



ADAPTACJA METODYK BADAŃ UZBROJENIA BOJOWEGO DO OCENY SYMULATORÓW BRONI STRZELECKIEJ. KONCEPCJA STANOWISKA BADAWCZEGO DO POMIARU PRZYSPIESZEŃ

ADAPTATION OF METHODOLOGIES TESTING THE COMBAT WEAPONS TO EVALUATION OF SIMULATORS. A CONCEPT OF ACCELERATION MEASUREMENT STAND

Jerzy KOWALEWSKI

Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia, ul. Pr. St. Wyszyńskiego 7, 05-220 Zielonka
Military Institute of Armament Technology, 7 Prym. St. Wyszyńskiego St., 05-220 Zielonka, Poland
Author's e-mail address: kowalewskij@witu.mil.pl; ORCID: 0000-0002-7829-7989

DOI 10.5604/01.3001.0014.4884

Streszczenie: Analizując metodyki badań bojowej broni strzeleckiej pod kątem ich przydatności w badaniach symulatorów broni strzeleckiej można wnioskować, że część tych metodyk badawczych nie będzie przydatna z uwagi na specyfikę pracy symulatora broni, odmienną od pracy broni bojowej. Ponieważ poszczególne symulatory broni wykonywane są na bazie broni bojowej wdrożonej do eksploatacji, dlatego też pozostałe metodyki badań broni bojowej były już do niej zastosowane i broń ta spełnia wszystkie wymagania co do wartości parametrów badanych w tych metodykach. Jednakże, po pozbawieniu broni bojowej wybranych cech użytkowych i dostosowaniu jej do prowadzenia strzelań symulacyjnych w systemie treningowym, należy przeanalizować i wybrać odpowiednie metodyki badawcze do powstałego symulatora.

Słowa kluczowe: broń strzelecka, symulator, metodyka badań

1. Przegląd metodyk badania bojowej broni strzeleckiej

W celu dopuszczenia danego wzoru broni strzeleckiej do eksploatacji musi ona

Abstract: Analysing the methodologies testing the service small arms on aspects concerning their usefulness for testing simulators of the small arms, a conclusion can be made that some parts of these testing methodologies cannot be used as a specificity of gun simulator operation differs from the operation of service gun. Particular weapon simulators are made on the basis of the service weapons being in the service and for this reason the remaining methodologies for testing the service weapons have been already applied and the weapon meets all parameters specified in these methodologies. Nevertheless, after depriving the service weapons of some usable features and adapting them for simulated shooting within a training system some testing methodologies suitable for the simulator have to be studied and selected.

Keywords: small arms, simulator, methodology of testing

1. Review of Service Firearms Testing Methodologies

A particular model of a firearm has to pass some precisely specified tests before

być poddana ściśle określonym badaniom. Metodyki tych badań opracowane zostały w oparciu o istniejące dokumenty normalizacyjne [1÷11]. Do podstawowych dokumentów należą między innymi: *Metodyka badań poligonowych broni strzeleckiej* – WT 0233 Uzbr.; *Uzbrojenie i sprzęt wojskowy – Ogólne wymagania techniczne, metody kontroli i badań – metody badań odporności całkowitej na działanie czynników środowiskowych* – NO-06-A107; *Uzbrojenie i sprzęt wojskowy - Ogólne wymagania techniczne, metody kontroli i badań – Ogólne zasady badań oraz odbioru prototypów i urządzeń produkowanych seryjnie* – NO-06-A105; *Broń strzelecka. Metody badań. Badania poligonowe* – NO-10-A500-2; *Broń strzelecka. Metody badań. Bezpieczeństwo użytkowania* – NO-10-A500-4; *Uzbrojenie i sprzęt wojskowy - Ogólne wymagania techniczne, metody kontroli i badań – Wymagania środowiskowe* – NO-06-A103. W odniesieniu do bojowej broni strzeleckiej istnieje opracowanych kilkanaście metodyk badawczych, określających również odporność broni na oddziaływanie czynników środowiskowych, klimatycznych, narażeń mechanicznych, chemicznych, czynności obsługowych itd. W badaniach sprawdza się czy pod wpływem działania określonych czynników jest zachowane bezpieczeństwo i niezawodność działania broni.

Celem pierwszej metodyki badania broni strzeleckiej jest sprawdzenie dokumentacji technicznej oraz czy dokumentacja techniczna w zakresie ukończenia i wykonania spełnia kryteria stawiane w ZTT, tj. spełnia wymagania odpowiednich norm, w oparciu o które opracowano konstrukcję. Następnie sprawdza się zgodność ukończenia broni z wymaganiami wstępnymi ZTT i wymaganiami dokumentacji technicznej oraz dokładnie poznaje się jej właściwości konstrukcyjne i stan techniczny. Stąd pierwsza metodyka badań to „*Sprawdzenie dokumen-*

