

## ZAGADNIENIA SYMULACJI LOTU NA SYMULATORACH LOTNICZYCH – SAMOLOT, CZŁOWIEK, SYMULATOR

JERZY MARYNIAK

*Politechnika Warszawska*

### 1. Wstęp

Symulator jest to system [9,10,12,25] składający się z urządzeń odtwarzających obiekt rzeczywisty. Umożliwia on na drodze symulacji numerycznej, analogowej i hybrydowej możliwie wierne przedstawienie (w odczuciu załogi) stanów dynamicznych obiektu fizycznego, włącznie z odczuciami psychicznymi, nerwowymi, fizjologicznymi oraz audiowizualnymi [1,3,4,9,10,12,25]. Jest systemem, w którym łączy się i wykorzystuje najnowsze osiągnięcia różnych dziedzin [6,9,10,12,25] nauki i techniki, takich jak: mechanika, elektronika, cybernetyka, informatyka, automatyka, optyka, akustyka, wizualizacja i symulacja obrazów, symulacja numeryczna oraz dziedzin biologicznych jak: psychologia, neurologia, bionika, biocybernetyka i fizjologia człowieka.

Koszty budowy współczesnego symulatora lotu przewyższają nieraz wielokrotnie koszty obiektu podlegającego symulacji, lecz zastosowanie symulatora do szkolenia i treningu znacznie zmniejsza wydatki. Symulatory pozwalają na trening w zadanych stanach awaryjnych oraz w sytuacjach stwarzających zagrożenie o charakterze katastrofy czy wypadku, niedopuszczalne w trakcie szkolenia bezpośredniego na sprzęcie latającym.

Konstrukcja współczesnych symulatorów, jak widzimy z powyższego, wymaga budowy odpowiednich modeli fizycznych i matematycznych obiektów symulowanych oraz wykorzystania charakterystyk psycho-neuro-fizjologicznych pilota-człowieka. Zastosowanie EMC o dużej mocy obliczeniowej umożliwia dokonywanie obliczeń stanów dynamicznych systemu w czasie mniejszym od rzeczywistego (50 – 60 na sekundę), a co najmniej w czasie rzeczywistym [10,12,25].

## 2. Ogólny model systemu symulatora

Budując model fizyczny i matematyczny symulatora [9,10,12,25] obejmującego: lot samolotu (trenażera) – **S**, naprowadzanie i dowodzenie – **N-D**, lot samolotu przeciwnika – **P**, odpalenie i lot rakiet zwalczających przeciwnika – **R**, użycie broni artyleryjskiej – **PC** i bomb – **B** oraz pilota-człowieka – **CZ**, należy znać dokładnie strukturę systemu. W przyjętej przestrzeni (symulowany obszar działania – **N-D**), w zależności od decyzji kontrolera-instruktora – **K-I**, porusza się dowolnym ruchem sterowany automatycznie komputerem samolot przeciwnika **P** o zadanych przez instruktora własnościach: geometrycznych, aerodynamicznych, masowych, dynamicznych i bojowych. Wprowadzając odpowiednie stałe czasowe i współczynniki wzmocnienia w system automatycznego sterowania samolotem przeciwnika **P** oraz programując wprowadzane losowo manewry ataku lub uniku można sterować "agresywnością" i zwrotnością samolotu przeciwnika. Piloci szkoleni na tego rodzaju symulatorach często wyczuwają, że przeciwnik sterowany komputerem jest przeciwnikiem groźnym, dysponującym dobrą informacją o nich, o niesłychanie szybkiej i bezbłędnej reakcji.

W przestrzeni **N-D** porusza się samolot-trenażer **S** sterowany przez pilota-człowieka **CZ**. Symulator posiada możliwość odtwarzania dowolnych stanów lotu: start, lot, walka, użycie uzbrojenia, lądowanie. Pilot **CZ** posiada możliwość symulacji użycia uzbrojenia pokładowego i śledzenia skutków np: odpalenia rakiety samonaprowadzanej **R**, użycia uzbrojenia strzeleckiego **PC** lub bomb **B** (rys.1).

Na schemacie blokowym (rys.1) linią ciągłą przedstawiono zależności decyzyjne zachodzące w trakcie ćwiczenia na symulatorze, natomiast linie z kropkami pokazują przebiegi informacji. Strzałkami przedstawiono kierunki przebiegu decyzji i informacji [9,10,12,25].

Pilot-człowiek **CZ** steruje samolotem-trenażerem poprzez wychylenia sterów  $\delta_i$ . Dynamika samolotu **S** opisana jest równaniami ruchu, w których składnikami są siły i momenty sił pochodzące od sterowania:  $\delta_T$  – wychyleniem dźwigni ciągu silnika,  $\delta_H$  – wychyleniem steru wysokości,  $\delta_L$  – wychyleniem lotek,  $\delta_V$  – wychyleniem steru kierunku,  $\delta_P$  – wypuszczaniem i chowaniem podwozia,  $\delta_K$  – klap i  $\delta_h$  – hamulców aerodynamicznych oraz  $\alpha_{ZH}$  – zmianą kąta zaklinowania statecznika poziomego.

Na rys.1 zaznaczono również bloki: rejestracji parametrów lotu samolotu – **RPLS** oraz rejestracji parametrów psycho-fizjologicznych człowieka – **RPPFC**.

