

Analiza okulograficzna wpływu obciążenia pracą na sprawność operatorską pilota

Szczechura J., Terelak J.F., Kobos Z., Pińkowski J.*

Zakład Psychologii, Wojskowy Instytut Medycyny Lotniczej, Warszawa

THE INFLUENCE OF WORKLOAD ON PERFORMANCE – AN OCULOGRAPHIC ANALYSIS

Presented are specific parameters of visual information intake in pilots on the job. The role of eye movements in the process of visual stimulus reception is discussed. Our own study on a Mig-23 flight simulator is presented. The method of oculographic testing (oculometer NAC-V) of pilots performing professional assignments differing in work load is presented and the practical implications of oculographic research are discussed.

WPROWADZENIE

Wiele współczesnych stanowisk pracy wiąże się z obsługą urządzeń technicznych, w których człowiek pełni rolę operatora. Najprostszym modelem decyzyjnym analizy psychologicznej czynności operatorskich wynikającym z psychologicznej teorii decyzji obejmuje: odbiór informacji o stanie urządzenia, jej przetwarzanie i sterowanie zgodnie z celem użytkowym. Przedmiotem naszej analizy będą czynności operatorskie pilota.

Mimo dynamicznego postępu techniki lotniczej, pilot jest ciągle centralnym elementem układu: „człowiek – samolot” oraz gwarantem jego efektywności i niezawodności.

Od określenia miejsca i roli człowieka w tym złożonym układzie zależy nie tylko bezpieczeństwo wykonywania lotów, bezpieczeństwo innych ludzi (np. pasażerów), ale także kierunki dalszego rozwoju techniki lotniczej (Borman i in., 1983; Sparrow i in., 1982).

Współdziałanie pilota z samolotem nie jest celem samym w sobie, lecz środkiem do osiągnięcia planowych efektów pracy (np. przewóz pasażerów, transport ładunków, wykonanie zadania bojowego itp.). Dotychczasowe doświadczenia wskazują, że nie wszyscy ludzie w jednakowym stopniu, mogą sprostać temu zadaniu (Bierogowoj i in., 1978; Gezze, 1987; Kantor, Carretta, 1988; Łomow, Płatonow, 1984). Pojawilo się więc, m.in. przed teoretykami procesu szkolenia lotniczego, pytanie o granice ludzkich możliwości przy praktycznie „nieograniczonych” możliwościach rozwoju techniki (Billings et al., 1975).

Rozwój techniki lotniczej oraz wzrastające koszty szkolenia zmuszają psychologów zajmujących się tą problematyką do ciągłego doskonalenia zarówno metod doboru i selekcji do szkół lotniczych, jak również, badań nad uwarunkowaniami psychologicznej efektywności praktycznego szkolenia lotniczego w zakresie pilotowania samolotu (Evdokimow, Parhomenko; 1986; Sparrow i in., 1982; Terelak, 1988).

CHARAKTERYSTYKA DZIAŁANIA OPERATOROWEGO PILOTA

W psychologii pracy przyjmuje się, że efektywność pracy człowieka zależy zarówno od jego cech i stanów, jak również od środowiska pracy (Kitajew-Smyk, 1989; Terelak, 1995). W literaturze przedmiotu spotyka się dane dotyczące wpływu niektórych cech osobowości i środowiska na strukturę czynności operatorskich (Borucki, 1988; Furnham, Zacherl, 1986; Klonowicz, 1974; 1984; Salomoni i in., 1984).

CHARAKTERYSTYKA PRACY OPERATORSKIEJ

Z punktu widzenia psychologii poznawczej można powiedzieć, że wykonywanie pracy przez operatora polega na odbiorze informacji o stanie układu, jej przetwarzaniu, porównywaniu stanu układu zgodnie z przyjętym modelem i sterowanie układem z punktu widzenia określonych (założonych) celów. Operator wykonuje zwykle czynności w warunkach pośredniej (dystansowej) kontroli obiektu technicznego. Istota pracy operatorskiej polega w związku z tym na zdalnym sterowaniu i regulowaniu obiektem technicznym. Podstawowym zadaniem operatora jest

* Korespondencję na temat artykułu można kierować pod adresem: J. Szczechura, J.F. Terelak, Z. Kobos, J. Pińkowski, Instytut Medycyny Lotniczej, ul. Krasińskiego 54, 01-755 Warszawa.

znajomość pożądanego stanu sterowanego obiektu (bądź regulowanego procesu) oraz odbieranie informacji o jego stanie aktualnym i korekcji różnicy między tymi stanami.

Operator najczęściej oddziałuje w sposób pośredni na sterowany obiekt, więc informacje zostają mu przekazane w postaci symbolicznej za pomocą różnego rodzaju wskaźników urządzeń kontrolnych i pomiarowych, w zakodowanej postaci sygnałów jako nośników informacji.

CHARAKTERYSTYKA CZYNNOŚCI PILOTA PODCZAS LOTU

Pilotowanie samolotu jest możliwe dzięki procesom percepcyjno-motorycznym i decyzyjnym, które można psychologicznie opisać za pomocą następujących składników: a) wskaźników odbioru informacji wzrokowej (przemieszczanie się wzroku lotnika po tablicy przyrządowej, kontrolowanie przestrzeni poza kabiną, czasy fiksacji wzroku na poszczególnych instrumentach pilotażowo-nawigacyjnych); b) wskaźników odbioru informacji słuchowej i kinestetycznej (poprawność prowadzenia korespondencji radiowej, przestrzeganie procedury i frazeologii proceduralnej radiokomunikacji lotniczej, korzystanie z przydzielonych częstotliwości radiowych zależnie od miejsca wykonywania zadania, odczuwanie przeciążeń i położenia przestrzennego za pomocą proprioceptorów w przypadku braku widzialności naturalnego horyzontu); c) parametrów określających aktywność motoryczną: ilość (amplituda i szybkość ruchów); d) charakterystyki zadaniowej związanej z utrzymywaniem założonych reżimów lotu (odchylen od nakazanego kursu, wysokości, szybkości oraz kątowych i czasowych parametrów wykonywanego zadania).

Zdecydowana większość informacji napływa do pilota operatora za pośrednictwem kanału wzrokowego. Jak podają niektórzy autorzy (Łomow, Płatonow, 1984) około 90% informacji będących podstawą podejmowanych przez pilota decyzji dociera do niego za pomocą narządu wzroku. Dlatego też prawidłowości rządzące procesami odbioru i przetwarzania informacji wzrokowej najczęściej pojawiają się w badaniach z zakresu psychologii lotniczej.

CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU WZROKOWEGO CZŁOWIEKA

Podstawowym zadaniem systemu wzrokowego pilota jest zapewnienie zdolności do odbioru bodźców i orientacji w trójwymiarowej przestrzeni. Zasadnicze znaczenie dla zrozumienia sposobu funkcjonowania systemu wzrokowego u człowieka mają następujące cechy morfologii i działania tego systemu:

- funkcjonalne i przestrzenne zróżnicowanie w rozmieszczeniu fotoreceptorów za pomocą których docierają bodźce wzrokowe;
- sposób odbioru tych bodźców charakteryzujący się sekwencyjnym i cyklicznym analizowaniem pola widzenia.

Pierwszy element, recepcyjny, systemu wzrokowego to siatkówka. Zawiera ona elementy fotoczule, czopki oraz

pręciki. Poprzez złożony system połączeń wewnątrzsiatkówkowych informacja wzrokowa może być następnie przekazywana włóknami nerwowymi, tworzącymi nerw wzrokowy do wyższych pięter ośrodkowego układu nerwowego celem dalszej analizy. Rozmieszczenie czopków i pręcików jest w siatkówce niejednorodne. Proporcjonalnie największą gęstość populacji czopków osiąga w rejonie tylnego bieguna oka, a rejon dołka centralnego (*fovea centralis*) jest wypełniony jedynie gęsto rozmieszczonymi komórkami czopkowymi. Zapewnia ona największą ostrość wzroku i jest podstawą anatomiczną widzenia centralnego. Pozostała część siatkówki zapewnia znacznie mniejszą ostrość widzenia i umożliwia spostrzeganie bodźców paracentralnych i peryferyjnych.

Od czasu opublikowania pracy Schneidera (1969), coraz powszechniej akceptowany jest pogląd, że system wzrokowy od strony funkcjonalnej należy rozpatrywać jako agregację dwu podsystemów. Odpowiadają one na dwa podstawowe pytania dotyczące bodźców wzrokowych: „gdzie” pojawił się bodziec oraz „co to” za bodziec (Liebowitz, Dichgans, 1980). Systemy te, odpowiadające na pytania: „Co to jest?” i „Gdzie to jest?”, związane są z odrębnymi strukturami obejmującymi:

SYSTEM WIDZENIA CENTRALNEGO (FOCAL VISION)

Odpowiedź na pytanie „co?” związana jest anatomicznie z systemem widzenia centralnego. Zapewnia on dokładną rozróżnialność szczegółów – bodźce o tzw. wysokiej częstotliwości przestrzennej co za tym idzie najlepiej reprezentowane w centralnym polu widzenia, rejonie o największym nasyceniu komórkami czopkowymi. Informacja przetwarzana przez ten podsystem jest z reguły dobrze reprezentowana w świadomości, jest silnie zależna od takich parametrów bodźca jak energia bodźca i błąd refrakcji.

Rozważając ten system z punktu widzenia wykonywania zawodu pilota można stwierdzić, że system centralny nie jest zorientowany pierwotnie na orientację przestrzenną człowieka w środowisku. Niemniej jednak obecnie wraz z postępującą symbolizacją danych podczas lotu przyrządowego (np. prezentacja danych o położeniu samolotu na ekranie monitora czy wizualizacja współrzędnych na przedniej szybie) w wielu przypadkach dostarcza pośrednio informacji wzrokowej o położeniu pilota i pilotowanego obiektu. Podczas pilotowania wg. bezpośrednich danych wzrokowych informacja centralna również dostarcza danych o położeniu przestrzennym, chociaż należy zaznaczyć, że informacja ta w warunkach pilotowania samolotu jest w dużej mierze podatna na zakłócenia (złudzenia wzrokowe). Zakłócenia te wynikają przede wszystkim z konfliktu przedsiolkowowzrokowego. Należy tu wymienić takie możliwości dostarczania informacji jak możliwość operowania mechanizmem stałości spostrzegania tzn. umiejętnością oceny położenia na podstawie znajomości stosunku obrazu siatkówkowego znanych i porównywanych ze sobą przedmiotów (np. znajomość relacji pomiędzy obrazem samochodu i pociągu umożliwia nam w przypadku takiego samego obrazu siatkówkowego ocenę, że pociąg jest da-

lej niż samochód). Innym przykładem jest tu możliwość posługiwania się paralaksą ruchu, względną prędkością obrazu przedmiotów poruszających się po siatkówce. Siatkówkowy obraz przedmiotów znajdujących się bliżej odbiorcy bodźca porusza się szybciej wzdłuż siatkówki niż obraz przedmiotów znajdujących się dalej odbiorcy.

SYSTEM WIDZENIA OBOCZNEGO (AMBIENT VISION)

Lokalizacja bodźców w przestrzeni oraz orientacja kierunkowa realizowana jest przede wszystkim za pośrednictwem systemu widzenia obocznego. Związany jest on z udzieleniem odpowiedzi na pytanie „gdzie?” pojawił się bodziec wzrokowy. System ten reaguje przede wszystkim na względnie duże kątowno rozmiary bodźców. Co za tym idzie w typowych warunkach pobudzany jest poprzez bodźce działające w peryferycznych rejonach pola widzenia. Bodźce te charakteryzują się małym stopniem szczegółowości (niska częstotliwość przestrzenna) (Howard, 1982). Przeciwnie niż w przypadku systemu widzenia centralnego, widzenie oboczne jest związane z dynamiką bodźca i jakością obrazu. Można raczej powiedzieć, że o ile już bodziec jest widzialny odpowiedź systemu następuje na zasadzie „wszystko albo nic”. System ten funkcjonuje przy niewielkim udziale świadomości, a często w ogóle nie zdajemy sobie – bez odpowiedniego ukierunkowania – sprawy z aktywności systemu widzenia obocznego.

Działanie systemu widzenia obocznego cechuje niezależność względem funkcjonowania systemu widzenia centralnego. Widoczne jest to np. podczas czynności jednoczesnego czytania książki i spacerowania. Widzenie centralne jest związane wówczas całkowicie z realizacją naprzemiennych pauz fiksacyjnych i ruchów skokowych gałek ocznych związanych z wprowadzeniem nowych partii tekstu w rejon najostrzejszego widzenia. System widzenia obocznego, dzięki dopływowi bodźców peryferycznych umożliwia równoczesne poruszanie się w przyjętym kierunku.

Budowa siatkówki, sposób rozmieszczenia fotoreceptorów i związany z tym fakt małego rejonu zapewniającego wysoką ostrość widzenia, jedynie z małego kątowno rejonu pola widzenia (1.5 – 2 stopnie) i podkreśla rolę ruchów gałek ocznych w odbiorze informacji wzrokowej u człowieka. Zadaniem pierwszoplanowym ruchów gałek ocznych jest zapewnienie optymalnego odbioru bodźców wzrokowych w celu dalszej analizy w OUN. Zadanie to realizowane jest w dwojaki sposób. W przypadku bodźców będących we względnym ruchu w stosunku do obserwatora system wzrokowy dysponuje możliwością wykonania ruchów śledzenia.

