

## **WYMUSZANIE RUCHU MECHANIZMÓW BRONI W SYMULATORACH BRONI STRZELECKIEJ URZĄDZEŃ SZKOLNO - TRENINGOWYCH**

*W artykule opisano wybrane zagadnienia związane z wymuszaniem ruchu mechanizmów strzeleckiej broni treningowej, takie jak: założenia symulacji prowadzenia ognia, elementy konstrukcyjne podlegające wymuszonemu ruchowi, praktyczne rozwiązania wymuszania ruchu mechanizmów broni podczas strzału. Zaprezentowano wyniki wybranych badań zastosowanych w praktyce układów wymuszania ruchu mechanizmów broni. Materiały zamieszczone w artykule przedstawiono na XV konferencji naukowo-technicznej nt. Problemy rozwoju, produkcji i eksploatacji techniki uzbrojenia – Uzbrojenie'2006.*

### **1. Wstęp**

Nowoczesne urządzenia do prowadzenia symulowanych strzelań z broni strzeleckiej przeznaczone są do zbiorowego szkolenia większej liczby żołnierzy np. drużyny, do nauki celowania i strzelania na strzelnicy i polu walki.

W takich systemach szkolno-treningowych do prowadzenia symulowanych strzelań z broni strzeleckiej występuje broń treningowa, która jest ich integralną częścią. Z broni tej nie można prowadzić symulowanych strzelań poza systemem. Broń pracując w systemie powinna spełniać określone wymagania odnośnie symulacji strzału. Wszystkie czynności przygotowawcze do oddania strzału powinny być takie jak dla prawdziwej broni bojowej: podłączenie magazynka z amunicją, odbezpieczenie broni, przeładowanie, wprowadzenie nastawy celownika. Ćwiczący żołnierz oddając wirtualny strzał powinien mieć wrażenie, że mechanizmy jego broni działają. Jest to szczególnie ważne w systemach przeznaczonych do jednoczesnego szkolenia większej liczby żołnierzy np. drużyny. Strzelcy strzelając wirtualnymi pociskami muszą mieć zapewnioną możliwość identyfikacji swojego strzału nie tylko wizualną czy dźwiękową, ale również poprzez odczuwanie pracy broni treningowej. W związku z powyższym opracowując system do nauki celowania i strzelania należy przyjąć pewne założenia prowadzenia ognia z broni treningowej.

### **2. Założenia symulacji prowadzenia ognia z broni treningowej**

W urządzeniu szkolno-treningowym na symulację prowadzenia ognia z broni treningowej składają się trzy główne elementy:

- wizualizacja trafień na ekranie,

- emitowanie dźwięków strzałów,
- funkcjonowanie mechanizmów broni.

Ostatni element jest pojęciem szerszym i zawiera symulację:

- ▶ wymuszania ruchu jej mechanizmów,
- ▶ przełączania bezpieczników, przełączników rodzaju ognia,
- ▶ ustawiania celowników mechanicznych,
- ▶ funkcjonowania innych mechanizmów.

W nowo opracowanym urządzeniu szkolno-treningowym [1] do nauki celowania i strzelania z broni strzeleckiej przyjęto następujące założenia symulacji prowadzenia ognia z broni treningowej:

Wizualizacja trafień na ekranie realizowana jest poprzez obrazowanie, za pomocą projektorów, przestrzelin na wyświetlanych celach lub podrzutu darni w przypadku trafienia w ziemię. Na polu walki, trafienie nieprzyjaciela obrazowane jest osunięciem się go na ziemię. Trafienie czołgu lub opancerzonego wozu bojowego obrazowane jest poprzez jego zapalenie.

Efekty dźwiękowe oddawanych strzałów czy „warkot” silników pojazdów widocznych na ekranie emitowane są przez stereofoniczny zestaw nagłaśniający. Składa się on ze wzmacniaczy akustycznych, współpracujących z systemem komputerowym oraz kolumn głośnikowych.

