

## Stanowisko pomiarowe do wyznaczania charakterystyk dynamicznych wybranych parametrów przeciwlotniczego zestawu artyleryjskiego

Wojciech KACZMAREK<sup>1</sup>, Jacek KIJEWSKI<sup>2\*</sup>, Paweł DOBRZYŃSKI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra Mechatroniki, <sup>2</sup> Instytut Techniki Uzbrojenia,  
Wydział Mechatroniki i Lotnictwa, Wojskowa Akademia Techniczna  
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa

\* autor korespondencyjny, e-mail: Jacek.Kijewski@wat.edu.pl

Artykuł wpłynął do redakcji 11.06.2012. Zweryfikowaną wersję po recenzji otrzymano 14.01.2014

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono stanowisko pomiarowe do wyznaczania charakterystyk dynamicznych wybranych parametrów przeciwlotniczego zestawu artyleryjskiego (PZRA) w czasie prowadzenia zadań ogniowych. Stanowisko zostało zbudowane w oparciu o dwa typy urządzeń pomiarowych: firmy Xsens Technologies B.V., Holandia i firmy PCB Piezotronics, Inc., USA. Zaproponowane rozwiązanie umożliwiło wykonanie badań związanych z przyspieszeniami oraz przeciążeniami występującymi podczas pracy bojowej optoelektronicznej głowicy zestawu przeciwlotniczego. Ponadto autorzy zaprezentowali wybrane wyniki uzyskanych pomiarów.

**Słowa kluczowe:** mechanika, przeciwlotniczy zestaw artyleryjski, stanowisko pomiarowe

## 1. WSTĘP

Przy projektowaniu nowo wdrażanych systemów przeciwlotniczych szczególną uwagę należy zwrócić na systemy kierowania ogniem (SKO), które umożliwiają użycie ognia do szybko poruszających się celów. Stosowane przez dziesiątki lat celowniki nie zapewniają dzisiaj wymaganych kątów wyprzedzeń, co sprawia, że poszukiwane są nowe rozwiązania.

Wraz z rozwojem optoelektroniki oraz systemów komputerowych, coraz większą uwagę kieruje się w stronę optoelektronicznych głowic śledząco-celowniczych. Głowice takie z powodzeniem zastępują wysłużone już tradycyjne celowniki.

Również w Polsce prowadzone są prace nad opracowywaniem nowych, spełniających wymogi nowoczesnego pola walki, systemów kierowania ogniem, których działanie w dużej mierze zdeterminowane jest nowoczesnymi sensorami głowic optoelektronicznych.

Tworzenie tego typu systemów jest drogie z uwagi na:

- wysokie koszty komponentów (kamery, dalmierz, videotracker),
- wysokie koszty badań poligonowych (koszty amunicji, obsługi, zabezpieczenia technicznego).

Ograniczenie kosztów komponentów zazwyczaj nie jest możliwe z uwagi na sposób wykorzystania uzbrojenia oraz wytyczne zawarte w wymaganiach taktyczno-technicznych. Jednak należy poszukiwać rozwiązań umożliwiających ograniczenie kosztów związanych z zakresem oraz czasem trwania badań poligonowych.

Od dawna wiadomo, że wszystkie możliwe badania powinny być zrealizowane w warunkach laboratoryjnych, w taki sposób, aby nowo opracowywany sprzęt był w jak największym stopniu przygotowany do testów końcowych. Możliwość taką dają dzisiaj coraz bardziej rozbudowane stanowiska badawcze, które już na etapie badań laboratoryjnych umożliwiają dokładne przebadanie tworzonych urządzeń (systemów).

Możliwość prowadzenia takich badań jest zdeterminowana posiadaniem jak największej ilości danych o zjawiskach zachodzących w rzeczywistych warunkach. W omawianym przypadku, w celu opracowania stanowiska do badania wpływu ruchów platformy (nosiciela optoelektronicznej głowicy śledząco-celowniczej) na pracę głowicy śledzącej, konieczne jest utworzenie bazy danych różnych nosicieli w różnych warunkach. Pewne jest, że nie wszystkie wymuszenia oddziałujące w rzeczywistości da się zasymulować na stanowisku laboratoryjnym, jednak z punktu badawczego już częściowe ich odzwierciedlenie spowoduje szersze przebadanie tworzonych modeli, a tym samym uwzględnienie większej liczby aspektów, już w laboratorium.