Na dynamikę samolotu wpływa także zmiana wysokości lotu **H** powodująca zmiany: gęstości powietrza –  $\rho$ , temperatury powietrza –  $t_H$ , prędkości dźwięku –  $a_H$ , lepkości kinematycznej –  $\nu_H$  i ciśnienia powietrza –  $p_H$ . Czynniki te mają również wpływ na psychologiczne i fizjologiczne własności człowieka-pilota. Wysokość lotu jest jednym z parametrów otrzymanych z bloku całkującego symulacji współrzędnych położenia samolotu oraz bloku symulacji warunków atmosferycz-



nych i stanów awaryjnych zadawanych na blok **S** przez kontrolera-instruktora **K-I** ale również przez blok dynamiki silnika (rys.1 i 2).

Z równań dynamiki ruchu samolotu (dynamika samolotu **S**) otrzymujemy macierz sygnałów wyjściowych (rys.1 i 3) gdzie:  $\Phi$  – przechylenie samolotu,  $\Theta$  – pochylenie,  $\Psi$  – odchylenie; prędkości kątowe:  $P$  – przechylenia,  $Q$  – pochylenia,  $R$  – odchylenia; składowe prędkości lotu:  $U$  – podłużna,  $V$  – ślizgu,  $W$  – wznoszenia oraz ciąg silnika  $-T$  i obroty zespołu turbo-sprężarkowego –  $n_T$  jak również współczynniki obciążenia  $n_x$ ,  $n_y$  i  $n_z$ . Wartości te stanowią macierz danych wejściowych niezbędnych do symulacji wskazań przyrządów pokładowych (blok symulacji wskazań przyrządów pokładowych, rys.1 i 2). Stanowią również niezbędne dane do sterowania systemem wykonawczym symulatora lotu (blok symulacji przechyleń, obciążeń i hałasu kabiny trenażera, rys.1, 9 i 10) [25] i po scałkowaniu umożliwiają wyznaczenie położenia samolotu na symulatorze radaru w obszarze naprowadzania-dowodzenia **N-D** (rys.1).

### 3. Człowiek w systemie dynamiki samolotu i symulatora lotniczego

Człowiek pilotujący samolot poddany jest bodźcom zewnętrznym pochodzącym od: otoczenia, dynamiki samolotu, obserwacji przyrządów pokładowych i informacji radiowych (rys.2). Bodźce poprzez receptory oddziałują na zmysły człowieka i są przekazywane do mózgu. Mózg jest procesorem, w którym po skorzystaniu z pamięci i przetworzenia w procesie myślenia bodźce jako impulsy są przekazywane na efekторы (rys.3) w postaci reakcji nieświadomych – reakcje wegetatywne i odruchy, oraz w postaci reakcji świadomych jako realizacje podjętych decyzji (rys.3 i 4) [2,3,5,6,7,8,14,15,16,17,18,25].

Na rys.3 podano przykładowo zarejestrowane:

– zmiany parametrów lotu samolotu (rys.5) takie jak: kurs magnetyczny  $\Psi_{mag}$ , współczynnik obciążenia normalnego  $n_x$ , przyrządowa wysokość lotu  $H$ , kąt pochylenia  $\Theta$ , kąt przechylenia  $\Psi$ , przyrządowa prędkość lotu  $V$ , drgania giętne skrzydeł samolotu  $v_x$ ,

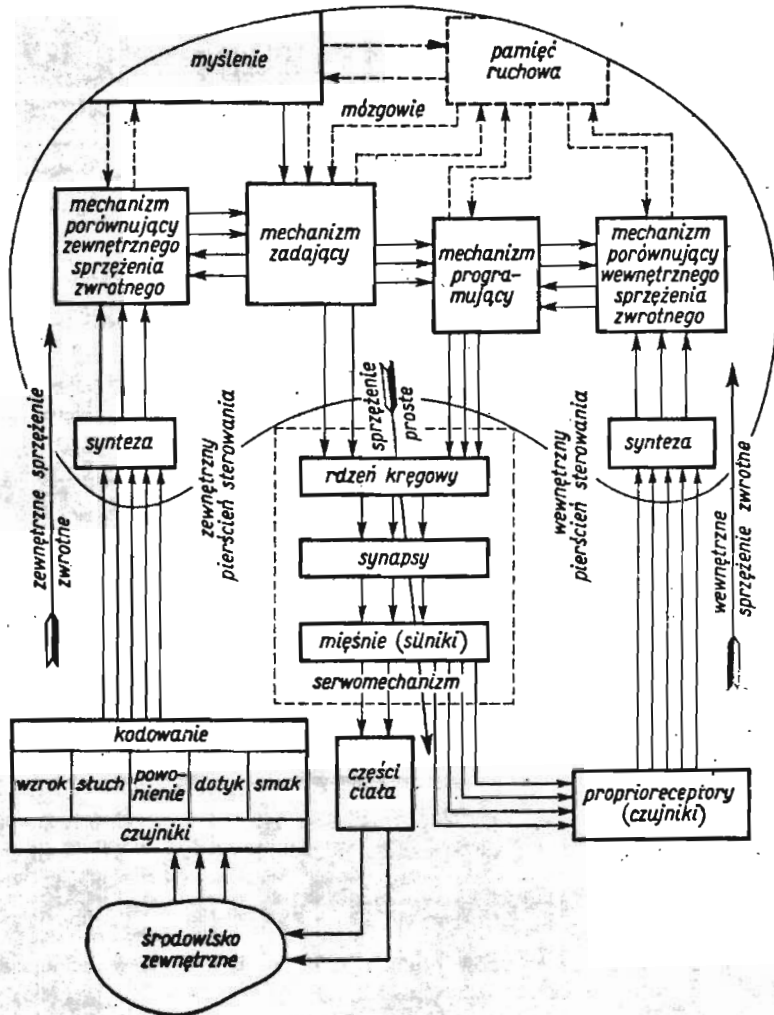
– zmiany parametrów sterowania samolotem przez pilota (rys.5): wychylenie steru wysokości  $\delta_H$ , lotek  $\delta_L$  i steru kierunku  $\delta_V$  oraz siły na drążku sterowym przy wychyleniach: steru wysokości  $P_{dH}$ , lotek  $P_{dL}$  i steru kierunku  $P_{dV}$ ,

