

dr hab. inż. Cezary Szczepański
Przemysłowy Instytut Telekomunikacji

mgr inż. Krzysztof Butlewski,
mgr inż. Dariusz Karczmarz,
mgr inż. Roman Marchwicki,
dr inż. Przemysław Mądrzycki,
mgr inż. Wojciech Puchalski,
Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych

SYSTEM KOMPUTEROWEGO WSPOMAGANIA PROJEKTOWANIA I OPTYMALIZACJI INTERFEJSÓW CZŁOWIEK-SYSTEM TECHNICZNY NA PRZYKŁADZIE KOKPITU WOJSKOWEGO STATKU POWIETRZNEGO¹

W referacie omówiono strukturę sprzętową oraz koncepcję systemu komputerowego symulatora badawczo-konstrukcyjnego. Przedstawiono fragmenty analizy dotyczącej rozwiązań informatycznych oraz konstrukcyjnych wybranych stanowisk badawczych wchodzących w jego skład.

THE COMPUTER SYSTEM FOR SUPPORT OF DESIGN AND OPTIMIZING HUMAN-MACHINE INTERFACE FOR MILITARY AIRCRAFT COCKPIT

This paper describes the hardware architecture and the concept of the system of the computer-based test and design simulator. It presents some analyses of software and hardware solutions of the selected test benches of the simulator.

1. WSTĘP

W procesie optymalizacji interfejsu człowiek – maszyna dla wojskowych statków powietrznych, symulator badawczo-konstrukcyjny jest podstawowym narzędziem badawczym do weryfikacji jakości tego procesu. Zadanie weryfikacji poprawności wprowadzanych rozwiązań konstrukcyjnych interfejsu należy do grupy badań ergonomicznych. W przypadku omawianego symulatora będą one polegały na wykonaniu szeregu pomiarów parametrów psychofizjologicznych operatorów statków powietrznych, korzystających z proponowanych rozwiązań podczas realizacji zadań testowych. W związku z tym symulator musi umożliwić sprawne przeprowadzenie tych badań, zarejestrowanie i analizę uzyskanych wyników. Zadania i funkcje symulatora badawczo-konstrukcyjnego determinują w istotny sposób rozwiązania konstrukcyjne i warunki otoczenia, w których może on poprawnie funkcjonować i zapewnić wiarygodność prowadzonych badań. Analizę rozwiązań konstrukcyjnych należy więc przeprowadzić w ścisłym powiązaniu z funkcjami i zadaniami realizowanymi przez symulator [1]. Przy takim ujęciu problemu można wyodrębnić stanowiska robocze i określić ich zadania. W skład omawianego symulatora [2] stanowią struktura informatyczna [3] oraz trzy stanowiska robocze:

- badanego,
- instruktora-badacza,
- analizy danych

¹ Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2006-2008, jako projekt badawczo-rozwojowy

2. ORGANIZACJA I WYPOSAŻENIE SPRZĘTOWE STANOWISK BADAWCZYCH

2.1. Organizacja i wyposażenie sprzętowe stanowiska badanego

Zapewnienie prawidłowego przebiegu badania wymaga od badanego poprawnego wykonania czynności nakazanych przez badacza a wynikających z postawionego w czasie briefingu zadania. Tak więc stanowisko to będzie podstawowym elementem prowadzonych badań. Jego wyposażenie składa się z następujących elementów:

- Układu prezentacji danych o położeniu statku powietrznego w przestrzeni, jego parametrach lotu i wyposażenia pokładowego (kokpit symulowanego statku powietrznego). Jest on zasilany informacyjnie poprzez komputer stanowiska badanego. W jego skład wchodzi dotykowe monitory ekranowe, panele przełączników symulujących procesy dwustanowe (włączony – wyłączony lub wyboru określonego trybu pracy) oraz stelaż umożliwiający trwale zamocowanie tych elementów w kokpicie symulatora.
- Organów sterowania położeniem statku powietrznego w przestrzeni.

