



## ANALIZA MOŻLIWOŚCI ADAPTACJI ŁOŻA DOLNEGO 100 MM ARMATY PRZECIWLOTNICZEJ KS-19 DO WYKONANIA STANOWISKA BALISTYCZNEGO M120 RAK

### ADAPTATION OF 100 MM ANTI-AIRCRAFT GUN KS-19 BOTTOM CARRIAGE FOR M120 "RAK" BALLISTIC STAND

Aleksander WASILEWSKI, Janusz WEISS

Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia, ul. Wyszyńskiego 7, 05-220 Zielonka  
Military Institute of Armament Technology, 7 Wyszynski St., 05-220 Zielonka, Poland  
Author's e-mail address: wasilewska@witu.mil.pl; ORCID: 0000-0001-5706-6869

DOI 10.5604/01.3001.0013.7306

**Streszczenie:** W pracy przeanalizowano możliwości zaadaptowania łoża dolnego 100 mm armaty przeciwlotniczej KS-19 do wymagań 120 mm stanowiska balistycznego M120 „RAK”. Adaptacja ma na celu zwiększenie potencjału badawczego ww. stanowiska poprzez zwiększenie jego mobilności i możliwości wykorzystania na różnych poligonach badawczych. Po charakterystyce systemu uzbrojenia KS-19 przedstawiono wstępne obliczenia dotyczące stateczności i nieruchomości działa. Na podstawie wyników badań stanowiska uzyskanych podczas badań strzelaniem, sformułowano wnioski i określono perspektywy zastosowania łoża do innych systemów uzbrojenia.

**Słowa kluczowe:** badania uzbrojenia, artyleria, konstrukcja

### 1. Wstęp

Ośrodek Badań Dynamicznych Wojskowego Instytutu Technicznego Uzbrojenia prowadzi badania strzelaniem sprzętu uzbrojenia w warunkach poligonowych. Badania amunicji 120 mm moździerz „Rak” realizuje się z odpowiednio skonstruowanego stanowiska balistycznego. Zalety stanowiska w porównaniu do wozu bojowego to m.in. bezpieczeństwo i ergonomia. Wadą jest konieczność montażu stanowiska tylko na odpowiednio przygotowanych stanowiskach ogniowych.

**Abstract:** The paper analyses some possibilities for adaptation of a bottom carriage of 100 mm anti-aircraft gun KS-19 to the requirements of M120 “RAK” ballistic stand. The adaptation is aimed to increase testing-researching capacities of the stand by its greater mobility for deployment at various testing ranges. KS-19 gun system and initial calculations of its stability and immobility during a shot are presented. Conclusions received from the results of the stand firing tests and perspectives of the carriage application for another weapon systems are formulated.

**Keywords:** ordnance testing, artillery, design

### 1. Introduction

Pieces of ordnance are tested in field conditions at the Dynamic Testing Centre of the Military Institute of Armament Technology. A specially designed ballistic stand is used to test the ammunition for 120 mm „Rak” mortar. The stand provides, among all, better safety and ergonomic conditions than the combat vehicle. A disadvantage of the stand is that it may be integrated only at suitably prepared gun sites. The M120 „Rak” ballistic stand is screwed to

Stanowisko balistyczne M120 „Rak” w czasie badań przykręca się do odpowiednio przygotowanej ciężkiej płyty betonowej trwale związanej z gruntem. Płyta posiada specjalne otwory celem założenia śrub skręcających. Ponadto jest ukierunkowana zgodnie z osią strzelań i wypoziomowana.

Powyższe wymagania ograniczają stanowisko balistyczne do zastosowania w każdych warunkach. Celem zwiększenia potencjału badawczego ww. stanowiska podjęto decyzję o modyfikacji stanowiska. Stanowisko nie mogło utracić swoich dotychczasowych cech – ingerencja mechaniczna była niedopuszczalna. Postanowiono wykorzystać łożo istniejącego systemu uzbrojenia i zmodyfikować w taki sposób, aby móc do niego swobodnie przykręcać 120 mm stanowisko badawcze. Do adaptacji wybrano 100 mm armatę przeciwlotniczą KS-19.