RUCHY ŚLEDZENIA

Jeżeli obserwujemy bodziec wzrokowy, i bodziec ten niespodziewanie dla obserwującego zacznie poruszać się w polu widzenia, to po okresie opóźnienia wynoszącym około 125 ms oko rozpoczyna śledzenie bodźca. Początkowo ruch śledzenia rozpoczyna się z prędkością mniejszą od

prędkości poruszającego się bodźca. Następnie po około 100 ms dopasowuje się do jego prędkości. Zakres prędkości w ramach których ruch śledzenia dostosowuje się do prędkości bodźca jest szeroki (wynosi od kilku minut kątowych do około 30–40 st./sek). Jeżeli prędkość poruszającego się bodźca nie jest stała – śledzenie w ramach podanych wyżej wartości również ulega modyfikacji. Sygnałem wyzwalającym śledzenie może być zarówno ocena prędkości przesuwu obrazu na siatkówce, jak też dążenie do minimalizacji różnicy pomiędzy punktem utrzymania obrazu w rejonie dołka centralnego, a rzeczywistym położeniem obrazu na siatkówce (Howard, 1982). Przy większych prędkościach ruchu bodźca (ponad 40 st./sek) ruch gałki ocznej coraz częściej przestaje nadążać za bodźcem i oko wykonuje ruchy skokowe w kierunku bodźca, aby w ten sposób utrzymać go w polu najostrzejszego widzenia.

RUCHY SKOKOWE

Ruchy skokowe są najszybszym rodzajem ruchów gałek ocznych. Ich zasadniczym znaczeniem jest dostarczenie w rejon ostrego widzenia nowych fragmentów obserwowanego pola widzenia. Ruchy typu skokowego mogą osiągać prędkości rzędu 700 i więcej stopni na sek. Przy takiej prędkości nawet ruch o znacznym kątowno zakresie trwa poniżej 100 ms. Zazwyczaj (w około 80%) ruchy skokowe mają zakres do 15%. W przypadku ruchu o większym zakresie ruchowi gałki ocznej towarzyszy ruch głowy (Becker, 1989). Przy tak krótkich czasach mają one swą specyfikę w stosunku do innych typów ruchów celowych wykonywanych przez człowieka. Na ich charakter nie może bowiem wpływać informacja ze sprzężenia zwrotnego z siatkówki ani z proprioceptorów. Ruchy te, muszą więc być albo wstępnie programowane, albo – co ma miejsce w zdecydowanej większości przypadków – mają charakter balistyczny. A więc takiego ruchu po rozpoczęciu nie można już modyfikować. Podczas wykonywania ruchu „wejście” do OUN jest praktycznie zamknięte na okres kilkudziesięciu ms. Zjawisko to nosi nazwę *Saccadic suppression*. Dzięki temu nie dociera do nas nieostra informacja, która powstaje podczas szybkiego przemieszczania obrazu pola widzenia po siatkówce. U ludzi, ruchy skokowe, naprzemiennie z chwilowymi zatrzymaniami wzroku na danym fragmencie bodźca stanowią elementy tzw. cykli okoruchowych (Russo, 1978). Za pomocą takich cykli tworzymy obraz świata zewnętrznego.

Podczas cyklu okoruchowego realizowane są następujące składowe procesy percepcji wzrokowej:

- określenie miejsca kolejnej fiksacji wzroku (50 ms),
- transmisja informacji o parametrach ruchu do systemu motorycznego (30 ms),
- przesunięcie gałki ocznej w nowe położenie (30 ms),
- przesłanie informacji do OUN (60 ms),
- dekodowanie otrzymanej informacji (60 ms).

W zależności od stopnia skomplikowania bodźca wzrokowego i rodzaju zadania czas cyklu okoruchowego może wahać się w szerokim zakresie: od 200 ms (Russo, 1978) podczas czytania standardowego tekstu do 1000–1500 ms podczas odczytu informacji z przyrządów pilotażowych.

CEL BADAŃ

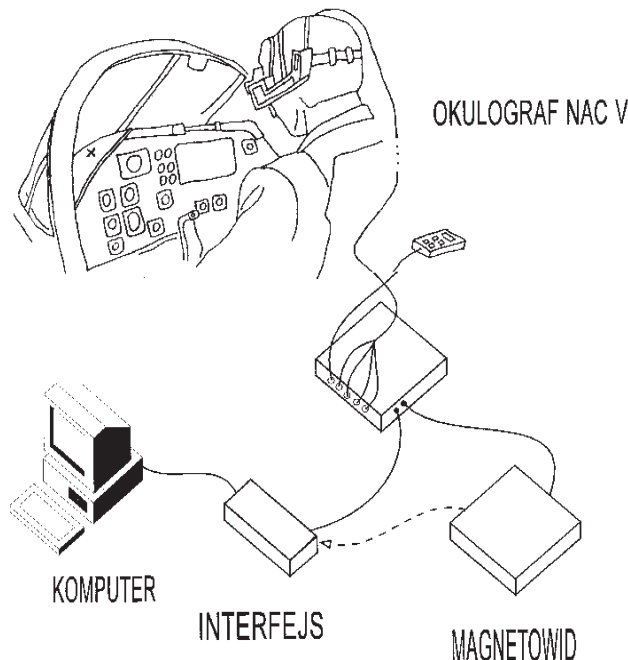
Celem badań własnych jest wykorzystanie analiza okoruchowej dynamiki zmian występujących w odczycie wskaźników przyrządów w trakcie pilotowania podczas wzrostu obciążenia pracą. Istnieją dane z prac Tole i in. (1983) mówiące o modyfikacji trajektorii kolejnych fiksacji wzroku podczas pilotowania w miarę wzrostu trudności zadania.

Stawiamy hipotezę, że w miarę wzrostu obciążenia pracą poprzez zastosowanie zadania dodatkowego również składowa poznawcza cyklu okoruchowego będzie ulegać zmianie. Zmiana ta powinna dotyczyć przede wszystkim parametrów czasowych cyklu przejawiających się w modyfikacji czasów fiksacji. Oczekujemy również, że konieczność odczytu informacji niezbędnej do prawidłowego pilotowania wymusi zmianę strategii odczytu wskaźników co może przejawiać się w zmianach w ilości pauz fiksacyjnych jako podstawowych „porcji” odbioru bodźców wzrokowych.