Symulacja funkcjonowania mechanizmów broni realizowana jest przez zastosowanie specjalnych urządzeń, takich jak siłowniki pneumatyczne, dźwignie, cięgna itp. Dzięki nim możliwe jest najważniejsze dla funkcjonowania mechanizmów broni treningowej wymuszanie ich ruchu. Istotne jest też zachowanie czynności związanych z przygotowaniem broni do strzelania, identycznych dla prawdziwej broni bojowej. Dlatego też na symulację funkcjonowania mechanizmów broni składają się takie elementy, jak monitorowane przełączanie bezpieczników, przełączników rodzaju ognia, ustawianie celowników mechanicznych, przeładowanie broni, a nawet załadowanie do broni naboju w przypadku granatnika RPG-7, albo taśmy z nabojami do 7.62 mm km PK.

### **3. Broń treningowa jako integralna część systemu do nauki celowania i strzelania**

Integralną częścią systemu do nauki celowania i strzelania jest broń treningowa [2], która jest adaptowaną bronią bojową pozbawioną cech bojowych. Broń treningowa, aby spełnić założenia symulacji strzelania musi być wyposażona w szereg niezbędnych elementów i urządzeń. Broń wyposażona jest w mikrokomputer jednokładowy, zestaw czujników monitorujących stan mechanizmów, moduł zasilania, radio do komunikacji z systemem komputerowym, moduł laserowy inicjujący strzał w systemie oraz układ wymuszania ruchu mechanizmów. Jest on konieczny, aby zasymulować działanie, jak najbardziej zbliżone do działania prawdziwej broni bojowej.

Zasadę działania systemu przedstawia rys.1. Na ekranie wielko-formatowym wyświetlana jest sytuacja treningowa – strzelanie do tarcz figur bojowych na strzelnicy lub celów rzeczywistych na polu walki. Do tych celów ćwiczący strzela z broni treningowej, komunikując się drogą radiową, w sposób ciągły, z systemem komputerowym. Po wycelowaniu i naciśnięciu spustu moduł laserowy generuje promień i wyświetla na ekranie plamkę światła w paśmie niewidzialnym dla oka ludzkiego. Plamka

jest sczytywana przez kamerę, która przesyła informację do systemu komputerowego. System komputerowy przetwarzając informację określa współrzędne środka plamki i w oparciu o określone dane i parametry balistyczne amunicji generuje wirtualną krzywą balistyczną właściwą dla zastosowanego rodzaju pocisku i broni oraz porównuje ją z płaszczyzną celu. Następnie, system generuje informacje dla wizualizacji trafienia i wyemitowania dźwięku symulującego huk wystrzału. Te informacje przesyłane są do rzutnika i zestawu nagłaśniającego. W ten sposób generowane są wszystkie strzały oddawane z różnych rodzajów broni treningowej.



Rys. 1. Zasada działania systemu do symulowanych strzelań z broni strzeleckiej.

#### 4. Praktyczne rozwiązania wymuszania ruchu mechanizmów broni treningowej

Wymuszanie ruchu mechanizmów broni treningowej następuje w chwili oddania symulowanego strzału. W broni treningowej dotyczy ono ruchu:

- suwadła lub zamka,
- mechanizmu uderzeniowo-spustowego.