## 2. Parametry techniczne wykorzystanych systemów uzbrojenia

### 2.1. Moździerz M120 RAK

120 mm automatyczny samobieżny moździerz „RAK” został opracowany i jest produkowany w Hucie Stalowa Wola S.A. Znajduje się na wyposażeniu Sił Zbrojnych RP. Przeznaczony do rażenia ogniem pośrednim, pośrednim i na wprost. Produkowany jest na podwoziu kołowym i gąsienicowym. 120 mm stanowisko balistyczne przeznaczone jest do badania 120 mm amunicji moździerzowej do ASM „RAK” Parametry taktyczno-techniczne stanowiska przedstawiono w tabeli 1.

a specially prepared heavy concrete plate fixed in the ground. The plate has some holes made for fixing bolts. Moreover, it is oriented along the firing axis and levelled horizontally.

The above features limit the use of the ballistic stand at various conditions. A decision was made on modification of the stand to increase its testing capacities. The stand could not be deprived of its existing performance – any mechanical intervention was unacceptable. It was decided to use a gun carriage of an existing weapon system to modify it for easy integration of 120 mm testing stand. Antiaircraft KS-19, 100 mm gun was selected as a piece of ordnance to be adapted.

## 2. Technical Characteristics of Used Weapon Systems

### 2.1. Mortar M120 RAK

120 mm „RAK” automatic self-propelled mortar (ASM) was developed and is manufactured by the Huta Stalowa Wola S.A. It is used by the Polish Armed Forces. It is designed for hitting by a semi-direct, indirect and direct firing. It is produced on a wheeled or tracked carriage.

The 120 mm ballistic stand is designated for testing 120 mm mortar ammunition for „RAK” ASM. Tactical-technical characteristics of the stand are presented in the table 1.

Tabela 1 / Table 1

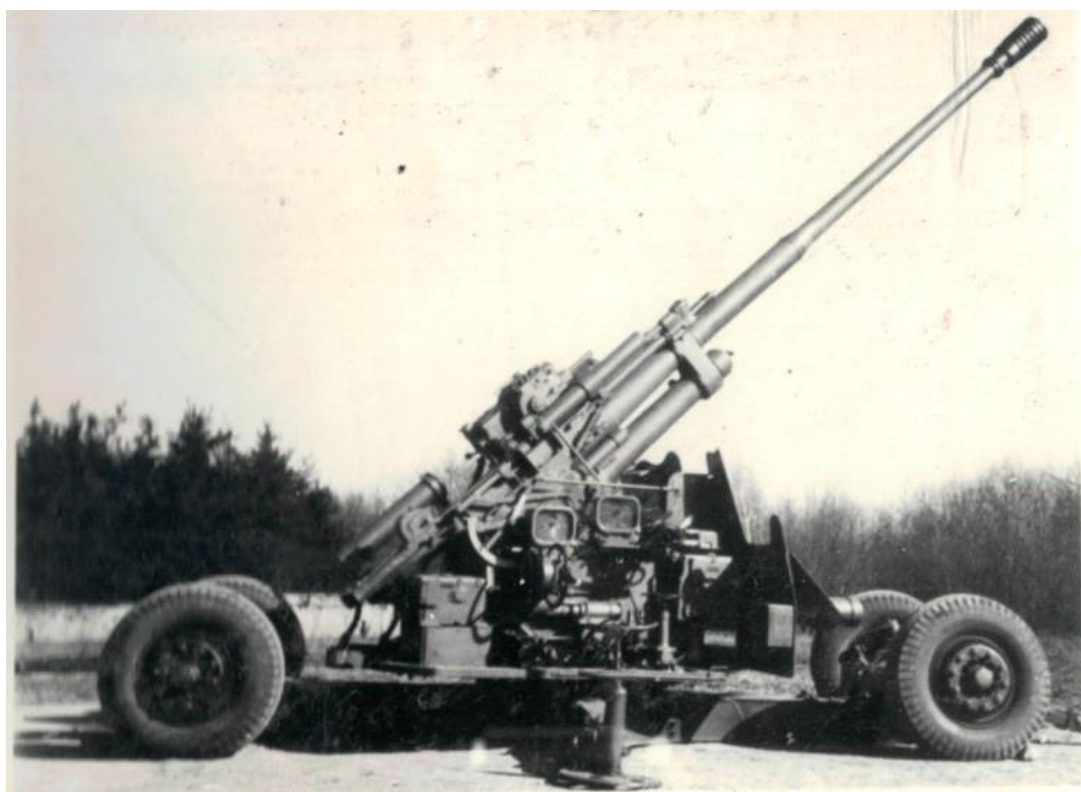
Kaliber / <i>Calibre</i>	120 mm
Zasięg strzelania minimalny / <i>Minimal range</i>	500 m
Zasięg strzelania maksymalny / <i>Maximal range</i>	10 000 m
Długość całkowita / <i>Total length</i>	3261 mm
Masa całkowita / <i>Gross mass</i>	5874 kg
Maksymalne ciśnienie gazów prochowych / <i>Maximal gas pressure</i>	228 MPa

