

Andrzej RYPULAK<sup>1</sup>  
Andrzej KOMOREK<sup>2</sup>  
Rafał BIENĆZAK<sup>3</sup>  
Przemysław MAŁDRZYCKI<sup>4</sup>  
Dariusz KARCZMARZ<sup>5</sup>

### KONCEPCJA SYMULATORA DIAGNOSTYCZNEGO STATKU POWIETRZNEGO

*Szkolenie personelu lotniczego jest przedsięwzięciem trudnym do realizacji i bardzo kosztownym. W celu jego ułatwienia i ograniczenia kosztów, od wielu lat stosowane są symulatory, początkowo wykorzystywane do szkolenia personelu latającego a w ostatnich latach do szkolenia personelu technicznego. Wychodząc naprzeciw potrzebom, podjęto próbę opracowania symulatora diagnostycznego, przeznaczonego do szkolenia personelu technicznego. Artykuł prezentuje koncepcję takiego symulatora, od założeń do zadań i proponowanych możliwości tego urządzenia. Ponadto w artykule zawarto analizę struktury technicznej symulatora.*

### CONCEPTION OF AIRCRAFT DIAGNOSTIC SIMULATOR

*The training of airborne staff is a specialized project which is difficult and very expensive. In order to facilitate the operation and to limit costs for a lot of years are used simulators. Initially they were used to pilots training and in recent years to train maintenance staff. To meet needs, an effort to develop diagnostic simulator was undertaken. The paper presents a conception of the simulator, from an idea to tasks and capabilities of the device. Apart from the paper contains an analysis of technical structure of simulator.*

---

<sup>1</sup>Wyższa Szkoła Oficerska Sił Powietrznych, Wydział Lotnictwa; 08-521 Dęblin, ul. Dywizjonu 303 nr 12, tel. 815517434, e-mail: mjgd@o2.pl

<sup>2</sup>Wyższa Szkoła Oficerska Sił Powietrznych, Wydział Lotnictwa; 08-521 Dęblin, ul. Dywizjonu 303 nr 12, tel. 81 5518863, e-mail: komman@op.pl

<sup>3</sup>Wyższa Szkoła Oficerska Sił Powietrznych, Wydział Lotnictwa; 08-521 Dęblin, ul. Dywizjonu 303 nr 12, tel. 81 5518824, e-mail: rbienczak@op.pl

<sup>4</sup>Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Zakład Systemów Szkolenia i Systemów Dowodzenia, ul. Księcia Bolesława 6 01-494 Warszawa, skryt. poczt. 96, tel. 22 685 10 51, e-mail: przemyslaw.madrzycki@itwl.pl

<sup>5</sup>Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Zakład Systemów Szkolenia i Systemów Dowodzenia, ul. Księcia Bolesława 6 01-494 Warszawa, skryt. poczt. 96, tel. 22 685 10 51, e-mail: dariusz.karczmarz@itwl.pl

## 1. WSTĘP

Jednym z największych problemów z jakim boryka się zarówno lotnictwo wojskowe jak i cywilne jest konieczność zapewnienia bezpieczeństwa wykonywania zadań lotniczych. Kluczową rolę w tym zakresie pełni system szkolenia personelu latającego jednak nie należy zapominać, że równie ważne jest właściwe przygotowanie statku powietrznego do lotu przez personel techniczny.

Duży nacisk na bezpieczeństwo lotów spowodował, że wraz z rozwojem lotnictwa, nastąpił rozwój urządzeń symulujących lot, w których piloci mogą ćwiczyć swoje umiejętności praktyczne. Należy zaznaczyć, iż dosyć długo symulatory lotnicze zaspokajały wyłącznie potrzeby szkolenia pilotów, a ich wykorzystanie do szkolenia personelu technicznego było sporadyczne. Niemniej jednak w końcu dostrzeżono, iż symulatory można wykorzystywać również do szkolenia naziemnego personelu technicznego.

Pojawienie się symulatorów obsługi technicznych było efektem poszukiwań metod poprawy jakości wykonywanych obsług i zmniejszenia kosztów szkoleń z wykorzystaniem realnych statków powietrznych. Nie bez znaczenia był również fakt, że w miejscu wykonywania pracy, personel techniczny nie zawsze posiada ciągły kontakt z obsługiwany samolotem, czy śmigłowcem, co może skutkować obniżeniem jakości wykonywanych obsług. Okazało się wówczas, że symulatory można znakomicie wykorzystać celem samokształcenia lub przypomnienia zasad wykonywania czynności obsługowych, nawet w przypadku braku rzeczywistego statku powietrznego.

