



Eksploracja systemu monitorowania procesu strzelań z przeciwlotniczych zestawów raketowych

Grzegorz SAWICKI*, Konrad SIENICKI, Kamil WACŁAWIK

*Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechatroniki i Lotnictwa,
Katedra Mechatroniki
ul. gen. Witolda Urbanowicza 2, 00-908 Warszawa,
* autor korespondencyjny, e-mail: grzegorz.sawicki@wat.edu.pl*

Artykuł wpłynął do redakcji 10.04.2017 r.

Zweryfikowaną wersję po recenzji otrzymano 22.06.2017 r.

DOI 10.5604/01.3001.0010.7323

Streszczenie. W artykule opisano system monitorowania strzelań z przeciwlotniczych zestawów raketowych. Scharakteryzowano zasady jego eksploatacji. Zaprezentowano wybrane problemy eksploatacyjne.

Słowa kluczowe: eksploatacja, niezawodność, przeciwlotniczy zestaw raketowy

1. WPROWADZENIE

Od współczesnych przeciwlotniczych zestawów raketowych (PZR) wymaga się niezawodnego funkcjonowania w trudnych i zmieniających się warunkach otoczenia oraz współdziałania w ramach systemów dowodzenia i kierowania ogniem [2]. Praktycznym sprawdzieniem ich zdolności bojowej jest zastosowanie na współczesnym polu walki.

Artykuł został opracowany na podstawie referatu prezentowanego podczas XXI Międzynarodowej Szkoły Komputerowego Wspomagania Projektowania, Wytwarzania i Eksploatacji, Jurata, 8-12 maja 2017 r.

Wcześniej jednak należy poznać właściwości PZR podczas badań i ćwiczeń poligonowych. Wtedy też kształtują się właściwe postawy i zachowania załóg, które mają możliwości sprawdzenia różnych wariantów pracy bojowej podczas symulowanych sytuacji powietrznych. Towarzyszą temu pojawiające się zagrożenia wynikające zarówno ze środowiska działania PZR, jak i niedoskonałości w wykorzystaniu wszelkich możliwych wariantów i trybów jego pracy.

Jednym z istotnych problemów mogących wystąpić w takiej sytuacji jest zapewnienie bezpieczeństwa załóg oraz osób w otoczeniu i zasięgu wykonywanych zadań ogniowych. Wychodząc naprzeciw temu, opracowano system monitorowania procesu strzelań z PZR [4]. Sprawne działanie tego systemu zależy przede wszystkim od jakości zastosowanych rozwiązań technicznych, użytych urządzeń i elementów oraz utrzymania ich w stanie użyteczności. Każda jego niesprawność i postój z tym związany mogą spowodować duże zagrożenia w odniesieniu do realizowanych zadań. Sposób eksploatacji systemu monitorowania determinuje zatem w znacznym stopniu bezpieczeństwo w procesie strzelań poligonowych. Istotne staje się więc zagadnienie określenia zasad i metod jego wykorzystania.

2. SYSTEM MONITOROWANIA PROCESU STRZELAŃ Z PZR

System monitorowania procesu strzelań z PZR stanowi jeden z zasadniczych elementów zapewnienia bezpieczeństwa na Centralnym Poligonie Sił Powietrznych (CPSP). Głównym jego zadaniem jest przesyłanie danych dotyczących pracy załóg PZR do stanowiska bezpieczeństwa, z wykorzystaniem sieci teletechnicznej oraz ich zobrazowanie i archiwizowanie. W szczególności system przeznaczony jest do [4]:

- zdalnego monitorowania (w czasie rzeczywistym) działań załóg PZR rozwiniętych na stanowiskach ogniowych podczas realizacji zadań ogniowych,
- analizy przebiegu pracy bojowej,
- archiwizacji danych na stanowisku bezpieczeństwa,
- zapewnienia łączności w sieci bezpieczeństwa (ubezpieczenia) poligonu.

System składa się z następujących zasadniczych elementów [3] (rys. 1 i 2):

- mobilnych podsystemów do rejestracji obrazu i dźwięku (w czasie rzeczywistym) z wozów bojowych (zawierających kamery, wsporniki montażowe, tablety, skrzynki z przełącznikami i mediakonwerterami),
- szaf połączeniowych z krosownicami światłowodowymi na stanowiskach ogniowych (SO) oraz na stanowisku dowodzenia ćwiczących wojsk (SDCŹW),
- serwera oprogramowania, stacji operatorskiej, extendera HDMI i przełączników sieciowych na SD CPSP,
- okablowania światłowodowego wykonanego w standardach militarnych.