## 2.2. 100 mm armata przeciwlotnicza KS-19

Armata przeciwlotnicza KS-19 produkowana była w ZSRR od 1948 r. Służyła do zwalczania celów lotniczych na pułapach ok. 7-8 km. W latach 60 ubiegłego wieku używana w armiach Układu Warszawskiego (Woźniak, 2001).

## 2.2. 100 mm Antiaircraft Gun KS-19

The antiaircraft gun KS-19 was manufactured in the Soviet Union since 1948. It was used to fight aerial targets at ceilings of ca. 7-8 km. In the 60-ties of last century it was used by the Warsaw Pact armies (Woźniak, 2001).



**Fot. 1. 100 mm armata przeciwlotnicza KS-19**

*Photo 1. 100 mm antiaircraft gun KS-19*

Parametry taktyczno-techniczne armaty przedstawiono w tabeli 2 (Greten K.K.Prichod'ko S.A., 1954).

Tactical – technical characteristics of the gun are presented in table 2 (Greten K.K.Prichod'ko S.A., 1954):

Tabela 2 / Table 2

Kaliber / <i>Calibre</i>	100 mm
Zasięg strzelania w pionie / <i>Vertical range</i>	12 000 m
Zasięg strzelania w poziomie / <i>Horizontal range</i>	21 000 m
Długość całkowita lufy / <i>Overall length of barrel</i>	6073 mm
Masa całkowita / <i>Gross mass</i>	9350 kg
Maksymalne ciśnienie gazów prochowych / <i>Maximal gas pressure</i>	294,2 MPa

Pomimo zupełnie odmiennego przeznaczenia obu systemów uzbrojenia, parametry

In spite of completely different designations of the two weapon systems the tech-

techniczne pozwalają założyć, że nośnik KS-19 ma szansę integracji ze 120 mm stanowiskiem balistycznym.

### 3. Wybrane obliczenia stateczności i nieruchomości działa

Adaptacja stanowiska polegała na usunięciu ze 100 mm armaty KS-19 całego zespołu lufowego, wahadłowego i obrotowego. Pozostawiono łożo dolne wraz z podporami i fabrycznymi lemieszami. Do łoża zamocowano płytę stalową z wywierconymi otworami do montażu 120 mm stanowiska balistycznego M120 RAK. Samo stanowisko balistyczne nie zostało poddane żadnym modyfikacjom. Zastosowane łożo pochodzi z broni artyleryjskiej dużego kalibru wytrzymującego dużo większe ciśnienia gazów prochowych. Założono więc, że wytrzymałość łoża na strzał ze 120 mm moździerza „RAK” jest wystarczająca. W niniejszej pracy skupiono się na zachowaniu stateczności i nieruchomości działa w czasie strzału. Jest to kwestia bardzo istotna – dla żywotności konstrukcji, ale przede wszystkim dla bezpiecznego i sprawnego prowadzenia prac badawczych.