Organy sterowania badawczego symulatora wojskowego statku powietrznego powinny odwzorować z dużą wiernością rzeczywiste rozwiązania techniczne stosowane w nowoczesnych statkach powietrznych, a przede wszystkim ich funkcje. Rozwiązania problemu można poszukiwać w dwóch kierunkach. Pierwszy to adaptacja kabiny konkretnego wojskowego statku powietrznego wraz ze wszystkimi organami sterowania i tablicą przyrządów pokładowych. Rozwiązanie to zapewnia wysoki realizm w odwzorowaniu bezpośredniego otoczenia pilota. I jest to jedyna zaleta tego rozwiązania. Wady to przede wszystkim ograniczenie podatności modernizacyjnej kokpitu symulatora badawczo-konstrukcyjnego, który zgodnie z założeniami powinien umożliwić prowadzenie procesu optymalizacji interfejsu człowiek-maszyna dla różnych typów statków powietrznych. Drugi kierunek to zastosowanie gotowych urządzeń imitujących organy sterowania statku powietrznego. Oferta rynkowa gotowych urządzeń jest szeroka, natomiast decyzja o wyborze konkretnego modelu jest uzależniona od dostępności oprogramowania wspierającego użytkowanie urządzeń i jego podatności na zmiany, pod kątem funkcjonowania w symulatorze. Wstępnie do testów, w ramach badań modelu symulatora, wytypowano manipulatory:

- joystick, odwzorowujący sidestick samolotu F-16 – rys. 1;
- dźwignia sterowania ciągiem silnika – rys. 2;
- pedały lotnicze – rys. 3.



Rys. 1. Fighterstick
F-16 (replika)

*Fig. 1. Fighterstick
F-16*



Rys. 2. Regulator
mocy / ciągu silnika

Fig. 2. Throttle



Rys. 3. Pedały lotnicze

Fig. 3. Pedals

- o Fotela lotniczego i stelaży do zamocowania organów sterowania i wyposażenia stanowiska prezentacji;

Kierunki rozwiązania problemu są analogiczne, jak w przypadku wyboru rodzaju organów sterowania. Zastosowanie typowego fotela lotniczego z konkretnego typu statku powietrznego narzuca konkretne rozwiązania techniczne i organizacyjne kokpitu oraz generuje dodatkowe koszty. Natomiast symulator w swoim podstawowym założeniu konstrukcyjnym powinien być urządzeniem uniwersalnym, podatnym na zmiany wyposażenia i organizacji funkcjonalnej kokpitu. Jako rozwiązanie wyjściowe przyjęto zastosowanie uniwersalnego fotela z regulacją kątów położenia oparcia, podłokietników oraz odległości platformy podparcia stóp, na której umieszczone będą pedały lotnicze (por. rys.4). Zastosowanie tego fotela umożliwi indywidualne dopasowanie pozycji pracy w kabinie symulatora dla każdego badanego. Ponadto konstrukcja stelaża, na którym jest mocowany fotel, umożliwia dołączanie do niego dodatkowych wsporników i półek, które zapewniają dużą podatność rekonfiguracji otoczenia badanego.



Rys. 4. Widok ogólny fotela pilota w symulatorze

Fig. 4. Simulator pilot chair

- o Systemu wizualizacji otoczenia;

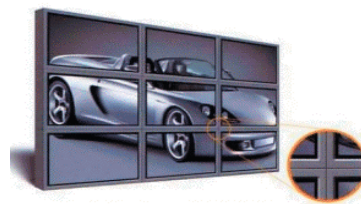
System wizualizacji otoczenia składa się z dwóch podstawowych elementów: generatora obrazu oraz układu prezentacji obrazu [4].

Wybór układu prezentacji w ostatnim etapie rozważań jego konstrukcji sprowadził się do akceptacji opcji z zastosowaniem ekranów plazmowych, które zapewniają wysoką jakość obrazu. Z przeprowadzonej analizy rozwiązań technicznych wynika, że do systemu projekcji można zastosować bezszwowe (bez ramy) monitory plazmowe – rozwiązanie profesjonalne (rys. 5),



Rys. 5. Monitory bezszwowe

Fig. 5. Frameless monitors



Rys. 6. Monitory z ramką

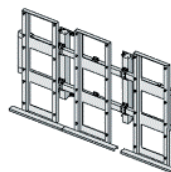
Fig. 6. Standard monitors

lub klasyczne panoramiczne monitory plazmowe z plastikową ramą (rys. 6), które tworzą przerwy w generowanym obrazie. W obu przypadkach brane były pod uwagę monitory o przekątnej ekranu 60". O wyborze rozwiązania zadecyduje analiza kosztów zakupu i eksploatacji w odniesieniu do oferowanych parametrów projekcji obrazu.

