



**BADANIA PORÓWNAWCZE WYBRANYCH RODZAJÓW BOJOWEJ
BRONI STRZELECKIEJ ORAZ JEJ SYMULATORÓW.
CZ. II - 7,62 MM KARABIN UKM2000P**

**COMPARATIVE TESTS OF CHOSEN SERVICE WEAPONS
AND THEIR SIMULATORS.
PART II – 7.62 MM UKM2000P MACHINEGUN**

Jerzy KOWALEWSKI

Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia, ul. Pr. St. Wyszyńskiego 7, 05-220 Zielonka
Military Institute of Armament Technology, 7 Wyszyńskiego St., 05-220 Zielonka, Poland
ORCID: 0000-0002-7829-7989

DOI 10.5604/01.3001.0015.2530

Streszczenie: W artykule przedstawiono wybrane wyniki badań porównawczych bojowej broni strzeleckiej i symulatora na przykładzie 7,62 mm karabinu UKM-2000P.

Słowa kluczowe: broń strzelecka, symulator, badania

1. Obiekty badań i przebieg badań

Do badań wybrano następujące rodzaje broni bojowej (bb):

- 1) 5,56 mm karabinek szturmowy kbs wz. 96 BERYL (bb kbs wz. 96 BERYL),
- 2) 7,62 mm uniwersalny karabin maszynowy UKM2000P (bb UKM2000P) oraz następujące rodzaje symulatorów broni (sb):

a) symulator 5,56 mm karabinka szturmowego kbs wz.96 BERYL (sb kbs wz. 96 BERYL), zgodnego z patentem [1]. Karabinek szturmowy wz.96 BERYL (5,56 mm) stanowi obecnie podstawowe uzbrojenie żołnierza WP. Należy do broni lekkich, łatwo przenoszonych. Posiada trzy nastawy rodzaju ognia: pojedynczy, krótka seria i ogień ciągły,

Abstract: The paper presents some results of comparative tests of service weapon and its simulator on the example of 7.62 mm UKM-2000P gun.

Keywords: small arms, simulator, testing

1. Objects and Course of Testing

Following types of service weapons (SW) were taken for testing:

- 1) 5.56 BERYL assault rifle model 96 (SW model 96 BERYL),
- 2) 7.62 mm UKM2000P universal machinegun (SW UKM2000P)

together with following types of weapon simulators (WS):

a) simulator of 5.56 mm assault rifle model 96 BERYL (SW model 96 BERYL) complying to patent [1]. Model 96 BERYL (5.56 mm) assault rifle is a basic weapon used now by the Polish Armed Forces. It falls into the category of light, easy portable weapons having three settings of fire: singular, short series and continuous series (Photo 1-4).

b) symulator 7,62 mm uniwersalnego karabinu maszynowego UKM2000P (sb UKM2000P), także zgodnego z patentem [1]. Karabin maszynowy 7,62 mm UKM2000P jest to broń dużo cięższa niż BERYL i strzela się z niego ze stanowiska stacjonarnego. Broń ta nie ma przełącznika rodzaju ognia - strzela jedynie ogniem ciągłym (fot. 1- 4).

b) simulator of 7.62 mm universal machinegun UKM2000P (WS UKM2000P), also complying with patent [1]. UKM2000P 7.62mm machinegun is a significantly heavier weapon than BERYL and is designed to fire from a stationary position. The weapon is not equipped with a selector of fire and can only fire in series.



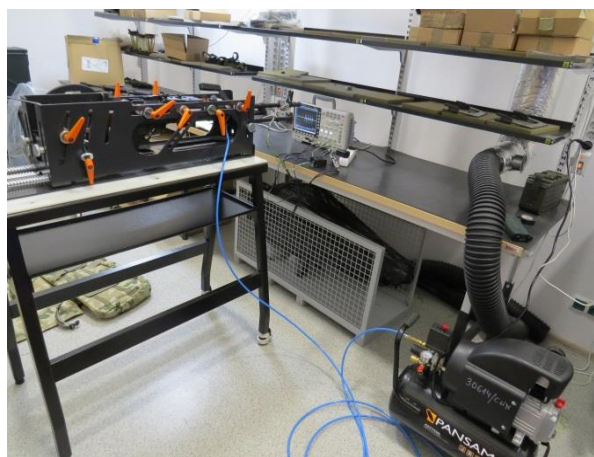
Fot. 1. Bojowy 7,62 mm uniwersalny karabin maszynowy UKM2000P zamocowany na stole badawczym

Photo 1. Universal UKM2000P 7.62 mm service machinegun fixed in a testing bed



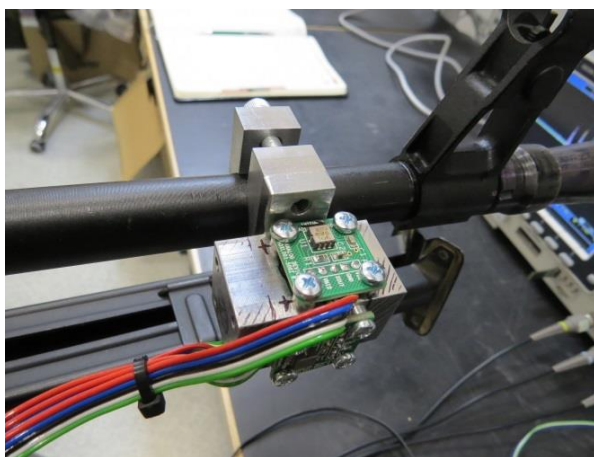
Fot. 2. Kostka z trzema czujnikami akcelerometrycznymi, zamocowana na lufie broni bojowej