entering the service. Methodologies of these tests were prepared on the basis of existing standards [1÷11]. Above all, the following are the basic ones: *Methodology on Range Tests for Small Arms* – WT 0233 Uzbr.; *Weapons and Military Equipment – General Technical Specifications, Methods of Checks and Tests – Methods for Testing Overall Resistance against Action of Environment Conditions* – NO-06-A107; *Weapons and Military Equipment - General Technical Specifications, Methods of Checks and Tests – General Guidelines for Testing and Accepting the Prototypes and Articles under the Serial Production* – NO-06-A105; *Small Arms. Testing Methods. Testing on the Range* – NO-10-A500-2; *Small Arms. Testing Methods. Safety of Using* – NO-10-A500-4; *Weapons and Military Equipment - General Technical Specifications, Methods of Checks and Tests – Environmental Requirements* – NO-06-A103. More than dozen testing methodologies have been developed for the service firearms which also determine the resistance of weapons against environmental, climatic, mechanical, chemical, handling and other conditions. These tests are aimed to check if the safety and reliability of gun's operation is secured when it is exposed to the action of specific conditions.

The purpose of the first methodology for testing the small arms is a checking of technical documentation, also in aspects of its completeness and preparation for meeting the criteria of Technical-tactical Specifications (TTS), or in other words its compliance with relevant standards used for the design. Next, the compliance of weapon completeness with the initial TTS and the technical documentation is examined, together with weapon designing solutions and technical status. Hence, the first testing methodology is „*Examination of Technical Documentation*”, and the second one

tacji technicznej”, a druga to „Sprawdzenie stanu ukompletowania, danych konstrukcyjnych i stanu technicznego broni”.

Celem badań kolejnej metodyki jest sprawdzenie, czy zasadnicze charakterystyki konstrukcyjne, masowe i gabarytowe broni są zgodne z wymaganiami ZTT i dokumentacji technicznej. Podczas badań sprawdzeniu podlegają następujące zasadnicze charakterystyki broni:

- wymiary gabarytowe,
- długość lufy,
- skok bruzd przewodu lufy,
- masa broni,
- masa lufy,
- odległość celowania / wg skali celownika /,
- wielkość zasadniczego luzu w węźle ryglowym,
- wystawanie grota iglicy.

Wymieniona metodyka badań opatrzona jest tytułem: „Określenie zasadniczych charakterystyk broni”.

Ponieważ jednym z ważniejszych elementów konstrukcyjnych w broni strzeleckiej są sprężyny, utrzymanie ich parametrów w zakresie przewidzianym przez dokumentację techniczną zapewnia właściwą pracę wielu podzespołów broni, a w efekcie jej niezawodne działanie. Wobec powyższego celem kolejnej metodyki badań jest określenie charakterystyk zasadniczych sprężyn broni.

Bardzo ważnym parametrem broni, z uwagi na walory użytkowe, jest szybkostrzelność teoretyczna broni. Celem metodyki jej pomiaru jest określenie szybkostrzelności teoretycznej i porównanie jej wartości z wymaganiami określonymi w ZTT. Również istotnymi parametrami użytkowymi, w przypadku broni bojowej, jest prędkość początkowa pocisku i prędkość na torze lotu pocisku, w pewnej odległości od lufy. Określają te prędkości ZTT i istnieje metodyka badań pomiaru wartości tych prędkości.

Kolejna metoda badań broni bojowej do-

„Checking the Completeness, Designing Data and Technical Status of Weapon”.

The next methodology is aimed to check the compliance of weapon's general design characteristics, mass, and overall size with the requirements of the TTS and technical documentation. During the investigations the following weapon characteristics are examined:

- overall size,
- length of barrel,
- pitch of furrows in barrel bore,
- mass of weapon,
- mass of barrel,
- aiming distance / acc. to sight scale /,
- value of the main play in the bolt junction,
- protrusion of the pricker tip.

Presented methodology of tests is named: „Identification of General Characteristics of Weapon”.

As the springs belong to one of more important structural components of small arms, then the proper operation of many mechanisms, and in effect a reliable operation of the weapon, depends on the sticking of their parameters to the values included in the technical documentation. Therefore, the next testing methodology is focused on determination of main characteristics of weapon's springs.

The theoretical rate of fire is a very important parameter of the weapon due to its usability values. Its testing methodology measures the theoretical rate of fire to compare it with requirements of the TTS. Similarly, the muzzle velocity of the bullet and its velocity on the flight path at some distance from the barrel are also the useful parameters. These velocities are specified by the TTS and there is a methodology for their testing.

A next method for testing the service weapons deals with the bullets scatter pattern, the accuracy of weapon and concentra-

tyczy charakterystyk rozrzutu pocisków, celności broni i skupienia pocisków. Te parametry również opisano powyżej, a z uwagi na walory użytkowe broni są one niezwykle istotne i badane (NO-A500-2).

