



archiwum medycyny sądowej i kryminologii

Praca oryginalna
Original paper

Grzegorz Bogiel

Badania balistyczne karabinka pneumatycznego

Ballistics examination of air rifle

Zakład Broni i Mechanoskopii, Centralne Laboratorium Kryminalistyczne Policji w Warszawie

Streszczenie

Celem pracy jest określenie prędkości, energii, maksymalnego zasięgu i odległości, na jakiej śruciny wystrzelwane z karabinka pneumatycznego o energii poniżej 17 J stanowią zagrożenie dla nieosłoniętej skóry ludzkiej. W badaniach wykorzystano radar dopplerowski i program z zakresu balistyki zewnętrznej.

Słowa kluczowe: karabinek pneumatyczny, prędkość, energia, zasięg śruciny, perforacja skóry.

Abstract

The aim of this paper is to determine the velocity, energy, maximum range and distance at which pellets fired from an air rifle of kinetic energy below 17 J can pose a threat to unprotected human skin. Doppler radar equipment and exterior ballistics software were used in this examination.

Key words: air rifle, velocity, energy, range of a pellet, skin perforation.

Wprowadzenie

W literaturze dotyczącej balistyki broni pneumatycznej rzadko spotyka się dane z zakresu balistyki zewnętrznej, dotyczące parametrów ważnych w wydawaniu opinii kryminalistycznych.

Celem niniejszej pracy jest próba określenia prędkości i energii w różnych miejscach toru lotu, zasięgu maksymalnego i odległości, na jakiej śruciny różnych rodzajów, wystrzelwane z karabinka pneumatycznego kal. 4,5 mm o energii wylotowej mniejszej niż 17 J stanowią zagrożenie dla nieosłoniętej skóry ludzkiej. Granicy energetycznej nie wybrano przypadkowo – na mocy obowiązujących przepisów prawa broni pneumatycznej, z której wystrzelona śrucina nie przekracza takiej energii, można posiadać bez rejestracji.

Introduction

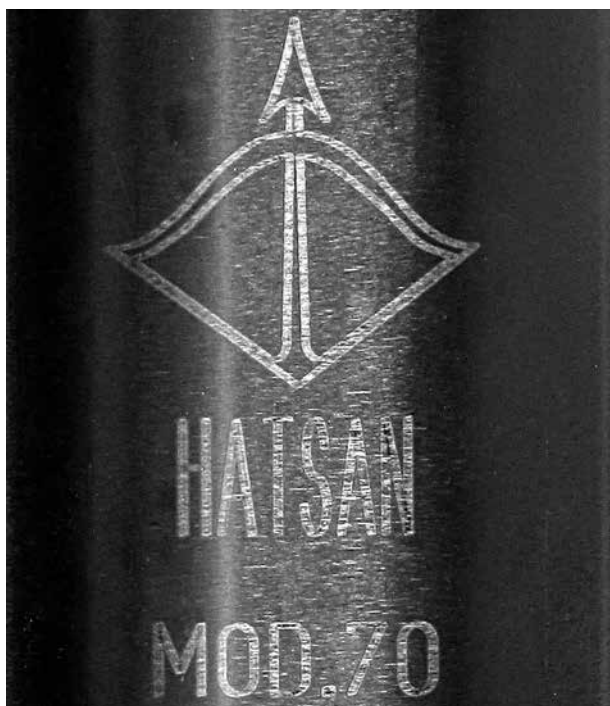
Available literature on the ballistics of air guns contains a scarce amount of data on exterior ballistics related to parameters that are important from the perspective of forensic reports.

The aim of this paper is to determine the velocity and energy measured in various places of the flight path, the maximum range and the distance at which various types of pellets fired from a 4.5 mm air rifle of kinetic energy below 17 J pose a threat to exposed human skin. The energy threshold is not randomly selected – in accordance with applicable laws, air guns that fire pellets with energy below that threshold do not need to be registered.