Przykładem takiego rozwiązania jest między innymi system do szkolenia personelu technicznego samolotu F-16 MSAMT (Modular Simulated Aircraft Maintenance Trainer). System ten zapewnia nowej generacji szkolenie personelu technicznego w oparciu o kompleksowe i interaktywne rozwiązania wirtualne. Zasadnicze moduły szkoleniowe pozwalają na poznanie systemów hydraulicznego i pneumatycznego (Pneumatic/Hydraulic System; PHS), elektrycznego (Electrical Power System; EPS), Environmental Control System (ECS) oraz napędowego (Propulsion System Trainer; PST) wraz z podsystemem uruchamiania silnika (Engine Start System; ESS).



Rys.1. Przykładowe rozmieszczenie elementów systemu MSAMT [7]

System składa się z dwóch zasadniczych części:

- stanowiska instruktora IWS;
- stanowiska słuchacza SWS.

Stanowiska wyposażone są w komputer PC, dwa monitory i urządzenia peryferyjne. Stanowisko instruktora wyposażone jest w dwa projektory z przełącznikami wyboru źródła wejściowego (lewy i prawy monitor instruktora i słuchacza). Obraz generowany przez rzutniki jest prezentowany dla pozostałych słuchaczy którzy biorą udział w zajęciach, i na jego podstawie instruktor wyjaśnia co w danym momencie jest realizowane przez słuchaczy przy stanowisku.

Z wykorzystaniem MSAMT można realizować następujące zadania:

- przygotowanie lekcji;
- prowadzenie wykładu w oparciu o przygotowaną lekcję;
- przeprowadzenie treningu obsługi i sprawdzenia zainstalowanych podsystemów;
- przeprowadzenie analizy i usuwanie usterek;

Z powyższego wynika, że można prowadzić dwa rodzaje zajęć:

- teoretyczne – uzupełniające wiedzę słuchaczy;
- praktyczne – podczas których słuchacze w sposób wirtualny dokonują uruchomienia systemów, obsługują elementy sterowania, otwierają i zamykają luki techniczne, dokonują pomiarów, oraz usuwają symulowane usterki.

## 2. PRZEZNACZENIE I CEL OPRACOWANIA SYMULATORA

Założono, że symulator diagnostyczny przeznaczony będzie do prowadzenia szkolenia naziemnego personelu technicznego obsługującego samolot M28.

Powstanie takiego symulatora zwiększy bezpieczeństwo latania poprzez lepsze przygotowanie personelu technicznego do realizacji czynności obsługowych przewidzianych w dokumentacji eksploatacyjnej samolotu. Zakłada się również, iż poprzez zmniejszenie udziału rzeczywistego statku powietrznego w procesie szkolenia – możliwe będzie znaczne zmniejszenia jego kosztów oraz ograniczenie czynników wpływających na zanieczyszczenie środowiska (spaliny, oleje, samary, hałas itp.).

**Celem bezpośrednim** projektu jest stworzenie i badanie symulatora, który w sposób wirtualny będzie obrazował statek powietrzny, jego podstawowe elementy techniczne oraz występujące uszkodzenia i ich objawy. Symulator pozwoli na zmniejszenie kosztów szkolenia i degradacji sprzętu lotniczego występującego w przypadku tradycyjnych metod szkolenia personelu technicznego i pilotów. W środowisku wirtualnym zostanie odwzorowany statek powietrzny, jego kabina z przyrządami pokładowymi, organami sterowania i włącznikami poszczególnych systemów. Wszelkie elementy sterowania i włączniki będą interaktywne.

