

# Badanie przelicznika balistycznego z wykorzystaniem głowicy optoelektronicznej

## Research of ballistic calculator using optoelectronic head

WOJCIECH KACZMAREK  
JAROSŁAW PANASIUK  
KONRAD SIENICKI  
WALDEMAR ŚMIETAŃSKI  
DAMIAN WOJTYRA \*

Materiały z XX SKW PWiE, Jurata 2016 r.  
DOI: 10.17814/mechanik.2016.7.140

W artykule poruszono zagadnienia związane implementacją przeliczników balistycznych w systemach kierowania ogniem. Autorzy skupili się na przeciwnolotnych zestawach raketowo-artyleryjskich bliskiego zasięgu.

**SŁOWA KLUCZOWE:** przelicznik balistyczny, głowica optoelektroniczna, badania laboratoryjne

*The article raised issues related to implementation of the conversion rates of ballistic fire control systems. The authors focused on sets of the short range anti-aircraft missile-artillery.*

**KEYWORDS:** ballistic calculator, optoelectronic head, laboratory tests

Konfiguracja wykorzystywanych obecnie głowic optoelektronicznych (zarówno pod względem sprzętowym, jak i programowym) jest podyktowana głównie ich przeznaczeniem. Ma to swoje uzasadnienie zwłaszcza z uwagi na masę, gabaryty oraz cenę głównych ich komponentów. Niestety, z uwagi na dostępne technologie wraz z lepszymi parametrami urządzeń rosną ich masa, gabaryty oraz cena. Jak łatwo zauważyć, głowice optoelektroniczne do zastosowań militarnych można zaliczyć do urządzeń spełniających szczególnie wysokie wymagania (m.in.: techniczne, niezawodnościowe, zabezpieczenia i klimatyczne).

### Głowica optoelektroniczna jako element Przeciwnolotnego Zestawu Raketowo-Artyleryjskiego (PZRA)

Stosowane w PZRA głowice optoelektroniczne muszą zapewniać obserwację i śledzenie obiektów powietrznych w każdych warunkach pogodowych (w dzień i w nocy) oraz pomiary parametrów ruchu celów niezbędne do realizacji procesu celowania. Z uwagi na duże prędkości śledzonych obiektów oraz ograniczony zasięg rażenia środków ogniowych czas wykonywania zadania bojowego jest bardzo mocno ograniczony. Wymusza to konieczność wczesnego wykrycia celu (na dużych odległościach, aby zapewnić wystarczająco długi czas obserwacji) oraz pełną automatyzację procesu wykonania zadania bojowego.

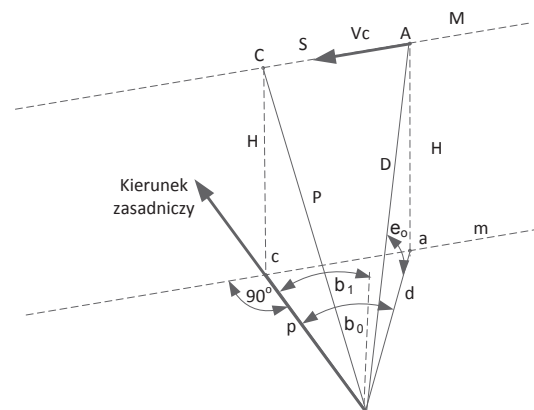
W ramach realizowanych przez konsorcjum (Wojskowa Akademia Techniczna, ZMT Tarnów, PCO) prac badawczo-rozwojowych opracowano demonstrator technologiczny PZRA (rys. 1) wyposażony w optoelektroniczną głowicę celowniczą. Głównym zadaniem zespołu z WAT było opracowanie oprogramowania sterującego dla zestawu, w tym zintegrowanie wszystkich jego podzespołów.



Rys. 1. Ogólny widok badanego PZRA wyposażonego w optoelektroniczną głowicę śledzącą

### Badania poprawności wyznaczania kątów wyprzedzeń z wykorzystaniem głowicy optoelektronicznej

Z uwagi na duże prędkości celów powietrznych jednym z głównych wyzwań pojawiających się podczas tworzenia systemów kierowania ogniem jest rozwiązanie tzw. problemu spotkania pocisku z celem. Ogólny widok przestrzennego ruchu celu przedstawiono na rys. 2.