– zmiany parametrów lotu otrzymane z oscylogramu w czasie trenunku na symulatorze (rys.6),

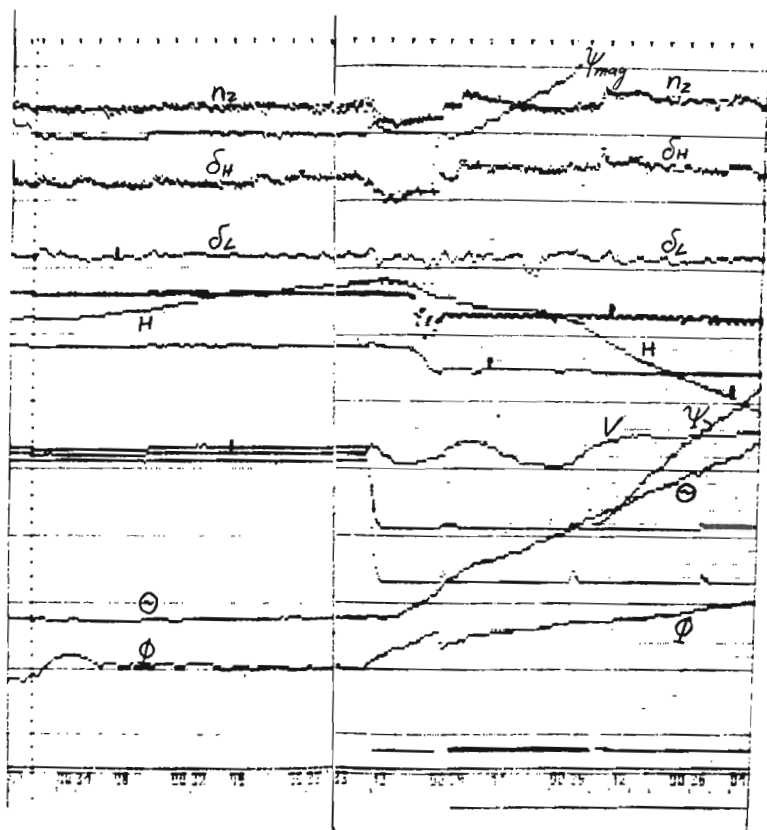
– zapis reakcji fizjologicznych pilota-człowieka [3] (rys.7 i 8): częstość oddechu – CO, częstość skurczów serca – CSS, reakcja skórno-galwaniczna – GSR, elektromiogram – EMC, elektrokardiogram – EKG, elektroencefalogram – EEG i pletyzmogram (reakcje naczyniowe).





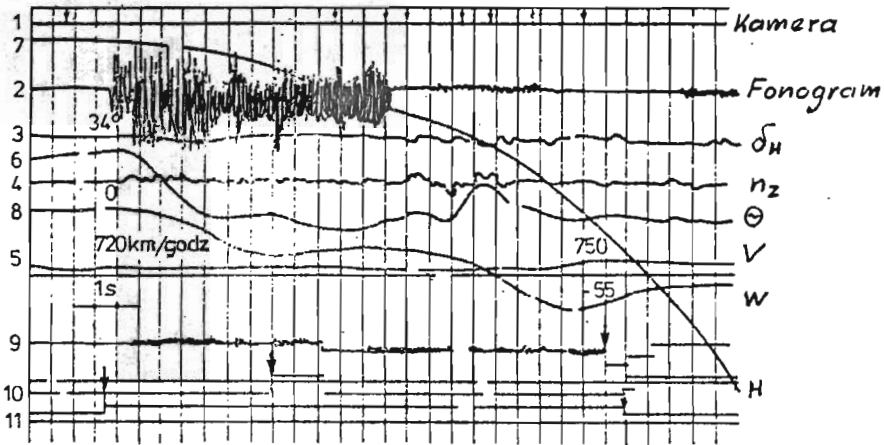


Rys. 4. Przebieg informacji w organizmie człowieka według L.W. Czchaidze (1965) [15]



