt đối của bệ súng so với mặt đất.

Mặt khác, như trên đã phân tích $m = m_1$, $\vec{v} = -\vec{v}'$ (ngược hướng nhau) nên:

$$m.\vec{v} + m_1\vec{v}' = 0.$$

Từ (15) suy ra: $M'\vec{V}_1 = 0 \Leftrightarrow \vec{V}_1 = 0$ (tức là bệ súng đứng yên - súng không giật).

Khi đó, theo định luật 2 Newton, vận tốc $V$ của đạn so với xi lanh cũng chính là vận tốc của đạn trong hệ tọa độ tuyệt đối (so với mặt đất) nên:

$$M\frac{dV}{dt} = S_{pt}p_{pt} - f_1N_1 - f_2mg \tag{16}$$

*Xác định các giá trị phản lực $N_1$:*

Xi lanh (hình 2: phần chứa thuốc phóng thể tích $W_0$ ban đầu khi tai vỏ ống mồi chưa bị cắt có bán kính trong $r$, chiều dài phần trong của pít tông trước $l_{tpt}$) chịu tác động trực tiếp của áp suất khí thuốc $p_{pt}$ phân bố đều trong thể tích $W_0$). Khi đó, lực tác dụng theo phương hướng kính (vuông góc với trục xi lanh) $F=N_1=2\Pi rl_{tpt}p_{pt}$.

Thay các giá trị trên vào biểu thức (16) ta có:

$$M\frac{dV}{dt} = S_{pt}p_{pt} - 2\Pi f_1 r l_{tpt}p_{pt} - f_2mg$$

$$\Rightarrow M\frac{dV}{dt} = S_{pt}p_{pt}\left[1 - \frac{2\Pi f_1 r l_{tpt}}{S_{pt}} - \frac{f_2mg}{S_{pt}p_{pt}}\right] \tag{17}$$

Ký hiệu $\varphi_1 = \dfrac{1}{1 - \dfrac{2\Pi f_1 r l_{tpt}}{S_{pt}} - \dfrac{f_2mg}{S_{pt}p_{pt}}}$ thay vào biểu thức (17) ta nhận được:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{S_{pt}p_{pt}}{\varphi_1 M} \tag{18}$$

Trong đó, $\varphi_1$ là hệ số tăng nặng của cụm pít tông trước.

Phương trình (18) là phương trình chuyển động tịnh tiến của cụm pít tông trước (với giả thuyết coi cụm pít tông trước như một chất điểm).

Tích phân (10) ta được:

$$\frac{p}{p_{pt}} = \frac{\varphi_1 + \frac{1}{3}\frac{\omega S_{pt}}{2SM}}{\varphi_1} \tag{19}$$

$$\frac{p}{p_{dn}} = \frac{\varphi_1 + \frac{1}{3}\frac{\omega S_{pt}}{2SM}}{\varphi_1 + \frac{1}{2}\frac{\omega S_{pt}}{2SM}} \tag{20}$$

Sau khi đưa ra khái niệm áp suất trung bình thuật phóng *p,* ta có thể coi rằng tại mỗi thời điểm bất kỳ trong quá trình diễn ra hiện tượng bắn, chỉ tồn tại một giá trị duy nhất áp suất trung bình thuật phóng trong toàn bộ khoảng không gian của xi lanh giữa các pít tông. Điều này giúp đơn giản rất nhiều khi nghiên cứu và tính toán các thông số thuật phóng cơ bản của đạn chống tăng giảm thanh.

Các công thức (19) và (20) cho phép theo giá trị áp suất trung bình thuật phóng ta tính được các giá trị áp suất tại đáy pít tông trước. Mối quan hệ giữa áp suất trung bình thuật phóng *p* và áp suất đáy pít tông trước $p_{pt}$, (19) có thể viết dưới dạng:

$$\frac{p}{p_{pt}} = \frac{\varphi'}{\varphi_1} \tag{21}$$

Trong đó, $\varphi'$ là hệ số trọng lượng ảo:

$$\varphi' = \varphi_1 + \frac{1}{3}\frac{\omega S_{pt}}{2Sm} \tag{22}$$

Thay biểu thức (21) vào phương trình chuyển động tịnh tiến của đạn $\frac{dV}{dt} = \frac{Sp_{pt}}{\varphi_1 M}$ ta có phương trình chuyển động của đạn chống tăng giảm thanh dùng để tính toán thuật phóng trong:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{Sp}{\varphi' M} \tag{23}$$