## 2. OBIEKT BADAŃ I STANOWISKO POMIAROWE

### 2.1. Obiekt badań

W związku z prowadzonymi w Wojskowej Akademii Technicznej pracami badawczo-rozwojowymi m.in. na tematy:

- „Przeciwlotniczy zestaw raketowo-artyleryjski krótkiego zasięgu systemu osłony bazy lotniczej PILICA”,
- „Opracowanie demonstratora technologicznego, stabilizowanej optoelektronicznej głowicy śledząco-celowniczej do zastosowań w przeciwlotniczych zestawach artyleryjskich małego i średniego zasięgu”

skonfigurowano stanowisko badawcze umożliwiające wyznaczanie charakterystyk dynamicznych wybranych parametrów PZRA wyposażonego w optoelektroniczną głowicę śledząco-celowniczą (rys. 1).

Głównym celem było przeprowadzenie rejestracji rzeczywistych wymuszeń (przyśpieszeń) działających na konstrukcję zestawu podczas strzelań w warunkach poligonowych. Po zebraniu takowych pomiarów pracownicy zespołu badawczego przeprowadzą analizy umożliwiające oszacowanie możliwości wykorzystania ich do badania parametrów dynamicznych głowicy (zwłaszcza stabilizacji pola widzenia oraz poprawności odpracowania zadanych kątów wyprzedzeń) na uruchomionym w laboratorium Katedry Mechatroniki WML WAT stanowisku 5-osiowej platformy programowalnej.



Rys. 1. Ogólny widok badanego zestawu oraz głowicy:  
1 – część wahliva głowicy; 2 – część obrotowa głowicy

Fig. 1. The views of carrier and optoelectronic head:  
1 – vertical part of the head; 2 – horizontal part of the head

## 2.2. Stanowisko pomiarowe

Stanowisko pomiarowe zbudowano w oparciu o zestawy pomiarowe firmy Xsens Technologies B.V. z Holandii i firmy PCB Piezotronics, Inc. z USA.

Pierwszy zestaw pomiarowy firmy Xsens Technologies B.V. umożliwia pomiar przyśpieszeń w trzech osiach z częstotliwością pomiaru max. 120 Hz.

Zakres pomiarowy użytych przetworników wynosi  $\pm 50$  m/s<sup>2</sup>. Dodatkowo do przetwornika można podłączyć odbiornik GPS.

Drugi zestaw pomiarowy firmy PCB Piezotronics, Inc. umożliwia pomiar przyśpieszeń w trzech osiach z częstotliwością pomiaru max. 2 kHz.

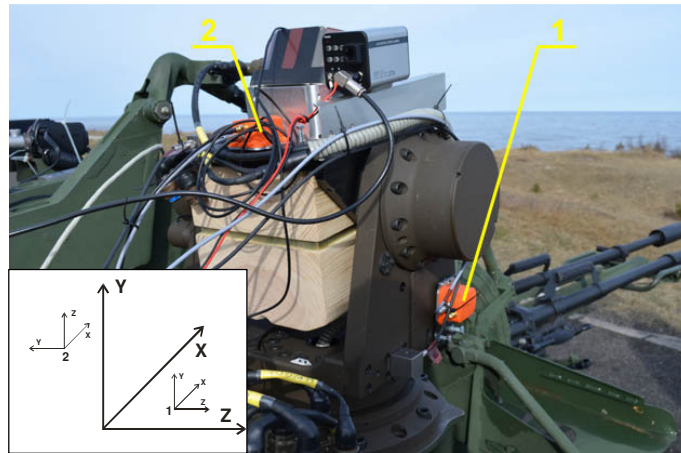
Zakres pomiarowy użytych przetworników wynosi odpowiednio  $\pm 10$  i  $\pm 20$  g. Jest dokładniejszym zestawem pomiarowym, lecz bardziej złożona jest jego obsługa i opracowanie wyników.

Dwa przetworniki pomiarowe rozmieszczono (po jednym z kompletu) na części wahliwej głowicy celowniczej, a dwa pozostałe zamocowano na części obrotowej głowicy celowniczej. Przetworniki połączono z aparaturą pomiarową za pomocą kabli połączeniowych. Głównym celem przeprowadzonych badań było zarejestrowanie wielkości przyśpieszeń (przeciążeń) działających na zestaw (a w szczególności na głowicę celowniczą) oraz czas trwania drgań zestawu podczas strzału pojedynczego i krótkiej serii.