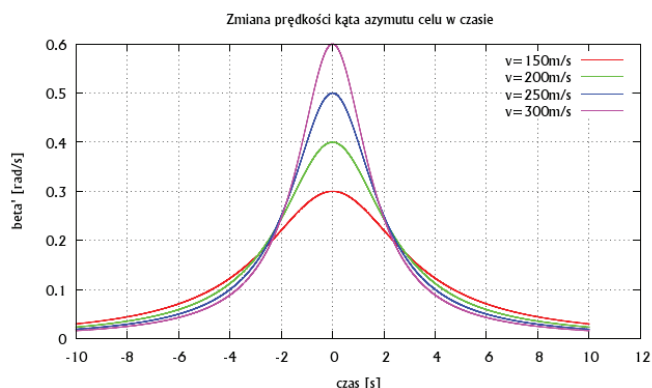


Rys. 2. Ogólny widok przestrzennego ruchu celu, gdzie: A – położenie celu, a – rzut położenia celu na płaszczyznę poziomą,  $V_c$  – prędkość celu, C – położenie celu na parametrze, c – rzut położenia celu na parametrze na płaszczyznę poziomą, H – wysokość celu, P – odległość zestawu do celu znajdującego się na parametrze, p – odległość pozioma zestawu do celu znajdującego się na parametrze, D – odległość do celu, d – odległość pozioma do celu,  $\beta_0$  – kąt rozbieżności pomiędzy kierunkiem na cel a kierunkiem na parametr

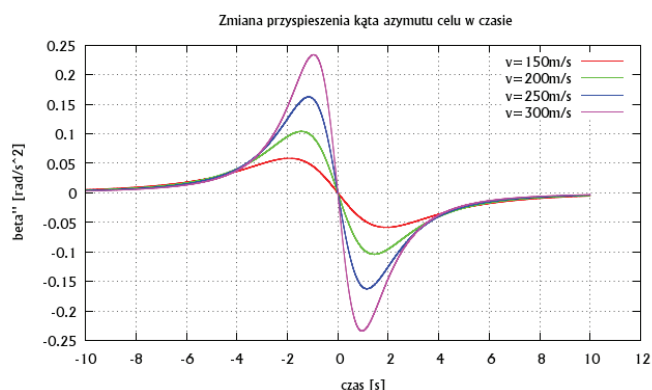
\* Ppłk dr inż. Wojciech Kaczmarek (wojciech.kaczmarek@wat.edu.pl); dr inż. Jarosław Panasiuk (jaroslaw.panasiuk@wat.edu.pl); dr inż. Konrad Sienicki (konrad.sienicki@wat.edu.pl); dr inż. Waldemar Śmietański (waldemar.smietański@wat.edu.pl); inż. Damian Wojtyra (damian.wojtyra@student.wat.edu.pl) – Wojskowa Akademia Techniczna

Przedstawiony na rys. 2 sposób poruszania się celu (ruchem prostoliniowym) powoduje, że podczas jego śledzenia

prędkości i przyspieszenia głowicy optoelektronicznej zmieniają się dynamicznie (rys. 3 i 4). Dlatego w obecnie budowanych systemach kierowania ogniem konieczne jest stosowanie zaawansowanych przeliczników wyliczających na bieżąco nastawy do strzelania.



Rys. 3. Wykres zmian prędkości kąta azymutu dla różnych prędkości celu: wysokość  $h = 100$  m; odległość do celu na parametrze  $p = 500$  m

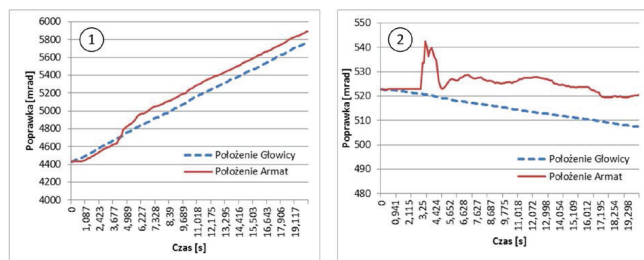


Rys. 4. Wykres zmian przyspieszenia kąta azymutu dla różnych prędkości celu: wysokość  $h = 100$  m; odległość do celu na parametrze  $p = 500$  m

Przelicznik wykorzystany w systemie PZRA wyznacza poprawkę balistyczną oraz kąt wyprzedzenia celu, korzystając z estymaty parametrów ruchu celu obliczonej na podstawie informacji z poszczególnych urządzeń zestawu.

Podczas tworzenia oprogramowania członkowie zespołu badawczego zwrócili szczególną uwagę na sprawdzenie poprawności wyznaczania nastaw działowych. Przeprowadzono szereg testów potwierdzających poprawność funkcjonowania aplikacji.