Rys. 1. Rozmieszczenie elementów systemu monitorowania na CPSP – stan obecny i planowany

Fig. 1. Deployment of the launching process monitoring system elements - present and planned status

Elementy systemu połączone są z wykorzystaniem podziemnej sieci teletechnicznej (światłowodowej) rozwiniętej na obszarze poligonu, doprowadzonej do szaf połączeniowych w poszczególnych, kluczowych miejscach na CPSP.

Współczesne systemy zapewnienia bezpieczeństwa są bardzo wydajne, a jednocześnie skomplikowane i drogie. Każda ich awaria, uszkodzenie i postój z tym związany mogą powodować duże zagrożenia w odniesieniu do realizowanych zadań. Na potrzeby utrzymania zdolności w procesie użytkowania oraz zapewnienia właściwego funkcjonowania należy określić zatem najistotniejsze kwestie dotyczące eksploatacji systemu monitorowania procesu strzelań z PZR na CPSP.



Rys. 2. Podstawowe elementy systemu monitorowania

Fig. 2. The monitoring system basic elements

3. KONCEPCJA EKSPLOATACJI SYSTEMU MONITOROWANIA STRZELAŃ

W skutecznych strategiach eksploatacji niezbędne jest pozyskiwanie informacji o użytkowaniu i obsługiwaniach technicznych, wykorzystywanie szybkiej, wiarygodnej i dogodnej dla użytkownika informacji o stanie obiektu na podstawie działań diagnostycznych. Do komunikowania się w działaniach eksploatacyjnych stosuje się nowoczesne technologie informacyjne dostarczające wielu oryginalnych rozwiązań z zakresu pozyskiwania i przetwarzania informacji. Ułatwia to modelowanie przyczynowo-skutkowe, wnioskowanie, prognozowanie i genezowanie stanu technicznego.

Przykładowe zobrazowania z kamer systemu monitorowania podczas raketowych strzelań bojowych pokazano na rys. 3.

W koncepcji eksploatacji systemu monitorowania procesu strzelań z PZR na CPSP szczególną uwagę zwrócono na procesy użytkowania i obsługiwaniach technicznych elementów (podsystemów, zespołów) występujących w tym systemie. Zastosowane podejście eksploatacyjne polega na ustaleniu sposobów prowadzenia użytkowania i obsługiwania elementów (podsystemów, zespołów) oraz relacji między nimi w świetle przyjętych kryteriów.



Rys. 3. Zobrazowanie z PZR w trakcie strzelania bojowego na SD CPSP

Fig. 3. Display from Surface-to-Air Missile Systems during launching process at the Command Post

W teorii eksploatacji opisywane są różne strategie eksploatacji systemów technicznych, m.in. według niezawodności, stanu technicznego czy efektywności ekonomicznej. Z reguły w oparciu o jedną z tych strategii buduje się system eksploatacji, przy czym elementy pozostałych strategii są często jego uzupełnieniem. W praktyce występują więc najczęściej mieszane strategie eksploatacji, dostosowane do wymagań i warunków eksploatacji rozważanego systemu technicznego. Określając strategię eksploatacji systemu monitorowania procesu strzelania z PZR, przyjęto założenia odnoszące się do:

- losowości zdarzeń w procesie eksploatacji,
- losowości zmian stanów niezawodnościowych elementów (podsystemów, zespołów),
- niepewności w odniesieniu do jakości wykonywanych obsługiwań i napraw w systemie.

Niezależnie od przyjętej strategii, istotne jest działanie uprzedzające osiągnięcie stanu niezdatności systemu monitorowania procesu strzelań z PZR na CPSP. Ograniczenie się do przeprowadzania obsługiwań tylko po uszkodzeniu obiektu technicznego może prowadzić do poważnych zagrożeń z punktu widzenia zapewnienia bezpieczeństwa na CPSP. Opracowując strategię prowadzenia obsługiwań, przyjęto zatem zasadę koncentrowania się zarówno na działaniach korekcyjnych (serwis po uszkodzeniu elementów/podsystemów), jak i prewencyjnych (w przypadku gdy obiekt jest sprawny).