MATERIAŁ I METODA

Badanie przeprowadzono na 12 pilotach wojskowych w wieku 24–33 lat o zróżnicowanym poziomie umiejętności zawodowych (od pilotów wykonujących pierwsze samodzielne loty na samolocie Mig-23 do pilotów z pierwszej klasą wykształcenia lotniczego). Badani systematycznie przeprowadzali ćwiczenia na symulatorze samolotu Mig-23, zgodnie z programem szkolenia obowiązującym przy eksploatacji tego typu sprzętu. Dlatego do wizualizacji sytuacji wzrokowej jaka ma miejsce podczas startu, lądowania i lotu samolotu posłużono się symulatorem KTS-6 wykorzystywanym przy szkoleniu pilotów odbywających loty na samolocie Mig-23. Urządzenia symulatora pozwoliły na rejestrację parametrów lotu (prędkość, wysokość, kierunek lotu) i reakcję na bodźce świetlne. Natomiast rejestracja cykli okoruchowych (na przemiennej pauzy fiksacyjnych i ruchów skokowych gałki ocznej) dokonywana była za pomocą okulografu typu NAC-5 japońskiej firmy NAC. Widok ogólny stanowiska badawczego symulatora lotu KTS-6 przedstawia rycina 1.

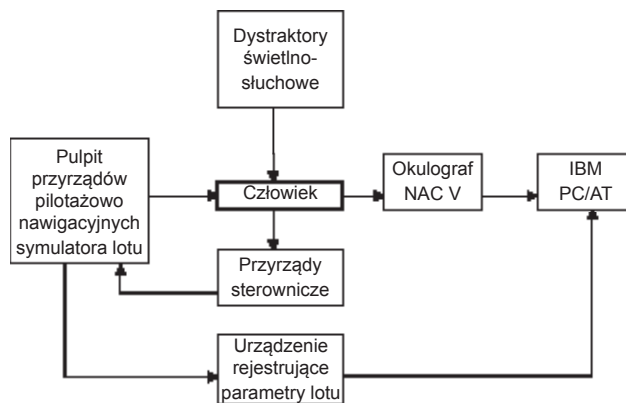
Pozycja gałki ocznej w tym urządzeniu rejestrowana była poprzez zapis z kamery VIDEO, pracującej w paśmie podczerwieni odbitego promieniowania ze źródła emisji umieszczonego w pobliżu oka badanego. Odbicie promieniowania niewidzialnego dla badanego następowało w warstwie rogówki, a następnie przekazywane było przez kamerę TV i miksowane z obrazem z drugiej kamery odbierającej obraz pola obserwowanego przez badanego. Dzięki temu możliwa była jednoczesna obserwacja i rejestracja sceny obserwowanej i punktu, na którym spoczywało aktualnie oko badanego, a także trajektorii przemieszczania się gałki ocznej po obrazie. Obraz taki zapisywany był na taśmie magnetowidowej. Wyniki badania w taki sposób zarejestrowane były następnie odtworzone i przekształcone na postać cyfrową po przetworzeniu ich przez komputer (IBM PC/AT) sprzężony z urządzeniem rejestrująco-odtwarzającym.



Ryc. 1. Schemat stanowiska do badania pilota

Uproszczony schemat obiegu informacji w badaniu okulograficznym na symulatorze lotu przedstawiony został na ryc. 2.

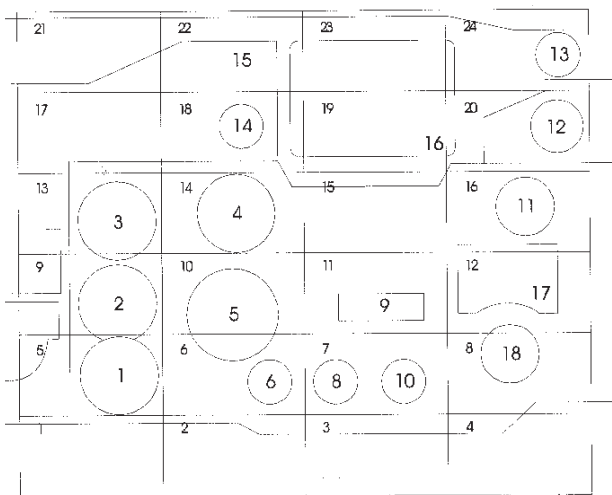
Badanie obejmowało 4 fazy, wszystkie trwające 90 sek. Fazy te różniły się poziomem obciążenia pracą pilota poprzez wprowadzenie kolejnych zadań dodatkowych (dystraktorów wzrokowych i słuchowych). W pierwszej, zadanie pilota polegało na pilotowaniu samolotu w locie poziomym po prostej, ze stałymi parametrami lotu (prędkość 600 km/h, wysokość 1000 m, kierunek 270 stopni). W drugiej fazie pilot miał za zadanie utrzymać zadane



Ryc. 2. Schemat blokowy obiegu informacji

parametry lotu i reagować na losowo pojawiające się bodźce świetlne (polegało to na wykonaniu następującej czynności: w lewym górnym rogu pulpitu wskaźników, znajdował się miernik czasu reakcji, a zadanie pilota polegało na jak najszybszym naciśnięciu przycisku miernika po zapaleniu się pojedynczej czerwonej lampki; sygnał pojawiał się losowo w przedziale od 2 do 10 sek. przez całą fazę badania). W trzeciej i czwartej fazie pilot dodatkowo udzielał odpowiedzi na test słuchowy Wittenborna prezentowany z głośnika umieszczonego za plecami pilota. Test polegał na podawaniu sekwencji trzech cyfr (w trzeciej fazie co 4", a w czwartej fazie co 2"), a zadaniem badanego było stwierdzenie słowem TAK jeżeli sekwencja miała charakter rosnący (np. 3,4,7) lub słowem NIE, jeżeli miała charakter inny niż rosnący. Odpowiedzi badanego rejestrowane były przez prowadzącego badanie na specjalnym arkuszu. Pełny zestaw wskaźników rejestrowanych w symulatorze lotu KTS-6 ilustruje rycina 3.

Wyniki uzyskane z tak przeprowadzonego badania na symulatorze lotu z użyciem okulo grafu NAC-5 umożliwiły zdefiniowanie parametrów odbioru informacji (cech), które były następnie przedmiotem analizy statystycznej (obejmującej badanie istotności zależności statystycznej i korelacji pomiędzy rozpatrywanymi cechami; badanie istotności różnic w rozkładach cech; analizę czynnikową; analizę korelacji kanonicznej; wielowymiarową analizę



Ryc. 3. Zestaw wskaźników symulatora lotu samolotu MIG-23

wariancji w powiązaniu z analizą dyskryminacji; analizę skupień). Listę zdefiniowanych cech objętych analizą statystyczną przedstawiono w tabeli 1.

WYNIKI

Analiza statystyczna objęła 7 osób (ze względów organizacyjnych), które wykonały te same zadania w czterech różnych warunkach (dalej zwanych fazami lotu). Zadanie polegało na wykonaniu samolotem lotu po prostej.