Montaż monitorów plazmowych odbywa się na specjalnych stelażach, które umożliwiają tworzenie ścian projekcyjnych o różnym kształcie. Na rys. 7a. i rys. 7b. przedstawiono dwa typy konstrukcji stelaży.



Rys. 7a. Stelaż wolnostojący

Fig. 7a. Free standing support

Rys. 7b. Stelaż przyścienny

Fig. 7b. Wall mounted support

W rozwiązaniu docelowym zostanie zastosowany stelaż wolnostojący, ponieważ nie ogranicza możliwości wyboru miejsca postawienie systemu projekcji obrazu.

2.2. Organizacja i wyposażenie sprzętowe stanowiska instruktora-badacza

Stanowisko instruktora-badacza powinno zapewnić realizację następujących funkcji:

- uruchomienie i wyłączenie symulatora oraz zapewnienie ciągłego nadzoru nad jego działaniem;
- modyfikacja warunków symulowanego zadania;
- zapis wymaganych informacji o przeprowadzonym badaniu;
- możliwość obserwacji działania badanego w kokpicie;
- opracowywanie nowych scenariuszy badań;
- modyfikowanie bazy danych systemu wizualizacji symulatora;
- komunikacja ze stanowiskiem badanego.

Analiza powyższych funkcji symulatora umożliwia określenie jego organizacji i lokalizację w laboratorium oraz technicznego wyposażenia, na które składają się:

- System komunikacji wewnętrznej pomiędzy stanowiskami badacza i badanego (omówiony w rozdziale 2);
- Stanowisko komputerowe instruktora-badacza;

Podstawowe funkcje związane z przygotowaniem i uruchomieniem procesu badawczego będą realizowane za pomocą komputera. Jego klasa, konfiguracja oraz rodzaj oprogramowania użytkowego zostały omówione w [3].

2.3. System rejestracji parametrów psychofizjologicznych

Z punktu widzenia prowadzonych badań jest to kluczowy element wyposażenia symulatora. Ze względu na fakt mocowania czujników na ciele badanego oraz niektórych elementów w pobliżu jego fotela, można uznać je za część stanowiska badanego. W istocie system ten jest wysoce autonomiczny.

Ponieważ podstawowe wyposażenie systemu stanowi aparatura medyczna przeznaczona do pomiaru i rejestracji określonych parametrów psychofizjologicznych badanego, jego elementy powinny być zlokalizowane w pobliżu stanowiska badanego, tak aby sondy i czujniki pomiarowe rozmieszczone na ciele badanego nie wymagały stosowania długich kabli. Ich ciężar i znacząca ilość mogą utrudniać wykonywanie zadań badanemu. Celowym było

zastosowanie uniwersalnego, mobilnego stanowiska laboratoryjnego, wyposażonego w przesuwane na szynach półki (łatwy dostęp do aparatury, możliwość szybkiej zmiany konfiguracji wyposażenia medycznego) i dysponującego wbudowanym systemem zasilania elektrycznego, podtrzymywania napięcia i chłodzenia aparatury. Rozwiązanie to ograniczyło liczbę doprowadzanych kabli zasilających aparatury do jednego wspólnego kabla zasilającego oraz zapewniło dogodnie dla personelu ustawienie aparatury w czasie pracy symulatora. Ponadto zastosowanie nowoczesnej aparatury kontrolno-pomiarowej opartej na komputerach klasy PC umożliwiło zdalne uruchamianie i sterowanie tą aparaturą ze stanowiska badacza oraz monitoring rejestrowanych parametrów w czasie rzeczywistym.

2.4. Stanowisko analizy danych

Służy ono do rejestracji, archiwizacji, analizy i prezentacji danych zapisanych podczas badań. Oprócz zapisu wartości parametrów psychofizjologicznych badanych operatorów wojskowych statków powietrznych, odbywa się tu także prezentacja wyników w postaci wniosków dla konstruktorów badanych interfejsów. Stanowisko to umieszczone jest w osobnym pomieszczeniu w stosunku do symulatora badawczego. Jego wyposażenie to komputer wyposażony w odpowiednie peryferia do zapisu i archiwizacji danych, urządzenia do prezentacji wyników badań, prowadzenia przygotowania badanych do wykonania prób na symulatorze oraz analizy wykonania zadań przez badanych.