Photo 2. Adapter with three accelerometric sensors fixed to the service gun barrel



Fot. 3. Symulator 7.62 mm uniwersalnego karabinu maszynowego UKM2000P zamocowany na stole badawczym

Photo 3. Simulator of universal UKM2000P 7.62 mm service machinegun fixed in a testing bed



Fot. 4. Kostka z trzema czujnikami akcelerometrycznymi, zamocowana na lufie symulatora broni

Photo 4. Adapter with accelerometric sensors fixed to the simulator's barrel

Podczas badań układ pneumatyczny przeładowania symulatora 7,62 mm uniwersalnego karabinu maszynowego UKM2000P był zasilany z kompresora, powietrzem pod ciśnieniem 7 bar.

W badaniach bojowego 7,62 mm uniwersalnego karabinu maszynowego UKM2000P wykonano 12 prób, w tym z zamocowania na stole badawczym 2 pojedyncze strzały, dwie serie 3 strzałów i „strzał” samego suwadła oraz „z ręki” 3 pojedyncze strzały, 2 serie po 3 strzały i „strzał” samego suwadła.

W badaniach symulatora 7,62 mm uniwersalnego karabinu maszynowego UKM2000P wykonano 13 prób, w tym z zamocowania na stole badawczym 4 pojedyncze strzały i jedna seria 3 strzałów oraz „z ręki” 4 pojedyncze strzały, 2 serie dwustrzałowe, jedna seria trzystrzałowa, „strzał” samego suwadła.

Pomiary przyspieszeń dla poszczególnych rodzajów broni rejestrowane przez 3 kanały oscyloskopu GW INSTRON GDS-2074A były zapisywane na nośniku pamięci zewnętrznej. Kanał pierwszy (K1) rejestrował drgania wzdłuż osi lufy, kanał drugi (K2) w płaszczyźnie poprzecznej do osi lufy pionowo, a kanał trzeci (K3) w płaszczyźnie poprzecznej do osi lufy poziomo. W czasie badań zarejestrowano przebiegi zarówno podczas oddawania pojedynczych strzałów jak i serii trzech strzałów.

2. Wyniki badań przyspieszenia broni bojowej i symulatorów 7,62 mm karabinu UKM2000P podczas strzału

Przebiegi czasowe wibracji zarejestrowane w czasie oddawania pojedynczych strzałów z symulatora broni karabinu UKM2000P i analogicznej broni bojowej przedstawiono na rysunkach 5-8.

Typowe przebiegi czasowe dla serii trzech strzałów z symulatora broni karabinu UKM2000P i analogicznej broni bojowej przedstawione są na rysunkach 9 - 12.

During the tests a reloading pneumatic system of universal UKM2000P 7.62 mm machinegun simulator was powered by the air compressed to 7 bars.

During the tests of universal UKM2000P 7.62 mm service machinegun 12 trials were executed, including those with the rifle fixed in the testing bed comprising 2 individual shots and 2 series of 3 shots and a shot from the slide itself, and fired from a free hand with 3 individual shots and 2 series of 3 shots each and a shot from the slide itself.

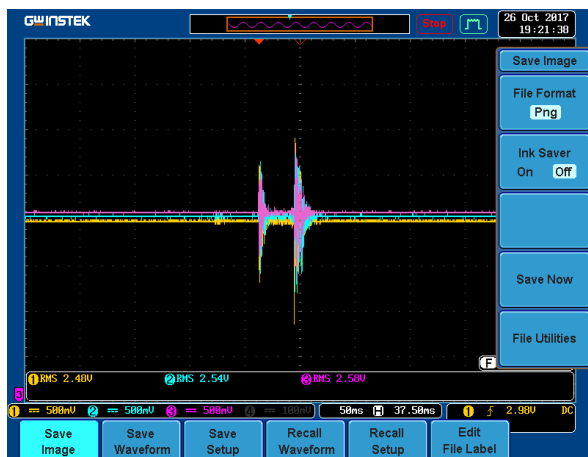
At tests of universal UKM2000P 7.62 mm machinegun simulator 13 trials were executed, including those with the rifle fixed in the testing bed comprising 4 individual shots and 1 series of 3 shots, and fired from a free hand with 4 individual shots and 2 series of 2 shots each and 1 series of 3 shots and a shot from the slide itself.

The accelerations of particular types of weapons were recorded by 3 channels of GW INSTRON GDS-2074A oscilloscope and stored in an external memory. The first channel (K1) recorded the vibrations along the barrel, the second channel (K2) in the plane lateral to the barrel axis, and the third channel (K3) in the horizontal plane to the barrel axis. During the tests the signals were recorded both at firing the individual shots and the series of three shots, as well.

