

mgr inż. Andrzej JĘCZMYK \*  
mgr inż. Małgorzata PAC \*\*  
prof. dr hab. inż. Stanisław TORECKI \*\*  
dr inż. Ryszard WOŹNIAK \*\*  
\* Fabryka Broni „Łucznik”-Radom Sp. z o. o.  
\*\* Instytut Techniki Uzbrojenia  
Wydział Mechatroniki  
Wojskowa Akademia Techniczna

## **STANOWISKO LABORATORYJNE DO DOŚWIADCZALNEGO BADANIA DZIAŁANIA MECHANIZMÓW KARABINKA DZIAŁAJĄCEGO NA ZASADZIE ODPROWADZENIA GAZÓW**

**Streszczenie:** W referacie przedstawiono budowę, działanie oraz przeznaczenie i możliwości badawcze stanowiska laboratoryjnego do doświadczalnego badania napędu mechanizmów („automatyki”) karabinka kalibru 5,56 mm, działającego na zasadzie odprowadzenia części gazów przez boczny otwór w lufie, z krótkim ruchem tłoka gazowego. Stanowisko zostało opracowane przez Zakład Konstrukcji Specjalnych Instytutu Techniki Uzbrojenia Wojskowej Akademii Technicznej i Fabrykę Broni „Łucznik”-Radom Sp. z o. o. w ramach projektu rozwojowego nr OR00 0010 04, finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

## **LABORATORY STAND FOR EXPERIMENTAL RESEARCHES OF SHORT-STROKE PISTON PROPULSION MECHANISM OF ASSAULT RIFLE**

**Abstract:** In his paper purpose construction and capabilities of laboratory stand, which is intended for experimental researches of assault rifle’s mechanism propulsion are show. The assault rifle is gas operated, with short-stroke piston. The laboratory stand was designed by Special Design Section of Institute of Armament Technology of Military University of Technology and Arms Factory „Łucznik – Radom” as a part of RtD Project No OR00 0010 04; supported by Ministry of Science and Higher Education.

### **1. Wstęp**

W grudniu 2007 roku Zakład Konstrukcji Specjalnych Instytutu Techniki Uzbrojenia Wydziału Mechatroniki Wojskowej Akademii Technicznej wraz z Fabryką Broni „Łucznik”-Radom Sp. z o.o. rozpoczął realizację projektu rozwojowego, finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego pt. „Opracowanie, wykonanie oraz badania konstrukcyjno-technologiczne karabinków standardowych (podstawowych) modułowego systemu broni strzeleckiej kalibru 5,56 mm dla Sił Zbrojnych RP”. Podstawowym celem projektu jest skonstruowanie dwóch demonstratorów technologii karabinków standardowych (podstawowych) kalibru 5,56 mm. Jeden z nich ma być zbudowany w klasycznym (kolbowym) układzie, drugi zaś – w bezkolbowym (tzw. bull-pup) układzie konstrukcyjnym.

Przyjęto, że projektowane demonstratory karabinków będą bronią automatyczną, działającą na zasadzie odprowadzenia części gazów prochowych przez boczny otwór w ścianie lufy, z krótkim ruchem tłoka gazowego. Do prawidłowego zaprojektowania takiej broni niezbędne są informacje odnośnie wpływu budowy (parametrów konstrukcyjnych) węzła gazowego na napędzanie zespołu suwadła przez gazy prochowe. Energia kinetyczna suwadła i sposób jej pozyskiwania na odcinku ruchu swobodnego mają bowiem decydujący wpływ na działanie mechanizmów broni oraz jej właściwości eksploatacyjne.