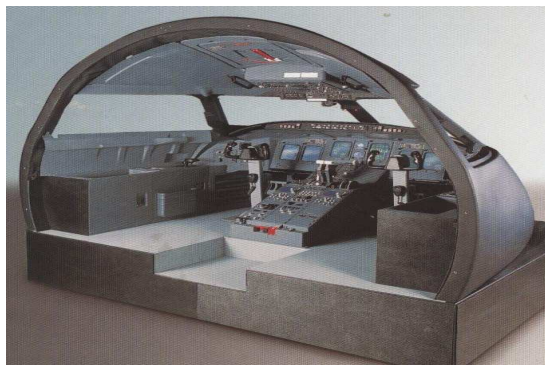
**Celem nadrzędnym** projektu z perspektywy wykonawcy jest *wzrost bezpieczeństwa eksploatacji statków powietrznych*. Jednym z istotnych czynników mających wpływ na bezpieczeństwo lotu jest sprawność techniczna podzespołów i systemów zainstalowanych na statku powietrznym. Pomimo stałego wzrostu niezawodności tych systemów i rozwoju narzędzi wsparcia w oparciu o technikę komputerową, nadal kluczowym elementem w procesie kontroli i diagnostyki systemów pokładowych jest i pozostanie człowiek z jego

kwalifikacjami, wiedzą i doświadczeniem. Symulator stworzy zupełnie nową jakość w procesie zdobywania wiedzy i doświadczenia przez jego użytkowników.

### **2.1 Sposób wykorzystania symulatora**

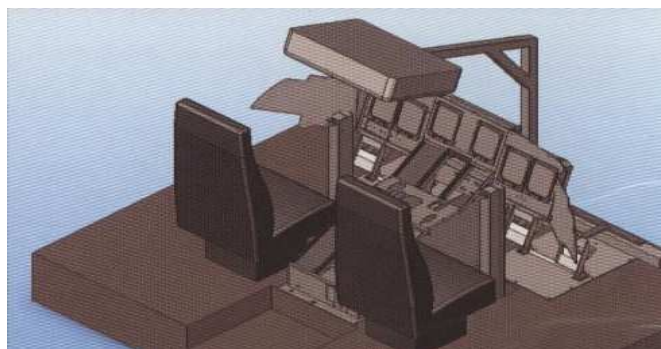
Pierwsze symulatory obsługowe budowano w oparciu o kabiny rzeczywistych statków powietrznych, następnie wraz z rozwojem technik komputerowych pojawiły się rozwiązania całkowicie wirtualne.

Od początku, ideą konstruktorów była budowa urządzeń pozwalających możliwie wiernie odtwarzać kabiny samolotów i śmigłowców z większością działających w nich urządzeń. W epoce pierwszych symulatorów, umożliwienie działania urządzeń stanowiło poważne wyzwanie i zwykle było realizowane w oparciu o całe systemy przejęte z realnego statku powietrznego. Na ówczesnym etapie symulator był częścią samolotu czy śmigłowca pozbawioną kadłuba i silników i właściwie tylko ograniczenia lokalowe stały na przeszkodzie wykorzystania całego statku powietrznego jako symulatora.



*Rys.2. Przykład z pełną zabudową stelażową makiety kabiny statku powietrznego*

Pojawienie się i burzliwy rozwój możliwości komputerów pozwolił na stworzenie symulatorów, w których zarówno kabina załogi jak i sylwetka samolotu mogła być całkowicie wirtualna.



*Rys.3. Przykład zabudowy szkieletowej stelaża makiety kabiny statku powietrznego*

Nie spowodowało to jednak zaprzestania budowy i rozwoju symulatorów, których wyposażenie było oparte na rzeczywistych elementach i obecnie obydwie koncepcje funkcjonują niezależnie.

Współczesne, zaawansowane symulatory diagnostyczne umożliwiają wykonywanie większości czynności obsługowych na konkretnym statku powietrznym. Wiernie odtworzone i wyposażone w działające urządzenia kabiny, pozwalają:

- wykonywać standardowe sprawdzenia,
- przeprowadzać przeglądy wyposażenia kabin,
- programowo wprowadzać pojawiające się podczas wykonywania czynności obsługowych usterki,
- imitować stany awaryjne, błędne działanie urządzeń,
- wykonywać wirtualne uruchomienia silników i innych urządzeń zewnętrznych,
- przeprowadzać regulacje i strojenie wyposażenia,
- archiwizować pracę na symulatorze,
- oceniać jakość wykonywanych czynności.

Dodatkowo, wyposażone w wirtualną sylwetkę statku powietrznego z możliwością inspekcji luków wyposażenia, symulatory umożliwiają:

- przeprowadzanie przeglądów na zewnątrz,
- wykonywanie czynności obsługowych wymagających kontroli zewnętrznych elementów statku powietrznego.

