

Dr inż. Konrad SIENICKI

DOI: 10.17814/mechanik.2015.7.296

Dr inż. Krzysztof MOTYL

Mgr inż. Dariusz KARCZMARZ*

Wojskowa Akademia Techniczna

*Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych

SYMULATOR PROCEDURALNO-DIAGNOSTYCZNY PZR W TECHNOLOGII WIRTUALNEJ Z ELEMENTAMI TECHNOLOGII POSZERZONEJ RZECZYWISTOŚCI

Streszczenie: Przedstawiono koncepcję opracowania symulatora proceduralno-diagnostycznego dla przeciwlotniczego zestawu raketowego S-125 NEWA S.C w oparciu o technologię wirtualną z elementami technologii poszerzonej rzeczywistości. Wyposażenie symulatora powinno obejmować: aparaturę kabiny dowodzenia i naprowadzania, autonomiczny zestaw do tworzenia prezentacji multimedialnych z elementami poszerzonej rzeczywistości, stanowisko instruktora, system wielkoformatowej prezentacji graficznej i oprogramowanie. Proponowany symulator zapewni jakościową zmianę i zwiększenie efektywności szkolenia jednostek OPL Sił Powietrznych, w szczególności w obszarze zagadnień związanych z budową i eksploatacją przeciwlotniczego zestawu raketowego z wykorzystaniem nowych technologii z obszaru VR i AR oraz doskonalenia metod bojowego wykorzystania zestawu przeciwlotniczego.

PROCEDURAL-DIAGNOSTIC SIMULATOR FOR ANTI-AIRCRAFT MISSILE SET IN TECHNOLOGY OF VIRTUAL REALITY WITH ELEMENTS OF AUGMENTED REALITY

Abstract: The paper presents an approach to designing procedural-diagnostic simulator for anti-aircraft missile set S-125 NEWA SC based on virtual technology with elements of augmented reality technology. Simulator equipment should include: equipment of the command and guidance cab, stand-alone set to create multimedia presentations with elements of augmented reality, instructor stand, large format graphic presentation system and software. The proposed simulator will provide a qualitative change and increase the effectiveness of the training of Air Force air defense, particularly in the area of issues related to the construction and operation of a anti-aircraft set with the use of new technologies in the area of VR and AR and improve methods of combat use of anti-aircraft missile set.

Słowa kluczowe: przeciwlotniczy zestaw raketowy, symulator, wirtualna rzeczywistość, poszerzona rzeczywistość

Keywords: anti-aircraft missile set, simulator, virtual reality, augmented reality

1. WPROWADZENIE

Pomimo stałego wzrostu niezawodności złożonych systemów technicznych i rozwoju narzędzi wsparcia eksploatacji, nadal kluczowym elementem w procesie kontroli i diagnostyki systemów technicznych przeciwlotniczych zestawów rakietowych (PZR) jest i pozostanie człowiek – technik lub operator z jego kwalifikacjami, wiedzą i doświadczeniem. W artykule przedstawiono koncepcję opracowania oraz wykonania symulatora proceduralno-diagnostycznego (SP-D), który w sposób wirtualny będzie obrazował przeciwlotniczy zestaw rakietowy NEWA SC, jego podstawowe elementy techniczne, występujące uszkodzenia i objawy, oraz umożliwił prowadzenie pracy bojowej przez obsługę w warunkach symulacji sytuacji powietrznej (rys. 1).



Rys. 1. Środki bojowe przeciwlotniczego zestawu rakietowego S-125 S.C. „Newa”
Od lewej: wyrzutnia, rakiet przeciwlownicza, stacja naprowadzania rakiet

W symulatorze proceduralno-diagnostycznym zostaną wykorzystane dwie nowe technologie: wirtualna rzeczywistość (Virtual Reality VR) i poszerzona rzeczywistość (Augmented Reality AR). Rzeczywistość wirtualna to obraz sztucznej rzeczywistości stworzony przy wykorzystaniu technologii informatycznej. Polega na multimedialnym kreowaniu komputerowej wizji przedmiotów, przestrzeni i zdarzeń. Może on reprezentować zarówno elementy świata realnego (symulacje komputerowe), jak i zupełnie fikcyjnego (gry komputerowe science-fiction). Natomiast rzeczywistość rozszerzona stanowi system łączący świat rzeczywisty z generowanym komputerowo (rys. 2). Zazwyczaj wykorzystuje się obraz z kamery, na który nałożona jest generowana w czasie rzeczywistym grafika 3D. Na przykład, użytkownik AR może za pomocą półprzezroczystych okularów obserwować życie toczące się na ulicach miasta, jak również elementy wytworzone przez komputer nałożone na rzeczywisty świat.