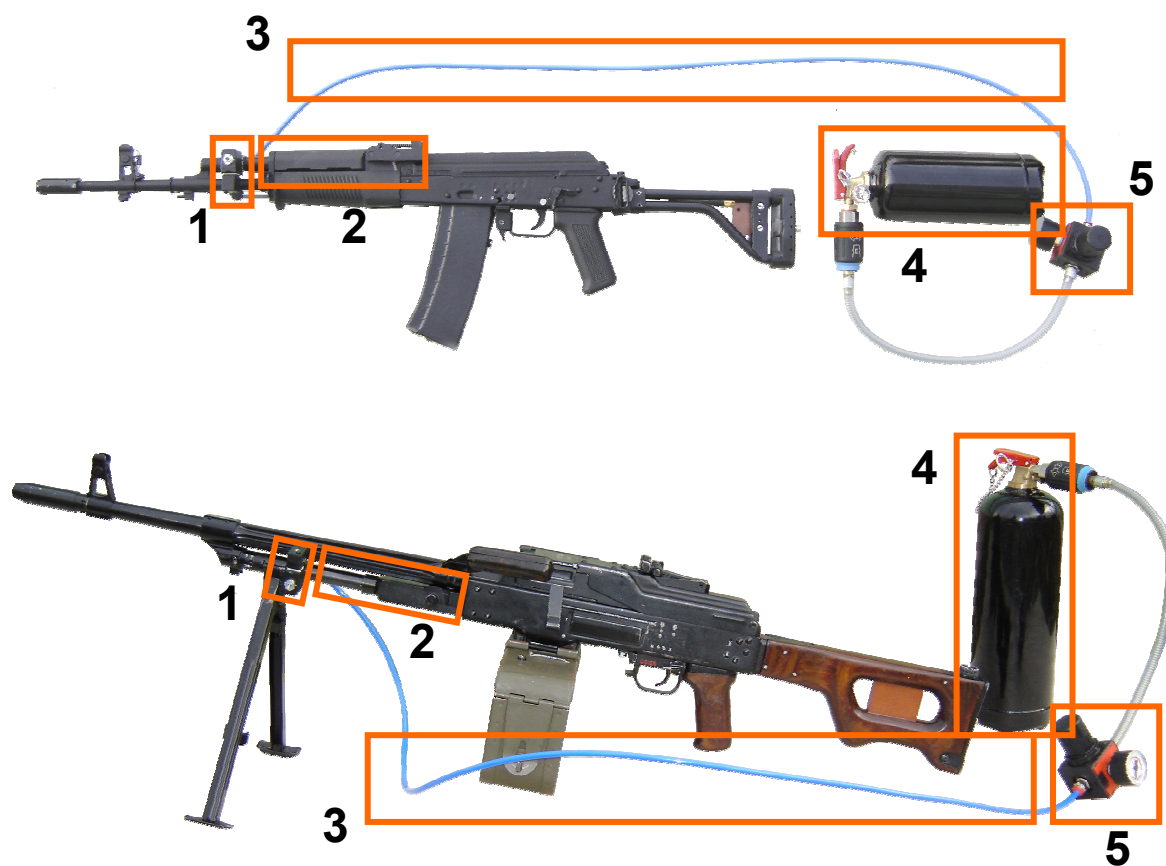
Praktycznym rozwiązaniem wymuszania ruchu mechanizmów broni treningowej jest układ elektro-pneumatyczny, który został zaprojektowany w oparciu o takie kryteria jak:

- prostota wykonania,
- łatwe dostosowanie konstrukcyjne do broni bojowej przekształcanej w broń treningową,

- uniwersalność pozwalająca na zastosowanie tego samego modułu w różnych rodzajach broni,
- niezawodność działania,
- dobre parametry symulacji ruchu, takie, aby szybkostrzelność broni treningowej była zbliżona do szybkostrzelności broni bojowej,
- mobilność w eksploatacji pozwalająca na swobodne przenoszenie broni treningowej w obrębie stanowisk ogniowych w trakcie prowadzonych strzelań,
- niskie koszty wykonania,
- oraz bezpieczeństwo w eksploatacji.

#### 4.1. Układ elektro – pneumatyczny wymuszania ruchu mechanizmów broni treningowej

Układ elektro-pneumatyczny (rys.2) wymuszania ruchu mechanizmów broni treningowej składa się z siłownika (1), elektrozaworu (2), przewodów (3), które doprowadzają gaz roboczy do siłownika, butli (4) magazynującej pod ciśnieniem gaz roboczy i reduktora (5) regulującego właściwe ciśnienie pracy.



**Rys.2.** Układ elektro-pneumatyczny wymuszania ruchu mechanizmów w 5.56 mm kbs wz. 1996 i 7.62 mm km PK

1- siłownik, 2 – elektrozawór, 3 – przewody gazowe, 4 - butla, 5 – reduktor.  
Działanie układu jest możliwe po otwarciu zaworu butli odcinającego gaz roboczy. Po otwarciu tego zaworu gaz pod ciśnieniem doprowadzony jest przewodem gazowym

do reduktora, a następnie po obniżeniu ciśnienia do odpowiedniej wartości do elektrozaworu. Otwieraniem elektrozaworu steruje układ elektroniczny umieszczony w broni, monitorujący stan położenia takich elementów jak spust, bezpiecznik oraz przełącznik rodzaju ognia. Po odbezpieczeniu broni i naciśnięciu spustu, w zależności od położenia przełącznika rodzaju ognia, do elektrozaworu wysyłany jest jeden impuls lub ciąg impulsów elektrycznych, otwierających go na odpowiedni przedział czasowy. Otwarcie zaworu pozwala siłownikowi pneumatycznemu wykonać jeden lub wiele cykli pracy, co symuluje oddanie pojedynczego strzału lub serii.