## 2.2. Formy szkolenia z wykorzystaniem symulatora

Technika prowadzenia szkoleń z użyciem symulatora może być wykorzystana podczas szkolenia kursowego lub indywidualnego z zastosowaniem następujących metod szkolenia:

- szkolenie formalne,
- doradztwo,
- udzielanie instrukcji.

Szkolenie formalne z wykorzystaniem symulatora, może być prowadzone zarówno w formie grupowej jak i indywidualnej, przy czym grupy szkolonych nie powinny liczyć więcej niż 1...5 osób, bowiem przy założeniu, że symulator jest urządzeniem jednoosobowym, duża liczność grupy znacznie utrudnia proces przekazywania wiedzy i zdobywania umiejętności.

Najbardziej optymalnym (ale również kosztownym) rozwiązaniem jest indywidualna praca szkolonego na symulatorze pod nadzorem instruktora, jednak kiluosobowe grupy również mogą być efektywnie szkolone poprzez:

- obserwacje czynności realizowanych na symulatorze przez wykonującego zadanie,
- zapamiętywanie kolejności i zasad wykonywania czynności obsługowych,
- naukę przebiegu procesu diagnostycznego,
- weryfikację poprawności wykonywania czynności obsługowych i diagnostycznych.

W szkoleniu symulatorowym z powodzeniem można wykorzystać również formę szkolenia jaką jest udzielanie instrukcji. Przy założeniu, że jednym z elementów symulatora będzie moduł prezentacji i nauczania zasad wykonywania czynności obsługowych samolotu, symulator będzie (po uruchomieniu tej opcji przez instruktora) prowadził szkolonego przez wybrane elementy procesu obsługowego. Informacje i sposób ich prezentacji pozwolą na

zapoznanie się szkolonego z zasadami i kolejnością wykonywania określonych czynności oraz możliwymi przyczynami nieprawidłowego działania obsługiwanych urządzeń i instalacji samolotu. Dokładniejsze informacje na temat mechanizmów i zasad działania oraz możliwych przyczyn niewłaściwego działania systemów, instalacji i urządzeń samolotu powinny zostać zawarte i dostępne w dołączonym do symulatora module e-learningowym.

### **3. WYMAGANIA TECHNICZNO – ORGANIZACYJNE NA SYMULATOR DIAGNOSTYCZNY**

#### **3.1 Wymagania funkcjonalne**

Celem budowy symulatora jest uzyskanie urządzenia odtwarzającego wirtualną rzeczywistość, będącego pełnowartościowym substytutem realnych elementów statku powietrznego. Symulator powinien umożliwiać wykonywanie wybranych procedur obsługowych bez konieczności wykorzystywania statku powietrznego. W związku z tym należy założyć, że niezbędne jest wykonanie w postaci graficznej:

- kompletnej wirtualnej kabiny samolotu,
- wiernego modelu sylwetki samolotu,
- odwzorowania wnętrza luków i wzierników.

Symulator powinien korzystać z doświadczeń już działających urządzeń oraz spełniać następujące wymagania:

- umożliwiać wykonywanie czynności obsługowych wybranych urządzeń, instalacji i systemów samolotu M28 w każdej specjalności, bez konieczności posiadania rzeczywistego statku powietrznego,
- umożliwiać wirtualne wykonanie pełnego przeglądu samolotu z weryfikacją:
  - poprawności trasy przeglądu,
  - kolejności wykonywanych czynności,
  - znajomości czynności obsługowych,
  - poprawności diagnozowania kontrolowanych elementów,
  - znajomości zasad wykonywania przeglądu,
- umożliwiać symulację uszkodzeń wybranych urządzeń i wprowadzania ich w wybranej sekwencji,
- umożliwiać weryfikację:
  - poprawności wykonywania czynności obsługowych (kolejność, używane narzędzia, obserwacja działania),
  - poprawności interpretacji wskazań przyrządów i elementów sygnalizacyjnych,
  - właściwego postępowania po wykryciu usterki lub zauważenia niewłaściwego działania kontrolowanego urządzenia,
  - znajomości rozmieszczenia urządzeń na samolocie,
- wiernie odzwierciedlać tablice i pulpity w kabinie:
  - przyrządy umieszczone w kabinie powinny funkcjonować tak jak w rzeczywistym samolocie,
  - elementy komutacyjne powinny działać, a ich działanie musi skutkować odpowiednim funkcjonowaniem pozostałych elementów w kabinie załogi,