Hệ số $\varphi'$ trong phương trình chuyển động tịnh tiến của đạn được gọi là hệ số trọng lượng ảo, bởi vì nó cho phép bằng cách đưa vào trọng lượng ảo $\varphi' m$ vào, có thể quy chuyển động thực tế của đạn về chuyển động của chất điểm được mô tả trong phương trình (18). Do giá trị $\varphi'$ sai lệch rất nhỏ so với $\varphi_1$ (vì trọng lượng thuốc phóng rất nhỏ so với trọng lượng đạn) nên trong tính toán thuật phóng sử dụng giá trị $\varphi_1$, vì vậy, phương trình chuyển động của đạn chống tăng giảm thanh được biểu diễn ở biểu thức:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{Sp}{\varphi_1 M} \tag{24}$$

Do đặc điểm kết cấu của hệ súng và đạn chống tăng giảm thanh, khi pít tông trước chuyển động đến hết hành trình *L* (thời điểm các pít tông đóng chặt vào xi lanh), đạn rời pít tông trước của súng.

Áp dụng biểu thức tính vận tốc chuyển động của đạn chống tăng giảm thanh 2 pít tông vào giải bài toán thuật phóng trong cho đạn do Viện Vũ khí thiết kế chế tạo ta được đồ thị vận tốc và áp suất như hình 4.

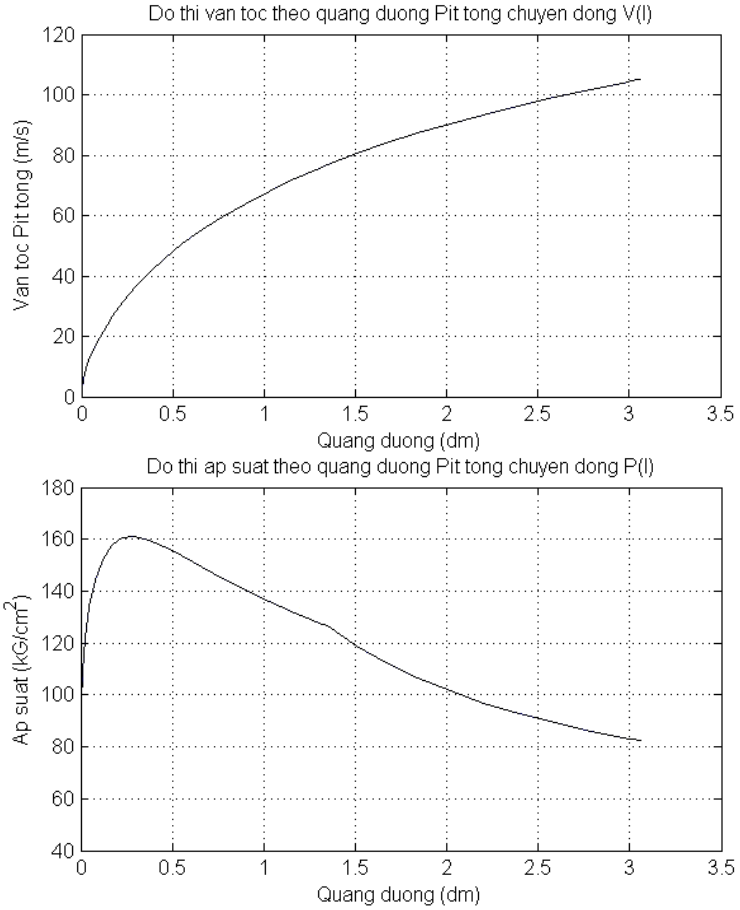
*Các tham số đầu vào bài toán TPT:* Cỡ nòng $d$=0,08m (đường kính trong nòng súng $D$=0,08m); diện tích khe hở giữa pít tông và xi lanh (nòng súng) $S_t$=176.10$^{-7}$ m$^2$; thể tích ban đầu buồng đốt $W_0$=0,0004m$^3$; hành trình chuyển động của cụm pít tông trong nòng

súng $L_d$=0,306dm; trọng lượng của đạn $m$=2,2kg; trọng lượng của cụm pít tông trước $m_{ptt}$=0,37kg; trọng lượng của ống mồi còn lại $m_{omcl}$=0,082kg; trọng lượng của đạn và cụm pít tông trước $M=m_d+m_{ptt}+m_{omcl}$; áp suất tống đạn (áp suất cắt vành tai ống mồi) $p_0$=7,36 MPa; hệ số tăng nặng của đạn và pít tông trước $\varphi_1$=1,01; hệ số tổn thất nhiệt qua khe hở pít tông và xi lanh (nòng súng) $\varphi_2$=0,82; áp suất mồi thuốc phóng $p_{moi}$=4,41 MPa; trọng lượng thuốc phóng NBL-14 $\omega$=0,022kg; mật độ của thuốc phóng $\delta$=1600 kg/m$^3$; lực thuốc phóng $f$=11.200.000 kG.m/kg; xung lượng riêng thuốc phóng $I_k$=5500 kG.s/m$^2$; cộng tích thuốc phóng $\alpha$=850 m$^3$/kg; hệ số mũ quy luật tốc độ cháy $\nu$=1; các hệ số hình dạng của thuốc phóng NBL-14: $\chi$=1,03, $\lambda$=-0,02, $\mu$=0; hệ số mũ đoạn nhiệt $k$=1,25.

