

ЗАСТОСУВАННЯ ОСНОВНИХ ЗАКОНІВ ДИНАМІКИ ДО ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ ТІЛА

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі використовуючи основні закони динаміки визначено величину середнього тиску порохових газів на снаряд, що проходить всередині ствола гармати та час руху даного снаряду в стволі гармати.

Ключові слова: снаряд, середній тиск, закони динаміки.

Abstract

In this work, using the basic laws of dynamics, the value of the average pressure of the powder gases on the shell passing through the gun barrel and the movement time of the projectile in the barrel of the gun are determined.

Keywords: the shell, the average pressure, dynamics laws.

Метою роботи є визначення величини середнього тиску порохових газів на снаряд (F_{cp}), що проходить всередині ствола гармати та часу руху даного снаряду в стволі гармати використовуючи основні закони динаміки (рис. 1).

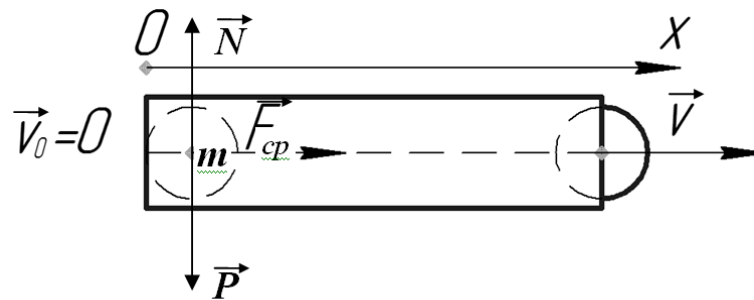


Рисунок 1 – Ствол гармати зі снарядом, до якого прикладені сили

При вистрелі з гармати снаряд вилітає з горизонтальною швидкістю 570 м/с. Маса снаряду 6 кг. Визначити величину середнього тиску порохових газів, якщо снаряд проходить в середині ствола гармати 2м? Скільки часу рухається снаряд в стволі гармати, якщо тиск газів вважати сталим?

При розв'язанні подібних задач в розділі динаміка [1 – 4] використовуються основні закони динаміки. Особливу роль відіграє II закон Ньютона (основний закон динаміки):

$$m\vec{a} = \vec{F}. \quad (1)$$

Складемо диференціальне рівняння руху снаряда в проекції на вісь Ox:

$$m\ddot{x} = \sum F_x \quad (2)$$

$$m\ddot{x} = F_{cp} \quad (3)$$

$$\ddot{x} = \frac{F_{cp}}{m} \quad (4)$$

Інтегруємо диференціальне рівняння (4) двічі:

$$\dot{x} = \frac{F_{cp}}{m} t + C_1, \quad (5)$$

$$x = \frac{F_{cp}}{m} \frac{t^2}{2} + C_1 t + C_2. \quad (6)$$

Визначаємо сталі інтегрування, використовуючи початкові умови:

При $t = 0$; $\dot{x} = 0$; $x = 0$,

тоді $C_1=0$, $C_2=0$.

$$\dot{x} = \frac{F_{cp}}{m} t, \quad (7)$$

$$x = \frac{F_{cp}}{m} \frac{t^2}{2}. \quad (8)$$

При $t = \tau$; $x = l = 2$ м; $\dot{x} = v_1 = 570$ м/с

$$v_1 = \frac{F_{cp}}{m} \tau \quad (9)$$

$$l = \frac{F_{cp}}{m} \frac{\tau^2}{2} \quad (10)$$

З (9) формули:

$$F_{cp} = \frac{mv_1}{\tau}. \quad (11)$$

(11) \rightarrow (10)

$$l = \frac{mv_1}{m\tau} \frac{\tau^2}{2} = \frac{v_1\tau}{2} \quad (12)$$

З (12) формули:

$$\tau = \frac{2l}{v_1} = \frac{2 \cdot 2}{570} = 0.007 \text{ (с)}. \quad (13)$$