3. STRUKTURA INFORMATYCZNA SYMULATORA

3.1. System komputerowy symulatora

W opisywanej koncepcji poprzez pojęcie system komputerowy należy rozumieć układ współdziałania dwóch składowych: sprzętu komputerowego oraz oprogramowania, działających również w ramach sieci komputerowej. Można mówić o następujących poziomach takiego systemu: sprzęt komputerowy, system operacyjny (oprogramowanie systemowe), oprogramowanie użytkowe (aplikacje). W pełni zautomatyzowany system komputerowy działa bez udziału człowieka. W opisywanej koncepcji system komputerowy jest wspierany działaniami człowieka poprzez Graficzne Interfejsy Użytkownika (ang.: **Graphical User Interface – GUI**). System komputerowy symulatora badawczo konstrukcyjnego powinien, realizować następujące funkcje:

- modelowanie ruchu przestrzennego wojskowego statku powietrznego,
- modelowanie pracy systemów pokładowych w stanach normalnych i wybranych stanach awaryjnych,
- sterowanie wskaźnikami i sygnalizatorami na stanowisku operatora,
- odczytywanie stanu organów sterowania wojskowym statkiem powietrznym,
- rejestrowanie danych niezbędnych do dalszych analiz i prac konstrukcyjnych,
- prezentowanie na wskaźnikach informacji i danych niezbędnych do sterowania wojskowym statkiem powietrznym oraz prowadzenia prac badawczych i konstrukcyjnych,
- wizualizowanie otoczenia badanego wojskowego statku powietrznego.

Realizacja ww. funkcji wiąże się z zastosowaniem specjalistycznego sprzętu i oprogramowania. Poniższe rozdziały przybliżą zarówno strukturę sprzętową jak również programową opisywanej koncepcji symulatora badawczo konstrukcyjnego.

3.2. Praca systemu komputerowego

Należy wyróżnić trzy fazy pracy systemu komputerowego symulatora badawczo-konstrukcyjnego, z których poprzednia przygotowuje dane stanowiące podstawę do realizacji następniej. Są to:

- przygotowanie badania/ćwiczenia;
- realizacja eksperymentu badawczego;
- analiza zarejestrowanych parametrów.

W każdej z powyższych faz następuje komunikacja człowieka z systemem symulatora. Jest ona realizowana za pośrednictwem GUI lub innych urządzeń umożliwiających wprowadzanie i wyprowadzanie danych w różnej postaci (odnosi się to głównie do urządzeń medycznych przyłączanych do systemu komputerowego).

Celem fazy przygotowania badania/ćwiczenia jest opracowanie niezbędnych dla przeprowadzenia eksperymentu badawczego danych oraz zapisanie ich w odpowiedniej postaci (Scenariusz ćwiczenia, Baza Danych systemu wizualizacji).

Na tym etapie wykorzystywane jest narzędzie zwane Edytorem scenariuszy badań/ćwiczeń, którego GUI pozwala:

- przygotowywać i modyfikować scenariusze badań/ćwiczeń;
- dokonywać edycji bazy danych systemu wizualizacji w zakresie dodawania i usuwania dla konkretnego ćwiczenia/badania artefaktów (np.: pojazdów, tarcz strzelniczych i innych).

Faza ta jest realizowana Off-Line. Operatorem systemu w trakcie przygotowania badania/ćwiczenia będzie Instruktor/Badacz. Sprzęt i oprogramowanie GUI w odniesieniu do scenariusza badania/ćwiczenia musi umożliwić jego:

- tworzenie;
- modyfikację;
- zobrazowanie w najdogodniejszej postaci (tekstu lub grafiki);
- wydruk.

Ponadto powinna istnieć możliwość sygnalizacji dźwiękowej niektórych zdarzeń. Operator z poziomu swojego GUI musi mieć możliwość dostępu do Bazy scenariuszy badań/ćwiczeń oraz Bazy danych systemu wizualizacji otoczenia.

Faza realizacji eksperymentu badawczego odbywa się On-Line i jest najbardziej złożoną technicznie fazą w pracy systemu komputerowego symulatora badawczo-konstrukcyjnego. Ten etap pracy jest realizowany w oparciu o dwa zasadnicze stanowiska komputerowe:

- Komputerowe stanowisko Badanego.
- Komputerowe stanowisko Badacza/Instruktora.