Broń powinna działać niezawodnie, to znaczy jej mechanizmy, układy automatycznego przeładowania powinny działać, zarówno gdy jest dobrze nasmarowana, jak i wtedy gdy części są w stanie suchym, odłuszczone. Dlatego opracowano metodykę badań sprawdzającą niezawodność działania broni w obu przypadkach. Metodyka ta może uwzględniać także badanie skupienia pocisków. Na niezawodność działania oraz na ergonomię sposobu posługiwania się bronią strzelecką może mieć wpływ: kąt podniesienia i nachylenia broni podczas strzału, pozycja względem osi podłużnej oraz masa części ruchomych. Aby to zbadać opracowano stosowne metodyki badań. Kolejne istniejące metodyki badań niezawodności broni strzeleckiej dotyczą działania broni w różnych temperaturach otoczenia: 1) w wysokich temperaturach (323-343K) – warunki zbliżone do warunków eksploatacji podczas lata w gorącym i suchym klimacie; 2) w warunkach zbliżonych do wiosennego i jesiennego okresu eksploatacji – 268K; 3) w niskiej temperaturze podczas zimy – 223K oraz w warunkach zmiennych temperatur. Ważną metodyką badań jest ta, której celem jest sprawdzenie niezawodności działania broni w warunkach zbliżonych do eksploatacji podczas ulewnego deszczu i po deszczu oraz w sytuacjach odpowiadającym warunkom bojowym, gdy strzelanie w ciągu kilku kolejnych dni będzie prowadzone bez czyszczenia i smarowania broni.

Szczególnie ważna jest wytrzymałość poszczególnych części broni i zachowanie bezpieczeństwa jej eksploatacji przy upadkach na twarde podłoże oraz w czasie transportu. Opracowano więc stosowne metodyki sprawdzające odporność broni na narażenia

tion of hits. These parameters are also described above and due to the weapon usability values they are also significant and are tested (NO-A500-2).

The weapon has to operate reliably what means that its mechanisms, systems of automatic reloading have to operate both when they are well lubricated and when the parts are dry, without a lubricate. Therefore, a testing methodology examining the reliability of weapon in the both cases was developed. This methodology may also be used for testing the concentration of patterns. The reliability of operation and the ergonomics of firearm handling may also depend on: weapon elevation and tilting angles at firing, position against the longitude axis, and the mass of movable parts. Relevant testing methodologies were developed for testing it. The next existing methodologies testing the reliability of small arms concern the operation of weapon at different ambient temperatures: 1) at high temperatures (323-343K) – conditions similar to the conditions of using in the hot and dry climate summer; 2) in conditions which are similar to spring and fall periods of the use – 268K; 3) at low temperatures during the winter – 223K, and in conditions of changeable temperatures. An important methodology is for checking the reliability of gun operation in conditions of using during the torrential water storms, and after the storm, and also in conditions corresponding to combat situations when the shooting could be conducted for a few days without cleaning and lubricating the weapon.

Resistance of particular components of the weapon and preservation of its safety at fallings into a hard ground and during the transportation is of a special importance. Therefore, the relevant methodologies were developed to check the resistance of the weapon against the mechanical threats occurring during the above mentioned events.

mechaniczne występujące podczas powyższych zdarzeń. Dodatkowo opracowano metodyki sprawdzające bezpieczeństwo eksploatacji, gdy broń została nieprawidłowo złożona lub nastąpiło zatkanie przewodu lufy.

Ostatnią ważną metodyką badań broni strzeleckiej jest badanie broni po oddaniu dużej liczby strzałów. Celem badań w tej metodyce jest określenie:

- żywotności części i luf (żywotność broni to maksymalna liczba strzałów możliwych do oddania z broni, przy zachowaniu charakterystyk balistycznych, technicznych i niezawodnościowych),
- niezawodności działania automatyki w normalnych warunkach eksploatacji, jak również przy zasmarowanych nabojach i taśmie,
- charakterystyk zacięć oraz szybkości i łatwości ich usunięcia,
- wrażliwości automatyki broni na zanieczyszczenia i wpływu zamoczenia w wodzie na jej pracę,
- możliwości samozapłonu naboju w komorze naboowej i maksymalnego dopuszczalnego reżimu strzelania z broni.

2. Analiza wybranych metodyk badań broni strzeleckiej bojowej pod kątem ich przydatności w badaniach symulatorów broni strzeleckiej

Analizując opisane powyżej metodyki badań bojowej broni strzeleckiej pod kątem ich przydatności w badaniach symulatorów broni strzeleckiej można wnioskować, że część tych metodyk badawczych nie będzie przydatna z uwagi na specyfikę pracy symulatora broni, odmienną od pracy broni bojowej. Jednakże, niektóre mogą być użyteczne i powinny być stosowane. Należy zaznaczyć, że dobór metodyki badawczej dotyczy badań symulatorów broni strzeleckiej wykorzysty-

Additionally, some methodologies were developed for checking the safety of use after a wrong assembling of the weapon, or when the barrel bore was clogged.

The last important testing methodology of the small arms is used to examine the weapon after firing a great number of shots. This methodology is aimed to determine:

- Life cycle duration for parts and barrels (life duration of weapon is a maximal number of shots which can be fired with it at preservation of ballistic, technical, and dependability parameters),
- Dependability of operation for automatics at normal condition of using, and also for greased rounds and belt,
- Characteristics of jamming and time and easiness needed for its removal,
- Sensitiveness of weapon's automatics operation on dirt and immersion in the water,
- Chances of self-detonation of a cartridge in the chamber and a maximal acceptable series of firing with the weapon.