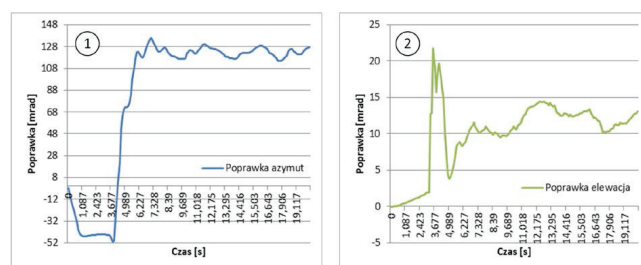
Przykładowe wyniki badań przelicznika (dla odległości do celu 1500 m, prędkości celu 100 m/s, kąta podniesienia armat 520 mrad i 23 mm amunicji OFZ) przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5. Położenie osi optycznej głowicy optoelektronicznej i armat w azymucie (1) oraz w elewacji (2) w funkcji czasu dla odległości celu 1500 m i prędkości celu 100 m/s

W pierwszej fazie śledzenia (do chwili czasu  $t = 4,42$  s – tzw. czas obserwacji) wartość kąta położenia osi optycznej głowicy jest większa od kąta położenia luf (przelicznik nie wylicza poprawki). Zebranie odpowiedniej liczby danych przez

przelicznik umożliwi wyliczenie punktu wyprzedzonego (od chwili czasu 4,42 s). Jak wynika z wykresu na rys. 5 (wykres 1), po okresie przejściowym dla azymutu wartość położenia chwilowego armat jest większa od wartości położenia chwilowego osi optycznej głowicy, co oznacza, że przelicznik odpracował poprawkę, skierowując armaty na punkt wyprzedzony. Załączenie przelicznika w chwili czasu  $t = 4,42$  s spowodowało dodatkowo odpracowanie kąta celownika (w elewacji) – rys. 5 (wykres 2). Ten przykładowy wykres przedstawia przebieg, w którym odpracowanie przez armatę wyliczonej poprawki następowało przez czas równy 9,1 s. Dla azymutu zostało wprowadzone celowo ograniczenie zapobiegające powstawaniu przeregulowań układu armaty podczas jej dynamicznego przeregulowania. W elewacji nie wprowadzono ograniczenia, co spowodowało przeregulowanie w momencie załączenia przelicznika. Przedstawione wyniki badań nie uwzględniają poprawek wideotrakera, który stabilizuje odpracowanie nastaw przez napędy armaty.



Rys. 6. Uzyskane poprawki – kąt wyprzedzenia (1) i kąt celownika (2) w funkcji czasu dla odległości celu 1500 m i prędkości celu 100 m/s

**TABLICA. Zestawienie uzyskanych wartości i odniesienie ich do wartości tabelarycznych**

Parametry celu	Uzyskany kąt wyprzedzenia	Teoretyczny kąt wyprzedzenia	Uzyskany kąt poprawki balistycznej	Teoretyczny kąt poprawki balistycznej
1500 m 100 m/s	126,46 mrad 7,24°	164 mrad 9,40°	11,69 mrad 0,67°	13 mrad 0,74°

## Podsumowanie

W ramach prac badawczo-rozwojowych prowadzonych w Wojskowej Akademii Technicznej opracowano oprogramowanie sterujące dla PZRA, który ma wejść w skład systemu obrony baz lotniczych „PILICA”. Oprogramowanie to integruje wszystkie urządzenia i systemy zestawu oraz pozwala na dwukierunkową komunikację z armatami znajdującymi się w ugrupowaniu, wymianę danych z systemem dowodzenia i konfigurację parametrów PZRA.

Podczas tworzenia oprogramowania członkowie zespołu badawczego zwrócili szczególną uwagę na sprawdzenie poprawności wyznaczania nastaw działowych, które mają zasadniczy wpływ na wykonie zadania bojowego.

## LITERATURA

- Borowczyk W., Kaczmarek W. „Wyznaczenie wybranych parametrów stanowiska laboratoryjnego do badania optoelektronicznych głowic śledzących”. *Mechanik nr 7/2013*, s. 591+601.
- Dzieniaiewicz H. „Celowniki przeciwlotniczej broni lufowej”, WAT, Warszawa 2000.
- Kaczmarek W., Sienicki K. „Mechatroniczne aspekty projektowania rozproszonych systemów obrony przeciwlotniczej”. *Mechanik nr 7/2010*, s. 501+508.
- Kaczmarek W., Panasiuk J., Śmietański W., Peczyński Zb., Zbrzeźny Ł. „Wybrane aspekty badań laboratoryjnych optoelektronicznych głowic śledząco-celowniczych”. *Mechanik nr 7/2014*, s. 556+565, pełny tekst na płycie CD.