2. Acceleration Test Results of 7.62mm UKM2000P Service Gun and Its Simulator at Firing

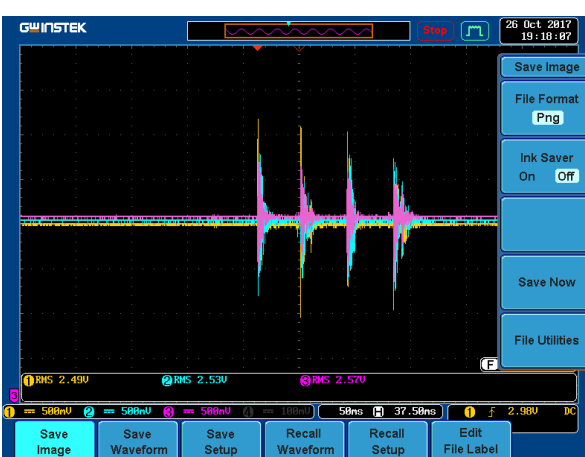
Time signals of vibrations recorded at firing individual shots with UKM2000P gun simulator and its corresponding service gun are presented in figures 5-8.

Typical time signals for a series of three shots at firing with UKM2000P gun simulator and its corresponding service gun are presented in figures 9 - 12.



Rys. 5. Przebieg czasowy wibracji symulatora karabinu maszynowego UKM2000P zamocowanego na stole badawczym podczas strzału

Fig. 5. Time vibrations of UKM2000P machinegun simulator fixed in a testing bed



Rys. 6. Przebieg czasowy wibracji symulatora karabinu maszynowego UKM2000P podczas strzału „z ręki” w pozycji leżącej

Fig. 6. Time vibrations of UKM2000P machinegun simulator at hand firing in prone position



Rys. 7. Przebieg czasowy wibracji bojowego karabinu maszynowego UKM2000P zamocowanego na stole badawczym podczas strzału

Fig. 7. Time vibrations of UKM2000P service machinegun fixed in a testing bed at firing

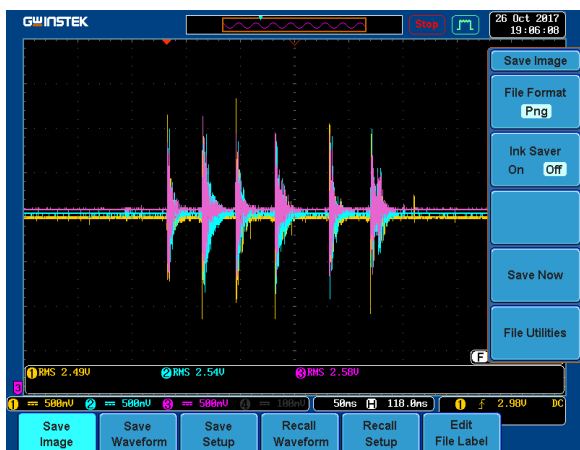


Rys. 8. Przebieg czasowy wibracji bojowego karabinu maszynowego UKM2000P podczas strzału „z ręki” w pozycji leżącej

Fig. 8. Time vibrations of UKM2000P service machinegun at hand firing in prone position

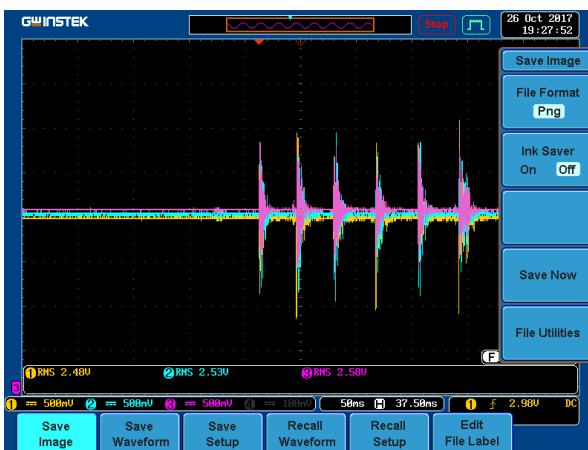
Podczas pomiaru wibracji zarejestrowano wartości napięć występujących na akcelerometrach w funkcji czasu i zapisano je w arkuszu kalkulacyjnym programu EXCEL. Posłużyły one do wyliczenia wartości przyspieszeń drgań występujących podczas zjawiska strzału.

The values of voltages produced by accelerometers during vibrations were recorded and stored in calculating sheets of EXCEL code. They were used to calculate accelerations of vibrations occurring at firing.



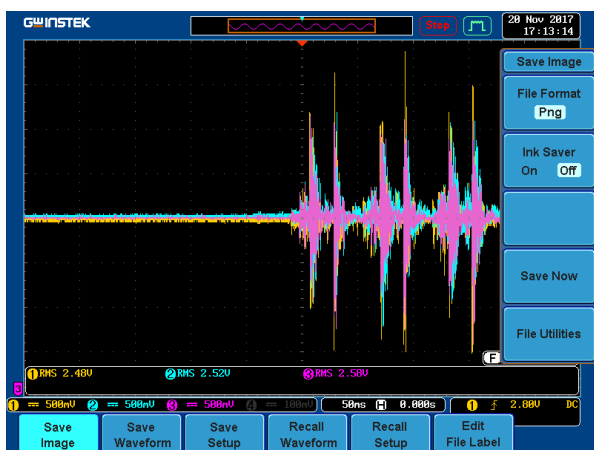
Rys. 9. Przebieg czasowy wibracji symulatora karabinu UKM2000P zamocowanego na stole badawczym podczas strzału serią (3strzały)

Fig. 9. Time vibrations of UKM2000P gun simulator fixed in a testing bed at the serial firing (3 shots)