2. Analysis of Possibilities for Application of Some Methodologies Testing Service Firearms to Testing the Simulators of Firearms

Analysing the described above methodologies testing the service firearms from the point of their usefulness in tests of the firearms simulators it could be concluded that some of these methodologies cannot be used due to the specificity of simulator's operation, different from the service weapon. But some of them may be useful and has to be used. It has to be pointed out that selection of a testing methodology relates to tests of the firearms simulators applied in

wanych w systemach treningowych instalowanych w pomieszczeniach zamkniętych i użytkowanych w temperaturach dodatnich. Symulatory te nie będą narażone bezpośrednio na takie czynniki środowiskowe, jak słońce, wysoka lub niska temperatura, deszcz czy śnieg. W związku z powyższym, metodyki badań symulatorów broni, omawianych w niniejszej pracy, nie muszą uwzględniać wszystkich badań związanych z odpornością broni na oddziaływanie czynników środowiskowych, klimatycznych czy chemicznych.

Ponieważ poszczególne symulatory broni wykonywane są na bazie broni bojowej wdrożonej do eksploatacji, dlatego też pozostałe wymienione wcześniej metodyki badań broni bojowej były już do niej zastosowane i broń ta spełnia wszystkie wymagania co do wartości parametrów badanych w tych metodykach. Jednakże, po pozbawieniu broni bojowej wybranych cech użytkowych i dostosowaniu jej do prowadzenia strzelań symulacyjnych w systemie treningowym (tak, aby strzelec strzelając z symulatora pociskami wirtualnymi miał wrażenie, że strzela z broni bojowej prawdziwymi pociskami), należy jeszcze raz przeanalizować i wybrać odpowiednie metodyki badawcze do powstałego symulatora.

Pierwszą wybraną metodyką będzie sprawdzenie dokumentacji z założeniami ZTT, a następnie sprawdzenie stanu ukończenia, danych konstrukcyjnych i stanu technicznego symulatora broni. Kolejno należy sprawdzić, czy zasadnicze charakterystyki konstrukcyjne, masowe i gabarytowe broni są zgodne z wymaganiami ZTT i dokumentacją techniczną. Podczas badań sprawdzeniu powinny podlegać następujące zasadnicze charakterystyki symulatora broni:

- wymiary gabarytowe,
- masa symulatora broni,
- odległość celowania (wg skali celownika).

Na efekt realizmu podczas eksploatacji symulatora broni na pewno mają wpływ pa-

the training systems which are installed in closed rooms and operate at positive temperatures. These simulators are not directly exposed to such environmental threats as the sun, high or low temperatures, rain, or snow. Regarding the above, the methodologies testing the simulators of weapons presented in the paper have not to consider all tests connected with the weapon resistance against the action of environmental, climatic, or chemical factors.

As particular simulators are built on the basis of the service weapons being in the use, then the remaining methodologies testing the service weapons has been applied earlier to them, and the weapon meets all requirements for the values of parameters demanded by these methodologies. But after depriving the service weapon of selected properties of the usability, and adapting it for firing the simulated shots within a training system (in a way that a shooter firing with the simulator has a sensation of firing with the service gun and with the live rounds) the question has to be considered once again and the relevant testing methodologies have to be selected for the simulator.

The first is the methodology checking the documentation including the assumptions of the TTS, and the second is the one checking the completeness, design data and technical status of the weapon simulator. In the next step it has to be checked if the main designing characteristics, and mass and overall dimensions data comply with requirements of the TTS and technical documentation. Following main characteristics of weapon's simulator have to be checked at the investigation:

- overall size,
- mass of weapon's simulator,
- aiming distance (acc. to sight's scale).

Parameters of springs, and especially the returning spring of the bolt or slider, influence on the level of realism at using

rametry sprężyn, a zwłaszcza sprężyny powrotnej zamka lub suwadła. Ze względów konstrukcyjnych w symulatorze parametry tych sprężyn niekiedy trzeba zmienić. Wynika stąd potrzeba zbadania dopuszczalnej odchyłki siły z jaką te sprężyny będą naciągane, tak aby strzelec biorąc do ręki symulator broni bojowej nie odczuwał różnicy pomiędzy bronią bojową a symulatorem i odwrotnie.