Na działo działają następujące siły wewnętrzne:

$F_1$  – wypadkowa sił działających w przewodzie lufy skierowana wzdłuż osi. Główną składową wypadkowej jest siła ciśnienia gazów prochowych oddziałujących na zamek lufy,

$Q_b$  – ciężar działa przyłożony w jego środku ciężkości,

$Q_0$  – ciężar zespołu odrzutowego przyłożony w jego środku ciężkości,

$N_1$  – pionowa reakcja podłoża na ogon,

$T_1$  – pozioma reakcja podłoża na ogon,

$R$  – siła hamowania zespołu oporopowrotnego.

#### 3.1. Stateczność działa w czasie strzału

W momencie strzału na armatę działa moment wywracający i stabilizujący. Obliczenia wykonano dla kąta podniesienia równego 0 stopni. Przyjęto że momenty te

nical characteristics justify an assumption that the carriage of KS-19 may be integrated with the 120 mm ballistic stand.

### 3. Selected Calculations of Gun Stability and Immobility

Adaptation of the stand was based on removing the whole unit of the barrel, and the elevation and turning mechanisms from the 100 mm, KS-19 gun. Only the bottom carriage with the supports and blades were left. A steel plate with the bored holes for fixing 120 mm M120 RAK ballistic stand was fastened to the carriage. The ballistic stand remained unchanged. The applied carriage originates from the large calibre gun and was designed to withstand high pressures of powder gases. Then it was assumed that the carriage has a sufficient strength for shooting with 120 mm „RAK” mortar. The presented paper is focused on maintaining the stability and immobility of the gun at the firing. It is an important question for the design service life time and most of all for a safe and efficient testing.

Following external forces act against the gun:

$F_1$  – a resultant of forces acting inside the barrel bore along the axis. The main component of the resultant force is the pressure of powder gases acting to the barrel breech,

$Q_b$  – the weight of the gun applied to its gravity centre,

$Q_0$  – the weight of the recoiling unit applied to its gravity centre,

$N_1$  – vertical reaction of ground to the tail,

$T_1$  – horizontal reaction of ground to the tail,

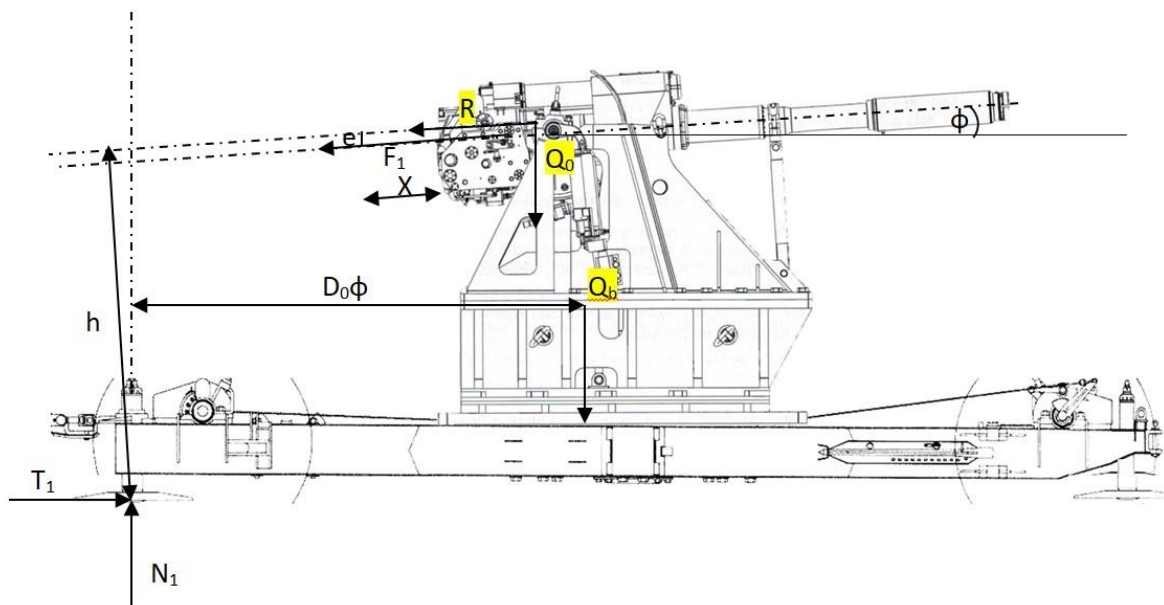
$R$  – braking force of the resisting-returning unit.