Najbardziej wiarygodnych informacji, odnośnie dynamiki napędu suwadła przez gazy prochowe za pomocą węzła gazowego, mogą dostarczyć odpowiednio ukierunkowane i przeprowadzone badania doświadczalne. Ze względu na złożoność procesów termo- i gazodynamicznych w węźle gazowym oraz ich dynamikę, wyniki ewentualnych obliczeń drogi, prędkości i energii zespołu suwadła mogą być traktowane jedynie jako oceny wstępne o ograniczonej wiarygodności i przydatności. Biorąc to pod uwagę zespół konstruktorów z Zakładu Konstrukcji Specjalnych WAT (główni wykonawcy: mjr dr inż. Wojciech Koperski, mgr inż. Małgorzata Pac, prof. dr hab. inż. Stanisław Torecki, płk dr inż. Ryszard Woźniak, ppłk dr inż. Mirosław Zahor) i Fabryki Broni „Łucznik”-Radom Sp. z o. o. (główni wykonawcy: mgr inż. Andrzej Jęczmyk, mgr inż. Piotr Dygas, mgr inż. Tadeusz Gaździński, mgr inż. Paweł Madej, inż. Norbert Piechota) opracował pod koniec 2008 r. całkowicie nowe (oryginalne) stanowisko laboratoryjne, przeznaczone do badań doświadczalnych dynamiki działania gazów prochowych i ruchu napędzanego zespołu suwadła w zależności od parametrów konstrukcyjnych lufa+nabój-węzeł gazowy-suwadło (z tłoczyskiem).

## 2. Założenia projektowe

Przystępując do projektowania stanowiska przyjęto, że powinno ono umożliwiać:

- realizację strzału za pomocą układu miotającego kalibru 5,56 mm z zamontowanym w nim węzłem gazowym przy założeniu, że właściwości balistyczne stosowanego do badań układu miotającego są lub mogą być znane;
- bezpośredni lub pośredni pomiar takich wielkości, jak:
  - ciśnienia  $p_k$  w komorze gazowej zmieniającego się w czasie  $t$  od chwili minięcia otworka gazowego przez pocisk do dowolnej chwili powylotowego działania gazów prochowych,
  - prędkości  $v$ , drogi (przemieszczenia)  $L$  zespołu suwadła (tłok, tłoczysko, imitator suwadła); pomiary w/w wielkości powinny być zsynchronizowane z pomiarem ciśnienia  $p_k(t)$ .

Projektowany węzeł gazowy powinien zapewniać możliwość dobierania (zmiany przed strzałem) parametrów konstrukcyjnych, mogących mieć znaczący wpływ na dynamikę działania mechanizmów broni, a w szczególności:

- średnicy (przekroju) otworka gazowego, przez który gazy prochowe przepływają z przewodu lufy do komory gazowej,
- objętości początkowej komory gazowej,
- średnicy (przekroju) cylindra prowadzącego tłok i tłoka gazowego,
- średnicy (przekroju) otworka regulacyjnego, przez który część gazów wypływa z komory gazowej do otoczenia,
- długości drogi tłoka w cylindrze komory gazowej,
- położenia i pola przekroju otworów upustowych, którymi gazy prochowe wypływają z komory gazowej do otoczenia po przemieszczeniu się tłoka gazowego na określoną odległość,
- masy napędzanego zespołu suwadła,