Tabela 1

Lista cech objętych analizą statystyczną

NC	NG	Definicja cechy	Warunki badania
1	1	Liczba fiksacji oka w obszarze o nr 1 dla fazy I	Rejestracja okulo graficzna na tle panelu z przyrządami
2	1	Liczba fiksacji oka w obszarze o nr 1 dla fazy II	
3	1	Liczba fiksacji oka w obszarze o nr 1 dla fazy III	
4	1	Liczba fiksacji oka w obszarze o nr 1 dla fazy IV	
2	1	Liczba fiksacji oka w obszarze o nr 2 dla fazy I	
2	2	Liczba fiksacji oka w obszarze o nr 2 dla fazy II	
3	2	Liczba fiksacji oka w obszarze o nr 2 dla fazy III	
4	2	Liczba fiksacji oka w obszarze o nr 2 dla fazy IV	
24	1	Liczba fiksacji oka w obszarze o nr 24 dla fazy I	
2	2	Liczba fiksacji oka w obszarze o nr 24 dla fazy II	
3	3	Liczba fiksacji oka w obszarze o nr 24 dla fazy III	
4	4	Liczba fiksacji oka w obszarze o nr 24 dla fazy IV	
25	1	Odchylenie od zadanej prędkości lotu w fazie I	
2	2	Odchylenie od zadanej prędkości lotu w fazie II	
3	3	Odchylenie od zadanej prędkości lotu w fazie III	
4	4	Odchylenie od zadanej prędkości lotu w fazie IV	
26	1	Odchylenie od zadanej wysokości lotu w fazie I	Poziom wykonania zadania lotniczego
2	2	Odchylenie od zadanej wysokości lotu w fazie II	
3	3	Odchylenie od zadanej wysokości lotu w fazie III	
4	4	Odchylenie od zadanej wysokości lotu w fazie IV	
27	1	Odchylenie odadanego kierunku lotu w fazie I	
2	2	Odchylenie odadanego kierunku lotu w fazie I	
3	3	Odchylenie odadanego kierunku lotu w fazie I	
4	4	Odchylenie odadanego kierunku lotu w fazie I	
28	2	Czas reakcji psychomotorycznej w fazie II	
3	3	Czas reakcji psychomotorycznej w fazie III	
4	4	Czas reakcji psychomotorycznej w fazie IV	
29	3	Odpowiedzi poprawne	
30	3	Odpowiedzi błędne	
31	3	Opuszczenia	
32	4	Odpowiedzi poprawne	Dystraktor słuchowy co 2" - Faza IV
33	4	Odpowiedzi błędne	
34	4	Opuszczenia	

Oznaczenia:

NC – numer cechy;

NG – numer grupy odpowiadający numerowi fazy badania

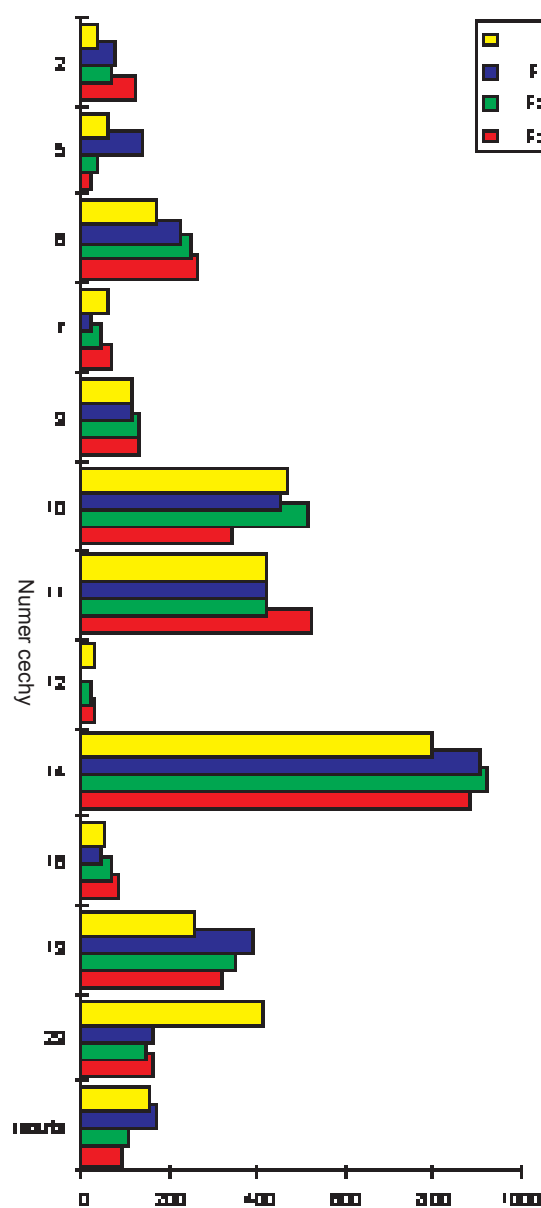
Jak wynika z tabeli 1, poszczególne etapy różniły się między sobą dodatkowymi zadaniami jakim poddany był pilot: – badanie kontrolne (faza 1) – bez dodatkowych zadań, – badanie eksperymentalne (faza 2) – reakcja na bodźce świetlne, – badanie eksperymentalne (faza 3), – reakcja na bodźce świetlne i bodźce słuchowe pojawiające się co 4", – badanie eksperymentalne (faza 4) – reakcja na bodźce świetlne i bodźce słuchowe pojawiające się co 2".

W analizie statystycznej uwzględniono cechy zdefiniowane jako: a) liczba fiksacji w 24 obszarach, na które został podzielony zestaw wskaźników symulatora lotu (patrz. tabela 2 i ryc.3), b) 3 cechy będące parametrami lotu (wysokość, prędkość kierunek lotu), c) jedną cechę stanowiącą czas reakcji na bodziec świetlny (tylko dla fazy

drugiej, trzeciej i czwartej), d) 3 cechy określające reakcję na dystraktor słuchowy (występujący w fazie trzeciej co 4", a w fazie czwartej co 2"), odpowiedzi dobre, odpowiedzi zle i opuszczenia. Ogółem zdefiniowano dla poszczególnych faz następującą liczbę cech:

- dla fazy pierwszej: 24 + 3 cech,
- dla fazy drugiej: 24 + 3 + 1 cech,
- dla fazy trzeciej: 24 + 3 + 1 + 3 cech,
- dla fazy czwartej: 24 + 3 + 1 + 3 cech.