O ile cecha - żywotność lufy (10 tys., do 15 tys. strzałów dla wybranych rodzajów broni strzeleckiej) nie jest ważna w odniesieniu do symulatora broni, to parametry wytrzymałościowe części ruchomych, takich jak kurek, suwadło, zamek czy sprężyny są istotne, ponieważ symulator powinien podczas eksploatacji cechować się dużo większą odpornością na mechaniczne narażenia i wytrzymywać dużo więcej cykli pracy (strzałów) niż broń bojowa. Wynika to przede wszystkim z przesłanek ekonomicznych wykorzystywania symulatorów broni. Tę odporność mechaniczną uzyskuje się poprzez zastosowanie specjalnych układów wymuszania ruchu, o zmniejszonej energii w stosunku do energii pochodzącej ze spalania ładunku prochowego w łusce naboju oraz specjalnych układów amortyzujących. Jednak to obniżenie energii może mieć duży wpływ na jakość symulacji odrzutu broni odczuwalnego podczas strzału. W tym miejscu trzeba sobie zadać pytanie, na ile symulacja odrzutu jest ważna w procesie szkolenia żołnierza podczas wstępnej nauki obsługi broni, celowania, strzelania, czy zachowania na polu walki. Gdybyśmy chcieli zapewnić w symulatorze broni energię odrzutu taką, jak w broni bojowej to należałoby zastosować np. naboje ślepe, które są drogie lub wysokociśnieniowe układy pneumatyczne, które byłyby znacznie rozbudowane i przez to nie do zaakceptowania w rozwiązaniach konstrukcyjnych symulatora broni. Bezpieczeństwo szkolonych żołnierzy byłoby zagrożone. Siła odrzutu w symulatorze broni, która wywoływana jest niskociśnieniowym

the weapon simulator. Due to the structural reasons the parameters of these springs have to be changed sometimes in the simulator. Then a need arises for checking the acceptable deviation of the force demanded for tightening these springs preventing any differences sensed by a shooter at using the service gun and the simulator.

Even if the life cycle of the barrel (10 thousand to 15 thousand shots for selected types of firearms) is not important for the weapon simulator, the resistance parameters of some movable parts like the cock, slider, bolt, or springs are essential, because the simulator has to represent a much higher resistance against mechanical loads and has to withstand a much greater number of working cycles (shots) at the use than the service weapon. It results most of all from economical aspects of using the weapon simulators. This mechanical resistance is provided by application of special units enforcing the motion with a reduced level of energy comparing to the energy produced by the combustion of a powder charge in the cartridge case, and special damping systems. But this reduction of energy can significantly affect the quality of simulation of the recoil sensed at firing. Here, a question arises about the importance of the recoil simulation in the process of soldier's training at the initial stage of learning over the weapon handling, aiming, shooting, or behaving in the battlefield. The energy of the recoil may be provided in the weapon simulator at the identical levels as in the service weapons by using for instance the blank cartridges, which are expensive, or the high pressure pneumatic systems which are complicated and for this reason they are rather unacceptable for the solutions of weapon simulators. Then safety of trained soldiers would be at risk. The force of recoil existing in the weapon simulator and produced by the low pressure

pneumatycznym układem wymuszania ruchu jest ważna przede wszystkim z dwóch powodów: po pierwsze powinna ona wybić strzelca z linii celowania do celu, a po drugie dać wrażenie strzelcowi, że jego symulator broni pracuje, tzn. mechanizmy działają: suwadło lub zamek są przeładowywane w przypadku broni samopowtarzalnej lub automatycznej. Dlatego też metodyka badania symulatora broni musi uwzględniać pomiar siły odrzutu w odniesieniu do siły odrzutu w broni bojowej.

Na pewno do badań symulatorów broni powinny być wykorzystane inne metodyki stosowane w badaniach broni bojowej, takie jak badanie szybkostrzelności, rozrzutu, celności i skupienia pocisków. Pomimo użycia w symulatorach jedynie pocisków wirtualnych, można zastosować analogiczne metodyki co w badaniach broni bojowej. Na tarczach testowych (np. do przystrzeliwania broni) wyświetlanych na ekranie są bowiem zobrazowane przestrzelenia, które mogą być analizowane tak, jak przestrzelenia pochodzące od pocisków z broni bojowej.

3. Stanowisko badawcze do pomiaru przyspieszeń

Wielkością, dzięki której będzie można prawidłowo opisać charakter siły odrzutu broni będzie przyspieszenie, jakie uzyskuje broń podczas strzału. W pierwszym etapie realizacji niniejszej pracy powstała koncepcja stanowiska badawczego do pomiarów przyspieszeń w układzie trójosiowym podczas działania wybranych typów symulatorów broni strzeleckiej i broni bojowej. Badanie przyspieszeń zaplanowano do przeprowadzenia podczas strzelania z „ręki”. Jednoosiowy czujnik przyspieszenia (akcelerometr) był mocowany na lufie kolejno wzdłuż osi wzdłużnej lufy, w płaszczyźnie prostopadłej do osi wzdłużnej lufy pionowo, a następnie poziomo. Początkowo do analizy

pneumatic system enforcing the motion is important most of all for two reasons: first, it has to throw the shooter out of the aiming line to the target, and second, it has to provide a sensation for the shooter that the simulator operates, i.e. the mechanisms are working: the slider or bolt are reloaded in the case of self-repeated or automatic weapons. For that, the methodology of testing the weapon simulator has to consider the measurement of the recoil force in relation to the recoil force of the service weapon.