Rys. 2. Przykłady zastosowania technologii opartej na rozszerzonej rzeczywistości (Augmented Reality)

Symulator stworzy zupełnie nową jakość w procesie nabywania wiedzy i doświadczenia przez jego użytkowników. Proponowany symulator pozwoli na jakościową zmianę

i zwiększenie efektywności szkolenia jednostek OPL Sił Powietrznych, w szczególności w obszarze zagadnień związanych z budową i eksploatacją przeciwlotniczego zestawu rakietowego (PZR) z wykorzystaniem nowych technologii z obszaru VR i AR oraz doskonalenia metod bojowego wykorzystania PZR.

Symulator proceduralno-diagnostyczny umożliwi wykonanie większości czynności obsługowych (w tym kontrolę funkcjonowania PZR) oraz przeprowadzenie treningu pracy bojowej obsługi. Wiernie odtworzona i wyposażona w działające urządzenia kabina PZR pozwoli:

- wykonywać standardowe sprawdzenia,
- przeprowadzać przeglądy wyposażenia kabiny PZR,
- programowo wprowadzać pojawiające się podczas wykonywania czynności obsługowych usterki,
- imitować stany awaryjne, błędne działanie urządzeń,
- wykonywać wirtualne uruchomienia urządzeń zewnętrznych (np. kolumny antenowej, wyrzutni itp.),
- przeprowadzać regulacje i strojenie wyposażenia,
- prowadzić pracę bojową obsługi PZR,
- archiwizować pracę na symulatorze,
- oceniać jakość wykonywanych czynności.

Dodatkowo, wyposażony w wirtualne modele kolumny antenowej i wyrzutni z możliwością inspekcji luków wyposażenia, symulator umożliwi przeprowadzanie przeglądów na zewnątrz i wykonywanie czynności obsługowych wymagających kontroli zewnętrznych elementów PZR.

Ponadto symulator będzie wyposażony w moduł komunikacyjny standardu DIS, zapewniający działanie w międzynarodowej sieci symulacji pola walki.

Technologią krytyczną, decydującą o powodzeniu projektu, będzie opracowanie technologii poszerzonej rzeczywistości, łączącej środowisko rzeczywiste z generowanym komputerowo. Opanowanie technologii AR umożliwi:

- integrację środowiska realnego oraz rzeczywistości wirtualnej w jeden obszar,
- interaktywność w czasie rzeczywistym,
- swobodę ruchów w trzech wymiarach.

Planuje się uzyskanie poziomu gotowości technologii IX, co oznacza, że opracowana technologia zostanie zweryfikowana w warunkach rzeczywistych.

Wynik końcowy projektu, symulator proceduralno-diagnostyczny przeciwlotniczego zestawu rakietowego NEWA SC, będzie zaimplementowany w warunkach ośrodka szkoleniowego lub w miejscu stałej dyslokacji (MSD).

2. PODSTAWA MERYTORYCZNA OPRACOWANIA ZTT SYMULATORA PROCEDURALNO-DIAGNOSTYCZNEGO DLA PZR NEWA S.C.

Podstawą merytoryczną opracowania założeń taktyczno-technicznych dla symulatora proceduralno-diagnostycznego PZR NEWA S.C. (ZTT) są następujące dokumenty normatywne (normy obronne):

- NO-06-A101:2005 *Uzbrojenie i sprzęt wojskowy. Ogólne wymagania techniczne. Postanowienia ogólne;*
- NO-06-A102:2005 *Uzbrojenie i sprzęt wojskowy. Ogólne wymagania techniczne. Wymagania niezawodnościowe;*
- NO-06-A103:2005 *Uzbrojenie i sprzęt wojskowy. Ogólne wymagania techniczne. Wymagania środowiskowe;*
- NO-06-A104:2005 *Uzbrojenie i sprzęt wojskowy. Ogólne wymagania techniczne.*