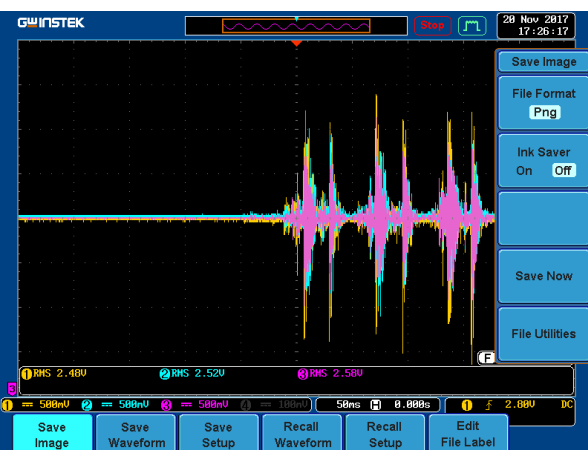
Rys. 10. Przebieg czasowy wibracji symulatora karabinu UKM2000P podczas strzału „z ręki” serią (3 strzały)

Fig. 10. Time vibrations of UKM2000P gun simulator kept in hands at the serial firing (3 shots)



Rys. 11. Przebieg czasowy wibracji bojowego karabinu UKM2000P zamocowanego na stole badawczym podczas strzału serią (3 strzały)

Fig. 11. Time vibrations of service UKM2000P gun fixed in a testing bed at the serial firing of 3 shots



Rys. 12. Przebieg czasowy wibracji bojowego karabinu UKM2000P podczas strzału „z ręki” serią (3 strzały)

Fig. 12. Time vibrations of UKM2000P service gun kept in hands at the serial firing of 3 shots

Wartości przyspieszeń wyliczono według wzoru 1, uwzględniając stałe charakterystyczne dla zastosowanego akcelerometru U_n i c .

Values of accelerations were calculated from relation 1 for specific constant parameters U_n and c of the used accelerometer.

$$a = \frac{(U_w - U_n) \times 1000}{c} \quad (1)$$

gdzie:

a – przyspieszenie [m/s^2],

U_w - napięcie na akcelerometrze [V],

where:

a – acceleration [m/s^2],

U_w – accelerometer voltage [V],

U_n - napięcie odniesienia [V], (2,5 V dla akcelerometru ADXL001-500),

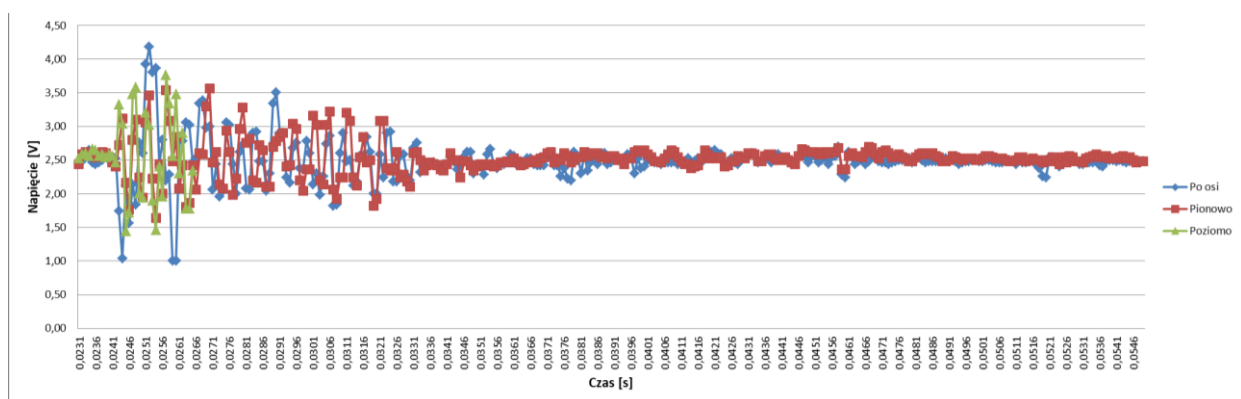
c - czułość akcelerometru [mV/g] (3,3 mV/g dla akcelerometru ADXL001-500).

Z otrzymanych danych wyodrębniono i porównano przebiegi czasowe przyspieszeń drgań symulatorów i broni bojowej w trzech osiach: K1, K2, K3. Najwyższe wartości przyspieszenia występowały wzdłuż osi wzdłużnej (K1) zarówno w przypadku symulatorów, jak i broni bojowej (rys. 13-14).

U_n – reference voltage [V], (2.5 V for accelerometer ADXL001-500),

c - sensitivity of accelerometer [mV/g] (3.3 mV/g for ADXL001-500).

From the received data the time signals of accelerations were selected and compared for vibrations of simulators and service guns in three axes: K1, K2, K3. The highest values of accelerations were in the longwise axis (K1) both for the simulators and the service guns (Fig. 13-14).