Zapis wyników odbywa się na komputerze analizy danych.

Praca systemu komputerowego wynika głównie z funkcji jakie muszą spełnić w symulatorze w tej fazie ww. stanowiska tj:

- Zobrazowanie i symulowanie działania wybranych elementów kokpitu projektowanego lub modernizowanego wojskowego statku powietrznego.

- Możliwość podłączenia i pracy aparatury do pomiaru parametrów psychofizjologicznych badanego operatora oraz zintegrowania jej z systemem operacyjnym symulatora.
- Umożliwienie podłączenia i pracy do badanego kokpitu/interfejsu rzeczywistych elementów projektowanego urządzenia.
- Zapewnić możliwości odwzorowania zakłóceń wzrokowych i dźwiękowych zbliżonych do działających podczas rzeczywistych lotów, w czasie prowadzonych badań symulacyjnych.
- Umożliwienie podłączenia i pracy do toru sterowania symulowanym wojskowym statkiem powietrznym rzeczywistych elementów.
 - Sterowanie pracą ćwiczenia/badania – rozpoczęcie ćwiczenia/badania, modyfikacja warunków symulowanego zadania, zapis wymaganych informacji o przeprowadzonym badaniu, wyłączenie symulatora.
 - Obserwacja działania badanego w kokpicie.
 - Łączność foniczna z badanym.

Faza analizy zarejestrowanych parametrów jest podsumowaniem dwóch poprzednich faz. Zarejestrowane parametry stanowią punkt wyjściowy dla ich analizy i oceny. Porównanie oceny wyników z realizacji pewnej liczby ściśle określonych eksperymentów badawczych powinno doprowadzić do wskazania najlepszego rozwiązania konstrukcyjnego, jak również umożliwić opracowanie optymalnego interfejsu. Graficzny Interfejs stanowiska analizy zarejestrowanych parametrów, za pośrednictwem którego Badacz będzie się komunikował z systemem powinien umożliwić realizację następujących funkcji:

- odczyt danych z Bazy rejestrowanych parametrów;
- zapisanie danych w Bazie analiz i wyników;
- obróbkę danych w Bazie analiz i wyników;
- prezentację danych w różnych aspektach i układach;
- wydruk danych.

Danymi wejściowymi są dane wprowadzane do systemu przez Badacza/Instruktora za pośrednictwem GUI stanowiska analizy zarejestrowanych parametrów oraz dane odczytywane z Bazy rejestrowanych parametrów.

3.3. Struktura programowa

Z przedstawionych funkcji systemu komputerowego wynika podział oprogramowania systemu komputerowego na kilka grup:

- Oprogramowanie realizujące funkcję modelowania ruchu przestrzennego statku powietrznego.
- Oprogramowanie generujące interfejsy graficzne wraz z imitacją zakłóceń w czasie badania jak również efekty dźwiękowe.
- Oprogramowanie bazodanowe umożliwiające archiwizację, odpowiednią akwizycję informacji niezbędnych do prowadzenia prac badawczych i konstrukcyjnych.
- Oprogramowanie komunikacyjne zabezpieczające prawidłowe współdziałanie modułów programowych jak również współpracę z urządzeniami zewnętrznymi.

Do symulacji ruchu przestrzennego statku powietrznego oraz jego zachowania w wybranych stanach awaryjnych będą wykorzystane modele matematyczne z istniejącej biblioteki programów tworzonych od przeszło 20 lat w ITWL. Bibliotekę stanowią kody źródłowe w języku FORTRAN i dotyczą dynamiki wojskowych statków powietrznych eksploatowanych w Siłach Powietrznych RP. Ze względu na to, że pozostałe części oprogramowania systemu komputerowego symulatora nie będą tworzone w FORTRAN-ie biblioteka modeli matematycznych powinna być przetłumaczona na inny język lub wyeksportowana w postaci bibliotek dynamicznych DLL.

Oprogramowania generujące interfejsy graficzne wraz z imitacją zakłóceń jak również oprogramowanie generujące efekty dźwiękowe, będzie modelowało pulpity sterujące statku powietrznego, efekty dźwiękowe dla komputera badanego oraz interfejs komunikacyjny dla komputera badacza/instruktora. Do tworzenia takich interfejsów należy wykorzystać gotowe narzędzia, które przyspieszą jego tworzenie. Do tych celów w ITWL wykorzystuje się środowiska programistyczne Borland Builder oraz LabView firmy National Instruments.