- elementy sygnalizacyjne umieszczone w kabinie powinny działać, sygnalizując odpowiednie stany pracy przyrządów, instalacji i systemów,
- sposób przedstawiania przełączników, pokręteł i przycisków powinien być zbliżony do rzeczywistego,
- przyrządy, których działania nie zamierzono symulować powinny nie załączać się,
- umożliwiać powiązanie czynności wykonywanych w kabinie załogi z działaniem elementów na zewnątrz samolotu i w kabinie pasażerskiej,
- czynności wykonywane na zewnątrz samolotu i w kabinie pasażerskiej muszą powodować działanie określonych elementów umieszczonych w kabinie załogi,
- umożliwiać opuszczanie kabiny załogi (wirtualne) i wykonywanie określonych czynności obsługowych na zewnątrz,
- posiadać możliwość wirtualnego otwierania i zamykania luków, osłon i wizjerów niezbędnych do wykonania czynności obsługowych,
- wnętrza luków powinny być odwzorowane wiernie, w sposób umożliwiający wykonanie określonych czynności obsługowych (sprawdzenie poprawności mocowania, demontaż i montaż agregatów, rozłączanie i łączenie złączy elektrycznych, przeprowadzenie regulacji, weryfikacja uszkodzeń mechanicznych, itp.),
- możliwość obserwacji przez instruktora czynności wykonywanych przez szkolonego w kabinach i na zewnątrz samolotu,
- umożliwienie sygnalizacji poprawnego lub niepoprawnego wykonania określonych czynności z zaznaczeniem niewłaściwie wykonanych punktów,
- możliwość wzbogacenia symulatora zintegrowanym lub oddzielnym modułem ze stanowiskiem doszkalającym,
- archiwizacja przebiegu pracy na symulatorze.

### 3.2 Wymagania dotyczące ukończenia

Zakłada się, iż w skład symulatora diagnostycznego powinny wejść następujące komponenty:

- **stanowisko szkolonego - wirtualna kabina**
  - zestaw monitorów dotykowych odwzorowujących kabinę samolotu,
  - stelaż montażowy,
  - fotel (fotele),
  - kamera bezprzewodowa,
  - parawany odgradzające.
- **stanowisko szkolonego – wirtualny kadłub**
  - monitor (monitory) wielkoformatowy,
  - stelaż montażowy,
  - układ sterowania z obrazowaniem (mysz, manipulator, itp.),
  - parawany odgradzające.
- **stanowisko instruktora**
  - stelaż – biurko(biurka),
  - stanowisko komputerowe,
  - fotel.

- **system informatyczny symulatora**

- stacje robocze,
- układy sieciowe.

**Stanowisko instruktora**

Stanowisko instruktora przeznaczone będzie do:

- włączenia i przygotowania symulatora do pracy,
- wyboru trybu szkolenia (SZKOLENIE BEZ USZKODZEŃ, SZKOLENIE Z USZKODZENIAMI),
- wyboru specjalności szkolonego,
- wyboru lekcji,
- monitorowania poprawności wykonania czynności przez szkolonego – raport,
- monitorowania czynności wykonywanych w „kabinie” – podgląd z kamery.

**Stanowisko szkolonego – wirtualna kabina**

Przeznaczone będzie do:

- odwzorowania na monitorach dotykowych wskaźników, przełączników, sygnalizatorów występujących w realnej kabinie,
- realizacji przez szkolonego czynności właściwych dla przeglądu przedlotowego realizowanego przez wszystkie specjalności,
- wizualizacji efektów wirtualnego włączania, sprawdzania i wyłączenia poszczególnych urządzeń,
- wizualizacji (na określonych wskaźnikach lub sygnalizatorach) określonych uszkodzeń lub stanów awaryjnych.

**Stanowisko szkolonego – wirtualny kadłub**

Przeznaczone jest do:

- zobrazowania na monitorze wielkoformatowym kadłuba samolotu wraz z lukami technicznymi wykorzystywanymi w trakcie obsługi technicznych,
- „przemieszczania” kadłuba w przestrzeni wirtualnej w celu symulowania poruszania się szkolonego,
- wizualizacji otwierania, zamykania i „wnętrza” poszczególnych luków technicznych
- wykonywania przez szkolonego czynności obsługowych przewidzianych do realizacji w trakcie przeglądu zewnętrznego samolotu w obsłudze przedlotowej.