Po wstępnej analizie statystycznej z 24 cech definiujących liczbę fiksacji w poszczególnych obszarach, na



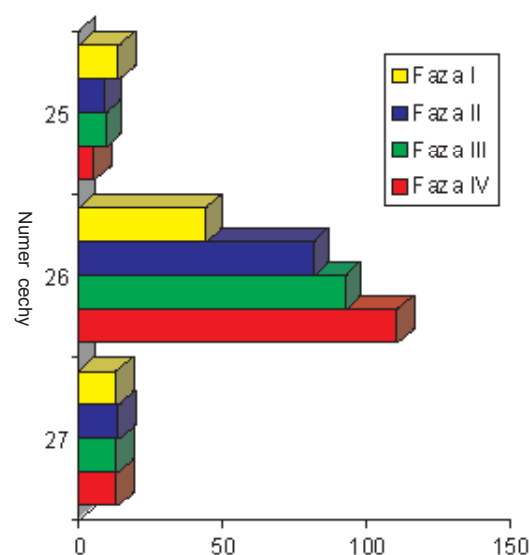
Rys. 4. Rozkład fiksacji w kolejnych fazach lotu w analizowanych obszarach

które został podzielony zestaw wskaźników symulatora lotu wyodrębniono 10 cech (o numerach: 2, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 14, 16, 19, 23), które zostały uwzględnione w dalszej analizie. Odrzucone zostały cechy których liczba fiksacji była mniejsza niż 50 oraz cecha nr 2 w obszarze której nie znajdowały się żadne przyrządy lotnicze. Rozkład fiksacji w kolejnych fazach lotu w wybranych cechach przedstawiono na rysunku 4.

Jak wynika z rysunku 4, z cech pozostawionych do dalszej analizy na szczególną uwagę zasługują następujące:

- cecha 14 (sztuczny horyzont), najwięcej fiksacji w obszarze reprezentowanym przez tą cechę, znaczny wzrost liczby fiksacji dla tej cechy w fazie II, III i IV w stosunku do fazy I;
- cecha 6 (wskaźnik odległości od lotniska i część wskaźnika ARK, Busoli, RSBL), liczba fiksacji wzrastała dla każdej kolejnej fazy;
- cecha 10 (wskaźnik ARK, Busoli, RSLB i część wariometru i chyłomierza), spadek fiksacji dla fazy IV w stosunku do pozostałych faz (prawdopodobnie był to wynik tego że rozważane wskaźniki rozmieszczone były na obszarze zdefiniowanym przez cechę 10 i 6);
- cecha 11 (część wskaźnika wariometr + chyłomierz, blok sterowania stacji radiolokacyjnej), wyraźny wzrost liczby fiksacji w fazie IV w stosunku do pozostałych;
- cecha 19 i 23 (celownik), liczba fiksacji w sposób wyraźny zmalała w fazie II, III i IV w stosunku do fazy I.

Można stwierdzić że piloci przywiązywali szczególną uwagę do przyrządów rozmieszczonych w obszarach zdefiniowanych przez cechy 6, 10, 11, 14, 19, 23 z wyraźnie malejącą liczbą fiksacji dla cechy 19 i 23. Z każdą kolejną



jednostki miary w osi pionowej:
dla cechy 25 /prędkość lotu/: [m/s]
dla cechy 26 /wysokość lotu/: [m/s]
dla cechy 27 /kierunek lotu/: [m/s]

Ryc. 5. Poziom wykonania zadania w kolejnych fazach lotu

fazą (od I do IV) następowało zawężenie obszaru ze zwiększoną preferencją wskaźników rozmieszczonych w obszarach zdefiniowanych przez cechy: 6, 7, 9, 10, 11, 14 i 16.

Na ryc. 5 przedstawiono poziom wykonania zadania lotniczego w poszczególnych fazach lotu.

Jak wynika z ryc. 5, cechy określające stopień wykonania zadania zmieniały się w sposób następujący:

– odchylenie od zadanej prędkości lotu (cecha 25) ulegało zmniejszeniu w kolejnych fazach od I do IV, czemu odpowiadał nieznaczny wzrost liczby fiksacji dla cechy 16 (w obszarze zdefiniowanym przez tę cechę znajdował się obrotomierz);

– odchylenie od zadanej wysokości lotu (cecha 26) wzrastało w kolejnych fazach lotu, wysokościomierz znajdował się w obszarze zdefiniowanym przez cechę 9;

– odchylenie od zadanego kierunku lotu (cecha 27) utrzymywało się na takim samym poziomie w kolejnych fazach, wskaźnik ARK, Busoli i RSBl znajdowały się w obszarze zdefiniowanym przez cechę 6 i 10 (duża liczba fiksacji dla tych cech we wszystkich fazach).

Uwzględniając zadania dodatkowe w poszczególnych fazach (cechy od 28 do 34, patrz. tabela 1), oceniono istotność różnic rozkładów (patrz tabela 2).

Tabela 2

Wyniki oceny istotności różnic rozkładów

NC	NG	RT	Wartość t	Poziom istotności
5	2 – 4	RZ	- 7.50	< .010
6	1 – 4	SP	3.92	< .010
7	2 – 3	SP	2.56	= .046
7	2 – 4	SP	3.25	= .025
7	3 – 4	SP	2.76	= .040
10	3 – 4	SP	- 2.47	= .049
11	3 – 4	SP	2.53	= .049
19	1 – 2	SP	4.32	< .010
23	1 – 2	RZ	- 12.00	= .037
23	1 – 3	SP	- 2.82	= .038
23	1 – 4	SP	- 2.36	= .059

Oznaczenia:

NC – numer cechy; NG – numer grupy; RT – rodzaj testu statystycznego
RZ – Test Rangowanych Znaków; SP – Test t Studenta dla prób powiązanych

Na podstawie analizy wyników przedstawionych w tabeli 2 można stwierdzić że ocena istotności różnic rozkładów cech wskazuje że największe zróżnicowanie wykazują cechy 7 i 23, a następnie cechy 5, 6, 10, 11 i 19, pozostałe cechy nie wykazują zróżnicowania dla poszczególnych faz. Wyróżnione fazy (grupy) opisane 7 cechami (5, 6, 7, 10, 11, 19, 23) mają swoją określoną strukturę, co ilustruje tabela 3.

Jak wynika z tabeli 3 faza I jest zróżnicowana w stosunku do pozostałych, natomiast fazy II, III i IV nie są zróżnicowane między sobą.