Wymagania konstrukcyjne:

- NO-06-A105:2005 *Uzbrojenie i sprzęt wojskowy. Ogólne wymagania techniczne. Ogólne zasady badań oraz odbioru prototypów i urządzeń produkowanych seryjnie;*
- NO-06-A106:2005 *Uzbrojenie i sprzęt wojskowy. Ogólne wymagania techniczne. Metody badań niezawodności;*
- NO-06-A107:2005 *Uzbrojenie i sprzęt wojskowy. Ogólne wymagania techniczne. Metody badań odporności całkowitej na działanie czynników środowiskowych;*
- NO-06-A108:2005 *Uzbrojenie i sprzęt wojskowy. Ogólne wymagania techniczne. Metody oceny zgodności z wymaganiami konstrukcyjnymi;*
- PN-85/0-79292 *Opakowania transportowe z zawartością – Znaki i znakowanie – Wymagania podstawowe.*

Opracowywany symulator proceduralno-diagnostyczny będzie spełniał następujące wymagania taktyczno-techniczne:

- Wymagania techniczne.
- Wymagania dotyczące kompatybilności i zamienności.
- Wymagania dotyczące ochrony radioelektronicznej.
- Wymagania dotyczące trwałości i odporności całkowitej na oddziaływanie czynników środowiskowych.
- Wymagania niezawodności.
- Wymagania ergonomiczne i estetyki technicznej.
- Wymagania dotyczące przechowywania.
- Wymagania dotyczące podatności transportowej.
- Wymagania dotyczące bezpieczeństwa.
- Wymagania dotyczące skrytości maskowania.
- Wymagania dotyczące technologiczności.
- Wymagania konstrukcyjne.
- Wymagania dotyczące normalizacji i kompatybilności.
- Wymagania dotyczące rodzajów zabezpieczenia, w tym zabezpieczenia logistycznego.
- Wymagania dotyczące szkolenia oraz urządzeń szkolno-treningowych.
- Wymagania dotyczące dokumentacji technicznej.

3. GŁÓWNE ETAPY REALIZACJI SYMULATORA PROCEDURALNO-DIAGNOSTYCZNEGO PZR S-125 NEWA S.C.

Projekt zmierzający do realizacji technicznej symulatora proceduralno-diagnostycznego zostanie zrealizowany w sześciu etapach:

ETAP 1

1. Analiza struktury i trybów pracy elementów PZR NEWA SC w wariantcie „remont z modyfikacją” pod kątem implementacji w wirtualnej rzeczywistości.
2. Analiza systemów wizualizacji pod kątem możliwości prezentacji wirtualnych modeli elementów zestawu i zastosowania poszerzonej rzeczywistości (AR).
3. Analiza i określenie wymaganych parametrów technicznych systemu symulacji zagrożeń elektromagnetycznych w warunkach poligonowych.
4. Opracowanie projektu koncepcyjnego symulatora.
5. Analiza występujących niesprawności oraz zakresu szkolenia prowadzonego z wykorzystaniem technik wirtualnych.
6. Uruchomienie procedury pozyskania komponentów symulatora.
7. Uruchomienie procedury pozyskania komponentów procesora obrazu.
8. Opracowanie wymagań technicznych dla symulatora.

9. Opracowanie projektu technicznego symulatora.
10. Integracja elementów struktury symulatora proceduralno-diagnostycznego.
11. Uruchomienie procesora obrazu symulatora zarządzającego zobrazowaniem obiektów wirtualnych w symulatorze proceduralno-diagnostycznym.
12. Wykonanie modeli laboratoryjnych stanowiska zarządzania pracą symulatora oraz symulatora proceduralno-diagnostycznego przeciwlotniczego zestawu raketowego.
13. Przeprowadzenie badań laboratoryjnych modeli opracowanych stanowisk.