*Kết quả tính toán:* Vận tốc của đạn khi pít tông đóng chặt vào xi lanh $V_d$=103,46 m/s, sơ tốc của đạn $V_0$=113,59 m/s, áp suất lớn nhất $p_{max}$ = 15,86 MPa (161,65 kG/cm$^2$).

Từ hình 4 ta thấy: vận tốc của cụm pít tông trước và đạn tăng dần theo quãng đường chuyển động và đạn giá trị lớn nhất tại thời điểm pít tông đóng chặt vào xi lanh; áp suất trong lòng xi lanh tăng đến một giá trị lớn nhất rồi giảm dần tới thời điểm pít tông đóng chặt vào xi lanh, từ lúc này áp suất sẽ không giảm do khí thuốc bị giữ trong lòng xi lanh.

Kết quả tính toán cũng cho thấy sơ tốc của đạn tăng lên so với thời điểm khi pít tông đóng chặt vào xi lanh, điều này được giải thích là do sau khi đạn tách khỏi pít tông thì đạn được truyền thêm năng lượng từ pít tông *(vấn đề này sẽ được làm rõ hơn trong bài báo sau)*. Kết quả tính toán cũng phù hợp với điều kiện thuật phóng của đạn là: $V_0$ = 110±5 m/s; $p_{maxTB} \le$ 24,53 MPa (250 kG/cm$^2$) [2].




***Hình 4.*** *Đồ thị vận tốc chuyển động của đạn v(t) và áp suất p(t).*

## 4. KẾT LUẬN

Từ kết quả nghiên cứu nhận được trên cho ta thấy:

- Kết cấu và nguyên lý làm việc của đạn chống tăng giảm thanh 2 pít tông khác với đạn chống tăng thông thường;

- Đặc điểm biến thiên áp suất và vận tốc của đạn trong xi lanh (nòng súng) khác với đạn thông thường. Áp suất không thoát ra ngoài mà được giữ lại trong xi lanh làm giảm tiếng nổ và khói thuốc đầu nòng khi bắn;

- Phương trình chuyển động và biểu thức tính vận tốc chuyển động của đạn trong xi lanh là cơ sở để hoàn thiện bài toán thuật phóng trong của đạn chống tăng 2 pít tông phục vụ cho việc nghiên cứu tính toán thiết kế chế tạo tổ hợp súng và đạn.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Bộ môn Cơ sở bắn (2003), *"Giáo trình Thuật phóng trong - Dùng cho đào tạo đại học chuyên ngành Vũ khí - Đạn"*, Học viện Kỹ thuật quân sự.

[2]. Phùng Văn Cường, Báo cáo tổng kết đề tài: *"Nghiên cứu thiết kế, chế thử nguyên lý hệ súng và đạn chống tăng giảm thanh, không giật, không luồng phụt"*. Viện Vũ khí - Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng, 2016.

[3]. Trần Đăng Điện - Nguyễn Quang Lượng, *"Thuật phóng trong súng pháo"*, Học viện Kỹ thuật quân sự, 2006.

[4]. Phạm Thế Phiệt, *"Các cơ sở vật lý của hiện tượng bắn"*, Học viện Kỹ thuật quân sự, 1995.

## ABSTRACT

MOTION EQUATION OF TWO-PISTON SILENCED ANTI-TANK GRANADE

*In this article, the structure and working principles of a two-piston silenced anti-tank grenade are presented. Establish the equation of motion of the grenade in the cylinder and expression of velocity calculator grenade in order to build mathematics of interior algorithm of two-piston silenced anti-tank grenade afterwards.*

**Keywords: S**ilenced; Equation, Anti-tank; Two-piston; Velocity; Pressure.

*Nhận bài ngày 05 tháng 6 năm 2020*
*Hoàn thiện ngày 10 tháng 8 năm 2020*
*Chấp nhận đăng ngày 15 tháng 10 năm 2020*

*Địa chỉ:* [1]Viện Vũ khí/Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng;
[2]Viện Tên lửa/Viện Khoa học và Công nghệ quân sự.
*Email: hungnp1978@gmail.com.