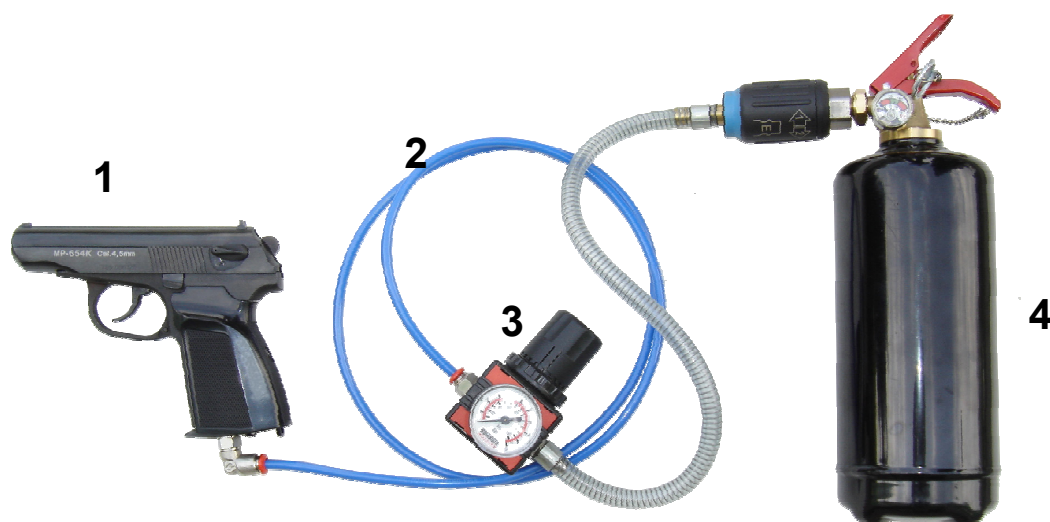
Układ elektro-pneumatyczny wymuszania ruchu mechanizmów broni treningowej został zastosowany, w praktyce, w czterech rodzajach broni długiej: 9 mm pm P-84P, 5.56 mm kbs wz.1996, 7.62 mm km PK, 7.62 mm kbw SWD. Do wszystkich wymienionych rodzajów broni zastosowano moduł układu elektro-pneumatycznego o takich samych parametrach eksploatacyjnych.