Materiał i metody

Do badań użyto karabinka pneumatycznego Hatsan mod. 70 kal. 4,5 mm (ryc. 1. i 2.). Jest to karabinek o napędzie sprężynowym o układzie klasycznym, z lufą „łamaną”. Długość lufy o gwintowanym przewodzie wynosi ok. 450 mm. Masa karabinka to ok. 3,1 kg.

Niewygórowana cena przy zadowalającej jakości tego modelu karabinka sprawia, że cieszy się on obecnie dużą popularnością. Karabinek ten sprzedawany jest jako „niewymagający rejestracji, ze względu na energię nieprzekraczającą 17 J”, jednocześnie podawany jest zakres prędkości wystrzeliwanych śrucin – najczęściej 280–310 m/s. Potencjalni nabywcy tego, jak i innych karabinków pneumatycznych powinni mieć na uwadze, że energia wystrzelonej śruciny wynika z jej masy (m) i prędkości (V). Energię tę oblicza się ze znanego wzoru $E = mV^2/2$. Jeśli we wzorze masa będzie wyrażona w kilogramach, a prędkość w metrach na sekundę, to otrzymamy wynik w dżulach. Podawana przy sprzedaży karabinka prędkość wylotowa śruciny nie zawsze odpowiada rzeczywistości. W pobieżnej ocenie zapisów reklamowych pomocna będzie tabela I, pokazująca prędkości progowe dla śrucin o określonej masie. Na przykład, jeśli typowa dla kalibru 4,5 mm śrucina o masie 0,5 g (0,0005 kg) zostanie wystrzelona z prędkością 260,77 m/s, uzyska energię 17 J,



Ryc. 1. Oznaczenia fabryczne na cylindrze
Fig. 1. Factory markings on the cylinder

Material and methods

Testing was carried out with the use of a 4.5 mm Hatsan 70 (Figs. 1 and 2), a classical spring-powered air rifle with a rifled break barrel, approximately 450 mm long. The weight of the rifle is approx. 3.1 kg.

A moderate price and good value for money have made this particular model fairly popular. The rifle is marketed as one for which “no registration is required due to energy below 17 J”. The declared pellet speeds usually range from 280 to 310 m/s. Potential buyers of this and many other air rifles should bear in mind that pellet energy is a function of its mass (m) and velocity (V). The said energy is calculated by means of a well known formula: $E = mV^2/2$. If the mass is expressed in kilograms and the velocity in meters per second, then the resulting energy will be expressed in joules. The declared muzzle velocity does not always correspond to the actual velocity. The Table I showing threshold velocities for pellets of a given mass will be helpful in analyzing information available in advertising materials. For instance, if a 0.5 g (0.0005 kg) pellet (typical for a 4.5 mm gun) is fired at a velocity of 260.77 m/s, its energy will be 17.00 J, which means that the rifle will be on the threshold of obligatory registration.

Several types of 4.5 mm pellets intended for air guns were fired. The test was carried out in an open-air shooting range (axial length: 100 m), at an



Ryc. 2. Oznaczenia fabryczne na szkielecie karabinka
Fig. 2. Factory markings on the frame of the rifle

Tabela I. Energia śruciny [J]
Table I. Pellet energy [J]

Prędkość progowa Threshold velocity [m/s]	Masa Mass [g]							
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
184,39	5,10	6,80	8,50	10,20	11,90	13,60	15,30	17,00
194,37	5,67	7,56	9,44	11,33	13,22	15,11	17,00	18,89
206,16	6,38	8,50	10,63	12,75	14,88	17,00	19,13	21,25
220,39	7,29	9,71	12,14	14,57	17,00	19,43	21,86	24,29
238,05	8,50	11,33	14,17	17,00	19,83	22,67	25,50	28,33
260,77	10,20	13,60	17,00	20,40	23,80	27,20	30,60	34,00
291,55	12,75	17,00	21,25	25,50	29,75	34,00	38,25	42,50
336,65	17,00	22,67	28,33	34,00	39,67	45,33	51,00	56,67

zatem karabinek znajdzie się na ustawowym progu rejestracji.