Pierwsze stanowisko składało się z dwóch trójosiowych przetworników (rys. 2) o zakresie pomiarowym 50 m/s<sup>2</sup> typu MTi-G nr MT 01500331 (z zamontowanym odbiornikiem GPS) i nr MT 01500091 firmy Xsens Technologies B.V. wraz z oprogramowaniem rejestrującym MT Manager v1.7.0 MT SDK 3.3 (rys. 4).

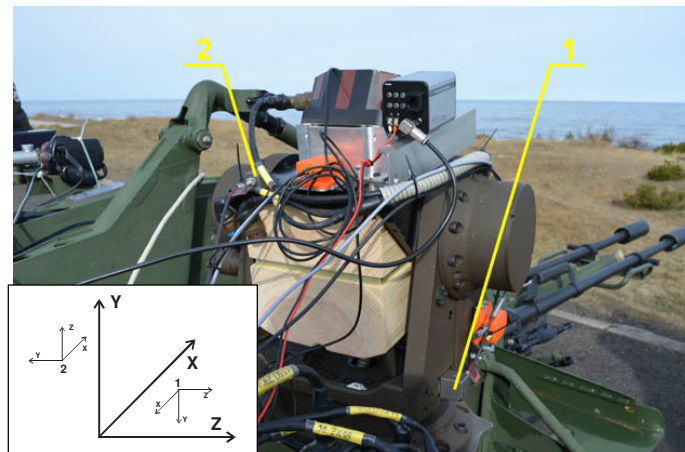
Drugie stanowisko składało się z dwóch trójosiowych przetworników piezoelektrycznych (rys. 3) o zakresie pomiarowym 10 i 20 g typu PCB 3713B1110G nr 1817 i PCB 3713D1FD20G nr 165 wraz ze wzmacniaczami ładunków typu PCB 478B05, karty pomiarowej Daq/216B i oprogramowaniem rejestrującym DaqView (rys. 5).

Przetworniki są przymocowane do głowicy celowniczej za pomocą specjalnych śrub M6, przy wykorzystaniu istniejących otworów montażowych. Przetworniki za pomocą kabli są podłączone do piezoelektrycznych wzmacniaczy ładunków typu PCB 478B05, a następnie do przyłącza DBK-40, które zakończone jest specjalną wtyczką pasującą do wejścia karty pomiarowej Daq/216B. Karta jest wyzwalana za pomocą wyzwalacza zewnętrznego.



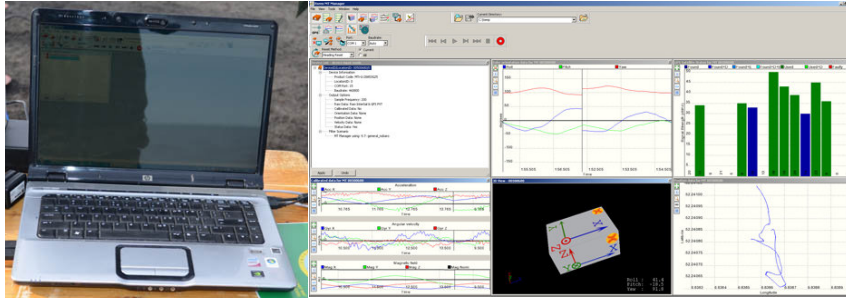
Rys. 2. Rozmieszczenie przetworników firmy Xsens Technologies B.V. na badanej głowicy: 1 – MTi-G nr MT 01500091; 2 – MTi-G nr MT 01500331 (z zamontowanym odbiornikiem GPS)

Fig. 2. The distribution of transducers of the Xsens Technologies B.V. Company on optoelectronic head: 1 – MTi-G of No. MT 01500091; 2 – MTi-G of No. MT 01500331 (with installed GPS receiver)



Rys. 3. Rozmieszczenie przetworników firmy PCB Piezotronics, Inc. na badanej głowicy: 1 – PCB 3713D1FD20G nr 165; 2 – PCB 3713B1110G nr 1817

Fig. 3. The distribution of transducers of the PCB Piezotronics, Inc. Company on optoelectronic head: 1 – PCB 3713D1FD20G No. 165; 2 – PCB 3713B1110G No. 1817



Rys. 4. Ogólny widok komputera PC oraz okna oprogramowania rejestrującego MT Manager v1.7.0 MT SDK 3.3

Fig. 4. The general view of the PC computer and the recording software MT Manager v1.7.0 MT SDK 3.3