Тоді

$$F_{cp} = \frac{mv_1}{\tau} = \frac{6 \cdot 570}{0.007} = 487350 \text{ (Н)} \approx 487,6 \text{ (кН)}$$

Середній тиск порохових газів на снаряд можна також визначити використовуючи теорему про зміну кінетичної енергії:

$$T - T_0 = \sum A^E + \sum A^i, \quad (14)$$

де T і T_0 – кінетична енергія тіла в кінцевому та початковому положеннях відповідно;

$\sum A^E, \sum A^i$ – сума робіт від зовнішніх та внутрішніх сил відповідно.

$$T_0 = 0, \quad (15)$$

оскільки в початковий момент $v_0 = 0$.

$$\sum A^i = 0, \quad (16)$$

при розв'язанні задачі будемо вважати, що тіло абсолютно тверде, а як відомо, сума робіт від внутрішніх сил абсолютно твердого тіла на будь-якому його переміщенні дорівнює нулю.

Тоді

$$T = \sum A^E. \quad (17)$$

Так як снаряд рухається поступально:

$$T = \frac{mv_1^2}{2}. \quad (18)$$

Визначимо роботу від зовнішніх сил

$$\sum A^E = A(P) + A(N) + A(F_{cp}) \quad (19)$$

$$A(P) = P \cdot l \cdot \cos 90^\circ = 0 \quad (20)$$

$$A(N) = N \cdot l \cdot \cos 90^\circ = 0 \quad (21)$$

$$A(F_{cp}) = F_{cp} \cdot l \cdot \cos 0^\circ = F_{cp} \cdot l \quad (22)$$

(20), (21), (22) \rightarrow (19)

Із зовнішніх сил роботу виконує лише сила F_{cp}

$$\sum A^E = A(F_{cp}) = F_{cp} \cdot l \quad (23)$$

(18), (23) \rightarrow (17)

$$\frac{mv_1^2}{2} = F_{cp} \cdot l, \quad (24)$$

$$F_{cp} = \frac{mv_1^2}{2l}. \quad (25)$$

Висновки

В даній роботі за допомогою основних законів та теорем динаміки визначено час руху снаряду в стволі гармати (формула (13)) та обчислено величину середнього тиску порохових газів на снаряд всередині ствола (формули (11) та (25)). З формул (11) та (25) видно, що чим більша маса снаряду, тим більше величина середнього тиску порохових газів на снаряд.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Теоретична механіка: [підруч. для студ. вищ. навч. техн. закл.] / [Зінко Я. А., Ванькович Т.-Н. М., Векерик В. І. та ін.]; за ред. І. В. Кузьо; худож.-оформлювач В. М. Карасик. – Х. : Фоліо, 2017. – 780 с.
2. Бать М. И. Теоретическая механика в примерах и задачах. т.1. Статика и кинематика / Бать М. И., Джанелидзе Г. Ю., Кельзон А. С. – [8-е изд. перер.]. – М. : Наука, 1984. – 504 с.
3. Бать М. И. Теоретическая механика в примерах и задачах. т.2. Динамика / Бать М. И., Джанелидзе Г. Ю., Кельзон А. С. – [2-е изд. испр.]. – М. : Наука, 1964. – 664 с.
4. Мещерский И. В. Сборник задач по теоретической механике: [учебн. пос. – 35-е изд, перер.]. М. : Наука, 1981. – 480 с.

Кириця Інна Юрїївна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри опору матеріалів та прикладної механіки, Вінницький національний технічний університет, e-mail slk-vin@ukr.net, тел. +380679843705

Мельничук Юлія Вікторівна – студентка групи ТТ-17б, Факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Kyrytsya Inna Y. – PhD, Assistant Professor of Materials Resistance and Applied Mechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail slk-vin@ukr.net, tel. +380679843705.

Melnichuk Yuliya V. – student gr. 1TT-17b, Department of Machine-building and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.