ETAP 2

1. Wykonanie prototypu stanowiska instruktora zarządzającego pracą symulatora proceduralno-diagnostycznego.
2. Opracowanie edytora ćwiczeń i aplikacji monitorującej czynności szkolonego.
3. Weryfikacja funkcjonalności stanowiska instruktora pod kątem możliwości tworzenia i generowania scenariuszy ćwiczeń,
4. Określenie ścieżek logicznych czynności realizowanych przez szkolonego w poszczególnych trybach pracy przeciwlotniczego zestawu raketowego.
5. Wykonanie modelu 3D elementów PZR oraz implementacja w rzeczywistości wirtualnej.

ETAP 3

1. Wykonanie prototypu symulatora proceduralno-diagnostycznego przeciwlotniczego zestawu raketowego.
2. Weryfikacja funkcjonalności stanowiska szkolonego pod kątem możliwości realizacji ćwiczeń.

ETAP 4

1. Integracja elementów systemu symulatora proceduralno-diagnostycznego przeciwlotniczego zestawu raketowego w technologii wirtualnej z elementami poszerzonej rzeczywistości.
2. Implementacja ścieżek logicznych.
3. Wykonanie badań funkcjonalnych prototypu symulatora.
4. Opracowanie dokumentacji technicznej symulatora proceduralno-diagnostycznego przeciwlotniczego zestawu raketowego w technologii wirtualnej z elementami poszerzonej rzeczywistości.
5. Opracowanie programu badań i metodyk badania ścieżek logicznych (badania kwalifikacyjne).

ETAP 5

1. Przeprowadzenie badań potwierdzających uzyskanie IX poziomu technologii. Weryfikacja dokumentacji technicznej systemu.
2. Przeprowadzenie badań ścieżek logicznych.
3. Przeprowadzenie badań systemu poszerzonej rzeczywistości. Wprowadzenie zaleceń i wniosków z badań kwalifikacyjnych symulatora proceduralno-diagnostycznego przeciwlotniczego zestawu raketowego w technologii wirtualnej z elementami poszerzonej rzeczywistości.

ETAP 6

1. Wykonanie docelowej dokumentacji technicznej systemu. Uzyskanie orzeczenia potwierdzającego spełnienie założeń projektowych oraz możliwości docelowego wykorzystania w systemie szkolenia SZ RP.
2. Badania jakości szkolenia z wykorzystaniem symulatora wirtualnego.

3. Wykonanie docelowej dokumentacji technicznej symulatora proceduralno-diagnostycznego przeciwlotniczego zestawu raketowego w technologii wirtualnej z elementami poszerzonej rzeczywistości:
 - a) dokumentacja techniczna do wykonania partii próbnej, która uwzględnienia wymagania Decyzji nr 72/MON oraz spełnia wymagania zawarte w Normach Obronnych NO-06-A101-108 *Uzbrojenie i sprzęt wojskowy. Ogólne wymagania techniczne, metody kontroli i badań*,
 - b) prototyp stanowiska zarządzania pracą symulatora oraz tworzenia scenariuszy ćwiczeń umożliwiające przeprowadzenie badań wstępnych i kwalifikacyjnych pod nadzorem Inspektoratu Uzbrojenia,
 - c) prototyp symulatora proceduralno-diagnostycznego przeciwlotniczego zestawu raketowego, umożliwiające przeprowadzenie badań wstępnych i kwalifikacyjnych pod nadzorem Inspektoratu Uzbrojenia.

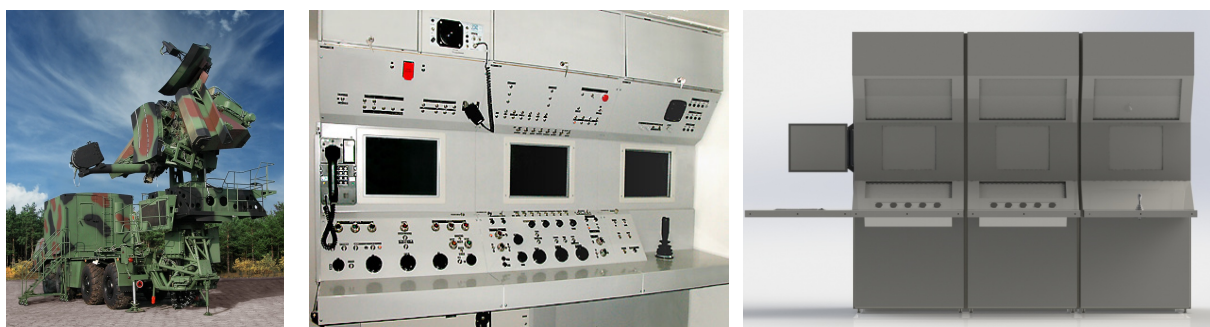
4. WYPOSAŻENIE SYMULATORA PROCEDURALNO-DIAGNOSTYCZNEGO

Wyposażenie symulatora powinno obejmować:

1. Aparaturę kabiny dowodzenia i naprowadzania (AKDN).
2. Autonomiczny zestaw do tworzenia prezentacji multimedialnych z elementami poszerzonej rzeczywistości.
3. Stanowisko instruktora (SI).
4. System wielkoformatowej prezentacji graficznej (SWPG).
5. Oprogramowanie.

4.1. Aparatura kabiny dowodzenia i naprowadzania

Konsola AKDN stanowi odwzorowanie wizualne i funkcjonalne konsoli znajdującej się w KDN NEWA SC po remoncie z modyfikacją (wersja z 2014 r.) wraz z blokiem BS-M (rys. 3). Elementy wykonawcze (przyciski, przełączniki itp.) pulpitu dolnych i górnych poszczególnych osób funkcyjnych wykonano w technologii wirtualnej, jako interaktywne obiekty 3D, prezentowane na ekranach dotykowych, z wyjątkiem pokręteł na pulpitu strzelającego i oficera naprowadzania oraz manipulatora typu joystick na pulpicie operatora ręcznego śledzenia, zapewniającego tę samą funkcjonalność co oryginalne wyposażenie KDN NEWA SC.



Rys. 3. KDN NEWA S.C: rzeczywista konsola AKDN i jej odwzorowanie graficzne, które zostanie wykorzystane w symulatorze proceduralno-diagnostycznym

Ich rozmieszczenie jest zgodne z rozmieszczeniem elementów rzeczywistych. Konsola AKDN składa się z trzech rozłącznych modułów zapewniających wymaganą podatność transportową oraz szafy typu „rack” z wyposażeniem informatycznym (rys. 4).



Rys. 4. Konsola AKDN symulatora proceduralno-diagnostycznego PZR NEWA S.C.

AKDN zapewni:

- prezentację poszczególnych bloków KDN łącznie z ich przeznaczeniem;
- zapoznanie z budową i przeznaczeniem wskaźników i pulpitów poszczególnych osób funkcyjnych obsługi bojowej KDN;
- wyświetlanie podpowiedzi i opisów funkcjonalności poszczególnych przycisków na monitorach dotykowych pulpitów oraz wskaźnikach;
- prezentację wszystkich przycisków, przełączników i pokręteł pulpitów KDN wraz z opisem ich przeznaczenia;
- wykonanie wszystkich czynności występujących w SNR w trybie ROZWIJANIE;
- przeprowadzenie symulowanej kontroli funkcjonowania stacji naprowadzania rakiet wraz z możliwością zasymulowania niesprawności i objaśnieniem sensu fizycznego;
- przeprowadzenie symulowanej kontroli funkcjonowania wyposażenia startowego wraz z możliwością zasymulowania niesprawności i objaśnieniem sensu fizycznego;
- wykonanie sprawdzeń w trybie OBSŁUGIWANIE wraz z objaśnieniem ich sensu fizycznego;
- przeprowadzenie oblotu technicznego stacji naprowadzania rakiet wraz z możliwością analizy oblotu, wprowadzenia korekt, wyjaśnienia sensu fizycznego oraz sposobami wyliczania błędów systematycznych i fluktuacyjnych;
- przeprowadzenie sprawdzenia odzewów wraz z przykładami prawidłowych i nieprawidłowych odpowiedzi rakiet;
- wyświetlenie informacji o sytuacji powietrznej otrzymanej z symulowanej RSWP;
- naukę czynności wykonywanych podczas pracy bojowej zestawu wraz z objaśnieniem elementów zasad strzelania PZR NEWA SC;
- przeprowadzenie prostego treningu jednoszczeblowego z wykorzystaniem wbudowanego w KDN symulatora z możliwością sprawdzenia przynależności obiektu, zasymulowania awarii różnych elementów stacji oraz możliwością zatrzymania i wznowienia treningu w trakcie jego trwania;
- przeprowadzenie treningu z wykorzystaniem rozkazów FCO odbieranych ze stanowiska instruktora podgrywającego wyższy szczebel dowodzenia;
- przeprowadzenie treningu z wykorzystaniem danych przesyłanych w protokołach DIS;
- przeprowadzenie treningu operatora RS z wykorzystaniem kanału radiolokacyjnego i telewizyjnego;
- rejestrację przebiegu szkolenia, w tym rejestrację zobrazowania wszystkich wskaźników z rozdzielczością umożliwiającą odczyt informacji zobrazowywanych na wskaźnikach (np. wartości liczbowe, kolory ikon) oraz późniejszą analizę przebiegu szkolenia na systemie wielkoformatowej prezentacji graficznej.