W tym przypadku oprócz aspektów bezpieczeństwa należy uwzględnić kwestie ekonomiczne.

Momenty czasowe przeprowadzenia obsługiwań prewencyjnych, zależą od wielu czynników, m.in. od struktury niezawodnościowej obiektu, od czasu trwania obsługiwań, czy dopuszczalnego poziomu ryzyka związanego z uszkodzeniami elementów systemu monitorowania procesu strzelania z PZR na CPSP. Opracowując model obsługiwań prewencyjnych, przyjęto założenia dotyczące [1]:

- czasów przebywania elementów systemu monitorowania procesu strzelania z PZR na CPSP w analizowanych stanach procesu eksploatacji jako zmiennych losowych,
- wyników odnowy elementów/podsystemów i wymian prewencyjnych – czy zawsze prowadzą do pełnej zdadności systemu,
- charakteru funkcji intensywności czasu do uszkodzenia elementów/podsystemów.

Stosowanie racjonalnych (lub optymalnych) obsługiwań prewencyjnych wymaga znajomości wielu właściwości rozważanego systemu, takich jak:

- rozkłady czasów poprawnej pracy elementów/podsystemów,
- czasy odnów systemu,
- czasy trwania niezdatności,
- koszty uszkodzeń i obsługiwań prewencyjnych.

Wyznaczanie tych wielkości wymusza zbieranie danych statystycznych i korzystanie z metod statystyki matematycznej. W procesie eksploatacji urządzeń i elementów systemu monitorowania procesu strzelania z PZR, poza uszkodzeniami losowymi poszczególnych urządzeń, występuje naturalne zużycie materiałów, jak chociażby powłok lakierniczych, elementów montażowych w postaci: śrub, podkładek, nakrętek itp. oraz okablowania. Szczególnie wrażliwe elementy podatne na przyspieszone zużycie, występują w ukończeniu podsystemów dla PZR, ze względu na konieczność transportu podsystemów na SO i każdorazowego montażu i demontażu, przez obsługi wołów bojowych. Elementy te wymagają szczególnego nadzoru w ramach obsługiwań codziennych i okresowych.

Ze względu na użycie podsystemów w okresach głównie rakietowych strzelań bojowych za zasadne wydaje się organizowanie:

- obsługiwań technicznych okresowych (OT) – przed strzelaniami bojowymi (z reguły dwa razy w roku), obejmujących sprawdzenie m.in. ukończenia, sprawdzenie gotowości do użycia podsystemów,
- obsługiwań rocznego (OR) – po zakończonym cyklu strzelań w danym roku (obejmującego m.in. kompleksowe sprawdzenie wszystkich podsystemów, usunięcie niesprawności, wymianę uszkodzonych urządzeń, odtworzenie powłok lakierniczych, aktualizację oprogramowania),

- obsługiwanie codziennego (OC) – w trakcie raketowych strzelań bojowych (podsystemy monitorowanie wydane obsłudgom wozów bojowych), obejmującego m.in. podstawowe sprawdzenie działania podsystemu, zgłaszanie usterek osobie odpowiedzialnej z ramienia CPSP.

Ze względu na uwarunkowania organizacyjne, wymagane kompetencje i złożoność podsystemu monitorowania oraz fakt, iż całość systemu przechowywana jest na CPSP konieczne jest, aby:

- obsługiwanie techniczne okresowe (OT) wykonywały wyznaczone osoby z obsługi CPSP
- obsługiwanie roczne (OR) wykonywały wyznaczone osoby z obsługi CPSP z wsparciem projektanta, specjalistów z dziedziny IT;
- obsługiwanie codzienne (OC) wykonywały obsługi wozów bojowych.

Eksploracja systemu monitorowania procesu strzelań z PZR powinna być monitorowana. Wszelkie pojawiające się nieprawidłowości, niedociągnięcia i błędy powinny być odpowiednio rejestrowane, zidentyfikowane i rozwiązywane. Organizacja wykorzystująca system monitoringu powinna dysponować w tym celu odpowiednią infrastrukturą operacyjną, włączając w to wyposażenie, sprzęt, wyszkolony personel oraz instrukcje i procedury.