DYSKUSJA WYNIKÓW

Uzyskane wyniki wskazują na istnienie charakterystycznej prawidłowości w relacji zadanie podstawowe – pilotowanie – zadania dodatkowe, stanowiące stopniowalne obciążenie systemu przetwarzania informacji u pilota. Zmiany te dotyczą sposobu reagowania zarówno na stosowane zadania dodatkowe jak i na modyfikację zachowania okoruchowego związanego z odbiorem informacji z przyrządów pilotażowo-nawigacyjnych. Omówimy pokrótce zmiany występujące w tych dwu rodzajach aktywności badanych pilotów, rozpoczynając od zmian w zadaniu podstawowym. W miarę wzrostu obciążenia dodatkowymi zadaniami wymagającymi odbioru dodatkowych prostych bodźców wzrokowych oraz odbioru i analizy bodźców słuchowych ulega zmianie styl odbioru bodźców wzrokowych z przyrządów pilotażowo-nawigacyjnych. Bodźce te będące wskaźnikami procesów motorycznych do utrzymania parametrów statku powietrznego odbierane są innymi „porcjami”. Ilość pauz fiksacyjnych ulega zwiększeniu, a więc czas pojedynczej fiksacji ulega skróceniu (traktując globalnie pulę fiksacji występujących w analizowanych przez nas sekwencjach 90 sekundowych). Szukając przyczyn zwiększenia ilości pauz fiksacyjnych w sytuacji obciążenia zadaniami dodatkowymi należy odwołać się do składników aktywności motorycznej oka podczas odbioru informacji wzrokowej w warunkach pracy operatorskiej (Russo, 1978). Cykl okoruchowy składa się z dwu rodzajów procesów: aktywności o charakterze poznawczym i aktywności motorycznej. Dla typowego cyklu okoruchowego występującego np. podczas czytania tekstu, około 200 ms zajmuje aktywność o charakterze poznawczym a 30 ms jest przeznaczonych na działalność motoryczną cyklu. Przy czym jak wiadomo, w przypadku czynności operatorskich pilota aktywność poznawcza charakteryzuje się znacznie większą rozpiętością (Szczechura, 1989) i może przekraczać 1000 ms. Ponadto podczas zadań wymagających ciągłego przetwarzania stale dopływającej informacji niezależnie od możliwości przetwarzania u danego operatora powstaje konieczność jakościowo innego podejścia ze strony układu wzrokowego do dopływających bodźców.

Tabela 3

Wyniki oceny istotności różnic badanych grup

NG	RT	Statyst.	Poziom istotności
1 – 2	$K^{1,2}(x)$	3.3	< .05
1 – 3	$K^{1,3}(x)$	2.2	< .05
1 – 4	$K^{1,4}(x)$	3.0	< .05
2 – 3	$K^{2,3}(x)$.9	> .05
2 – 4	$K^{2,4}(x)$	1.0	> .05
3 – 4	$K^{3,4}(x)$.3	> .05

Oznaczenia:

NG – numer grupy; RT – rodzaj testu ($K^{i,j}(x)$) – statystyka do porównywania wartości oczekiwanych wektora cech $X = < 5, 6, 7, 10, 11, 19, 23 >$ na podstawie danych z grupy i-tej oraz j-tej; Statyst. – wartość statystyki

W zależności od wymagań sytuacji zadaniowej możemy mieć do czynienia z dwoma sposobami wykorzystania cykli okoruchowych do odbioru dynamicznych sekwencji bodźców (Russo, 1978), zwłaszcza o charakterze symbolicznym jak to ma miejsce w przypadku informacji przyrządowej. Są to:

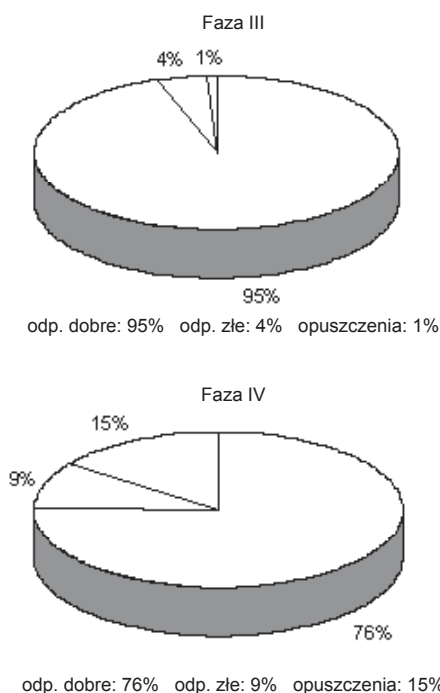
Strategia alternacyjna, jako naprzemienne występowanie fazy poznawczej (analiza informacji i obliczanie parametrów kolejnej fiksacji) oraz fazy motorycznej. Zaletą tej strategii jest możliwość planowania kolejnych miejsc fiksacji wzroku na podstawie analizy całej informacji bieżącej. Ma miejsce jedność decyzji czasowych i przestrzennych dla procesów okoruchowych oraz komend motorycznych do innych czynności operatorskich. Jest to optymalne rozwiązanie czasowe z punktu widzenia funkcjonowania OUN możliwe jednak do stosowania jedynie do pewnej granicy szybkości dopływu informacji do operatora.

Strategia antycypacyjna, jako strategia w której mamy do czynienia z rozszerzeniem możliwości wykonywania parametrów kolejnej fiksacji w czasie kiedy system poznawczy nie zakończył jeszcze całkowicie analizy odbioru informacji z aktualnej fiksacji. Decyzje dotyczące miejsca kolejnej pauzy fiksacyjnej i parametrów innych czynności motorycznych muszą opierać się na niepełnej informacji o sytuacji systemu pilot-samolot. Zostają w takim przypadku wykorzystywane inne źródła informacji. Może to być skumulowana wiedza z poprzednich pauz fiksacyjnych oraz wiedza o wykonywanym zadaniu przechowywana w pamięci długotrwałej. Ponadto obok częściowo przetworzonej informacji z bieżącej pauzy fiksacyjnej wykorzystywana jest informacja z peryferycznych rejonów siatkówki. Wymienione źródła mogą dostarczać informacji wystarczającej do stosowania strategii antycypacyjnej do stosowania sterowaniem samolotem w warunkach zwiększonego dopływu innych bodźców (sytuacje trudne, wykonywanie innych czynności oprócz pilotowania). Prawdopodobieństwo błędnej reakcji motorycznej jest w tym wypadku z natury rzeczy większe. W przypadku stosowania strategii antycypacyjnych należy więc oczekiwać zawężenia się wykorzystywanych źródeł informacji oraz mniej dokładnej analizy źródeł analizowanych. W naszych badaniach przejawiało się to w fakcie zawężania z każdą kolejną fazą (I-IV) obszaru odbieranej informacji do wskaźników rozmieszczonych w obszarach zdefiniowanych przez cechy opisane w pkt.6. O ile więc następuje zaoszczędzenie czasu długości pauzy fiksacyjnej kosztem ich większej częstotliwości, to przy przekroczeniu pewnego progu obciążenia systemu percepcyjnego odbija się to niekorzystnie na wykonywaniu podstawowego zadania operatorskiego. W naszej sytuacji przejawiało się to wzrostem odchyłek w nakazanych wartościach wysokości lotu w kolejnych fazach wraz ze wzrostem stosowanych obciążeń w zadaniach dodatkowych.