Rys. 5. Zapis parametrów lotu samolotu na rejestratorze w momencie wypadku





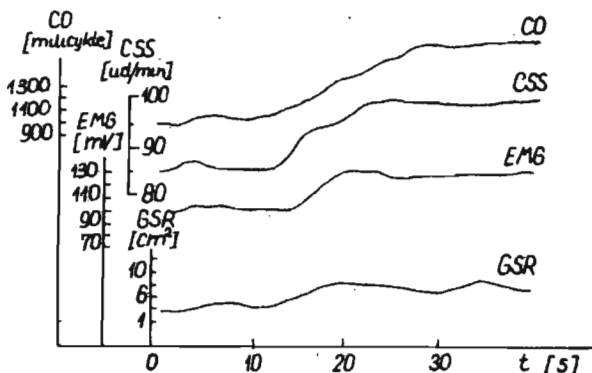
Rys. 6. Oscylogram lotu na symulatorze podczas pojawienia się i likwidacji "pożaru"; charakter operacji pilota zgodny z jego wiedzą [3], 1 - odcinek pracy kamery filmowej, 2 - fonogram, 3 - przemieszczenie steru wysokości  $\delta_H$ , 4 - przyspieszenie normalne  $n_z$ , 5 - prędkość lotu  $V$ , 6 - kąt pochylenia  $\Theta$ , 7 - wysokość lotu  $H$ , 8 - prędkość opadania  $W$ , 9 - wypuszczanie klap, włączenie gaśnicy, 10 - wylączenie silnika, 11 - początek i koniec pożaru

Zapis wyników przeprowadzonej analizy psychologicznej przy rozpoznaniu danej postaci awarii oraz badaniu dynamiki reakcji fizjologicznych w procesie rozwijania się czynności umysłowej pilota w sytuacji rozpoznawania awarii [3] (rys. 3, 7 i 8) pokazuje, że tego rodzaju badania można przeprowadzać zarówno podczas lotu samolotem jak i w czasie treningu na symulatorze (rys. 5, 6 i 7).

Psychologom i fizjologom należy postawić zadanie na eksperymentalny dobór minimalnego zestawu wskaźników fizjologicznych przydatnych do rozgraniczenia stanu napięcia w procesie sterowania samolotem i odpowiednio symulatorem. Może to umożliwić obiektywną ocenę stopnia napięcia w procesie sterowania samolotem i odpowiednio symulatorem. Może to umożliwić obiektywną ocenę stopnia napięcia nerwowo-emocjonalnego pilota w różnych stanach lotu i sytuacjach awaryjnych.

Należy pamiętać, że stan emocjonalny człowieka trenującego na symulatorze, zdającego sobie w pełni sprawę, że jest to imitacja lotu [3] i że nie istnieje zagrożenie dla niego, załogi, pasażerów, samolotu oraz otoczenia zewnętrznego nie może całkowicie odpowiadać stanowi emocjonalnemu człowieka pilotującego samolot w czasie rzeczywistej awarii w powietrzu.

Właściwe podejście do wprowadzenia charakterystyk człowieka jest możliwe



Rys. 7. Przebieg reakcji fizjologicznych pilota na symulatorze podczas pojawienia się "pożaru" [3]: CO – częstość oddechu, EMG – elektromiogram, GSR – odczyn galwaniczny skóry

tylko przy znajomości procesu podejmowania decyzji oraz czynników mających wpływ na ten proces.

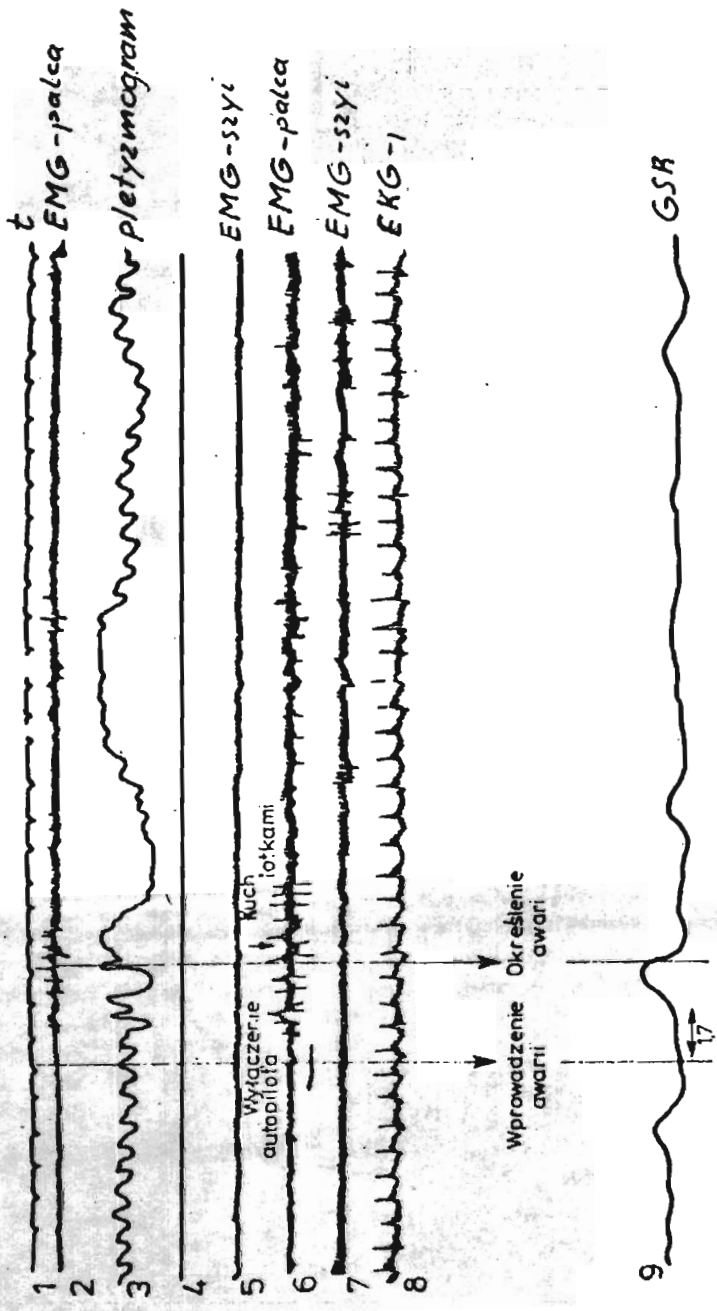
#### 4. Właściwości psycho-fizjologiczne człowieka w systemie samolotu i symulatora