Rys. 13. Wykres nałożonych przebiegów czasowych przyspieszenia w trzech osiach (K1 – kolor niebieski, K2 – kolor czerwony, K3 – kolor zielony) dla bojowego karabinu UKM2000P w przedziale największych wartości przyspieszenia

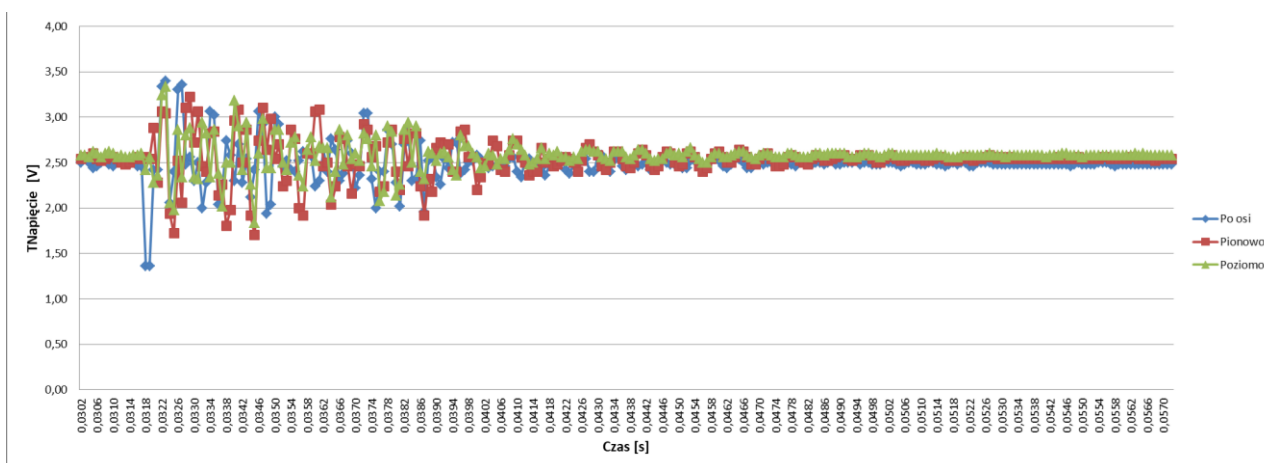
Fig. 13. Plots of acceleration time signals laid on each other in three axes (K1 – blue, K2 – red, K3 – green) for UKM2000P service gun and for the greatest accelerations

Analizując otrzymane wykresy przyspieszenia drgań w funkcji czasu, można porównać dla symulatora i broni bojowej takie parametry jak:

- całkowity czas trwania wibracji podczas strzału od wzbudzenia aż do wygaśnięcia – t ,
- maksymalną wartość szczytową przyspieszenia chwilowego – g_{\max} ,
- czasy pomiędzy występowaniem pików przyspieszenia związanymi z poszczególnymi fazami zjawiska strzału t_n ,
- przemieszczenie (wychylenie) drgań,
- prędkość drgań,
- przyspieszenie drgań – g ,
- przyspieszenie skuteczne drgań danej broni g_{rms} .

Following parameters of simulators and service weapons may be compared when the received plots of acceleration versus time for the vibrations are analysed:

- total duration time of vibrations from start to the end – t ,
- maximal peak value of instant acceleration – g_{\max} ,
- time periods between the acceleration peaks connected with particular phases of firing effects t_n ,
- deflection of vibrations,
- velocity of vibrations,
- acceleration of vibrations – g ,
- effective acceleration of vibrations for particular weapon g_{rms} .



Rys. 14. Wykres nałożonych przebiegów czasowych przyspieszenia w trzech osiach (K1– kolor niebieski, K2 – kolor czerwony, K3 – kolor zielony) dla symulatora karabinu UKM2000P w przedziale największych wartości przyspieszenia

Fig. 14. Plots of acceleration time signals laid on each other in three axes (K1– blue, K2 – red, K3 – green) for UKM2000P gun simulator and for the greatest accelerations

Ponieważ oddziaływanie siły odrzutu na strzelca związane jest z wpływem wielu czynników, a ich analiza jest bardzo złożona, zdecydowano się na doświadczalne wyznaczenie przyspieszenia skutecznego występujących drgań mechanicznych podczas strzału. Jest to wielkość, którą najczęściej stosuje się do oceny wpływu drgań mechanicznych na organizm człowieka, jako parametr najlepiej charakteryzujący stronę energetyczną procesu drganiowego. Do wyznaczania wartości skutecznej określonej w dziedzinie częstotliwości stosuje się procedury zawarte w normach [2, 3]. Wartość przyspieszenia skutecznego drgań można obliczyć stosując wzór:

$$a_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a^2(t) dt} \quad (2)$$

Z uwagi na dyskretny charakter przeprowadzonych pomiarów – amplitudy drgań były mierzone co 0,2 ms, bardziej adekwatny jest wzór (3) i to ten użyto do wyliczenia wartości przyspieszenia skutecznego drgań badanej broni:

Because the effect of the recoil force against a shooter depends on many factors requiring a very complex analysis, then it was decided to get an experimental value of the effective acceleration occurring at mechanical vibrations during the firing. It is a parameter which is most often used for the assessment of the effect that the mechanical vibrations exert on the body of a man, as it is the parameter which describes in a best way the energetic aspect of the vibrating process. The effective value specified in the domain of frequency is determined by the procedures contained in standards [2, 3]. The effective acceleration value of vibrations is calculated by using the equation:

Due to the discreteness of measurements – the amplitudes of vibrations were sampled by 0.2 msec, the equation (3) is more adequate for calculation of the effective acceleration of vibrations for investigated weapons:

$$a_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i^2} \quad (3)$$

gdzie:

a_i – Wartość przyspieszenia w i -tym pomiarze,
 n – liczba pomiarów.