Z karabinka wystrzelono kilka rodzajów śrutu kal. 4,5 mm przeznaczonego do broni pneumatycznej. Badania prowadzono na strzelnicy otwartej o długości osi 100 m przy dodatniej temperaturze (ok. 15°C), bez opadów atmosferycznych i wiatru. Do pomiarów prędkości śrucin używano zestawu radarowego Weibel składającego się z anteny SL-520M i analizatora W-700. Jako impuls wyzwalający rozpoczęcie pomiaru stosowano wejście pocisku (śruciny) w wiązkę radaru. Do zapisu i późniejszej analizy rejestrowanych sygnałów używano oprogramowania Weibel Remdopp zainstalowanego na komputerze klasy PC.

Do badań wybrano dziewięć rodzajów śrutu różnych producentów, o różnych kształtach wierzchołka i części wodzącej, w jak najszerszym przedziale wagowym dla kalibru 4,5 mm, czyli o masie od 0,3 g do ponad 1 g (ryc. 3.).

Z karabinka oddano po trzy strzały śruciną każdego rodzaju, rejestrując wyniki systemem radarowym. W efekcie badań radarowych uzyskano zapis

ambient temperature of approx. 15°C, with no precipitation or wind. Pellet velocity was measured by means of a Weibel radar set, featuring an SL-520M antenna and a W-700 analyzer. The impulse to start the measurement was triggered by pellets entering the radar beam. Weibel Remdopp software installed on a PC was used to record and analyze the registered signals.

Nine types of pellets by various manufacturers were selected for testing, differing in terms of tip and skirt shapes and covering the broadest possible range of weights available for 4.5 mm guns, i.e. from 0.3 g to over 1 g (Fig. 3).

Three pellets of each type were fired, with results registered by means of the radar system. As a result, radar echoes for each of the pellets were recorded in the form of data files saved on the PC's disk.

Results

Radar signals recorded in the experimental part were subjected to computer analysis, as a result of which pellet velocities in various places of the flight



Ryc. 3. Śruciny użyte w badaniach. Od lewej: Prometheus Wadcutter, Prometheus Round Head, H&N Hollow Point, Kovohute Diabolo Standart, JSB Exact, Kovohute kula ołowiana, H&N Baracuda, H&N Silver Point, H&N Rabbit Magnum II

Fig. 3. Pellets used in the examinations. Left to right: Prometheus Wadcutter, Prometheus Round Head, H&N Hollow Point, Kovohute Diabolo Standart, JSB Exact, Kovohute round ball, H&N Baracuda, H&N Silver Point, H&N Rabbit Magnum II

ech radarowych dla każdej ze śrucin w postaci plików na dysku komputera.

Wyniki

Otrzymane w części doświadczalnej sygnały radarowe poddano analizie komputerowej i w jej wyniku wyznaczono wartości prędkości śrucin na torze lotu w zależności od odległości od wylotu lufy. Wartości te podstawiono do programu EBV4 z zakresu balistyki zewnętrznej. Za jego pomocą wyznaczono współczynniki kształtu śrucin.

W trakcie dalszych obliczeń wyznaczono prędkości i energie śrucin na wylocie z lufy, następnie w odległości 20 m i 30 m od wylotu lufy. Do tych obliczeń przyjęto, że strzał oddany jest z wysokości 1,5 m, przyjęty kąt rzutu wynosi 0° , co w przybliżeniu oznacza strzelca w postawie stojącej, strzelającego z karabinka opartego o ramię, lufa karabinka znajduje się w położeniu poziomym.