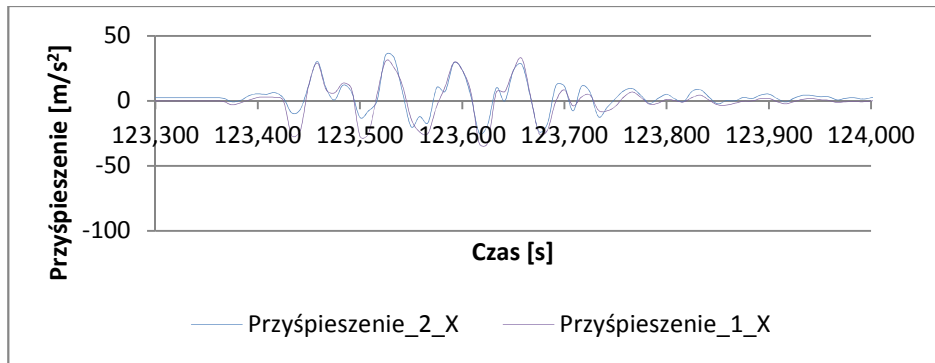
Rys. 5. Komputer przenośny z kartą pomiarową Daq/216B i oprogramowaniem rejestrującym DaqView

Fig. 5. PC computer with measuring card Daq/216B and recording software DaqView

### 3. PRZYKŁADOWE WYNIKI POMIARÓW

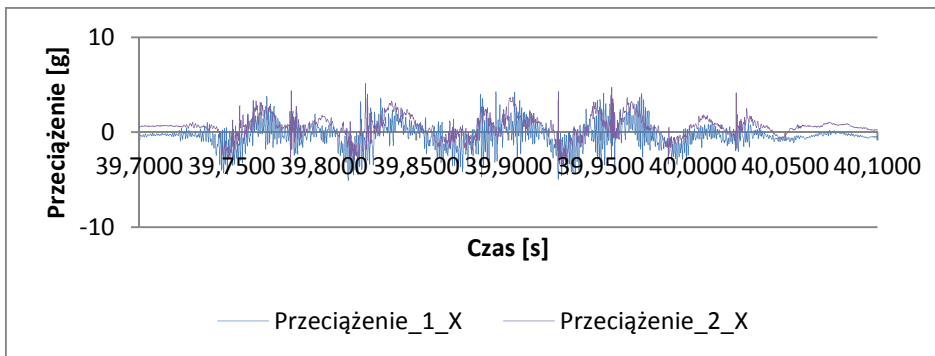
Badania zestawu przeprowadzono w warunkach poligonowych. Strzelanie odbywało się w 6 seriach 30-strzałowych (po 15 szt. amunicji w skrzynce na każdą armatę). Każde strzelanie (seria) było realizowane krótkimi seriami (3÷5 strzałów). Głowica celownicza z włączonym układem stabilizacji była sprzężona z zestawem i zablokowana. Każda seria została zapisana w oddzielnym pliku danych. Częstotliwość rejestracji zestawu pomiarowego Xsens Technologies B.V. wynosiła 120 Hz, zaś zestawu pomiarowego PCB 2 kHz.

Poniżej zostaną przedstawione wyniki z trzeciej serii strzałów, pierwsza seria 5-nabojowa przy sterowaniu zestawu z wolantu (włączony elektryczny mechanizm podniesieniowy i kierunkowy) i odpalaniu z elektropustu.



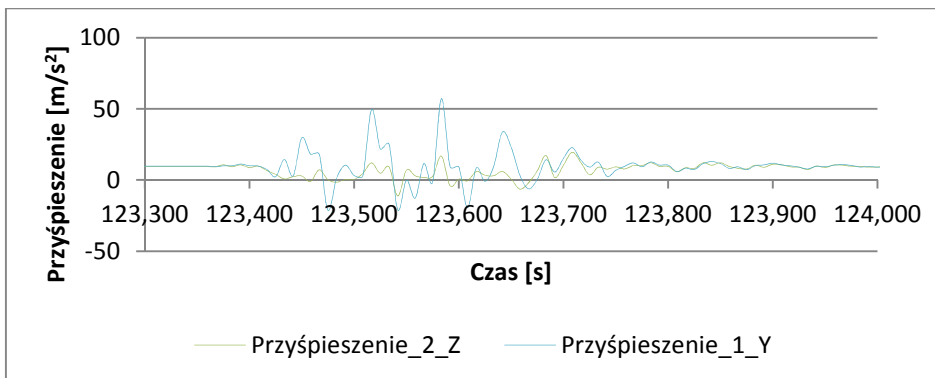
Rys. 6. Przyśpieszenia w osi X zestawu ZUR-23-2SP (1 seria strzałów)