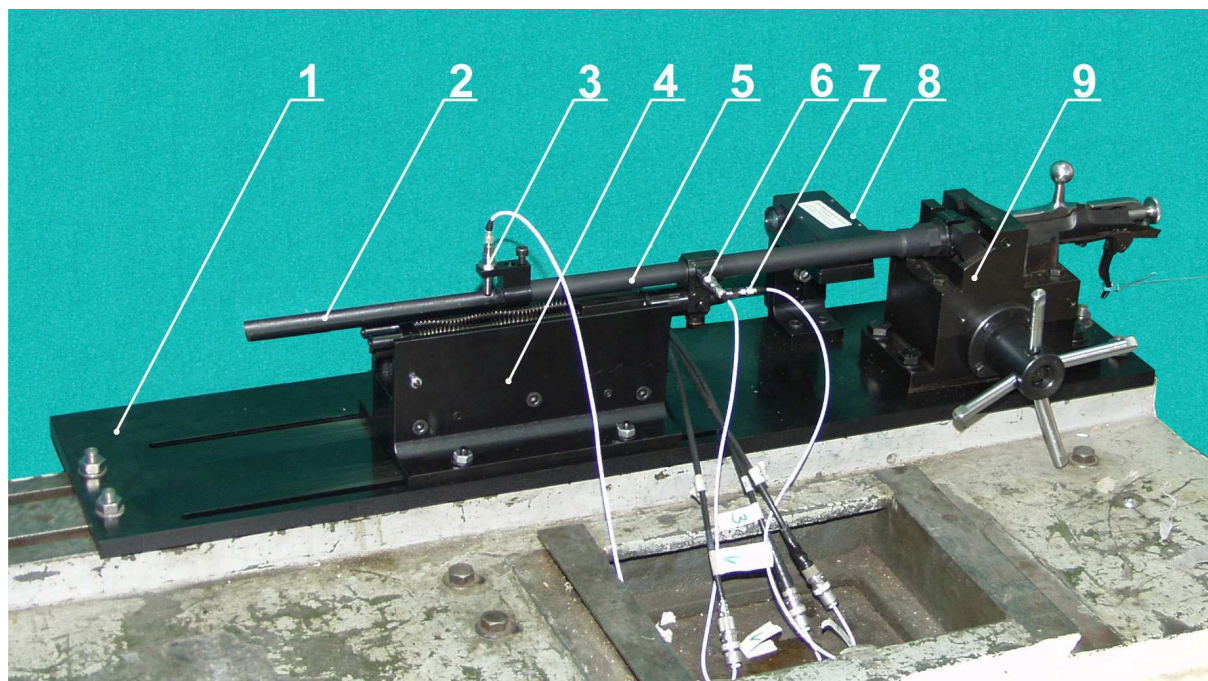
- siły początkowego ugięcia i sztywności sprężyny powrotnej,
  - odległości otworka gazowego od wlotu lub wylotu lufy.
- Jednocześnie projektowane stanowisko powinno spełniać odpowiednie wymagania ogólne, a zwłaszcza:
- możliwość zmiany (doboru) dowolnego parametru konstrukcyjnego układu niezależnie od pozostałych,
  - prawidłowość działania,
  - możliwie prosta konstrukcja i technologia wykonania,
  - dogodność i bezpieczeństwo użytkowania,
  - poprawność i zadowalająca dokładność pomiarów.

### 3. Charakterystyka stanowiska laboratoryjnego

Biorąc pod uwagę sformułowane założenia projektowe i traktując je jako podstawowe wymagania techniczne opracowano stanowisko laboratoryjne, w którym można wyróżnić dwa zasadnicze zespoły: układ badany i oprzyrządowanie pomiarowe.

#### 3.1. Charakterystyka układu badanego

W skład układu badanego (fot. 1 i fot. 2) wchodzi: zespół strzelający, węzeł gazowy (montowany na lufie), zespół suwadła i podstawa.