**4. KONCEPCJA SYMULATORA DIAGNOSTYCZNEGO****4.1. Wymagania na symulator diagnostyczny**

Symulator, w sposób wirtualny będzie obrazował statek powietrzny, jego podstawowe elementy techniczne oraz występujące uszkodzenia i ich objawy.





*Rys.4 Propozycja odwzorowania kabiny samolotu M28*

Odwzorowanie statku powietrznego:

- symulator będzie realizowany dla statku powietrznego M28,
- statek powietrzny będzie odwzorowany w środowisku wirtualnym,
- w technologii graficznej 3D będzie wykonany kadłub samolotu,
- odwzorowane będzie wnętrze kabiny z przyrządami pokładowymi, organami sterowania i włącznikami poszczególnych systemów,
- elementy sterowania i włączniki będą interaktywne.

Szkolona osoba będzie mogła przeprowadzać operacje diagnostyczne identyczne jak w rzeczywistości. W strukturze logicznej symulatora zostaną zaimplementowane uszkodzenia występujące na rzeczywistym statku powietrznym wraz z jego objawami (sygnalizacja, wskazania niepoprawnej pracy, nieprawidłowe parametry pracy).

Zadaniem szkolonego będzie wykrycie uszkodzenia, jego zidentyfikowanie oraz określenie właściwej ścieżki diagnostycznej – aż do usunięcia uszkodzenia. Symulator będzie wyposażony w system monitorowania czynności wykonanych przez szkolonego oraz system oceny poprawności działania szkolonego. Pozwoli to na monitorowanie przygotowania szkolonych do rzeczywistej pracy oraz ocenę postępów szkolenia.

Zastosowanie technik wirtualnej rzeczywistości pozwoli na stworzenie uniwersalnego narzędzia szkoleniowego, które będzie mogło być rozbudowywane o nowe typy statków powietrznych lub innych urządzeń i systemów. Przyjęte rozwiązanie w istotny sposób zwiększy efektywność szkolenia a przez to zwiększy bezpieczeństwo wykonywania lotów.

Baza uszkodzeń i wizualnej sygnalizacji uszkodzeń zostanie zdefiniowana w wyniku analizy typowych uszkodzeń jakie wystąpiły na samolocie M28. Ten typ samolotu, będzie traktowany jako wyjściowy do stworzenia symulatora i jego badań.

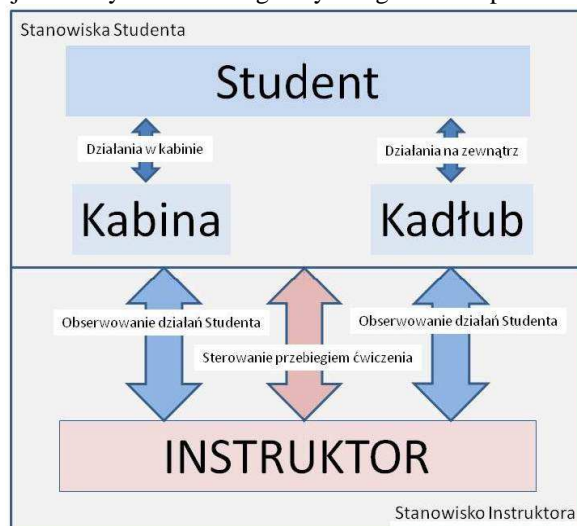
Po przeprowadzeniu badań funkcjonalnych systemu informatycznego symulatora, w technologii wirtualnej rzeczywistości, zostaną opracowane: kabina samolotu, struktura kadłuba oraz poszczególne bloki systemów pokładowych.

Następnie zostaną zaimplementowane uszkodzenia i ich wizualne objawy w kabinie. W strukturze symulatora będzie zawarta logika ścieżki diagnostycznej: Uszkodzenie → Objawy → Sygnalizacja → Detekcja → Identyfikacja → Usunięcie. Na podstawie opracowanej logiki zostaną przeprowadzone badania efektywności systemu podpowiedzi, który w początkowej fazie szkolenia będzie „podpowiadał” szkolonemu jakie czynności naprawcze powinny zostać

podjęte. Symulator pozwoli na bezpieczne symulowanie występujących uszkodzeń wraz z ich objawami w wirtualnej kabinie i przyrządach kontrolnych.

#### 4.2. Koncepcja struktury funkcjonalnej symulatora diagnostycznego

Struktura funkcjonalna symulatora diagnostycznego została przedstawiona na rys. 5.