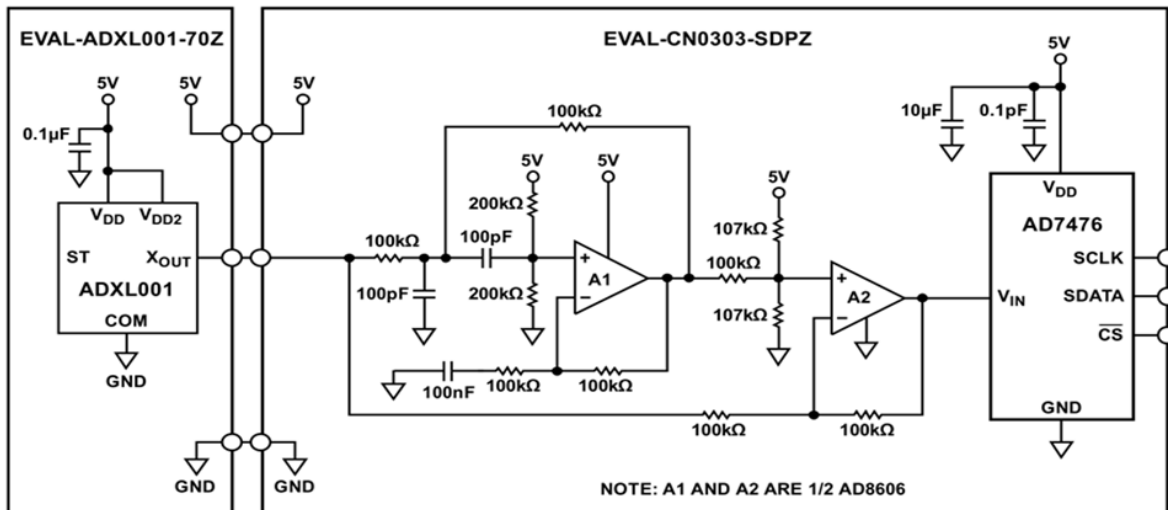
Other methodologies, such as relating to the rate of fire, the scatter, accuracy, and concentration of hits, used in tests of service weapons may be for certain used to testing the simulators. Despite that the simulators deploy only the virtual bullets, the identical methodologies may be used as for testing the service weapon. The testing targets displayed on the screen (e.g. for boresighting the weapon) show the patterns which may be analysed in the same way as the hits produced by the service weapons.

3. Testing Setup for Acceleration Measurement

Acceleration of the weapon at firing is a value providing a proper characterisation to the weapon recoil force. At the initial phase of the presented project a concept of the setup has appeared to measure the acceleration in three-axial configuration at operation of selected types of firearm's simulators and service weapons. It was planned to measure the accelerations for the firings with the "free hand". One-axial sensors of acceleration (accelerometer) were fixed to the barrel respectively along the barrel main axis, and in the plane vertical to the main axis in vertical and horizontal directions. Initially, the measurements were analysed by a loaned analyser of vibrations

pomiarów wykorzystano wypożyczony analizator drgań Data Physics ACE oparty na platformie sprzętowej Quattro (Klimatest Sp. Jawna, Polska). Jednak z uwagi na wysoką cenę aparatury zrezygnowano z jej zakupu i zdecydowano się na opracowanie autorskiego układu pomiarowego opisanego poniżej.

Data Physics ACE based on hardware platform Quattro (Klimatest Sp. Jawna, Poland). Due to a high price of the instrument it was not bought and decision was made to develop own measurement system described below.



Rys. 1. Schemat układu pomiarowego zastosowanego do badań przyspieszeń testowanej broni
Fig. 1. Diagram of the measurement system used for testing accelerations of tested guns

Układ pomiarowy zbudowano w oparciu o system jednoosiowego analizatora wibracji (rys. 1), składającego się z płytki zawierającej nisko szumowy, szeroko pasmowy czujnik akcelerometryczny ADXL001-500 (tabela 1), umożliwiający pomiar przyspieszeń w zakresie ± 500 g w paśmie częstotliwości do 22 kHz oraz płytki zawierającej analogowy system aktywnych filtrów częstotliwości o częstotliwości odcięcia 22 kHz.

Sygnal mierzono na wyjściu wzmacniacza A2. Do wizualizacji, konwersji do postaci cyfrowej i rejestracji wyników pomiarów wykorzystany został 4 kanałowy oscyloskop GW INSTEK GDS-2074A.

The measurement system is built on the basis of one axial analyser of vibrations (Fig. 1) comprising a board of a low-noise wide band accelerometer ADXL001-500 (Table 1) measuring the accelerations in the range of ± 500 g on the frequency band up to 22 kHz, and a board of active analogue system of frequency filters with the cut-off frequency at 22 kHz.

Signal was measured at the output of amplifier A2. The 4-channel oscilloscope GW INSTEK GDS-2074A was used for visualisation, conversion into a digital signal, and recording the results.