Samolot i odpowiadający mu symulator różnią się kinematyką, dynamiką, położeniem i sterowaniem. Nie można w związku z tym mówić o identycznych obciążeniach działających na pilota (rys.9 i 10) [25].

Należy dążyć aby wrażenia, odczucia i złudzenia pilota w czasie lotu samolotem i treningu w symulatorze (rys.9) były jak najbardziej zbliżone.

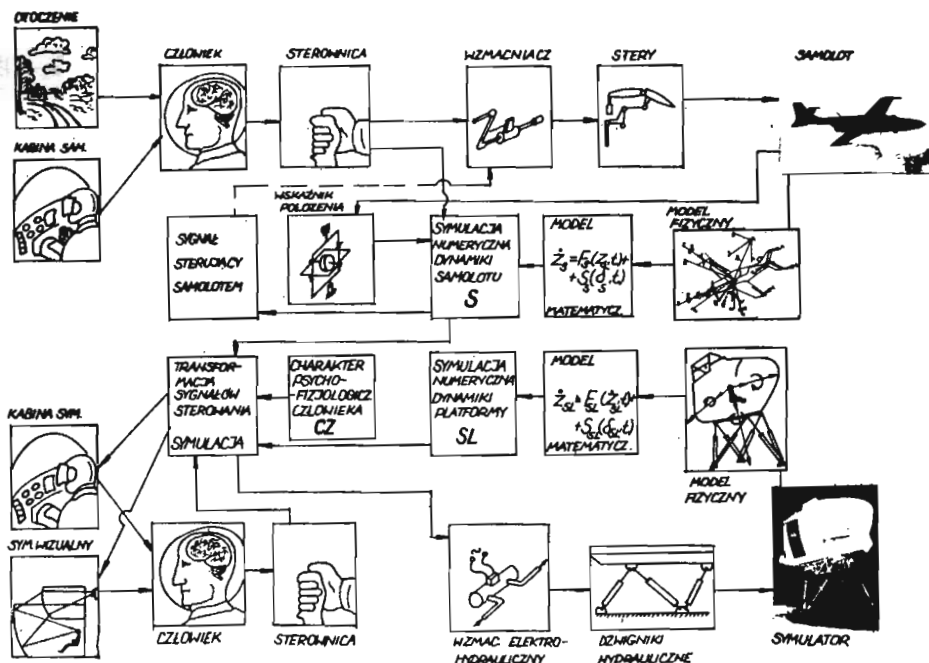
Należy dążyć aby wyróbione odruchy, decyzje i reakcje pilota były identyczne zarówno w samolocie jak i w symulatorze, co powinno być miarą jakości symulatora (rys.9).

Chcąc uzyskać właściwy system sterowania uniwersalnym symulatorem lotu (rys.10) należy, korzystając z właściwie opracowanego modelu matematycznego samolotu **S** (rys.10) [9,10,11], opracować model matematyczny własności dynamicznych projektowanego symulatora **SL** (rys.10). Powinien on uwzględniać mechanikę układu, elektryczno-elektroniczny system sterowania układem hydraulicznym, audiowizualizację oraz charakterystyki psycho-fizjologiczne człowieka **CZ** (rys.10) stymulujące sterowaniem platformą symulatora, generacją obrazu i innymi wybranymi czynnikami wpływającymi na zmysły człowieka-pilota.



Rys. 8. Dynamika reakcji fizjologicznych podczas sygnalizowanej "awarii układu sterowania" na symulatorze. 1 - znacznik czasu; 2, 6 - EMG powierzchni zginacza palców ręki prawej; 3 - pletyzmogram; 5, 7 - EMG "szyi"; 8 - EKG, 9 - GSR.