3. Przebiegi czasowe dla broni bojowej karabinu UKM2000P

Na otrzymanych przebiegach czasowych przyspieszeń dla broni bojowej karabinu UKM2000P, poszczególne fazy pojedynczego strzału są następujące: zwolnienie suwadła z zamkiem z zaczepu poprzez naciśnięcie spustu, następnie następuje uderzenie zamka w kryzę łuski naboju wyłuskujące go z taśmy (rys. 15 obszar A), a w dalszej kolejności w obsadę lufy podczas fazy wprowadzania naboju do komory naboջowej lufy i ryglowania zamka (rys. 15 obszar B).

Następnie następuje uderzenie suwadła w obsadę lufy i nakłucie spłonki przez iglicę, co powoduje zainicjowanie ładunku, który spalając się jest źródłem narastającego ciśnienia wywołującego pierwszy pik dużego przyspieszenia (odrzutu) całej broni (rys. 15 obszar C). Następnie pocisk poruszający się w lufie przemieszcza się za boczny otwór w lufie a gazy prochowe poprzez boczny otwór w lufie działają na tłok suwadła, które zaczyna się poruszać rozryglowując zamek wyciągający łuskę z komory naboջowej. Kolejne wibracje, trudne do wskazania na otrzymanych przebiegach z uwagi na rozdzielczość skali czasu, związane są ze zderzeniem kryzy łuski z wyrzutnikiem (odrzut) (rys. 15 obszar D). Natomiast trzeci pik o dużej wartości przyspieszenia związany jest z uderzeniem suwadła w tył komory zamkowej (odrzut) (rys. 15 obszar E). Suwadło pod

where:

a_i – value of acceleration in i -th measurement,
 n – number of measurements.

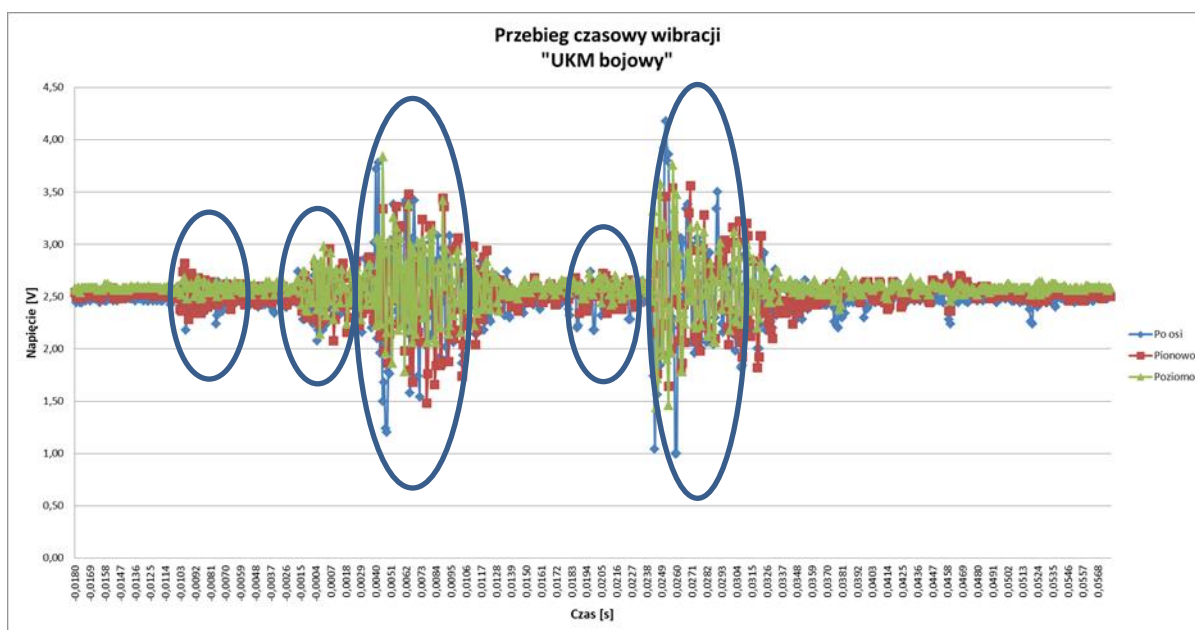
3. Time Signals for UKM2000P Service Gun

Analysis of received time signals of accelerations for UKM2000P service gun leads for distinguishing particular phases of a shot: releasing of the slide with the bolt from the catch by pulling the trigger, and in the next step the hitting of the bolt-block into the case collar of the cartridge and pressing it out from the belt (Fig. 15, section A), and finally the hitting into the fixing of the barrel when the cartridge is entering into the barrel's cartridge chamber and the bolt is locked (Fig. 15, section B).

In the following instant the slide hits into the fixing of barrel to pierce the cap by the needle and initiate the combustion of charge what builds up the pressure and effects the first peak of high acceleration (recoil) of the whole weapon (Fig. 15, section C). The projectile travelling in the barrel passes behind a barrel lateral opening and powder gases propagating through it push the piston of the slide which starts to move by unlocking the bolt that pulls the case out from the cartridge chamber. Consecutive vibrations are difficult to be seen in presented plots due to the time resolution and are connected with a collision of the case collar with the ejector (recoil) (Fig. 15, section D). And the third peak of a high acceleration is connected with hitting of the slide into the base of the bolt casing (recoil) (Fig.

wpływem siły sprężyny mechanizmu powrotnego zaczyna przemieszczać się w przeciwnym kierunku, jednak po zwolnieniu spustu suwadło zostaje zatrzymane na zaczepie i broń przygotowana jest do kolejnego strzału. Do wyznaczenia parametrów ruchu karabinu i jego zespołów w fazach odrzutu broni można, tak jak w przypadku karabinu BERYL, rozwiązać równania ruchu [4].