Tabela 1. Podstawowe parametry akcelerometru ADXL001-500 stosowanego w badaniach broni
 Table 1. Main parameters of accelerometer ADXL001-500 used for testing the weapons

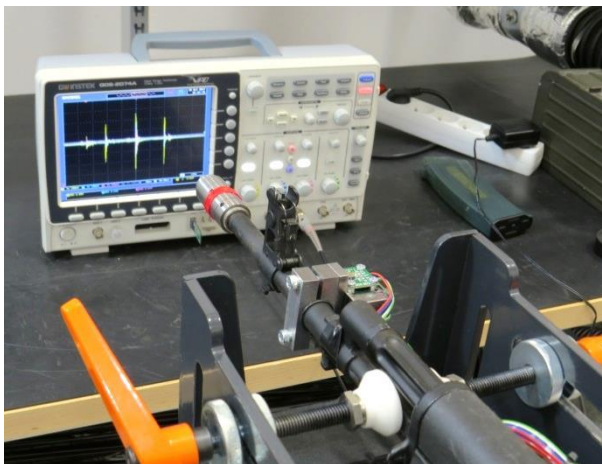
Parametr <i>Parameter</i>	Warunki <i>Conditions</i>	ADKL001-500			Jednostki <i>Units</i>
		Min	Typ	Max	
Czujnik / Sensor Nieliniowość / <i>Nonlinearity</i> Wrażliwość poprzecznie do osi / <i>Lateral Sensitivity</i> Częstotliwość rezonansowa / <i>Frequency of resonance</i> Współczynnik jakości / <i>Quality coefficient</i>	Zawiera pakiet wyrównujący <i>Equalising packet included</i>	0,2	2,0		% % kHz
Wrażliwość / Sensitivity Zakres / <i>Range</i> Wrażliwość / <i>Sensitivity</i>	$I_{out} \leq \pm 100 \mu A$ 100Hz	-500		+500	mV/g
Offset Zero-g Wyjście / <i>Zero-g output</i>	Ratiometric	2,0	2,5	3,0	V
Szumy / Noise Szumy / <i>Noise</i> Gęstość szumów / <i>Noise density</i>	10Hz do/to 400Hz 10Hz do/to 400Hz	70			mg rms mg/VHz
Charakterystyka częstotliwościowa / Frequency characteristics -3 dB częstotliwość / <i>-3dB frequency</i> -3 dB znos częstotliwości ponad temperaturę / <i>- 3 dB frequency temperature offset</i>		32			kHz %
Test samoczynny / Self-test Napięcie wyj. zasilania / <i>Supply output voltage</i> Wejście log. wysokie / <i>High log. input</i> Wejście log. niskie / <i>Low log. input</i> Rezystancja wejścia / <i>Input resistance</i>	Do gruntu / <i>Against the ground</i>	217			mV V V kΩ
Wzmacniacz wyjścia / Output amplifier Amplituda wyjścia / <i>Output amplitude</i> Pojemność ładowania / <i>Loading capacity</i>	$I_{OUT} = \pm 100 \mu A$	0,2	$V_s - 0,2$	0,2	V pF
PSRR (CFSR)	DC do /to 1 MHz	0,9			v/v
Zasilanie(Vs) / Supply Zakres pracy / <i>Range of operation</i> I_{SUPPLY} Czas załączania / <i>Activation time</i>		3,135		6	V mA ms

Do pomiaru wibracji broni w układzie trójosiowym zastosowano trzy kanały transmisji danych oraz trzy zestawy jednoosiowego analizatora wibracji ADXL001-500, wraz z pasywnym filtrem dolnoprzepustowym RC o częstotliwości granicznej 10,6 kHz. Płytki z akcelerometrami zostały zamo-

Weapon vibrations were measured in three-axial system using three data transmission channels and three systems of one-axial vibration analyser ADXL001-500 together with a passive low-passing philtre RC with cut-off frequency at 10.6 kHz. Accelerometer boards were fixed to the weap-

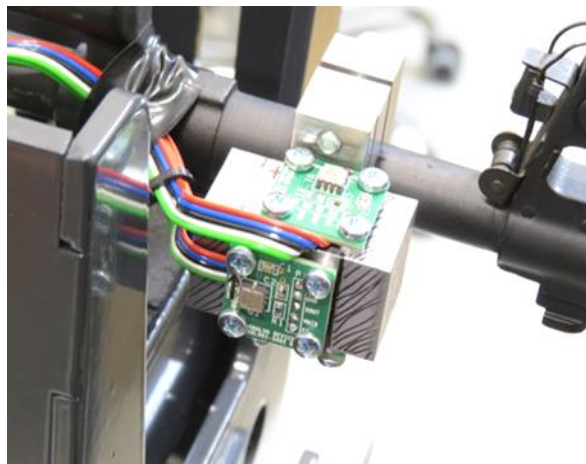
cowane do lufy symulatora na jednej kostce stalowej w taki sposób, aby akcelerometry rejestrowały: 1) przyspieszenia wzdłuż osi podłużnej, 2) w płaszczyźnie poprzecznej do osi lufy pionowo i 3) poziomo w odniesieniu do pozycji broni w czasie strzału.

on's barrel by using a steel adapter to record: 1) accelerations along the main axis, 2) within the plane perpendicular to barrel's main axis along vertical direction and 3) along horizontal direction relating to the position of the gun at firing.