Rys. 10. Schemat blokowy sterowania symulatorem w sprzężeniu z samolotem i człowiekiem-pilotem

Informacji związanych z orientacją człowieka w przestrzeni, np. zgodnie z [14], dostarczają następujące rodzaje receptorów czuciowych (rys.4):

- kanały półkoliste – reagują na ruchy ciała, umożliwiają utrzymanie równowagi dynamicznej w niesprzyjających warunkach,
- narządy otolityczne – reagują na położenie ciała (odchylenie od pionu), umożliwiają utrzymanie równowagi statycznej w stałej pozycji ciała,
- receptory kinestetyczne – reagują na bodźce przekazywane od ruchów części ciała poprzez reakcje stawowe, mięśniowe i ścięgna,
- receptory skórne – reagują na informacje przekazywane przez skórę, ciśnienie podłoża na stopy lub inne elementy ciała jak w przypadku pozycji siedzącej,
- inne receptory – reagują na informacje przekazywane przez inne zmysły jak wzrok i słuch.

Człowiek w dużej mierze opiera się na obserwacjach wzrokowych, które we-

spół z wrażeniami pochodzącymi od zmysłu równowagi dostarczają informacji o położeniu ciała w przestrzeni, jego pozycji i równowadze. W przypadku kiedy informacje wzrokowe nie zgadzają się z informacjami dostarczonymi przez pozostałe zmysły następuje zwykle dezorientacja.

Przyspieszenia występujące w samolocie podczas różnych faz lotu zakłócają normalne odczuwanie pionu grawitacyjnego przez narządy otolityczne. Mylące wrażenia prowadzą do silniejszego odczuwania pionu odniesionego do samolotu niż względem Ziemi. Zwiększanie przyspieszenia powodujące potęgowanie się szkodliwych objawów u człowieka zależy od kierunku działania i zwrotu. Typowymi objawami są: zaburzenia wzrokowe, czerwone widzenie, utrata zdolności widzenia, przekrwienie twarzy, utrudnione oddychanie, słaba koordynacja ruchów, utrudnione ruchy ciała, zamęt myślowy, utrata przytomności, śmierć.

#### 4.1. Przestrzenna orientacja i dezorientacja (wg A.L.Bensona na podstawie opracowania T.Smolicza [16])

W każdym systemie człowiek - maszyna prawidłowe sterowanie maszyny zależy od:

- dostarczenia do człowieka (operatora) odpowiednich i prawidłowych informacji dotyczących zachowania się maszyny,
- prawidłowego odbierania i przetwarzania informacji przez operatora,
- wytwarzania przez operatora odpowiednich sygnałów sterujących.

Właściwe położenie przestrzenne samolotu pilot ocenia na podstawie prawidłowej interpretacji informacji pochodzących od następujących czynników (zmysłów): oczy - zmysł wzroku, uszy - zmysł słuchu i równowagi, skóra, ścięgna, mięśnie - zmysł kinestetyczny.

Typowe błędy w ocenie położenia samolotu są wynikiem: — błędnych lub niedostatecznych bodźców zmysłowych, — niewłaściwej interpretacji tych bodźców przez mózg, — niewłaściwego porównania błędnej i prawidłowej percepcji.

Typ I błędu - gdy pilot nie zdaje sobie sprawy z możliwości błędnej percepcji. Sterowanie samolotu jest oparte na błędnej percepcji. Bezpieczeństwo lotu zostaje zagrożone przez:

- a) niewłaściwe sterowanie,
- b) utratę (brak) sterowania.

Typ II błędu - gdy pilot nie zdaje sobie sprawy z odbioru bodźców dających "konfliktowe" informacje.

Jest to najczęstszy przykład dezorientacji przestrzennej i staje się groźny gdy:

- a) konflikt informacji nie zostaje prawidłowo rozstrzygnięty,
- b) "stres dezorientacji" degradowuje umiejętności.

#### 4.2. Przyczyny dezorientacji przestrzennej (wg A.I.Bensona na podstawie opracowania T.Smolicza [16])

Wpływ na dezorientację przestrzenną mają bodźce wzrokowe oraz bodźce zmysłu równowagi i zmysłu kinestetycznego.

##### 4.2.1. Bodźce wzrokowe

Możemy je podzielić na:

##### a) pochodzące od źródeł zewnętrznych:

- nietypowe – ograniczona widzialność (mgła, chmury, deszcz, dym, pył itp), noc, duża wysokość lotu, mało czytelna powierzchnia ziemi, ograniczone oświetlenie,
- błędne – fałszywy względny ruch obiektów, ruch pozorny (iluzja okularyalna i okuloğraficzna), odniesienie położenia do pochyłych chmur lub nachylonej płaszczyzny ziemi,

##### b) pochodzące od przyrządów:

- zbyt słabe – niewystarczająca czułość receptora, brak informacji potrzebnej do sterowania, zbyt słabe oświetlenie, łatwe do pomylenia przyrządy,
- błędne – uszkodzenie lub złe działanie przyrządów, przekroczenia własności dynamicznych przyrządów,

##### c) bodźce wynikające z osłabienia wzroku:

- statyczne i dynamiczne – akomodacja (przystosowanie),
- ograniczenie możliwości receptora wzroku – refrakcja (załamanie światła), ruch i położenie obserwowanych obiektów,
- ruch obrazu siatkówkowego – drgania, oczopląs,
- adaptacja siatkówki – odbicie światła (jarzenie), oślepienie lub migotanie światła.