Kolejnym zadaniem było wyznaczenie odległości perforacji. Przyjęto, że jest to minimalny dystans, na jakim wystrzelone w eksperymencie śruciny mogą stanowić zagrożenie dla człowieka. Jako kryterium rażenia przyjęto, że śrucina kal. 4,5 mm musi mieć energię właściwą (energia śruciny w stosunku do jej pola przekroju) o wartości $18,1 \text{ J/cm}^2$. Według dostępnych źródeł [1] śrucina kal. 4,5 mm o takiej energii właściwej w momencie uderzenia w nieosłonięte ciało powoduje perforację skóry ludzkiej. Przeprowadzono obliczenia dla następujących założeń: strzał oddany jest z wysokości 1,5 m, kąt rzutu wynosi 3° , co w przybliżeniu oznacza strzelca w postawie stojącej, strzelającego z karabinka opartego o ramię, lufa karabinka podniesiona jest pod kątem rzutu.

Następnie za pomocą tego samego programu komputerowego przeprowadzono liczne symulacje strzałów pod różnymi kątami rzutu, w celu określenia maksymalnego zasięgu poszczególnych śrucin.

Wszystkie obliczenia z zakresu balistyki zewnętrznej prowadzono z uwzględnieniem prawa oporu G1. Wyniki pomiarów i obliczeń przedstawiono w tabeli II.

Omówienie i wnioski

Karabinek pneumatyczny o energii kilkunastu dżuli (poniżej 17 J) można nabywać i posiadać bez pozwolenia, a nawet rejestracji. Nie powinien być jednak traktowany jak zabawka. Wystrzelone z niego śruciny poruszają się z dużymi prędkościami i pomimo niewielkich mas mają duże energie.

path (i.e. at different distances from the muzzle) were determined. Registered velocities were imported to EBV4, exterior ballistics software. The same software was used to determine pellet form factors.

Further calculations were made to compute muzzle velocities and energies of the pellets, followed by velocities and energies at a distance of 20 and 30 m from the muzzle. For that purpose it was assumed that pellets were fired at an altitude of 1.5 m and the angle of departure was 0° , which roughly corresponds to a person shooting in a standing position with the rifle butt resting against the shooter's arm, with the barrel directed horizontally.

The next step involved measurement of perforation distance, defined as the minimum range within which pellets may pose a threat to humans. The assumed perforation criterion was that a 4.5 mm pellet needs to have a specific energy (i.e. the ratio of pellet energy to its cross-section area) of 18.1 J/cm^2 . According to available sources [1], a 4.5 mm pellet with such specific energy causes human skin perforation upon impact against exposed body. Calculations were carried out for the following assumptions: the pellet is fired at an altitude of 1.5 m and the angle of departure is 3° , which roughly corresponds to a person shooting in a standing position with the rifle butt resting against the shooter's arm, with the barrel directed upwards at the angle of departure.

Subsequently the same software was used to simulate numerous shots at various angles of departure in order to determine the maximum range of different types of pellets.

All exterior ballistics calculations took into account the law of drag (G1). The results of measurements and calculations are presented in Table II.

Discussion and conclusions

An air rifle with energy of over 10 joules (below 17 J) can be purchased and possessed without a permit, or even registration. However, such a rifle should not be treated as a toy. Pellets fired from such a rifle travel at large velocities and – despite small mass – carry considerable energy. The exact value of this energy and its changes over the flight path depend on the pellet type. By means of measurements and calculations it is possible to determine pellet velocity and energy in any place of the flight path. In expressing a forensic opinion it is of key importance to determine such velocity and energy at such a distance from the muzzle that corresponds to the distance between the muzzle and the victim. There are known

Tabela II. Wyniki pomiarów i obliczeń
Table II. Results of the measurements and calculations