Rys. 5. Struktura funkcjonalna symulatora diagnostycznego

#### 4.3. Funkcje symulatora

W symulatorze przewiduje się jednoczesne działanie dwóch osób: instruktora i szkolonego (studenta).

Instruktor będzie realizował szereg funkcji związanych z przygotowaniem, prowadzeniem i oceną ćwiczeń. Są to:

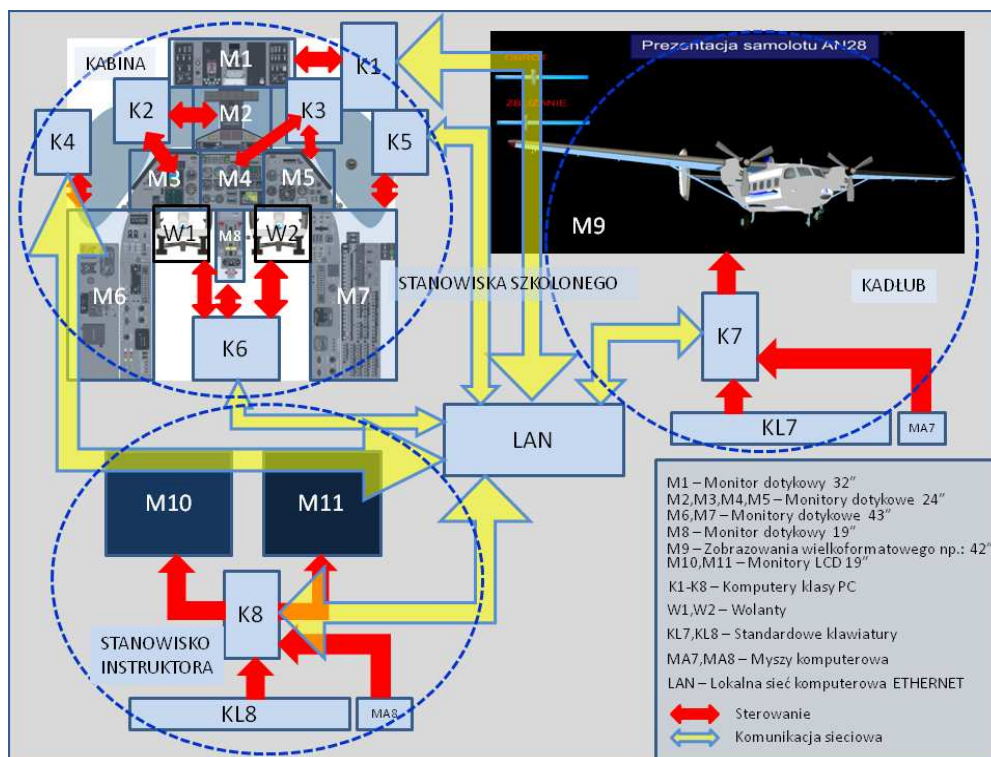
- przygotowanie scenariuszy ćwiczeń,
- kierowanie przebiegiem ćwiczenia,
- monitorowanie stanu symulatora,
- ocena realizacji ćwiczenia przez szkolonego.

Szkolony będzie realizował zadania związane z:

- wykryciem uszkodzenia,
- identyfikacją uszkodzenia,
- określeniem właściwej ścieżki diagnostycznej prowadzącej do usunięcia uszkodzenia.