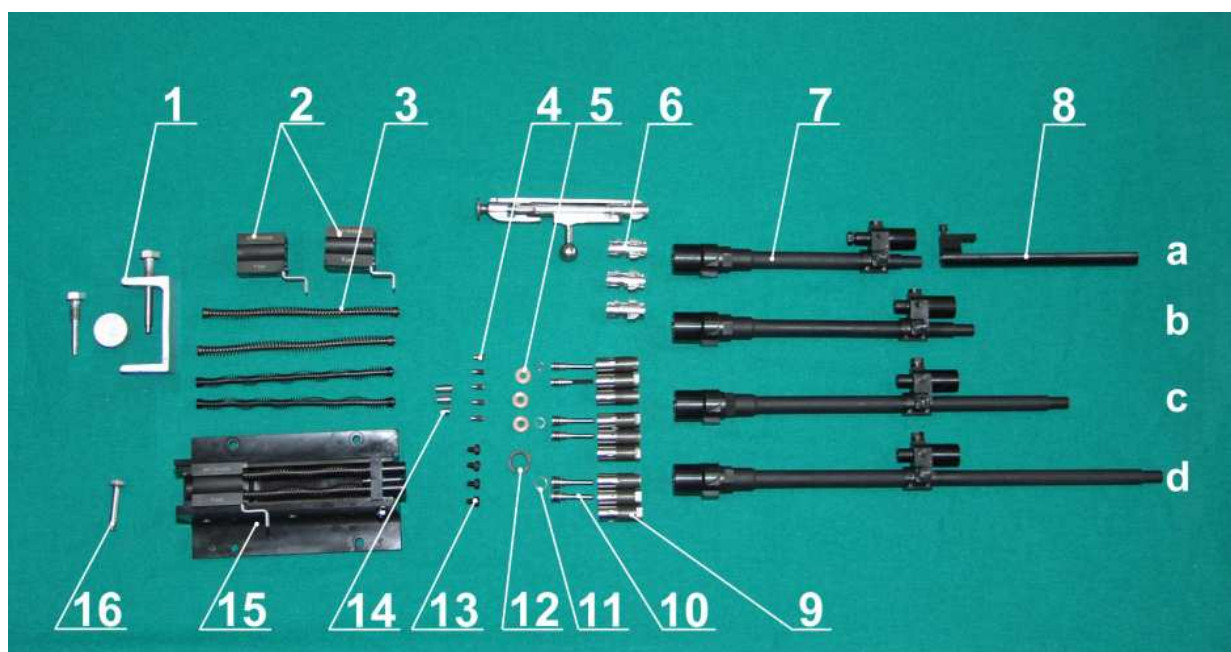
Fot. 1. Układ badany stanowiska laboratoryjnego do doświadczalnego badania działania mechanizmów („automatyki”) karabinka kalibru 5,56 mm: 1 – podstawa, 2 – zespół jarzma czujnika (sygnalizatora) wylotu z osłoną, 3 – czujnik (sygnalizator) wylotu 5CP500, 4 – zespół komory z masą odrzutową i urządzeniem powrotnym, 5 – zespół lufy, 6 – czujnik ciśnienia w lufie na wysokości otworu gazowego, 7 – czujnik ciśnienia w komorze gazowej, 8 – laserowy czujnik przemieszczenia LD 1605-200 zamontowany na zespole podstawy czujnika, 9 – uniwersalny przyrząd balistyczny (UPB-1M)

Zespół strzelający zawiera:

- zespół tłoka zaporowego z wyciągiem zamontowany w Uniwersalnym Przyrządzie

Balistycznym UPB-1M,

- zespół luf kalibru 5,56 mm o długości: 508 mm, 406 mm, 305 mm i 250 mm,
  - nabój pośredni 5,56x45 mm typu NATO.
- Węzeł gazowy (montowany na lufie) zawiera:
- otwór gazowy, wykonany w dolnej części ścianki lufy,
  - korpus komory gazowej, który jest stałym elementem węzła gazowego, zamocowanym na lufie i umocowanym za pomocą kołków; w korpusie jest wykonane gniazdo czujnika ciśnienia, nagwintowany otwór promieniowy, stanowiący przedłużenie otworu gazowego lufy, oraz nagwintowany otwór poprzeczny,
  - obsada cylindra gazowego, która jest na stałe połączona z korpusem komory gazowej za pomocą kołka,
  - zestaw wymiennych elementów węzła gazowego:
    - dysze (przepustnice) gazu,
    - pierścienie odległościowe tłoka gazowego,
    - cylindry gazowe,
    - tłoki gazowe,
    - sprężyste pierścienie uszczelniające,
    - wkrętki upustowe regulatora gazu,
    - zderzaki tłoka.