	Prometheus Wadcutter	Prometheus Round Head	H&N Hollow Point	Kovohute Diabolo Standart	JSB Exact	Kovohute kula ołowiana	H&N Baracuda	H&N Silver Point	H&N Rabbit Magnum II
Masa Mass [g]	0,30	0,38	0,47	0,50	0,55	0,56	0,67	0,75	1,02
Wylot lufy Muzzle									
Prędkość Velocity [m/s]	308	269	249	249	238	210	199	181	119
Energia Energy [J]	14,2	13,7	14,6	15,5	15,6	12,3	13,3	12,3	7,2
Energia właściwa Specific energy [J/cm ²]	89,5	86,5	91,6	97,5	98	77,6	83,4	77,3	45,4
Odległość 20 m od wylotu lufy Distance 20 m from muzzle									
Prędkość Velocity [m/s]	162	207	182	193	210	174	169	150	110
Energia Energy [J]	3,9	8,1	7,8	9,3	12,1	8,5	9,6	8,4	6,2
Energia właściwa Specific energy [J/cm ²]	24,8	51,0	48,9	58,5	76,3	53,3	60,2	53,0	38,8
Odległość 30 m od wylotu lufy Distance 30 m from muzzle									
Prędkość Velocity [m/s]	120	183	156	170	198	158	156	136	106
Energia Energy [J]	2,2	6,4	5,7	7,2	10,8	7,0	8,1	7,0	5,7
Energia właściwa Specific energy [J/cm ²]	13,6	40,0	36,0	45,4	67,8	44,0	51,3	43,6	36,0
Inne dane Other data									
Zasięg maksymalny Maximum range [m]	111	221	179	212	374	257	265	234	356
Długość kąta rzutu Angle of departure [°]	23	26	25	25	28	28	28	28	35
Odległość perforacji Perforation distance [m]	26	63	52	66	135	75	90	72	116

Wartości te i ich zmiany na torze lotu zależą od rodzaju śruciny. Przeprowadzone badania i obliczenia pozwalają na określenie prędkości i energii śrucin w dowolnym miejscu toru. Szczególnie istotne przy opiniowaniu jest określenie tych wartości na takiej odległości od wylotu lufy, w jakiej znajdowała się ofiara. Wiadomo, że postrzały z odległości nawet ok. 20–30 m mogą spowodować ciężkie obrażenia, jak również śmierć człowieka [2, 3]. Łatwo zauważyć, że śrucina wystrzelona z karabinka o energii wylotowej ok. 14 J ma w odległości 20 m od wylotu lufy parametry zbliżone do wartości wylotowych śruciny wystrzelonej z karabinka o energii wylotowej ok. 9 J. Z kolei w odległości 30 m od wylotu parametry tej śruciny przypominają parametry śruciny karabinka o energii wylotowej ok. 7 J oraz parametry śruciny wystrzelonej z karabinka o energii wylotowej ok. 9 J będącej w odległości 10 m od wylotu lufy. Przy przeprowadzaniu pomiarów prędkości należy zwrócić uwagę, że niektóre bramki pomiarowe (chronografy) pokazują wyniki zależne od rodzaju oświetlenia, np. inne przy oświetleniu żarowym, a inne przy oświetleniu świetłówkami. Warto też pamiętać o możliwości popełnienia błędu w pomiarach, jeśli strzały będą oddawane pod kątem względem osi bramki [4]. Zalecane jest także dokonanie kontrolnego ważenia śrucin, gdyż wartości podawane przez producenta nie zawsze odpowiadają rzeczywistości. Zależnie od użytego śrutu zdolność perforacji nieosłoniętej skóry ludzkiej może wystąpić przy postrzałach z odległości do 135 m. Z kolei zasięg wystrzelonych śrucin może dochodzić prawie do 380 m, przeprowadzone badania i obliczenia nie potwierdziły teoretycznego zasięgu maksymalnego [5] rzędu 700 m. Wydaje się, że badania nad możliwością uszkodzeń ciała ludzkiego lub jego substytutu [6], a zwłaszcza możliwości perforacji i zależności głębokości wnikania od rodzaju pocisku i jego energii, przez pociski wystrzeliwane z niewielkimi prędkościami powinny być kontynuowane.