Kolejnym ważnym elementem koncepcji eksploatacji systemu monitorowania procesu strzelania z PZR na CPSP jest zwrócenie uwagi na potrzebę gromadzenia informacji o niezawodności systemu w warunkach eksploatacyjnych.

Wskazane jest opracowanie skutecznego systemu pozyskiwania danych dotyczących niezawodności systemu monitoringu w warunkach eksploatacyjnych. Podstawowy zbiór informacji źródłowych niezbędnych do oceny niezawodności systemu monitoringu powinien zawierać m.in. dane o stanie technicznym elementów/urządzeń systemu; o realizacji procesu użytkowania i obsługi; chwile wystąpienia uszkodzenia elementów/urządzeń oraz charakterystykę uszkodzenia i uszkodzonego elementu/urządzenia; termin skierowania elementu/urządzenia do obsługi, chwilę rozpoczęcia i zakończenia obsługi.

4. WYBRANE PROBLEMY W EKSPLOATACJI SYSTEMU MONITOROWANIA STRZELAŃ

Typowe, wybrane problemy, możliwe ich przyczyny i sposób usunięcia niesprawności systemu monitorowania procesu strzelań z PZR zrealizowanego na CPSP, przedstawiono w tabeli 1. Zebrane w niej informacje pochodzą z dotychczasowych doświadczeń z użytkowania systemu monitorowania procesu strzelań z PZR podczas badań poligonowych, raketowych strzelań bojowych oraz testów systemu w warunkach laboratoryjnych.

Tabela 1. Typowe niesprawności systemu monitorowania procesu strzelań z PZR
 Table 1. Launching process monitoring system typical malfunctions

Lp.	Niesprawność	Przyczyna	Sposób działania/sprawdzenia/usunięcia usterki	
1.	Oprogramowanie serwera lub stacji nie odpowiada	Błąd systemu lub oprogramowania	Uruchomić ponownie komputer	
2.	Stacja operatorska nie może nawiązać połączenia z serwerem	Serwer wyłączony/niesprawny	Włączyć serwer	Uruchomić ponownie
3.		Błędna nazwa użytkownika i hasło	Wprowadzić prawidłowe dane	
4.		Przełącznik zarządcy wyłączony/niesprawny	Sprawdzić stan przełącznika	Zresetować przełącznik
5.	Brak połączenia z elementami podsystemów na SO, na SDCW, na PDO	Niesprawna wkładka SFP danego toru	Sprawdzić stan wkładki SFP	
6.	Niewykrywanie nowo dołączonego urządzenia na serwerze	Brak sterowników urządzenia w systemie	Pobrać odpowiednie sterowniki np. ze strony Milestone	
7.	Obciążenie procesora serwera lub stacji operatorskiej osiąga 100%	Zbyt duża jakość obrazów/zbyt duża liczba kamer na podglądzie w programie Smart Client	Zmniejszyć rozdzielczość /bitrate kamer	Zmniejszyć jakość wyświetlanych podglądów w programie Smart Client
8.	Serwer utracił połączenie z kamerą	Brak zasilania kamery/ uszkodzenie kamery/ uszkodzenie okablowania	Sprawdzenie połączenia za pomocą polecenia ping/ sprawdzenie stanu diod w kamerze	Wymiana okablowania/ naprawa uszkodzonej kamery
9.		Błąd oprogramowania	Diody kontrolne są zapalone, a kamera nadal się nie zgłasza	Wykonać restart programowy lub fizyczny

Lp.	Niesprawność	Przyczyna	Sposób działania/sprawdzenia/ usunięcia usterki	
10.	Serwer utracił połączenie z kamerą	Błąd oprogramowania	Przywrócić ustawienia fabryczne kamery/ustawić format kodeka na MJPEG	
11.	Brak zobrazowania na PDO	Nieprawny extender HDMI – odbiornik	Sprawdzić stan extendera HDMI/zasilacza	Zresetować extender
12.	Nieprawidłowa jakość obrazu na monitorze PDO	Nieprawidłowo ustawiona rozdzielczość	Ustawić rozdzielczość nominalną na stacji operatorskiej	
13.	Brak połączenia z serwerem Milestone	Zabrudzone złącze CTOS	Sprawdzić stan złącza	Wyczyścić złącze, używając dołączonego do bębna zestawu
14.	Brak połączenia z serwerem Milestone	Uszkodzony światłowód	Sprawdzić stan światłowodu nawiniętego na bęben	Wymiana światłowodu
15.	Brak połączenia elementu podsystemu z serwerem Milestone	Niesprawna przetwornica DC	Sprawdzić stan zasilania urządzeń	Sprawdzić przetwornicę DC (napięcia wyjściowe (+48 V; +9 V))