Zastosowane przez nas obciążenie informacyjne (test Wittenborna) spowodowało, jak się wydaje, nie tylko zmianę funkcjonowania operatora w zadaniu podstawowym (pilotowanie) i sposobie analizy dopływającej informacji wzrokowej, lecz obniżyło także sprawność innych podsystemów poznawczych. Twierdzenie to potwierdzają wyniki

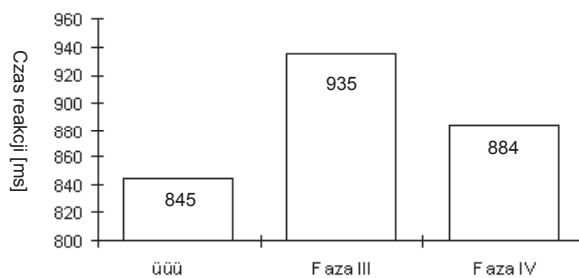
badan przedstawione na rysunku 6, charakteryzujące rozkład odpowiedzi na bodźce słuchowe (test Wittenborna) w II i IV fazie lotu.

Jak widać na rysunku 6, w dwu ostatnich fazach w miarę wzrostu trudności testu słuchowego, oprócz błędów w pilotowaniu obserwowano także wzrost błędnych odpowiedzi i opuszczeń na stosowane zestawy bodźców. Przy czym to obniżenie sprawności w zakresie analizatora słuchowego wydaje się być związane z obniżeniem



Rys. 6. Rozkład odpowiedzi na bodźce słuchowe (test Wittenborna) w III i IV fazie lotu

efektywności procesów analizy bodźca poza etapem czysto percepcyjnym. Jak widać bowiem na ryc.6 odbiór prostych bodźców wzrokowych nie uległ zmianie przynajmniej w zakresie czasów reakcji.



Ryc. 7. Czasy reakcji na bodziec wzrokowy w kolejnych fazach lotu

WNIOSKI

Wykorzystane metody analizy procesów okoruchowych oraz procedura badawcza polegająca na zastosowaniu jednoczesnej analizy zadania podstawowego i dodatkowych zadań percepcyjno-motorycznych znana jest w literaturze jako jedna z metod badania obciążeniem pracą (Ratajczak, 1988). Wydaje się jednak, że uzyskane wyniki w specyficznych warunkach pracy pilota – operatora mogą mieć szerokie zastosowanie w praktyce selekcji zawodowej i przydatności do wykonywania pewnych typów zadań. Występowanie jednoczesne zadań: pilotowania, dopływu i analizy informacji słuchowej i dodatkowych zadań motorycznych, powszechnie ma miejsce w czynnościach zawodowych pilota zarówno w warunkach zastosowań cywilnych (agrolotnictwo, ratownictwo lotnicze), jak i zastosowań militarnych. Badanie sprawności i określenie poziomu efektywności pilotów w badaniach na symulatorach lotniczych przy stosowanej przez nas metodyce może pozwolić na odpowiednią selekcję pilotów do wymienionych zadań.

LITERATURA

- Becker, W. (1989). Metrics, [w:] R.H. Wurtz i M. Goldberg (Red.), *The neurobiology of saccadic eye movements* (s. 13-67). Amsterdam: Elsevier Science Publishers.
- Bierogowoj, G.T., Zawałowa, N.D., Łomow, B.F., Ponomarienko, W.A. (1978). *Eksperymentalno-psychologiczeskie issledowanija awiacji i kosmonawtykie*. Moskwa: Nauka.
- Billings, C.E., Gerke, R.J., Wick, R.L. (1975). Comparisons of pilot performance in simulated and actual flight. *Aviat. Space Environ. Med.*, 46 (3), 304-308.
- Borman, R.J., Gaton, N.K., Bryan, J.W., Rosse, R.L. (1983). Validity of Army Recruiter behavior assessment: Does the assessor make a difference? *Journal Applied Psychology*, 68(3), 415-419.
- Borucki, Z. (1986). *Osobowość a przystosowanie zawodowe marynarza*. Warszawa – Wrocław: Ossolineum.
- Evdokimow, W.I., Porhamenko, P.F. (1988). Niektóre aspekty socjalno-psychologiczeskiego otbora abiturientow lotnogo ucziliszcza. *Kosmiczeskaja Biologia i Awioskomiczeskaja Medicina*, 2, 28-34.
- Furnham, M.A., Zachel, M. (1986). Personality and job satisfaction. *Personal Individual Diff.*, 7 (4), 453-459.
- Geze, D.S. (1987). Grief in the grounded aviator. *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 58 (8), 799-801.
- Howard, I.P. (1982). *Human visual orientation*. New York: J. Wiley.
- Kantor, J.E., Carreta, T.R. (1988). Aircrew selection systems. *Aviat. Space and Environmental Medicine*, 59 (11), 32-38.
- Kitajew-Smyk M.A. (1989). *Psychologia stresu*. Wrocław: Ossolineum.
- Klonowicz, T. (1974). Reaktywność a przydatność operatora mierzona poziomem wykonania zadań o różnym ładunku stymulacji, [w:] J. Strelau (Red.), *Rola cech temperamentalnych w działaniu*. Warszawa – Wrocław: Ossolineum.
- Klonowicz, T. (1984). *Reaktywność a funkcjonowanie człowieka w różnych warunkach stymulacyjnych*. Warszawa – Wrocław: Ossolineum.
- Liebowitz, H.W., Dichgans, J. (1980). *The ambient visual system and spatial orientation*. In: *Spatial disorientation in flight: Current Problems AGARD – CR 287*. France: Neuilly-sur-Seine, NATO.
- Łomow, F.B., Platonow, K.K. (Red.) (1984). *Eksperymentalna psychologia lotnicza*. PWN, Warszawa.
- Ratajczak, Z. (1988). *Niezawodność człowieka w pracy*. Warszawa: PWN.
- Russo, J.E. (1978). Adaptation of cognitive processes to the eye movement system, [w:] J.W. Senders, D.F. Fishers, R.A. Monty (Red.), *Eye movements and the higher psychological functions* (s. 89-109). New York: J. Wiley.
- Salomoni, A.W., Schmidt, R.A., Walter, Ch. (1984). Knowledge of results and motor learning: A review and critical reappraisal. *Psychological Bulletin*, 95 (3), 355-382.
- Schneider, G.E. (1969). Two visual system. *Science*, 63, 895-902.
- Sparrow, J., Patric, J., Spurgeon, P., Barwell, F. (1982). The use of job component analysis and related aptitudes in personnel selection. *Journal Occupational Psychology*, 55(2), 355-477.
- Szczechura, J. (1989). *Rola ruchów oczu w odbiorze informacji wzrokowej u pilotów*. Warszawa: WIML.
- Terelak, J. (1988). *Podstawy psychologii lotniczej*. Poznań: DWL.
- Terelak, J. (1995). *Stres psychologiczny*. Bydgoszcz: Wyd. Branta.
- Tole, J.R., Stephens, A.T., Vivaudou, M., Ephrath, A., Young, C.R. (1983). Visual scanning behavior and pilot workload. NASA Contractor report 3717.