Fot. 2. Elementy wymienne układu badanego stanowiska laboratoryjnego do doświadczalnego badania działania mechanizmów („automatyki”) karabinka kalibru 5,56 mm: 1 – przyrząd do montażu i demontażu zderzaków tłoka gazowego, 2 – zespoły masy odrzutowej z odbłyśnikiem, 3 – podzespół przewodników ze sprężynami powrotnymi, 4 – dysze wymienne, 5 – pierścienie odległościowe tłoka gazowego, 6 – zespoły tłoka zaporowego z wyciągiem, 7 – lufy kalibru 5,56 mm o długości: a – 250 mm, b – 305 mm, c – 406 mm, d – 508 mm, 8 – zespół jarzma czujnika (sygnalizatora) wylotu z osłoną, 9 – cylindry gazowe, 10 – tłoki gazowe, 11 – sprężyste pierścienie uszczelniające, 12 – nakrętka blokująca cylindra gazowego, 13 – wkrętki upustowe regulatora gazu, 14 – zderzaki tłoka, 15 – zespół komory z masą odrzutową i urządzeniem powrotnym, 16 – przyrząd do montażu i demontażu pierścieni odległościowych tłoka

Zespół komory z masą odrzutową i urządzeniem powrotnym (zespół suwadła) zawiera:

- tuleję osadczą przewodników sprężyn powrotnych,

- obsadę zderzaka tylnego i przewodników sprężyn powrotnych,
- podzespół przewodników ze sprężynami,
- zespół masy odrzutowej z odbłyśnikiem.

Na podstawie wykonano otwory do mocowania (za pomocą śrub) UPB-1M z lufą oraz rowki podłużne do mocowania i regulowania położenia zespołu suwadła.

### 3.2. Charakterystyka oprzyrządowania pomiarowego

Do badań wykorzystano m.in. następujące oprzyrządowanie pomiarowe:

- czujniki ciśnienia 5QP6000T lub 5QP2000T,
- zestaw komputerowy z kartą pomiarową ESAM 3000,
- laserowy czujnik pomiaru przemieszczenia LASER – Sensor LD 1605 – 200,
- termohigrobarometr LB-715 z panelem odczytowym LB-755,
- piezoelektryczny czujnik (sygnalizator) wylotu 5CP500,
- chronograf firmy Shooting Chrony,
- elektroniczną wagę laboratoryjną WPS 110/C.

Biorąc pod uwagę właściwości i ograniczenia metod pomiarowych oraz związki występujące między poszukiwanymi charakterystykami, najefektywniejszym sposobem ich wyznaczenia wydaje się bezpośredni pomiar jednej wielkości i pośrednie wyznaczenie pozostałych. I tak:

- pomiar przemieszczenia  $x(t)$  pozwala uzyskać: prędkość  $v(t)$  – przez różniczkowanie  $x(t)$  oraz przyspieszenie  $a(t)$  – przez różniczkowanie  $v$  lub dwukrotne różniczkowanie  $x$ ,
- pomiar prędkości  $v(t)$  pozwala uzyskać: przez scałkowanie  $v(t)$  – przemieszczenie  $x(t)$  oraz przez różniczkowanie  $v(t)$  – przyśpieszenie  $a(t)$ ,
- pomiar przyśpieszenia  $a(t)$  pozwala uzyskać: przez scałkowanie  $a(t)$  – prędkość  $v(t)$  oraz przez scałkowanie  $v(t)$  lub dwukrotne scałkowanie  $a(t)$  – przemieszczenie  $x(t)$ .

#### 3.2.1. Układ pomiarowy ciśnienia

Do pomiaru ciśnienia zostanie zastosowany alternatywnie piezokwarcowy czujnik 5QP6000T lub 5QP2000T ze wzmacniaczem ładunku AVL 3057-V01 i układem rejestrującym (zestaw komputerowy z kartą pomiarową ESAM 3000).

Zestaw komputerowy z kartą pomiarową ESAM 3000 zawiera: komputer 486 DX2 (HDD–700 MB, RAM–20 MB), kartę pomiarową z oprogramowaniem ESAM 3000 i przyłączy BK–16K (16 gniazd BNC).