#### 3.1. Gun Stability at Firing

Overturning and stabilising moments act on the gun in the moment of firing. Calculations were performed at elevation angle of zero degrees. It was assumed that these

oddziaływają wokół punktu C tj, w miejscu działania reakcji podłoża ogona tylnego (Greten K.K.Prichod'ko S.A., 1954).

moments act around point C, i.e. in place of ground reaction with the rear tail (Greten K.K.Prichod'ko S.A., 1954).



**Rys. 1. Uproszczony rozkład sił i reakcji na zmodernizowane stanowisko balistyczne**  
**Fig. 1. Simplified arrangement of forces and reactions for the upgraded ballistic stand**

Zgodnie z tym moment wywracający to:

According to this the overturning moment is:

$$M_w = F_1 e + Rh \quad (1)$$

gdzie:

$h$  – odległość prostej prostopadłej do równoległej osi przewodu lufy przechodzącej przez środek ciężkości zespołu odrzutowego,  
 $e$  – odległość osi symetrii przewodu lufy od środka masy zespołu odrzutowego,  
 $h = 1,9 \text{ m}$ ,  $e = 31,7 \text{ mm}$ .

where:

$h$  - perpendicular distance to the line parallel to the barrel bore axis crossing the centre of gravity of the recoiling unit,  
 $e$  – distance between the centre of gravity of the recoiling unit and the barrel bore axis of symmetry,  
 $h = 1.9 \text{ m}$ ,  $e = 31.7 \text{ mm}$ .

Moment stabilizujący działą:

The gun stabilising moment is:

$$M_{st} = Q_b D_{0\phi} - Q_0 X \cos \phi \quad (2)$$

gdzie:

$X$  – długość odrzutu  
 $D_{0\phi}$  – odległość od środka ciężkości działą do punktu obrotu  
 Warunek stateczności to:

where:

$X$  – distance of recoil  
 $D_{0\phi}$  – distance between the gun gravity centre and the point of rotation  
 The condition of stability is:

$$M_w \leq M_{st} \quad (3)$$

Po podstawieniu do (1):

After substituting to (1):

$$F_1 e + Rh \leq Q_b D_o \phi - Q_0 X \cos \phi \quad (4)$$

Powyższy wzór uwzględnia położenia środka ciężkości zespołu odrzutowego poniżej osi lufy. W zespole odrzutowym M120 RAK środek ciężkości znajduje się powyżej osi symetrii lufy. W związku z tym parametr  $e$  przyjęto ze znakiem ujemnym.

W celu obliczenia siły  $F_1$  wykorzystano średnie ciśnienie maksymalne  $P_{max}$  w lufie w czasie strzału:

$$P_{max} = 228 \text{ MPa}$$

The above formula accounts the position of the recoil unit gravity centre below the barrel axis. The recoil unit of 120 RAK has the gravity centre placed above the barrel symmetry axis. For this reason the parameter  $e$  has the negative sign.