Niektóre z wymienionych niesprawności są charakterystyczne dla opracowanego systemu monitorowania strzelań, a niektóre są powszechnymi i typowymi zdarzeniami dla tego rodzaju rozwiązań technicznych. Pozyskiwanie danych eksploatacyjnych jest niezbędne do doskonalenia systemu monitorowania oraz opracowywania instrukcji napraw, obsługiwań i weryfikacji czynności obsługowych, jak również terminów ich realizacji.

5. PODSUMOWANIE

Nabywanie umiejętności posługiwania się współczesnymi, złożonymi i drogimi systemami uzbrojenia wymaga stworzenia odpowiednich warunków. Dotyczy to zarówno załóg PZR, jak i personelu zabezpieczającego ćwiczenia i strzelania poligonowe. Jednym z istotnych czynników kształtujących te warunki jest bezpieczeństwo. Między innymi w tym celu opracowano i wdrożono na CPSP system monitorowania procesu strzelań z PZR.

Sprawne działanie tego systemu zapewnione jest dzięki odpowiednim właściwościom eksploatacyjnym i niezawodnościowym. Dlatego bardzo ważne jest ich zdefiniowanie i podjęcie działań umożliwiających zaimplementowanie najlepszych praktyk, aby przełożyć oczekiwania na rzeczywiste charakterystyki eksploatacyjne i niezawodnościowe systemu monitorowania procesu strzelań z PZR. Przy takim podejściu istotne jest ustalenie modeli użytkowania oraz obsługiwanie zespołów i elementów systemu monitorowania, określenie strategii jego eksploatacji, ustalenie zasad nadzorowania i pozyskiwania danych niezawodnościowych z procesu eksploatacji systemu monitorowania oraz zapewnienie wsparcia użytkowników poprzez opis potencjalnych problemów i sposobów ich usuwania podczas eksploatacji systemu monitorowania procesu strzelań z PZR.

Artykuł powstał w wyniku realizacji projektu badawczo - rozwojowego O ROB 0049 03 002 (PBR/15-346/2012/WAT) „System bezpieczeństwa lądowego na Centralnym Poligonie Sił Powietrznych w Ustce obejmujący wybrane – najważniejsze obiekty/miejsca na poligonie” finansowanego ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

LITERATURA

- [1] Sawicki Grzegorz. 2010. „Określanie wymagań niezawodnościowych dla uzbrojenia i sprzętu wojskowego”. *Mechanik 7* : 508.
- [2] Sawicki Grzegorz, Konrad Sienicki. 2014. „Wybrane aspekty zapewnienia funkcjonalności i niezawodności przeciwlotniczego zestawu rakietowego”. *Mechanik 7* : 281-288.
- [3] *Założenia taktyczno-techniczne na system bezpieczeństwa lądowego na Centralnym Poligonie Sił Powietrznych w Ustce.*
- [4] Waclawik Kamil, Konrad Sienicki, Krzysztof Motyl, Dariusz Rodzik. 2014. „Komputerowy system obiektywnej kontroli pracy bojowej zestawów rakietowych, z uwzględnieniem specyficznych warunków ergonomii środowiska pracy”. *Mechanik 7* : 703-712.

Operation of Monitoring a Launching Process for Surface-to-Air Missile Systems

Grzegorz SAWICKI, Konrad SIENICKI, Kamil WACŁAWIK

*Military University of Technology, Faculty of Mechatronics and Aerospace,
Department of Mechatronics,
2 gen. Witolda Urbanowicza Street, 00-908 Warsaw, Poland*

Abstract. The paper discusses the monitoring a launching process for surface-to-air missile systems. Operation rules of the monitoring system are characterized. The examples of operation problems are presented.

Keywords: operation, dependability, surface-to-air missile system