#### 3.2.2. Układ pomiarowy drogi suwadła

Do pomiaru drogi (przemieszczenia) suwadła zastosowany zostanie laserowy czujnik pomiaru przemieszczenia LASER–Sensor LD 1605–200. Będzie on umieszczony na podstawie, tak aby wiązka laserowa padała prostopadle na odbłyśnik zespołu masy odrzutowej.

Pomiary ciśnienia  $p_{kg}(t)$  i drogi suwadła  $L(t)$  powinny być odpowiednio zsynchronizowane wzajemnie i z napędem pocisku.

## 4. Możliwości badawcze stanowiska

Możliwości badawcze jakie stwarza wykonane stanowisko w zakresie optymalizacji charakterystyk energetycznych węzła gazowego oraz charakterystyk ruchu zespołu odrzutowego (automatyki broni) są bardzo szerokie. Korzystając bowiem z: 4. zespołów luf wymiennych, 4. pierścieni odległościowych dla cylindra gazowego, 5. dysz o różnych



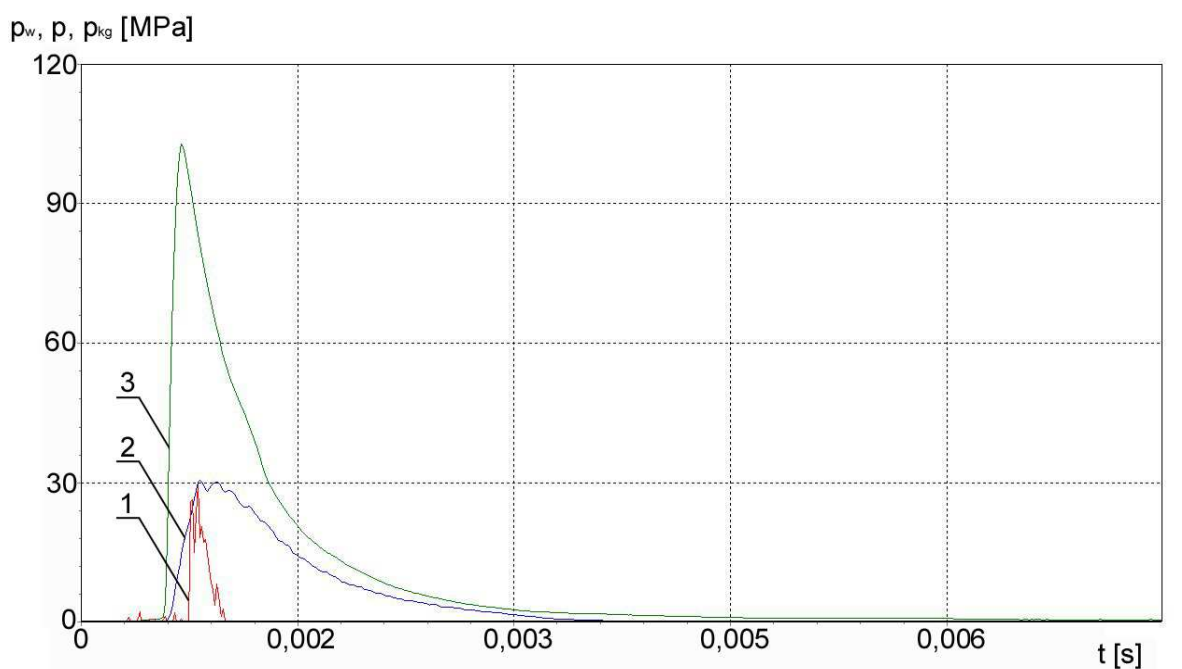
średnicach otworu 9. cylindrów gazowych i 9. tłoków o 2. rodzajach uszczelnienia, a także 4. wkrętek regulatora upustowego gazów i 4. wymiennych zderzaków tłoka gazowego o zróżnicowanej wysokości można uzyskać:  $4 \times 4 \times 5 \times 9 \times 2 \times 4 \times 4 = 23\ 040$  kombinacji możliwych skojarzeń elementów i zespołów wymiennych, co teoretycznie jest równoznaczne z możliwością uzyskania 23 040 różnych wartości energii rozporządzałnej, przekazanej na tłok gazowy. Wychodząc z węzła gazowego z napędem na masę odrzutową, przy zastosowaniu do badań 3. różnych wartości mas odrzutowych, 3. różnych zespołów powrotnych ze sprężynami o różnych sztywnościach, a także 2. wymiennych zderzaków o różnych wartościach współczynnika odbicia teoretycznie możliwe jest uzyskanie:  $23040 \times 3 \times 3 \times 2 = 414\ 720$  różnych wykresów charakterystyk ruchu zespołu odrzutowego.