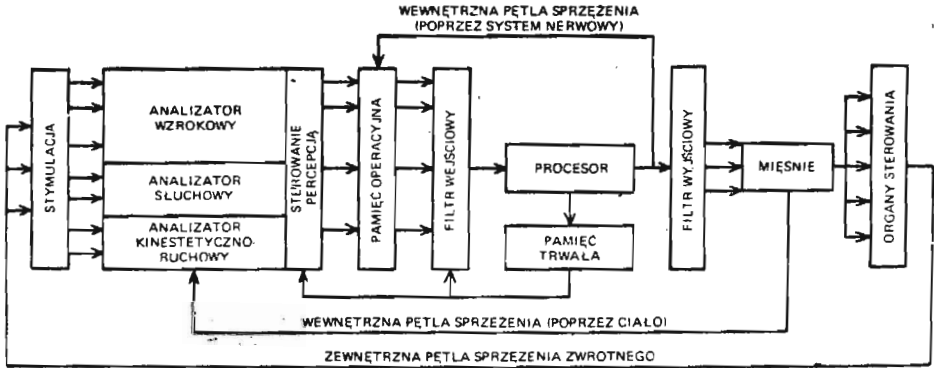
##### 4.2.2. Bodźce zmysłów równowagi i kinestetycznego

Bodźce pochodzące od tych zmysłów mające wpływ na dezorientację przestrzenną, możemy podzielić na:

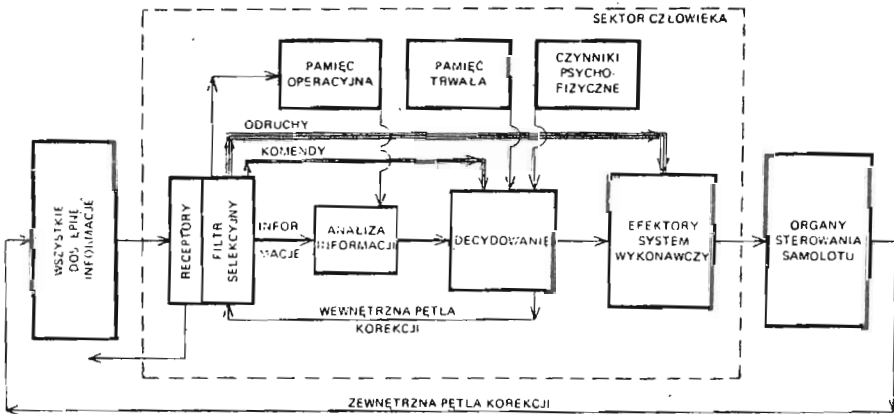
- zbyt słabe – ruch samolotu poniżej czułości progowej receptorów,
- błędne – częstotliwość bodźców jest poza zakresem fizjologicznym ( $0.1-10H_z$ ),
- błędną percepcję ruchów kątowych – przerwanie długotrwałego obrotu ciała,
- bodźce Coriolisa – ruch głowy wokół innej osi niż szyja,
- błędną percepcję położenia (fałszywy pion), iluzja "ciężaru" – zsumowanie wektora przyspieszenia i przyspieszenia ziemskiego przy ruchach głowy w nietypowym układzie sił (powrót z nietypowych położań samolotu).

## 5. Uwagi końcowe

Z powyższego wynika, że niewłaściwe sterowanie z komputera systemem symulatora obejmujące: generację obrazu, ruch obrazu, symulację wskazań przyrządów pokładowych, położenie, ruch i przyspieszenie platformy symulatora oraz sterowanie oświetleniem i hałasem może powodować dezorientację człowieka i doprowadzić do "choroby symulatorowej".



Rys. 11. Model przepływu informacji (Reason 1981) [16,17,25]



SCHEMAT PRZEPŁYWU INFORMACJI (SMOLICZ 1978)

- ODRUCHY – DROGA NATYCHMIASTOWA (POMIĘDZY ANALIZY I DECYZJI)
- KOMENDY – DROGA SZYBKA (POMIĘDZY ANALIZY I DECYZJI)
- INFORMACJE SUROWE – DROGA WOLNA (PRZECZ BLOKI ANALIZY I DECYZJI)

Rys. 12. Schemat przepływu informacji (Smolicz 1978) [16,17,25]



Przy projektowaniu systemów sterowania symulatorem niezbędna jest współpraca specjalistów z dziedziny neurologii, fizjologii i psychologii oraz doświadczonych pilotów. Niezbędne jest określenie:

- najdogodniejszego modelu decyzyjnego człowieka (np. rys.11 i 12),
- charakteru funkcji reakcji poszczególnych zmysłów na bodźce zewnętrzne i wewnętrzne,
- progów czułości poszczególnych zmysłów w zależności od charakteru bodźca zewnętrznego,
- czułości progowej receptorów,
- maksymalnego gradientu zmian bodźców, przy których odpowiednie zmysły człowieka nie reagują,
- sposobu uzyskiwania takich samych lub zbliżonych wrażeń, złudzeń, odczuć przez zamienność na zmysły,
- sposobu symulacji przeciążeń lub uzyskiwania efektów fizjologicznych analogicznych jak przy przeciążeniu,
- efektu działania przeciążeń spowodowanych zmianą położenia platformy (wykorzystanie sił grawitacyjnych),
- możliwości zastosowania wielokomorowych kombinezonów ciśnieniowych o sterowanym wypełnianiu,
- innych koncepcji możliwych do realizacji.