Rys. 5. Pulpit Strzelającego: od lewej rzeczywisty i wirtualny

4.2. Autonomiczny zestaw do tworzenia prezentacji multimedialnych z elementami poszerzonej rzeczywistości

Autonomiczny zestaw do tworzenia prezentacji multimedialnych z elementami poszerzonej rzeczywistości składa się z (rys. 6):

- 1) tabletu z ekranem dotykowym;
- 2) okularów przeziernych typu „See Thru AR”;
- 3) manipulatora typu mysz żyroskopowa;
- 4) oprogramowania.



Rys. 6. Autonomiczny zestaw do tworzenia prezentacji multimedialnych

Autonomiczny zestaw do tworzenia prezentacji multimedialnych z elementami poszerzonej rzeczywistości działa w dwóch trybach:

- tablet;
- tablet, okulary przeziernie oraz mysz żyroskopowa.

Autonomiczny zestaw do tworzenia prezentacji multimedialnych z elementami poszerzonej rzeczywistości umożliwia wyświetlanie opisów oraz podpowiedzi kolejnych czynności w zakresie:

- prezentacji bloków przedziału aparaturowego KDN łącznie z ich przeznaczeniem;
- nauki czynności wykonywanych w trakcie uruchamiania i przygotowania PZR NEWA SC do pracy bojowej;
- nauki czynności związanych z obsługą bloków aparaturowych nadajnika celu UW-20SC i odbiornika UW-40SC na kolumnie antenowej obejmujących:
 - ✓ sprawdzenie czułości: kanału głównego, kanału przeciwanikowego, kanału raketowego,
 - ✓ sprawdzenie automatycznej regulacji wzmocnienia na kolumnie antenowej,
 - ✓ sprawdzenie mocy nadajnika komend i nadajnika zapytania w bloku UW-60SC;

- nauki czynności związanych z obsługą bloku dystrybucji suchego powietrza UW-561SC.

4.3. Stanowisko instruktora

Stanowisko instruktora składa się z (rys. 7):

- komputera o parametrach nie gorszych niż stacja robocza wymieniona w *Wykazie obowiązujących standardów sprzętu łączności i informatyki i oprogramowania do stosowania w resorcie obrony narodowej*, wersja 5 z 10 stycznia 2014 r.;
- dwóch monitorów o przekątnej 24";
- elementów łączności symulowanej baterii startowej;
- oprogramowania zarządzającego symulatorem.



Rys. 7. Stanowisko instruktora

Stanowisko instruktora umożliwia:

- symulowanie uszkodzeń w blokach funkcjonalnych SNR, celem wymuszenia na obsłudze rozpoczęcia procedur diagnostycznych i naprawczych koniecznych do ich likwidacji;
- symulowanie nie zejścia rakiety z wyrzutni podczas prowadzenia pracy bojowej;
- odpowiadanie na sygnały sterujące z symulatora podczas kontroli funkcjonowania wyposażenia startowego;
- uruchamianie scenariuszy symulacji;
- zatrzymywanie i wznowianie symulacji w każdym momencie pracy bojowej;
- uruchamianie na SWPG objaśnień dotyczących zasady działania lub zasad strzelania PZR w trakcie trwania treningu;
- wprowadzanie zakłóceń podczas wykonywania sprawdzenia odzewów;
- podgląd wszystkich wskaźników symulatora;
- uruchamianie i sterowanie prezentacjami na systemie wielkoformatowej prezentacji graficznej.