Stanowisko umożliwia rejestrację ciśnienia wewnątrz przewodu lufy na wysokości otworu gazowego, jak również ciśnienia w komorze gazowej przed tłokiem, z jednoczesną rejestracją chwili wylotu pocisku z lufy. Dzięki temu można wyznaczyć rzeczywisty impuls ciśnienia w przewodzie lufy na drodze od otworu gazowego do wylotu lufy oraz w komorze gazowej na odcinku skoku (drogi roboczej) tłoka gazowego.

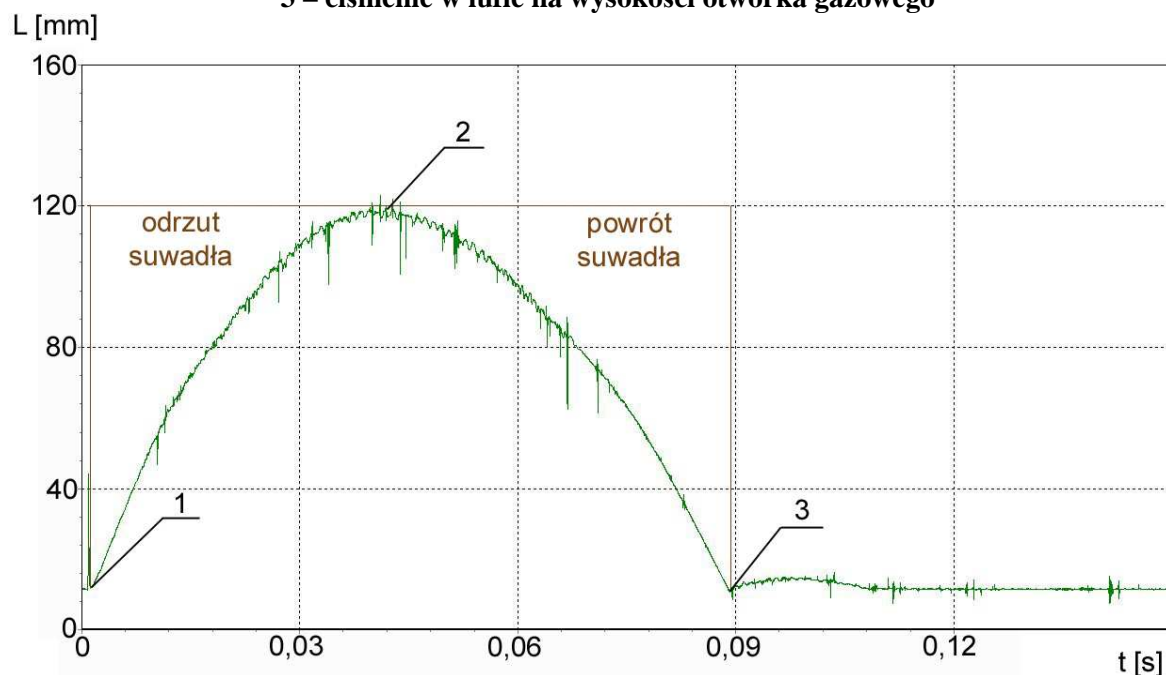
Zastosowanie wymiennych dysz, regulujących intensywność dopływu gazów do komory gazowej nad tłok oraz regulowanej skokowo objętości komory gazowej nad tłokiem, umożliwia drogą doświadczalną wyznaczenie zależności obliczeniowych pomiędzy geometrycznymi parametrami przepływu w węźle gazowym, a wartością (poziomem) energii rozporządzałnej przekazanej na tłok gazowy. Jednocześnie umożliwia wyznaczenie wartości współczynników sprawności termodynamicznej i sprawności mechanicznej węzła gazowego.