W systemie komputerowym symulatora niezbędna jest programowa obsługa baz danych. Dla ułatwienia wyciągania wniosków z zapisanych danych, format zapisu powinien być zgodny z formatem przyjętym i stosowanym w zastosowanych urządzeniach medycznych. Dla dokonania optymalnego wyboru oprogramowania narzędziowego do budowy systemu komputerowego, należy wziąć pod uwagę obecność w nim bibliotek wspomagających obsługę baz danych.

Oprogramowanie komunikacyjne zabezpieczające prawidłowe współdziałanie modułów programowych jak również współpracę z urządzeniami zewnętrznymi powinno zapewnić komunikację z organami sterowania wojskowym statkiem powietrznym (joystick, przepustnica, pedały). System wizualizacji wraz z obsługą sygnałów psychofizjologicznych badanego narzuca na oprogramowanie symulatora wymóg obsługi takich protokołów wymiany danych jak standardy RS 232 i RS 422, ARINC 429, IEEE 1553. W przypadku sprzętowej realizacji na komputerze klasy PC obsługa pierwszych dwóch protokołów nie stanowi problemu. Pojawia się on dopiero w przypadku protokołów ARINC 429 i IEEE 1553. Wymagane jest wówczas wykorzystanie odpowiednich specjalizowanych kart wraz z oprogramowaniem, służącym do komunikacji karty z aplikacją symulatora.

Oprogramowanie takiego systemu za pomocą języków wysokiego poziomu czy nawet języków obiektowych typu C++ może okazać się zadaniem trudnym bądź żmudnym do wykonania. Wydaje się iż optymalnym rozwiązaniem będzie wykorzystanie narzędzi, które z jednej strony zaoferują taki zestaw bibliotek, które będą wspomagać budowę możliwie wszystkich modułów systemu, z drugiej strony będą łatwe do opanowania lub wręcz znane programistom uczestniczącym w projekcie. Jak wspomniano wcześniej do narzędzi, które są wykorzystywane w ITWL a które mogą posłużyć do stworzenia oprogramowania symulatora są Borland Builder C++ firmy Borland i LabView firmy National Instruments. W związku z tym założono, że do budowy oprogramowania symulatora zostanie wykorzystane jedno z wymienionych narzędzi. Możliwe będzie także rozwiązanie kombinowane, w którym zostaną wykorzystane obydwa produkty.

3.4. Struktura sprzętowa systemu komputerowego

System komputerowy symulatora badawczo konstrukcyjnego powinien być opracowany w oparciu o komercyjny sprzęt komputerowy najwyższej jakości (w wersji biurowej) dostępny na rynku. Aby w możliwie najpełniejszy sposób wypełniać swoje funkcje Graficzne Interfejsy Użytkownika powinny zawierać następujące elementy sprzętowe:

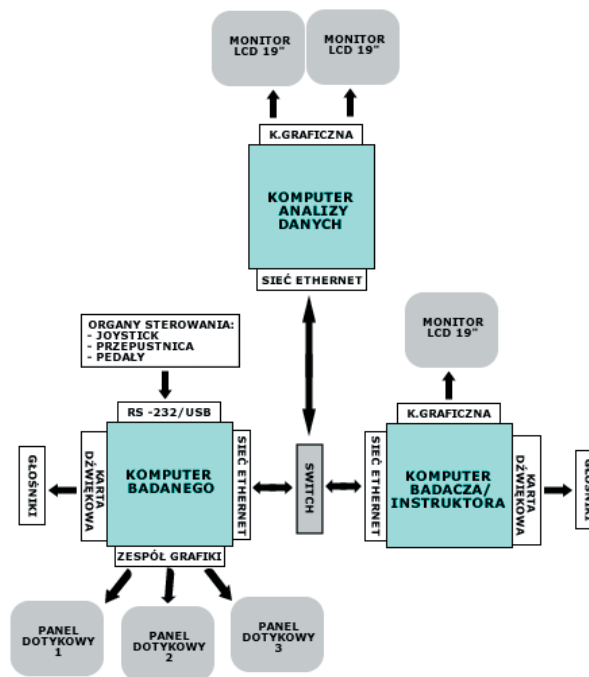
- Monitory ekranowe (LCD minimum 19") ;
- Karty graficzne, które wraz z monitorami umożliwią zobrazowanie grafiki w rozdzielczości nie mniejszej niż 1280x1024.