Fig. 6. The acceleration of the ZUR-23-2SP set in X-axis (the first series of shots)



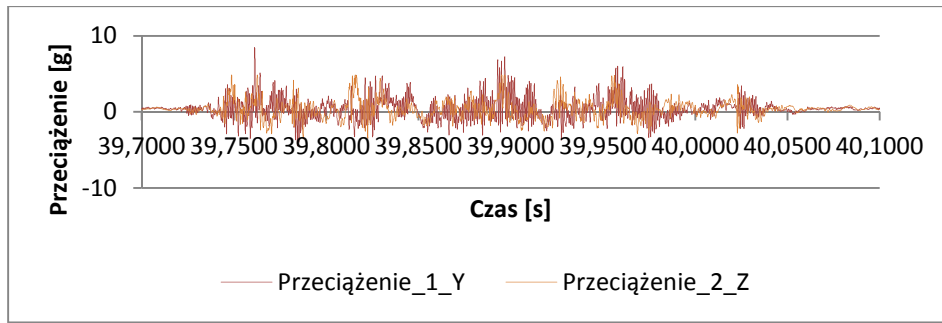
Rys. 7. Przeciążenia w osi X zestawu ZUR-23-2SP (1 seria strzałów)

Fig. 7. The overload of the ZUR -23-2SP set in X-axis (the first series of shots)



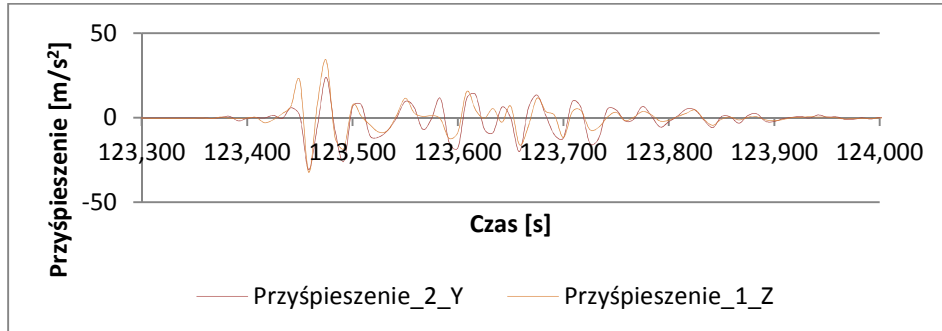
Rys. 8. Przyśpieszenia w osi Y zestawu ZUR-23-2SP (1 seria strzałów)

Fig. 8. The acceleration of the ZUR-23-2SP set in Y-axis (the first series of shots)



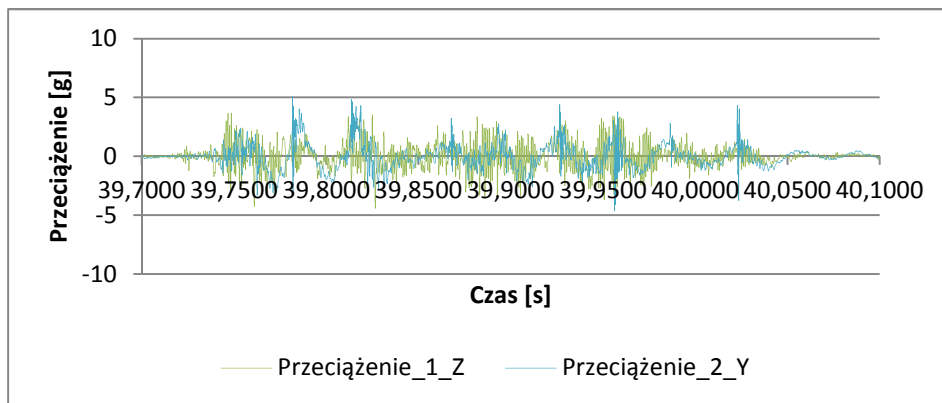
Rys. 9. Przeciążenia w osi Y zestawu ZUR-23-2SP (1 seria strzałów)

Fig. 9. The overload of the ZUR -23-2SP set in Y-axis (the first series of shots)



Rys. 10. Przyśpieszenia w osi Z zestawu ZUR-23-2SP (1 seria strzałów)

Fig. 10. The acceleration of the ZUR-23-2SP set in Z-axis (the first series of shots)



Rys. 11. Przeciążenia w osi Z zestawu ZUR-23-2SP (1 seria strzałów)

Fig. 11. The overload of the ZUR -23-2SP set in Z-axis (the first series of shots)



#### 4. PODSUMOWANIE

Budowa optoelektronicznych głowic śledząco-celowniczych jest kosztowna z uwagi na:

- wysokie koszty komponentów (kamery, dalmierz, videotracker),
- wysokie koszty badań poligonowych (koszty amunicji, obsługi, zabezpieczenia technicznego).