15, section E). The slide enforced by the recuperation spring starts to move in the opposite direction but is stopped by a catch after the trigger is released and the gun is ready for a next shot. Parameters of motion of the gun and its components for the phases of gun recoil may be identified in the same way as for BERYL gun by solving the equations of motion [4].



Rys. 15. Wykres nalożonych przebiegów czasowych przyspieszenia w trzech osiach (K1 – kolor niebieski, K2 – kolor czerwony, K3 – kolor zielony) z zaznaczonymi fazami vibracji podczas strzału z bojowego karabinu UKM2000P

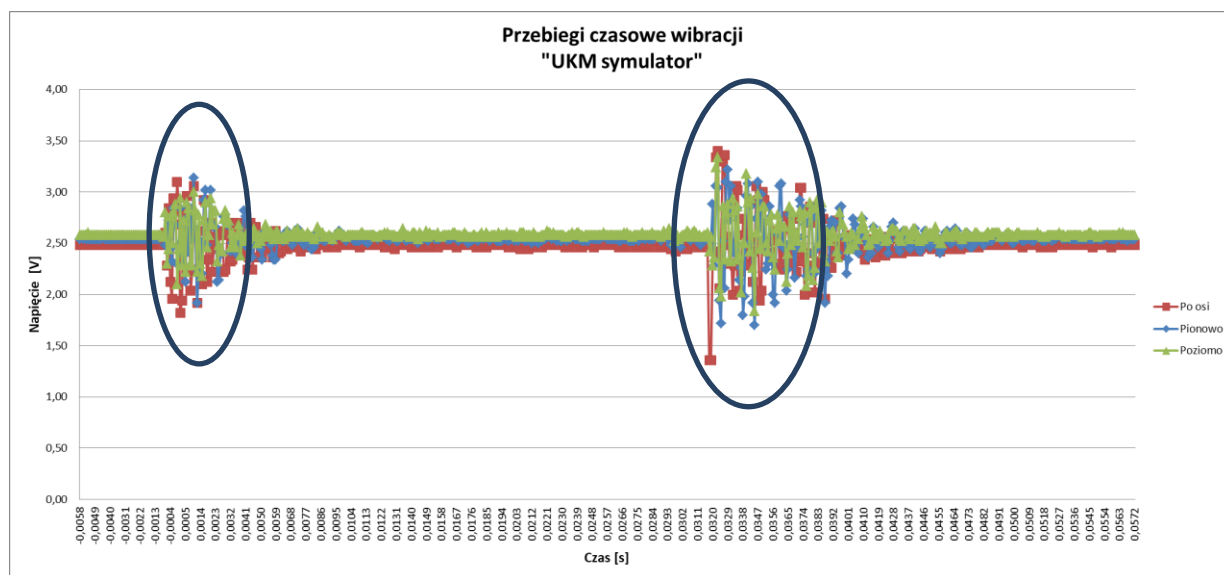
Fig. 15. Plots of acceleration time signals laid on each other in three axes (K1 – blue, K2 – red, K3 – green) for service UKM2000P gun with marked phases of vibration

4. Przebiegi czasowe dla symulatora karabinu UKM2000P

W przypadku symulatora karabinu UKM2000P przebiegi czasowe przyspieszeń obrazują następujące fazy strzału: pierwszy pik wartości przyspieszeń to uderzenie specjalnego suwadła z iglicą w kulkę zaworu i obsadę lufy (narzut) (rys. 16 obszar A). Następnie, suwadło specjalne zaczyna się poruszać pod wpływem działania ciśnienia gazu roboczego, aż do uderzenia w tył komory zamkowej, co stanowi drugi pik (odrzut) (rys. 16 obszar B).

4. Time Signals for UKM2000P Gun Simulator

Concerning the UKM2000P gun simulator the time signals of accelerations include three phases of firing. The first peak of acceleration signals is at the impact of a special slide with a needle into the ball of the valve and into the barrel fixing (overthrow) (Fig.16, section A). Then, the special slide starts to move under the pressure of a working gas until hitting the rear part of the bolt casing and producing the second peak (recoil) (Fig.16, section B).



Rys. 16. Wykres nalożonych przebiegów czasowych przyspieszenia w trzech osiach (K1– kolor niebieski, K2 – kolor czerwony, K3 – kolor zielony) z zaznaczonymi fazami wibracji podczas strzału z symulatora karabinu UKM2000P

Fig. 16. Plots of acceleration time signals laid on each other in three axes (K1– blue, K2 – red, K3 – green) with marked phases of gun vibrations at firing with UKM2000P gun simulator

Tabela 1. Wyniki pomiarów wybranych parametrów dla symulatora i karabinu UKM2000P podczas pojedynczego strzału

Table 1. Results of measurements of selected parameters for the simulator and UKM2000P gun at a singular shot

Obiekt Badań <i>Object of investigation</i>	Czas trwania wibracji <i>Vibration duration time t [s]</i>	Wartość piku I faza <i>Peak value I phase [m/s²]</i>	Wartość piku II faza <i>Peak value II phase [m/s²]</i>	Wartość piku III faza <i>Peak value III phase [m/s²]</i>	Wartość skuteczna przyspieszenia <i>Effective acceleration value [m/s²]</i>
Bojowy karabin UKM2000P <i>Service gun</i>	0,0676	78,8	-381,8	-454,6	89,2
Symulator karabinu UKM2000P <i>Simulator</i>	0,0537	-206,1	-345,4	-	53,6

Pod wpływem działania siły sprężyny powrotnej mechanizmu powrotnego suwadło specjalne zaczyna poruszać się w przeciwnym kierunku, aż do zatrzymania na zaczepie spustu. Otrzymane wyniki pomiarów wybranych parametrów dla pojedynczego strzału z symu-

In the next step the special slide starts moving in the reverse direction under the action of the recuperator spring until the arresting by the trigger's protrusion. Received results of measurements of selected parameters of a single shot fired from UKM2000P

latora i karabinu UKM2000P zostały przedstawione w tabeli 1.