Autor deklaruje brak konfliktu interesów.

Piśmiennictwo

References

1. DiMaio VJ, Copeland AR, Besant-Matthews PE, Fletcher LA, Jones A. Minimal velocities necessary for penetration of skin by air gun pellets and bullets. *J Forensic Sci* 1982; 27: 894-8.
2. Smędra-Kaźmirska A, Barzdo M, Kędziński M, Szram S, Berent J. Doświadczalny efekt postrzału pociskami kalibru 4,5 mm wystrzeliwanymi z karabinka pneumatycznego Norica Dragon i pistoletu pneumatycznego Walther PPK/S. *Arch Med Sąd Kryminol* 2010; 60: 77-82.
3. Smędra-Kaźmirska A, Barzdo M, Kędziński M, Szram S, Berent J. Głębokość penetracji pocisków, wystrzelonych z urządzenia pneumatycznego o energii kinetycznej poniżej 17 J, w 20% blokach żelatynowych w korelacji ze stwierdzonymi sekcyjnie obrażeniami ciała 9-letniego chłopca. *Arch Med Sąd Kryminol* 2011; 61: 102-6.

cases of serious injuries or even fatalities caused by pellets fired from a distance of approx. 20 to 30 m [2, 3]. It is not difficult to realize that at a distance of 20 m from the muzzle a pellet fired from a rifle with a muzzle energy of approx. 14 J has parameters similar to muzzle parameters of a pellet fired from a 9 J rifle. At a distance of 30 m from the muzzle its parameters correspond to muzzle parameters of a pellet fired from a 7 J rifle, or to the parameters of a pellet fired from a 9 J rifle measured at a distance of 10 m from the muzzle. When measuring pellet velocity attention must be paid to the fact that some chronographs show results that depend on light conditions (i.e. results measured in incandescent light will differ from those measured in fluorescent light). It is also worth remembering about possible measurement errors that may occur if pellets are fired at an angle to the axis of the chronograph [4]. It is also recommended to double check pellet weight, because values declared by manufacturers are not always accurate. Depending on the type of pellets, perforation of exposed human skin may be caused by pellets fired from a distance of up to 135 m. The range of fired pellets may be as great as 380 m; the theoretical maximum range [5] of 700 m was not confirmed by measurements and calculations made by the authors. It seems that it is necessary to continue research into the possibility of damaging human body or ballistic gelatin [6], including in particular possible perforation and the relationship between the depth of penetration on the one hand and pellet type and energy on the other.

The author declares no conflict of interest.

4. Bogiel G. Ciekawe przypadki pomiarów prędkości pocisków. *Problemy Kryminalistyki* 2011; 271: 22-32.
5. Maryniak J, Ładyżyńska-Kozdraś E, Galińska M, Cichoń M. Dynamika i aerodynamika lotu śrutu wystrzeliwanego z broni pneumatycznej. *Problemy Techniki Uzbrojenia* 2005; 95: 183-96.
6. Stępniewski W, Mówiński G, Sokół W. Doświadczalny efekt biologiczny postrzału pociskami kalibru 4,5 mm BB z pistoletu pneumatycznego A-101. *Arch Med Sąd Kryminol* 2006; 56: 223-27.
7. Nennstiel R. EBV4 User's manual. Exterior Ballistics Software for the PC. Wiesbaden 1999.
8. Weibel Scientific A/S. Weibel W-700 velocity analyzer manual. Weibel SL-520 radar antenna manual. Gentofte 1993-1996.

Adres do korespondencji

Grzegorz Bogiel
Zakład Broni i Mechanoskopii
Centralne Laboratorium Kryminalistyczne Policji
Al. Ujazdowskie 7
00-583 Warszawa
e-mail: grzegorz.bogiel@policja.gov.pl