Fot. 2. Symulator 5.56 mm karabinu szturmowego wz. 96 BERYL zamocowany na stole badawczym

Photo 2. Simulator of 5.56 mm assault rifle wz. 96 BERYL fixed in the testing stand



Fot. 3. Kostka z trzema czujnikami akcelerometrycznymi zamocowana na lufie symulatora

Photo 3. Adapter with three accelerometers fixed to the simulator's barrel



Fot. 4. Bojowy 5.56 mm karabin szturmowy wz. 96 BERYL zamocowany na stole badawczym

Photo 4. Service 5.56 mm assault rifle wz. 96 BERYL fixed in the testing stand



Fot. 5. Kostka z trzema czujnikami akcelerometrycznymi, zamocowana na lufie broni bojowej

Photo 5. Adapter with three accelerometers fixed to the service weapon barrel

Następnie kostka z akcelerometrami mocowana była analogicznie do lufy odpowied-

In the next step the adapter with the accelerometers was fixed in the same way to

niego wzoru broni bojowej, aby powtórzyć badania.

Stanowisko badawcze posłużyło do wykonania pomiarów podczas oddawania strzałów z broni trzymanej przez strzelca oraz z broni zamocowanej w uchwytych na stole badawczym (fot. 2, 4). W obu przypadkach w chwili strzału lufa z czujnikami (fot. 3, 5) była usytuowana poziomo do podłoża.

4. Podsumowanie

Po analizie opisanych powyżej metodyk badań bojowej broni strzeleckiej pod kątem przydatności ich użycia w badaniach odpowiadających im symulatorów oraz po analizie i wyborze, które badania są niezbędne w przypadku symulatorów broni do oceny jakości symulacji, wykonano badania wybranych parametrów dla dwóch rodzajów symulatorów broni strzeleckiej, także z wykorzystaniem przedstawionego powyżej stanowiska badawczego do pomiaru przyspieszeń. Następnie, na podstawie wyników badań i ich analiz została opracowana metodyka badań symulatorów broni strzeleckiej (Kowalewski J. 2019, WITU nr bibl. 7870/C). Metodykę badań opracowano na podstawie wyników badań dla 5,56 mm karabinu szturmowego wz. 96 BERYL oraz 7,62 mm uniwersalnego karabinu maszynowego UKM2000P przystosowanych do strzelania symulowanego w systemie szkolno-treningowym ŚNIEŻNIK. Wyniki przedmiotowych badań zostaną zaprezentowane w kolejnych publikacjach.

the barrel of a corresponding type of the service gun to repeat the tests.

The setup was used to make measurements at firing the shots with the gun kept by a shooter and with the gun fixed to the testing stand (Photo 2, 4). In both cases the barrel with the sensors (Photo 3, 5) was located horizontally against the ground at the moment of firing.

4. Summary

Tests of selected parameters for two types of small arms simulators were performed, also by using the testing setup presented above for measurements of accelerations, after analysing the presented above methodologies for testing the service firearms under the aspects of their use for testing simulators corresponding to them, and after deciding which tests are necessary for weapon simulators to assess the quality of simulation. Then, on the basis of test results and their analysis the methodology testing the small arms simulators was developed (Kowalewski J. 2019, WITU nr bibl. 7870/C). The testing methodology was developed on the basis of test results for 5.56 mm assault rifle wz.96 BERYL and 7.62 mm medium machinegun UKM2000P adapted for simulated firing in the training-practicing system SNIEZNIK. Results of these tests will be presented in publications.

Literatura / Literature

- [1] Norma Obronna NO-10-A500-3. 1997. Broń strzelecka - Metody badań - Badania atestacyjne, MON.
- [2] Norma Obronna NO-10-A500-5. 2000. Broń strzelecka - Metody badań - Badania działania w warunkach deszczu, MON.
- [3] Norma Obronna NO-10-A500-6. 2000. Broń strzelecka - Metody badań - Badania działania w warunkach pyłu, MON.

- [4] Norma Obronna NO-10-A500-2. 1997 . Broń strzelecka - Metody badań - Badania poligonowe, MON.
- [5] Norma Obronna NO-10-A500-4.1997. Broń strzelecka - Metody badań – Bezpieczeństwo użytkowania, MON.
- [6] Norma Obronna NO-06-A207, 2005. Technika wojskowa – Wymagania konstrukcyjne – Określenie charakterystyki spustu, MON.
- [7] Norma Obronna NO-06-A107 2005. Uzbrojenie i sprzęt wojskowy – Ogólne wymagania techniczne , metody kontroli i badań – metody badań odporności całkowitej na działanie czynników środowiskowych, MON.
- [8] Norma Obronna NO-10-A509. 2003. Broń strzelecka - Metody badań – Określenie charakterystyki spustu, MON.
- [9] Norma Obronna NO-06-A102. 2005: Uzbrojenie i sprzęt wojskowy- Ogólne wymagania techniczne, metody kontroli i badań – Wymagania niezawodnościowe, MON.
- [10] Norma Obronna NO-06-A103. 2005: Uzbrojenie i sprzęt wojskowy- Ogólne wymagania techniczne, metody kontroli i badań – Wymagania środowiskowe, MON.
- [11] Norma Obronna NO-06-A106. 2005: Uzbrojenie i sprzęt wojskowy- Ogólne wymagania techniczne, metody kontroli i badań – Metody badań niezawodności MON.