#### 4.4 Struktura techniczna

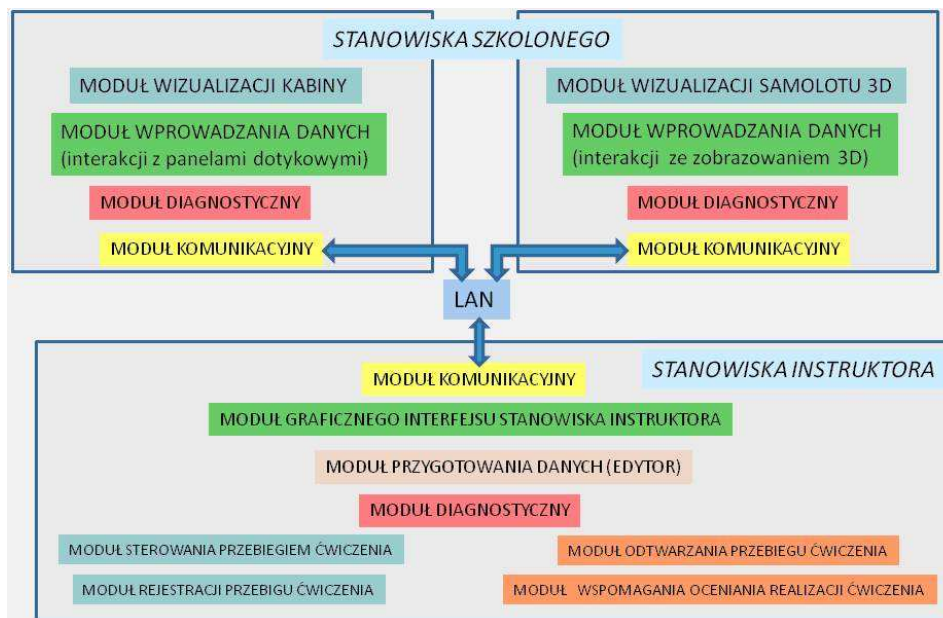
Na rysunku 6 przedstawiono w sposób schematyczny przewidywaną strukturę techniczną symulatora diagnostycznego.



Rys. 6 Struktura techniczna symulatora diagnostycznego

#### 4.5. Struktura programowa

Ze względu na sposób wykorzystania, struktura programowa systemu informatycznego (rys. 7) będzie podzielona na trzy zasadnicze grupy: oprogramowanie narzędziowe, systemowe i użytkowe. Przez oprogramowanie narzędziowe rozumiane jest komercyjne, bądź opracowane przez zespół projektantów środowisko programowe wykorzystywane do wytworzenia oprogramowania użytkowego. Oprogramowanie systemowe to system operacyjny, pod kontrolą którego będzie się odbywać projektowanie oraz funkcjonowanie systemu informatycznego. Oprogramowanie użytkowe to moduły programowe, które będą bezpośrednio realizować funkcje projektowanego symulatora diagnostycznego.



Rys. 7 Proponowana struktura oprogramowania użytkowego symulatora diagnostycznego

## 5. WNIOSKI

Symulator diagnostyczny opracowany zgodnie z zaprezentowanymi założeniami powinien stanowić wartościowe narzędzie w procesie szkolenia personelu technicznego. W warunkach polskich jest to rozwiązanie nowatorskie, wpisujące się w ogólny trend rozwojowy wirtualnych pomocy dydaktycznych. Dodatkowym zyskiem wynikającym z opracowania symulatora jest rozpoznanie i zapoznanie się z metodami i narzędziami do tworzenia tego typu urządzeń. W tym aspekcie, budowa urządzeń symulacyjnych stanowi cenne doświadczenie poznawcze, rozwijające potencjał zarówno ludzki jak i techniczny, co może skutkować dalszym rozwojem koncepcji symulacji. Ponadto, odpowiednio zaprojektowany symulator można adaptować do zmieniającego się wyposażenia statków powietrznych co powoduje, iż nie starzeje się on jako pomoc dydaktyczna.

## 6. BIBLIOGRAFIA

1. ALDRICH C.: *Simulations and the Future of Learning*, Jon Wiley & Sons Inc., San Francisco 2004.
2. ALLERTON D.: *Principles of Flight Simulation*, Wiley& Sons Inc., San Francisco 2009.
3. Avionics simulator – US patent nr 6,319,008 B1, 2001.
4. HERTEL J.P., MILLIS B.: *Using Simulations to Promote Learning in Higher Education*, Stylus Publishing, 2002.
5. ROSS S.M.: *Simulation*, Elsevier Inc., 2006.
6. LEE A. T.: *Flight Simulation. Virtual Environments in Aviation*, Ashgate Publishing, 2005.

7. *Technical manual, operation and maintenance instructions for the F-16C Poland MSAMT*, Rockwell Collins.
8. <http://www.defence.gov.au/news/raafnews/editions/4705/topstories/story04.htm>
9. <http://www.etcaircrewtraining.com/>
10. <http://www.globalsecurity.org/military/systems/aircraft/f-22-sys-train.htm>
11. <http://www.link.com/b2maint.html>

*Symulator diagnostyczny samolotu M28 realizowany jest w ramach projektu pt. „Opracowanie i badania symulatora diagnostycznego statku powietrznego w technologii wirtualnej” współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka, konto ewidencyjne projektu WND-POIG.01.03.01-00-201/09.*