#### 4.2. Układ mechaniczno – pneumatyczny wymuszania ruchu mechanizmów broni treningowej

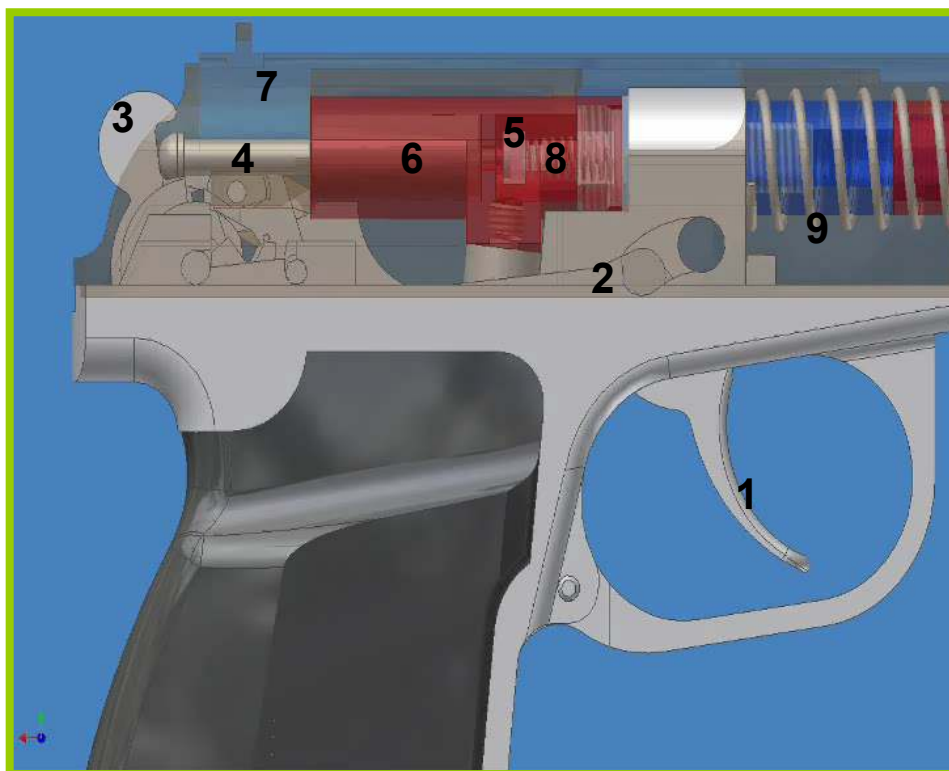
Innym rozwiązaniem wymuszania ruchu mechanizmów broni treningowej jest układ mechaniczno-pneumatyczny. Został on zaprojektowany przede wszystkim do broni treningowej krótkiej, w której ze względów konstrukcyjnych nie można zastosować opisanego wcześniej układu elektro – pneumatycznego.

W układzie tym wykorzystano jednak butlę na gaz roboczy, przewód gazowy oraz reduktor z układu elektro – pneumatycznego.

Przykładowy układ mechaniczno-pneumatyczny do wymuszania ruchu zamka oraz przeladowywania broni został zaprojektowany do 9 mm pistoletu Makarowa (rys. 3 i 4).



**Rys.3.** Układ mechaniczno – pneumatyczny w 9 mm pistolecie Makarowa  
1- pistolet, 2 – przewód gazowy, 3 – reduktor, 4 – butla.



**Rys. 4.** Siłownik w układzie mechaniczno – pneumatycznym wymuszania ruchu zamka w 9 mm pistolecie Makarowa

1 – spust, 2 – szyna spustowa, 3 – kurek, 4 – iglica, 5 – zawór, 6 – tłok, 7 – zamek, 8 – sprężyna, 9 – sprężyna powrotna.

Układ działa w ten sposób, że po naciśnięciu na spust (1), poprzez szynę spustową (2), naciągany jest kurek (3), który po zwolnieniu uderza w iglicę (4). Przesuwająca się iglica pod wpływem uderzenia kurka otwiera zawór (5), przez który przepływa sprężony gaz roboczy. Ciśnienie gazu roboczego działa na tłok (6) i wymusza jego ruch, a działanie siły od tłoka powoduje ruch zamka (7). Następuje przeładowanie broni, zamknięcie zaworu pod wpływem sprężyny (8) i ciśnienia gazu oraz powrót zamka, pod wpływem działania sprężyny powrotnej (9). Pistolet jest gotowy do oddania następnego strzału.

Opisane powyżej rozwiązanie znajduje się w fazie opracowywania modelu.

## 5. Badania układów wymuszania ruchu broni treningowej

Przed zaprojektowaniem układów wymuszania ruchu mechanizmów broni treningowej wykonano wstępne badania modelowe dotyczące określonych parametrów broni.

W czasie badań sprawdzono parametry geometryczne broni oraz opory ruchu poruszających się w niej mechanizmów. Określono również siły i momenty sił niezbędnych do przemieszczenia tych mechanizmów. Na końcu, dobrano parametry układu wymuszającego ruch mechanizmów broni. Na podstawie wyniku testów określono, że minimalna siła potrzebna do przemieszczenia mechanizmów broni wynosi 80 N.

Wykonano również badania wybranych parametrów szybkostrzelności i żywotności broni treningowej.