## 5. Testowanie stanowiska

Stanowisko laboratoryjne zostało przetestowane strzelaniem przy użyciu amunicji pośredniej 5,56x45 mm wyprodukowanej w Zakładach Metalowych „MESKO” S.A. Wynik badań był pozytywny, umożliwiając tym samym rozpoczęcie stosownych badań według opracowanego „Programu badań”. Przykładowe wyniki pomiarów ciśnień oraz drogi suwadła przedstawiono na rys. 1 i 2.



**Rys. 1. Wykresy ciśnienia  $p$  gazów prochowych w funkcji czasu  $t$  (wkrętka upustowa regulatora gazowego  $\varnothing 2$  mm): 1 – sygnał wylotu pocisku z lufy, 2 – ciśnienie w komorze gazowej, 3 – ciśnienie w lufie na wysokości otworka gazowego**



**Rys. 2. Wykres drogi suwadła w funkcji czasu (wkrętka upustowa regulatora gazowego  $\varnothing 2$  mm): 1 – początek odrzutu suwadła, 2 – dojście suwadła w maksymalne (dla danych warunków) tylne położenie, 3 – dojście suwadła w przednie położenie**

## 6. Wnioski

1. Stanowisko laboratoryjne do doświadczalnego badania działania mechanizmów („automatyki”) karabinka kalibru 5,56 mm, działającego na zasadzie odprowadzenia części gazów przez boczny otwór w lufie, z krótkim ruchem tłoka gazowego to oryginalne narzędzie badawcze, umożliwiające pozyskanie zbioru doświadczalnych danych (informacji), niezbędnych do racjonalnego zaprojektowania budowy i działania mechanizmów opracowywanych demonstratorów karabinków kalibru 5,56 mm w układzie kolbowym (klasycznym) i bezkolbowym (bull-pup).
2. Ze względu na to, że kaliber 5,56 mm jest kalibrem perspektywnym w Siłach Zbrojnych RP oraz w innych państwach należących do NATO przewiduje się, że uzyskane podczas badań wyniki zostaną wykorzystane podczas modernizacji broni strzeleckiej eksploatowanej w Wojsku Polskim. Ponadto przewiduje się też wykorzystanie tego stanowiska w wielu innych pracach badawczych (w tym m.in. do weryfikacji metod obliczeniowych) oraz w procesie dydaktycznym.
3. Stanowisko umożliwia pomiar podstawowych charakterystyk balistycznych węzła gazowego, pozwalając tym samym na ilościowe określenie wpływu parametrów geometryczno-masowych badanego układu na kinematykę i dynamikę działania broni.
4. Stanowisko jest podatne na zmiany modernizacyjne i rozbudowę.

## Literatura

- [1] R.Kamiński, Z.Surma, R.Woźniak – „Wybrane aspekty pomiarów i wyznaczania charakterystyk broni strzeleckiej” – materiały VII Szkoły–Konferencji „Metrologia Wspomagana Komputerowo”, Waplewo, 2005 r., (Tom III – Granty i projekty celowe).
- [2] Opracowanie zbiorowe pod kierunkiem R.Woźniaka – „Sprawozdanie merytoryczne z wykonania zadania nr 1 i nr 2 projektu rozwojowego Nr OR00 0010 04 pod tytułem „*Opracowanie, wykonanie oraz badania konstrukcyjno-technologiczne karabinków standardowych (podstawowych) modułowego systemu broni strzeleckiej kalibru 5,56 mm dla Sił Zbrojnych RP*” – Instytut Techniki Uzbrojenia WAT, Warszawa, 2009 r. (praca nie publikowana).

*Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2007-2010  
jako projekt rozwojowy*