5. Podsumowanie

Podczas pomiarów uzyskano zadowalającą powtarzalność wyników dla wszystkich badanych parametrów. Analiza uzyskanych wartości badanych parametrów pozwala ocenić jakość zastosowanych pneumatycznych układów wymuszania ruchu w badanych symulatorach broni pod kątem ich przydatności do symulowania rzeczywistego strzału. W badaniach stwierdzono mniejszą różnicę między wartością przyspieszenia skutecznego dla karabinu maszynowego UKM2000P i jego symulatora w porównaniu z różnicą przyspieszenia dla karabinka szturmowego kbs wz. 96 BERYL i jego symulatora [4] co świadczy o lepszej symulacji strzału w symulatorze karabinu maszynowego UKM. Otrzymane w niniejszej pracy wyniki potwierdzają wyniki opinii użytkowników systemu ŚNIEŻNIK (dane nieopublikowane). Podczas strzelania rzeczywistego odczucia strzelców były zbieżne z uzyskanymi w niniejszej pracy wynikami liczbowymi.

Pomiary i wyliczenia przyspieszenia skutecznego (RMS) okazały się bardzo przydatne do wyboru optymalnego wariantu konstrukcji symulatora, akceptowalnego w symulacji strzału z broni w procesie szkolenia strzeleckiego. Wykazały że, by poprawić jakość symulacji należy wziąć pod uwagę zmianę wartości takich parametrów jak: wartość ciśnienia zasilającego układ pneumatyczny, masa elementów wykonawczych symulatora (zamek suwadło) oraz parametry sprężyn układów wymuszania ruchu mechanizmów symulatorów. Potwierdziły to przeprowadzone badania porównawcze symulatorów i broni bojowej, wskazując równocześnie, że opracowana i zastosowana metodyka badań powinna być stosowana w procesie konstruowania nowych i modernizowania

simulator and service gun are presented in table 1.

5. Summary

A sufficient repeatability of results for all investigated parameters was obtained at the measurements. The analysis of received values of investigated parameters can be used to evaluate the quality of pneumatic systems used for the enforcement of motion in considered simulators of weapons regarding the aspects of their suitability for simulating a real shot. The investigations indicated lower difference between effective accelerations for UKM2000P machinegun and its simulator than for model 96 BERYL assault gun and its simulator [4] what may be a proof of a better simulation of firing for UKM machinegun simulator. The results received in the presented work are confirmed by the opinions of ŚNIEŻNIK system users (unpublished data). At real firing the impressions of the shooters were similar to the results calculated in the paper.

The measurements and calculation of the effective acceleration (RMS) have proved to be very useful at selection of an optimal option of simulator's design which could be accepted for simulation of shots with the guns at the training process of firing. They proved that the improvement of the simulation quality may be done when changes of following parameters are considered: value of pressure powering the pneumatic system, mass of executive components of the simulator (bolt, slide) and parameters of springs used in systems enforcing the motion of simulators' mechanisms. The above was confirmed by the comparative tests of simulators and service guns, and it also indicated that the developed and used methodology of testing shall be employed at designing the new, and upgrading the existing, simulators of small

już istniejących symulatorów broni strzeleckiej.

Ponadto w przypadku symulatora karabinu maszynowego UKM2000P stwierdzono, że jego układ pneumatyczny przeładowania jest zbyt szybki (ok.10% większa szybkostrzelność w stosunku do maksymalnej szybkostrzelności karabinu bojowego). W tym przypadku parametr ten można wyregulować np. obniżeniem ciśnienia. Przeprowadzone analizy statystyczne wykazały brak istotnego wpływu na uzyskane wyniki przyspieszeń broni wpływu rodzaju ognia i rodzaju stanowiska.

arms.

Moreover, in the case of UKM2000P machinegun simulator it was stated that its pneumatic reloading system provides an excessive rate of fire (the rate of fire is ca. 10% higher than for the service gun). In this case the parameter may be adjusted for instance by a reduction of pressure. Statistical analyses have proved that there is no significant influence of selected type of fire and position into the received results of weapon accelerations.

Literatura / Literature

- [1] Patent RP nr 226734 na wynalazek. Hłosta P., Głogowski T., Kowalewski J., Stępnia S., Całka R., Piątek B., Szablowski K., Merda T. Symulator karabinu samoczynno-samopowtarzalnego
- [2] PN-91/N-01352
- [3] PN-EN ISO 5349
- [4] Kowalewski J., Badania porównawcze wybranych rodzajów bojowej broni strzeleckiej oraz jej symulatorów. Cz. I - 5,56 mm karabinek BERYL, (2020) Problemy Techniki Uzbrojenia, nr 4, zeszyt 155