### 5.1. Badania szybkostrzelności broni z elektro-pneumatycznym układem wymuszania ruchu mechanizmów

Miernikiem jakości symulacji jest między innymi częstotliwość pracy układu, czyli szybkostrzelność broni treningowej. Badania dotyczyły zwłaszcza broni strzelającej seriami, wyposażonej w układ elektro-pneumatyczny. Badanie zrealizowano w oparciu o specjalnie przygotowane, w ramach całego systemu szkolno-treningowego, ćwiczenie. Dla każdej broni wykonano pomiar czasu wystrzelenia, w sposób ciągły, określonej ilości „wirtualnych” naboju. Wyniki badań zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wyniki badań szybkostrzelności broni treningowej.

Nazwa symulatora broni	Szybkostrzelność symulatora broni strz/min	Szybkostrzelność broni bojowej strz/min
9 mm pm P-84P	474*	640*/200**
5.56 mm kbs wz. 96	470*	700*/100**
7.62 mm km PK	464*	650*/250**

\*) szybkostrzelność teoretyczna

\*\*\*) szybkostrzelność praktyczna

W badaniach uzyskano szybkostrzelność teoretyczną broni treningowej o około 30% niższą od szybkostrzelności teoretycznej broni bojowej.

### 5.2. Badania żywotności broni z elektro-pneumatycznym układem wymuszania ruchu mechanizmów

Ważnym parametrem eksploatacyjnym broni bojowej jest jej żywotność wyrażona liczbą wystrzelonych pocisków przy zachowaniu prawidłowego jej działania. Parametr żywotności ważny jest również w przypadku broni treningowej. Dlatego, zbadano także żywotność pracy układu w broni treningowej wyposażonej w elektro - pneumatyczny układ wymuszania ruchu mechanizmów.

Badanie zrealizowano w oparciu o specjalnie przygotowane, w ramach całego systemu szkolno-treningowego, ćwiczenie. Ilość cykli pracy układu odpowiadała oddanym strzałom z broni treningowej w 55 seriach po 100 strzałów każda.

Przerwy między kolejnymi seriami wynosiły około 7s. Wyniki badań przedstawia tabela 2.

Tabela 2. Wyniki badań żywotności broni treningowej.

Nazwa symulatora broni	Ilość strzałów oddanych w próbie	Zacięcia w próbie
9 mm pm P-84P	5500	brak
5.56 mm kbs wz. 96	5500	brak
7.62 mm km PK	5500	Strzał 4597, 5191*

\*) zacięcia nie spowodowane nieprawidłowym działaniem badanego układu

Po wystrzeleniu 5500 strzałów nie stwierdzono nieprawidłowości w pracy układów.

## 6. Podsumowanie

1. Wymuszanie ruchu mechanizmów broni treningowej jest uzupełnieniem symulacji wizualnej i akustycznej strzału.
2. Zastosowanie rozwiązania elektro-pneumatycznego i mechaniczno-pneumatycznego wymuszania ruchu mechanizmów broni treningowej pozwoliło stworzyć układy:
  - proste w wykonaniu;
  - łatwo dostosowywalne konstrukcyjnie do różnych rodzajów broni bojowej przekształcanej w broń treningową;
  - uniwersalne, ponieważ ten sam moduł można stosować w różnych rodzajach broni;
  - niezawodne, co potwierdziły badania żywotnościowe (wytrzymują ponad 5500 cykli pracy);
  - o zadowalających parametrach symulacji ruchu (szybkostrzelność niższa o około 30% w stosunku do broni bojowej);
  - mobilne w eksploatacji (broń treningową można swobodnie przenosić w obrębie stanowisk ogniowych w trakcie prowadzonych strzałów);
  - tanie w wykonaniu (stosowanie handlowych elementów);
  - bezpieczne w eksploatacji z uwagi na zastosowanie niskiego ciśnienia nie wymagającego nadzoru technicznego.
  - nie zakłócające elektroniki systemu.

## Literatura

1. Głogowski T.; Koncepcja systemu szkolno-treningowego do broni strzeleckiej; Problemy Techniki Uzbrojenia, Zeszyt **93**, 2004, s. 35÷45.
2. Kowalewski J., Hłosta P.; Adaptacja bojowej broni strzeleckiej do symulowanych strzałów treningowych; Problemy Techniki Uzbrojenia, Zeszyt **92**, 2004, s. 85÷91.