4.4. System wielkoformatowej prezentacji graficznej

System składa się z (rys. 8):

- zestawu czterech monitorów o przekątnej 46" i rozdzielczości Full HD;
- komputera sterującego – procesora graficznego.

System wielkoformatowej prezentacji graficznej umożliwi (rys. 9):

- prezentację wszystkich elementów zestawu PZR S-125 NEWA SC;
- dokonanie przeglądu wirtualnych elementów zestawu raketowego, takich jak: SNR, część specjalna wyrzutni raket, połowa stacja zasilania oraz rakiety wraz z możliwością otwarcia wszystkich drzwi i luków;
- symulowanie pracy (ruchu) kolumny antenowej oraz wyrzutni raket;
- przeprowadzenie interaktywnej prezentacji zasady działania zasadniczych elementów i układów zestawu;
- wykonywanie wirtualnego uruchomienia urządzeń zewnętrznych (np. kolumny antenowej, wyrzutni itp.);
- prezentację objawów najczęściej występujących uszkodzeń, metodykę wykrywania i usuwania uszkodzeń wraz z sensem fizycznym i skutkami działającymi na pracę bojową;
- prezentację metodyki regulacji i strojów kolumny antenowej i wyposażenia startowego wraz z sensem fizycznym;
- przeprowadzenie szkolenia z diagnozowania, usuwania uszkodzeń oraz wykonywania regulacji i strojów przy wykorzystaniu wirtualnych przyrządów pomiarowych z możliwością podpowiedzi kolejnych kroków ze stanowiska instruktora, a w tym co najmniej:
- przeprowadzenie sprawdzianu wiedzy i umiejętności praktycznych z diagnozowania i usuwania uszkodzeń oraz wykonywania regulacji i strojów;
- wykonanie czynności obsługowych wymagających kontroli zewnętrznych elementów PZR.



Rys. 8. System wieloformatowej prezentacji graficznej



Rys. 9. Przykład zobrazowania 3D: SNR i wyrzutnia

4.5. Oprogramowanie symulatora proceduralno-diagnostycznego

Oprogramowanie symulatora powinno:

- posiadać możliwość pełnej rejestracji, przechowywania i odtwarzania realizowanych szkoleń i treningów;
- zapewniać prowadzenie szkolenia i treningu w oparciu o symulowaną sytuację powietrzną;
- cechować się prostym i czytelnym interfejsem, zapewniającym płynne oraz intuicyjne wykorzystanie jego funkcji.

5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI KOŃCOWE

1. W środowisku wirtualnym zostanie odwzorowany zestaw przeciwlotniczy, jego kabina z wyposażeniem technicznym i włącznikami poszczególnych systemów.
2. Symulator stworzy zupełnie nową jakość w procesie nabywania wiedzy i doświadczenia przez jego użytkowników.
3. Symulator pozwoli na zmniejszenie kosztów szkolenia i degradacji sprzętu bojowego występującego w przypadku tradycyjnych metod szkolenia personelu technicznego (techników i operatorów).
4. Zastosowanie technologii wirtualnej rzeczywistości pozwoli na stworzenie uniwersalnego narzędzia szkoleniowego, które będzie mogło być rozbudowywane o nowe typy zestawów przeciwlotniczych, innych urządzeń lub systemów, które wymagają permanentnego szkolenia użytkowników.
5. Zastosowane rozwiązanie w istotny sposób zwiększy efektywność szkolenia, a przez to zwiększy bezpieczeństwo eksploatacji urządzeń techniki wojskowej.
6. Opracowany symulator zostanie włączony do bieżącego trybu szkolenia, ograniczając lub eliminując konieczność wykorzystywania do szkolenia rzeczywistych PZR.

LITERATURA

- [1] *Założenia taktyczno-techniczne na Symulator proceduralno-diagnostyczny przeciwlotniczego zestawu raketowego w technologii wirtualnej z elementami technologii poszerzonej rzeczywistości*, ITWL, Warszawa, 2014.
- [2] Sienicki K., Motyl K., Zalewski P.: *Modelowanie matematyczne lotu środków napadu powietrznego na potrzeby symulatora proceduralno-diagnostycznego przeciwlotniczego zestawu raketowego*, WAT, Ryn, 2014.