Ograniczenie kosztów komponentów zazwyczaj nie jest możliwe z uwagi na wymagania taktyczno-techniczne parametrów tych komponentów stawiane przez gestorów. Możliwe jest jednak obniżenie kosztów badań poligonowych. Tworząc nowoczesne stanowiska laboratoryjne, można przenieść część badań realizowanych dotychczas tylko w warunkach rzeczywistych do pomieszczeń laboratoryjnych.

W pierwszej kolejności jednak należy zebrać dane z urządzeń rzeczywistych i przygotować je do wykorzystania w warunkach laboratoryjnych. Duża ilość takich danych (baza) pozwoli w przyszłości na testowanie urządzeń w warunkach laboratoryjnych w szerokim zakresie, bez konieczności wyjazdu wszystkich członków zespołu badawczego na kosztowne badania poligonowe.

W ramach badań przedstawionych w niniejszym artykule:

- zaprezentowano projekt stanowiska badawczego do rejestracji rzeczywistych wymuszeń (przyśpieszeń) działających na konstrukcję zestawu podczas strzelań w warunkach poligonowych,
- wykonano badania poligonowe konstrukcji zestawu na poligonie wojskowym w Wicku Morskim k. Ustki, a także zaprezentowano wyniki pomiarów.

Zarejestrowane wyniki świadczą o występowaniu największych przyśpieszeń i przeciążeń w trakcie strzelania rzędu:

- w osi X zestawu – przyśpieszenie –  $65 \text{ m/s}^2$  i przeciążenie – 15 g,
- w osi Y zestawu – przyśpieszenie –  $60 \text{ m/s}^2$  i przeciążenie – 15 g,
- w osi Z zestawu – przyśpieszenie –  $70 \text{ m/s}^2$  i przeciążenie – 14 g.

Głowica lufowo-rakietowego zestawu przeciwlotniczego powinna być odporna na przyśpieszenia do ok.  $70 \text{ m/s}^2$  i przeciążenia do 15 g we wszystkich trzech płaszczyznach.

*Artykuł zawiera wyniki pracy finansowanej ze środków na naukę w latach 2010-2012 jako projekt rozwojowy nr O R00 0136 12.*

## LITERATURA

- [1] Dokumentacja urządzeń pomiarowych Xsens.
- [2] Dokumentacja urządzeń pomiarowych PCB.
- [3] Dokumentacja urządzeń pomiarowych Iotech.
- [4] Kaczmarek W., *Przygotowanie i wykonanie badań głowicy obserwacyjno-śledzącej z układem stabilizacji dwu-współrzędnej na Centralnym Poligonie Sił Powietrznych Ustka w październiku 2011 r.*, Sprawozdanie etapowe z realizacji pracy badawczo-rozwojowej O R00 0136 12.
- [5] Dobrzyński P., Kaczmarek W., Orlikowski K., Projekt koncepcyjny wieloosiowej platformy do badania optoelektronicznych głowic śledząco-celowniczych, *Mechanik*, nr 7, streszczenie, s. 597, pełen tekst artykułu na CD-ROM dołączonym do *Mechanika*, s. 301-308, Warszawa, 2012.

### **Measuring Stand for Determining the Dynamic Characteristics of the Selected Parameters of Anti-Aircraft Artillery System**

Wojciech KACZMAREK, Jacek KIJEWSKI, Paweł DOBRZYŃSKI

**Abstract.** This paper presents the measuring stand for determining the dynamic characteristics of selected parameters of anti-artillery system during shooting. The stand has been built based on two types of measurement equipment: Xsens of Technologies B.V. company from the Netherlands and the PCB Piezotronics, Inc. company from USA. The proposed solution has enabled the execution of studies related to the acceleration and overload occurring during tests of optoelectronic head of the ZUR-23-2SP set. In addition, the authors presented selected results of the measurements.

**Keywords:** mechanics, anti-artillery gun system, measuring stand