In order to calculate the force  $F_1$  the average maximal pressure  $P_{max}$  in the barrel at the firing was used:

$$P_{max} = 228 \text{ MPa}$$

$$F_1 = P_{max} \cdot S \quad (5)$$

gdzie:

$S$  – Pole powierzchni, na które oddziałuje ciśnienie.

where:

$S$  – Surface subjected to action of the pressure.

$$F_1 = (228 \cdot 10^6) \cdot \left( 3,14 \cdot \frac{0,120^2}{4} \right) = 2577,3 \text{ [kN]}$$

W celu obliczenia siły hamowania zespołu oporopowrotnego przyjęto, że siła ta jest stała – jak w większości dział samobieżnych. Siłę hamowania wyznaczono w oparciu o energię kinetyczną zespołu odrzutowego i długość odrzutu. W czasie strzału ciśnienie gazów prochowych wywiera siłę na zespół odrzutowy – w uproszczeniu taką samą jak na dno pocisku. Prędkość zespołu odrzutowego można wyznaczyć w następujący sposób (Pankowski, 1984). Zgodnie z zasadą zachowania pędu:

To calculate a braking force of return-ing-resisting unit it was assumed that it is constant as in most of self-propelled guns. The braking force was found from kinetic energy and displacement of the recoil. At the instance of firing the powder gases pressure exerts a force on the recoil unit that is similar, in general, to force acting on the projectile base. The velocity of recoil unit may be found in following way (Pankowski, 1984). According to the principle of momentum preservation:

$$m_1 v_1 = M V_u \quad (6)$$

gdzie:

$m_1$  – masa pocisku,

$v_1$  – prędkość wylotowa pocisku,

$M$  – masa zespołu odrzutowego,

$V_u$  – prędkość zespołu odrzutowego

where:

$m_1$  – mass of projectile,

$v_1$  – muzzle velocity of projectile,

$M$  – mass of recoil unit,

$V_u$  – velocity of recoil unit.

$$V_u = \frac{16,5 \cdot 525}{550} = 15,8 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

W celu zatrzymania zespołu odrzutowego jego energia kinetyczna musi być pochłonięta przez oporopowrotnik na drodze  $x=540$  mm.

The recoil unit is arrested when its kinetic energy is absorbed by the returning-resisting unit displaced by  $x=540$  mm.

$$E_k = E_{op} = Rx \quad (7)$$

$$E_k = \frac{MV_u^2}{2} = 68,2 \text{ kJ} \quad (8)$$

$$R = \frac{71,2}{0,540} = 126,3 \text{ kN}$$

Po podstawieniu wymaganych danych do (1) i (2):

$$M_w = 158,3 \text{ kNm}$$

$$M_{st} = 181,0 \text{ kNm}$$

After substitution of demanded data to (1) and (2):

$$M_w = 158.3 \text{ kNm}$$

$$M_{st} = 181.0 \text{ kNm}$$

Zgodnie z powyższym dział będzie stateczne.

According to above the gun will be stable.

### 3.2. Nieruchomość działu w czasie strzału

### 3.2 Immobility of the Gun at Firing

Sprawdzenie nieruchomości działu w czasie strzału ograniczono do sprawdzenia równania pomiędzy poziomą reakcją podłoża, a siłą hamowania oporopowrotnika (Kuprianow, 1954),

The check of gun immobility at firing was limited to consideration of formula for the horizontal reaction of ground and the braking force of returning-resisting unit (Kuprianow, 1954),

$$T_{max} = R \cos \phi \quad (9)$$

Przyjęto dopuszczalny nacisk jednostkowy na grunt (Kuprianow, 1954):

A permissible unit pressure on the ground was accepted as (Kuprianow, 1954):

$$p = 0,59 \text{ MPa}$$

Przyjęto, że siła hamowania rozkłada się równomiernie na 3 wbijane w grunt lemiesz o szerokości 14 cm każdy. Pojedynczy lemiech można wbić w grunt na średnią głębokość 20 cm. Średnia powierzchnia oporu lemieszów wynosi:

It was accepted that braking force is equally distributed for three blades put into the ground and having the width of 14 cm each. Individual blade may be stuck into ground on the mean depth of 20 cm. The mean surface of resistance for blades is:

$$\Omega = 3 \cdot 0,3 \cdot 0,14 = 0,126 \text{ m}^2$$

Wymagana zaś powierzchnia oporowa wynosi:

The demanded resisting surface is:

$$\Omega_{wym} = \frac{R}{p} \quad (10)$$

$$\Omega_{wym} = \frac{126,3 \cdot 10^3}{0,59 \cdot 10^6} = 0,214 \text{ m}^2$$

Zgodnie z powyższym należałoby zwiększyć powierzchnię oporu o  $\Delta\Omega=0,088 \text{ m}^2$ . Minimalny kąt po przekroczeniu którego stanowisko będzie w czasie strzału nieruchome:

According to the above the resisting surface has to be increased by  $\Delta\Omega=0.088 \text{ m}^2$ . The minimal elevation to be exceeded to get the stand immobile at firing is:

$$\phi = \arccos\left(\frac{\Omega \cdot p}{R}\right) \quad (11)$$

$$\phi_{min} = \arccos\left(\frac{0,126 \cdot 0,59 \cdot 10^6}{126,3 \cdot 10^3}\right)$$

$$\phi_{min} = 53,95^\circ$$

Dodatkowy element oporowy docelowo zostanie zamontowany w pobliżu tylnego ogona.

Additional resisting element will be finally fixed at the rear tail.

#### 4. Badania strzelaniem

Zmodernizowane stanowisko zostało poddane próbom przez strzelanie. Dla bezpieczeństwa na czas pierwszej próby stanowisko dodatkowo obciążono. Strzelania przeprowadzono do kulochwytu na wszystkich ładunkach (od ładunku nr 0 do ładunku nr 6) Po każdym strzale sprawdzano ciśnienie zespołu oporopowrotnego i przesunięcie stanowiska. Następnie badania przeprowadzono na PC Lipa na różnych kątach podniesienia działa (do  $82^\circ$ ) przy wykorzystaniu amunicji ćwiczebnej. Celem sprawdzenia prawidłowości toru lotu i donośności pocisku do badań wykorzystano śledzący system radarowy będący na stanie OBD WITU. Po analizie wyników stwierdzono, że stanowisko nie powoduje różnic w torze lotu pocisku w porównaniu do strzelań na betonowym stendzie. Zgodnie z obliczeniami strzelanie przy kącie podniesienia 0 stopni powoduje stopniowe przesuwanie się działa. Jednak w przypadku wyższych kątów stanowisko zachowuje zarówno swoją stateczność jak i nieruchomość. Problem dotyczy strzelania na ładunku nr 6 i na ładunku wzmocnionym. Na mniejszych ładunkach problem nie występuje. W czasie badań strzelaniem ciśnienie w czasie strzału

#### 4. Firing Tests

The upgraded stand was subjected to the trials by firings. For safety precautions the additional weights were put on the stand at the first trial. The shots were fired for each charge (from charge 1 to charge 6) towards the bullet trap. After each shot the pressure of the returning-resisting unit and displacement of the stand were checked. Next trials were carried out on the gun site "PC Lipa" for different gun elevations (to  $82^\circ$ ) by using drill ammunition. Tracking radar system owned by MIAT's Dynamic Testing Centre was deployed to examine the correctness of projectile flying path and range. The analysis of results indicates that the stand does not make any differences for projectiles trajectories comparing to firings on the concrete stand. According to calculations the firing at elevation of zero degree displaces the gun gradually. But in the case of greater elevations the stand maintains both the stability and the immobility. The firings with the charge No 6 and the strengthened charge are problematic. For smaller charges there is no problem. During the firing tests the



mierzone piezoelektrycznym czujnikiem ciśnienia. Przyjęty w obliczeniach dopuszczalny nacisk na grunt odnosi się do większości typowego gruntu występującego na poligonach.

pressure was measured by a piezoelectric sensor. The permissible pressure on the ground accepted in calculations refers to the most of typical grounds existing on the ranges.