Istnieje zasadnicza różnica w kinematyce symulatora i samolotu. Kabina symulatora uniwersalnego pomimo sześciu stopni swobody nie jest w stanie wykonać manewru równoważnego kinematycznie manewrowi samolotu np. pętla, korkociąg, becinka, przewrót bojowy itp. Należy tak dobrać system sterowania symulatorem aby złudzenia, wrażenia i odczucia pilota były zbliżone do uzyskanych w locie samolotem.

## 6. Literatura

1. A.D.BARNES, D.E.A. HOUGHTON, *Air-to-air combat simulation*, Aeronautical Journal, 6/1978
2. *Bionika-system nerwowy jako układ sterowania*, Praca zbiorowa pod redakcją R.Gawrońskiego, PWN Warszawa 1970
3. *Eksperymentalna psychologia lotnicza*, Pod redakcją B.F.Lomowa, K.K.Płatonowa, PWN Warszawa 1984
4. *Flight Simulator Display Systems - "WIDE"*. Rediffusion Simulat, 1986
5. R.GAWROŃSKI, *Rozpoznanie i decyzja*, PWN Warszawa 1970
6. L.HEMPEL, *Człowiek i maszyna*, WKŁ, Warszawa 1984
7. W.KAPIT, L.M.ELSON, *The Anatomy Coloring Book*

8. M.A.KRUPP, N.J.SWEET, E.JAWETZ, E.G.BIGLIERI, *Vademecum diagnostyki i terapii*, PZWL, Warszawa 1973
9. J.MARYNIAK, *System symulacji trenera lotu, naprowadzania, walki i dowodzenia*, MTiS T. 25, Z. 1-2, PWN, Warszawa 1987
10. J.MARYNIAK, *Ogólna koncepcja systemu symulatora z uwzględnieniem sprzężeń między poszczególnymi blokami*, Sprawozdanie nr 140/85 ZNB Dynamiki Obiektów Ruchomych, ITLiMS PW, Warszawa 1985 (nie publikowane)
11. J.MARYNIAK, *Ogólne modelowanie fizyczne i matematyczne obiektów latających jako elementów systemu symulatora - matematyczny model sterowanego samolotu*, Sprawozdanie nr 141/85 ZNB Dynamiki Obiektów Ruchomych, ITLiMS PW, Warszawa 1985 (nie publikowane)
12. J.MARYNIAK, *Modelowanie fizyczne i matematyczne w dynamice obiektów ruchomych*, Zbiór referatów XXVI Sympozjonu "Modelowanie w Mechanice", Gliwice-Kudowa 1987
13. J.MARYNIAK, *Modelowanie w dynamice obiektów latających*, Zbiór referatów XIII Sympozjum "Drgania w Układach Fizycznych", Poznań-Biażejewko 1988
14. E.J.McCORMICK, *Antropotechnika*, WNT, Warszawa 1964
15. A.MORECKI, J.EKIEL, K.FIDELUS, *Bionika ruchu*, PWN Warszawa 1971
16. T.SMOLICZ, *Wybrane zagadnienia lotniczej psychologii inżynierskiej*, (konspekt wykładów) PLL "LOT", Warszawa 1982
17. T.SMOLICZ, *Wpływ procesów decyzyjnych pilota na sterowanie samolotem komunikacyjnym podczas końcowej fazy zbliżania do lądowania*, Rozprawa doktorska, Wydz.MEiL PW 1985
18. J.TERELAK, *Podstawy psychologii lotniczej*, Dęblin 1988 (nie publikowane)
19. E.EDWARDS, *The Man in the System*, IATA 20 th Technical Conference, Instanbul 1975
20. I.K.LAUBER, C.E.BILLINGS, *Man-Machine Interfaces; Principles and Problems*, IATA 20th Technical Conference, Instanbul 1975
21. *Selected working papers*, IATA 20th Technical Conference, Instanbul 1975
22. J.KOZIELECKI, *Psychologiczna teoria decyzji*, PWN Warszawa 1978
23. T.SMOLICZ, *Człowiek i automatyzacja*, Postępy Astronautyki nr 3137, 1979
24. T.SMOLICZ, *Monitorowane zbliżanie jako wstępny etap treningu do II kategorii i lądowań*, Technika Lotnicza 1976
25. J.MARYNIAK, *Ogólny model strukturalny uniwersalnego symulatora lotu z uwzględnieniem symulowanego samolotu, człowieka i symulatora*, Sprawozdanie nr 194/88-N Sp. Pracy "Nauka-Innowacja-Technika" ZNB Dynamiki Obiektów Ruchomych, ITLiMS PW, Warszawa 1988 (nie publikowane)

### Summary

Paper presents some problems in which we take into account of the human factors in aircraft control and flight simulator dynamics. Some psychological and physiological information, indispensable to design — the steering system for flight simulator, are considered and defined. Such approach enables to compare the dynamics of the aircraft - pilot system and the simulator - human being system.

### Резюме

В статье представлено проблемы связанные с учётом человека в системе управления самолётом и соответствующим ему симулятором полёта. Представлено возможность уточнения психологических и физиологических информации необходимых при разработке системы управления симулятором, а также возможность выбора минимального числа параметров необходимых для сравнения системы самолёт - пилот с системой симулятор - человек.

*Praca wpłynęła do Redakcji dnia 31 stycznia 1989 roku*