W celu obsługi innych urządzeń zewnętrznych należy przewidzieć standardowe i dodatkowe karty podłączone do komputerów umożliwiające komunikację z elementami układów pomiarowych i organów sterowania statkiem powietrznym. Mogą to być dodatkowe karty zawierające urządzenia:

- USB;
- RS (232 lub 422).

Organy sterowania statkiem powietrznym powinny odpowiadać funkcjonalnie urządzeniom rzeczywistym i mieć dokładnie opisany protokół komunikacji z komputerem, który umożliwi ich oprogramowanie. Pulpit sterujący statku powietrznego będzie zaimplementowany przy wykorzystaniu paneli dotykowych LCD.

Komunikacja pomiędzy komputerami powinna być realizowana za pośrednictwem szybkiej sieci komputerowej np. Ethernet 100 MB. Powinny być także zastosowane układy generacji dźwięku, realizujące funkcję sygnalizacji sytuacji awaryjnych i innych występujących w kabinie statku powietrznego. Na rysunku 8 została przedstawiona proponowana architektura sprzętowa systemu komputerowego symulatora badawczo konstrukcyjnego.



Rys. 8. Architektura sprzętowa systemu komputerowego

Fig. 8. Architecture hardware of computer system

4. PODSUMOWANIE

Z uwagi na ograniczoną objętość materiału do publikacji, w artykule zostały omówione najbardziej istotne elementy wyposażenia stanowisk badawczych. Pominięto system nagłośnienia, odpowiedzialny za emisję symulowanych efektów dźwiękowych oraz systemy klimatyzacji i oświetlenia, które w istotny sposób wpływają na komfort w czasie prowadzenia badań. Zastosowanie dostępnych na rynku rozwiązań technicznych, oprogramowania

i wyposażenia do budowy symulatora badawczo-konstrukcyjnego w istotny sposób ułatwia prace konstruktorskie. Opisanie powyżej wyposażenie stanowisk badawczych (poza medyczną aparaturą kontrolno-pomiarową) zapewnia szybką konfigurację stanowisk oraz ich dostosowanie do nowych wymagań lub potrzeb związanych z prowadzonymi badaniami.

Podatność modernizacyjna stanowisk badawczych umożliwia badanie i optymalizację kokpitów wojskowych statków powietrznych praktycznie dowolnego typu. Dostawienia kolejnego fotela pilota lub operatora wyposażenia pokładowego, zmiana organizacji tablicy przyrządów pokładowych (cyfrowe, prezentowane na dotykowych monitorach LCD) może być zrealizowane w krótkim czasie.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Szczepański C.: *Symulatory lotu*. Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1990.
- [2] Szczepański C. (red.): *Analiza i określenie założeń na symulator do badania operatorów wojskowych statków powietrznych*. Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych 3154/50, Warszawa 2007.
- [3] Praca zbiorowa: *Opracowanie technologii oraz stanowiska do optymalizacji interfejsu człowiek-maszyna w kokpitach wojskowych statków powietrznych. Projekt wstępny*. Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych 3171/50, Warszawa 2007.
- [4] Butlewski K., Mądrycki P., Szczepański C.: *Koncepcja systemu komputerowego symulatora badawczo-konstrukcyjnego*. V Konferencja Awioniki, Rzeszów 2007.
- [5] Szczepański C.: *Koncepcja symulatora badawczo konstrukcyjnego do projektowania kokpitów wojskowych statków powietrznych*. V Konferencja Awioniki, Rzeszów 2007.
- [6] Praca zbiorowa: *Opracowanie technologii oraz stanowiska do optymalizacji interfejsu człowiek-maszyna w kokpitach wojskowych statków powietrznych. Projekt techniczny*. Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych 3441/50, Warszawa 2007.
- [7] Praca zbiorowa: *Opracowanie technologii oraz stanowiska do optymalizacji interfejsu człowiek-maszyna w kokpitach wojskowych statków powietrznych. Raport dotyczący: Określenia metod wyboru zadania krytycznego dla badanego wojskowego statku powietrznego z punktu widzenia wydolności sterowniczej operatora systemu; Wyboru zadań krytycznych dla samolotu TS-11 „Iskra”*. Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych 3335/51, Warszawa 2007.