**Fot. 2. Stanowisko balistyczne gotowe do strzelań**  
*Photo 2. Ballistic stand ready for firing*

Modernizacja stanowiska pozwoliła na przeniesienie części badań 120 mm amunicji na Plac Ćwiczeń „Lipa”, gdzie brak betonowych stendów wykluczał korzystanie ze 120 mm stanowiska balistycznego. Na czas powstawania niniejszego artykułu na zmodernizowanym stanowisku oddano ponad 500 strzałów przeprowadzając liczne badania strzelaniem, zarówno 120 mm pocisków, zapalników, amunicji oświetlającej i dymnej, a także precyzyjnego rażenia. Stanowisko gotowe do strzału zaprezentowano na fot. 2.

The upgrading of the stand facilitated the relocation of some tests for 120 mm ammunition to *Plac Ćwiczeń „Lipa”* where the concrete stands were unavailable and the 120 mm ballistic stand cannot be used. For the time of preparing this paper the upgraded stand has delivered more than 500 shots during many firing tests for 120 mm projectiles, fuses, illuminating and smoke ammunition, and precise ammunition as well. The stand prepared for firing is shown in the photo 2.

## 5. Wnioski

Jak wykazały doświadczenia badań strzelaniem adaptacja dawnej konstrukcji wojskowej KS-19 z konstrukcjami współczesnymi jest jak najbardziej możliwa. Wyniki badań są zgodne z przeprowadzonymi obliczeniami. Łoże od KS-19 spełnia swoje funkcje przy współpracy ze 120 mm stanowiskiem balistycznym. W przyszłości należy wykonać odpowiednich rozmiarów lemiesz i powtórzyć badania. W przypadku uzyskania zadowalającego wyniku i spełnienia warunku nieruchomości działa będzie można z całą pewnością stwierdzić, że wyniki badań są zgodne z przeprowadzonymi obliczeniami. Zwiększony nakład prac badawczych wymusza szukanie rozwiązań takich jak powyższe. Dzięki wykorzystaniu łoża KS-19 można prowadzić badania strzelaniem 120 mm amunicji moździerzowej na każdym stanowisku ogniowym. Przedtem było to możliwe tylko na stanowiskach wyposażonych w betonowy stend. W planach jest dostosowanie odpowiedniego nośnika do 120 mm stanowiska balistycznego „Leopard”.

## 5. Conclusions

The firing trials have proved that it is possible to adapt the KS-19 military design of the past to the present designs. Results of tests comply with performed calculations. The carriage taken from KS-19 operates successfully together with 120 mm ballistic stand. In the future a resisting blade of suitable size has to be prepared to repeat the tests. If a positive result is received and the condition of gun immobility is met then it may be stated for sure that results of tests comply with carried out calculations. Increasing scope of the research work enforces the solutions like that described above. Deployment of KS-19 carriage gives facilities of firing 120 mm mortar ammunition at every gun site. Before that it was only possible on the sites equipped with a concrete stand. It is planned to adapt a suitable carriage to 120 mm ballistic stand „Leopard”.

## Literatura / Literature

- Greten K. K. Prichod'ko S.A. (1954). *Projektowanie sprzętu artyleryjskiego, cz. 2*. Warszawa: Wydawnictwo MON.
- Kuprianow A.N. (1954). *Projektowanie sprzętu artyleryjskiego, cz. 3*, Warszawa: Wydawnictwo MON.
- Pankowski Z. (1984). *Artyleria wiecznie młoda*. Warszawa: Wydawnictwo MON.
- Woźniak R. (2001). *Encyklopedia najnowszej broni palnej*. Warszawa: Wydawnictwo Bellona.

