

Jacek PIENIAŻEK
Politechnika Rzeszowska

AUTOMATYKA – WSPOMAGANIE CZY ZASTĘPOWANIE PILOTA?

Obecny etap rozwoju techniki lotniczej umożliwia zastosowanie w lotnictwie ogólnym wielu rozwiązań ułatwiających sterowanie samolotem, co w rezultacie może uczynić osobisty transport lotniczy bardziej popularnym. Istotnym czynnikiem warunkującym wprowadzenie zaawansowanych funkcjonalnie układów sterowania jest zagadnienie sterowania zautomatyzowanym samolotem w kontekście współpracy człowieka z układami technicznymi. W artykule przeprowadzono analizę interakcji występujących między człowiekiem a automatyką. Celem analizy jest określenie ogólnych możliwości wspomagania pilota, a w szczególności roli aktywnych organów sterowych w tym zadaniu.

Wstęp

W systemach, gdzie proces sterowania jest realizowany przez człowieka we współpracy z układem technicznym, który także uczestniczy w sterowaniu, a nie jest tylko przedmiotem sterowania, istnieją bądź mogą się pojawić nowe problemy. Podstawowym zagadnieniem jest określenie roli i zadań człowieka oraz układu technicznego w procesie sterowania. Określenie stopnia odpowiedzialności za składowe procesy sterowania determinuje kryteria projektowe, a więc kształt rozwiązania technicznego i sposób działania człowieka wynikający z działania obiektu sterowanego wyposażonego w dodatkowe układy. Podczas realizacji układów technicznych, a dotyczy to zawsze wczesnego etapu automatyzacji, często są wprowadzane rozwiązania stanowiące reakcje na zaobserwowane niedogodności w obsłudze systemów technicznych. Po wprowadzeniu zmian mogą pojawić się nowe trudności. Powodem tej sytuacji jest złożoność interakcji pomiędzy człowiekiem a systemami technicznymi wynikająca z całkowicie odmiennych od układów technicznych właściwości ludzi. Głównymi źródłami problemów są niestacjonarność charakterystyki człowieka jako elementu sterującego, znaczne różnice charakterystyk różnych osób, a także silnie nieliniowe charakterystyki działania i podejmowania decyzji.

W przypadku prostych systemów projektanci, wykorzystując własną intuicję i doświadczenie, potrafią podać rozwiązania dotyczące współpracy człowieka z systemem technicznym, które skutecznie sprawdzają się w działaniu. Czę-

sto jednak rozwiązania te mogą być akceptowane nie tylko dlatego, że są poprawne, ale ze względu na to, że ludzie dostosowują się do nich, przy czym czynnikiem decydującym o akceptacji jest jedynie poprawa pewnych walorów użytkowych. Zdolność adaptacji do nowych warunków oraz uczenia się stanowią kolejny czynnik, który wpływa na interakcje człowieka z systemami technicznymi.

W zakresie systemów lotniczych konieczność nieprzerwanego sterowania przez długi czas stała się przyczyną powstania układów automatycznego sterowania. Podstawowym kryterium będącym podstawą projektów układów sterowania wspomagających pilota jest ułatwienie procesu sterowania. Podstawowym zagadnieniem jest więc odpowiedź na pytanie: co stanowi o łatwości realizacji sterowania przez człowieka? Na to z pozoru proste pytanie w świetle badań oraz doświadczeń dotyczących współpracy człowieka z układami technicznymi nie ma prostej odpowiedzi. Biorąc pod uwagę, że w czasie realizacji zadań przez człowieka zaangażowane są zarówno ośrodki umysłowe, jak i receptory zmysłów oraz efekторы, pewne rozwiązania, których celem jest ułatwienie sterowania, mogą powodować zwiększone obciążenie niektórych ośrodków. Może to skutkować nawet wystąpieniem sytuacji niebezpiecznych. Istotnymi czynnikami, które zwiększają możliwość wystąpienia takich sytuacji, są wzrost złożoności systemu z wprowadzoną automatyką oraz to, że przez większość czasu współpraca jest jednak bezproblemowa. Wtedy w sytuacjach nietypowych nieprzygotowany człowiek może niepoprawnie współpracować ze zautomatyzowanymi układami technicznymi.

Ułatwienie sterowania samolotem (obszernie rozumianego) jest więc zadaniem wymagającym zmiany podejścia do sposobu działania automatyki i uwzględnienia tego, że wspomaganie działań pilota to nie zastępowanie go w realizacji wybranych czynności. Co więcej, zastąpienie w pewnym zakresie czynności składowych procesu sterowania może spowodować utrudnienie realizacji innych czynności bądź przetwarzania informacji przez człowieka, co zwiększa prawdopodobieństwo błędnych decyzji.

1. Analiza zagadnień współpracy człowieka z automatyką

Upowszechnienie małych samolotów, których ceny w wyniku rozwoju technologii nie stanowią już znacznej bariery, wiąże się z koniecznością dostosowania ich do predyspozycji ogółu, a nie tylko do wyselekcjonowanej i wytrenowanej grupy, jak to jest obecnie. Najczęściej proponowanym rozwiązaniem jest zastosowanie rozwiązań automatyki poprzez wprowadzenie urządzeń sterujących automatycznie, systemów ostrzegających przed niebezpieczeństwami oraz zabezpieczających przed niepoprawnym działaniem pilota, a także systemów realizujących automatycznie sterowanie, pozwalające uniknąć lub zapobiec

sytuacji niebezpiecznej. Wprowadzenie automatyki może być również rozumiane jako automatyzacja pewnych czynności, co omówiono w p. 3.

Zrozumienie interakcji pomiędzy człowiekiem a automatyką nie jest łatwe, gdyż obejmuje różnorodne zagadnienia – od technicznych do psychologicznych i fizjologicznych. Ponieważ jednak automatyka jest coraz powszechniej stosowana, warto przeanalizować zaobserwowane efekty interakcji. W lotnictwie komunikacyjnym wprowadzono różne układy automatyki, jak np. autopilot, który w najbardziej zaawansowanej formie – poprzez współpracę z systemem planowania lotu (FMS) – całkowicie zastępuje człowieka w procesie sterowania oraz układy sterowania pośredniego (ang. *fly-by-wire*), kiedy reakcje na wychylenie organów sterowych zależą od trybu, w jakim znajduje się układ sterujący. Rezultaty wprowadzanych rozwiązań to przede wszystkim zmiana roli pilota w odniesieniu do lotnictwa klasycznego. Zaobserwowano tu jednak występowanie niepoprawnych interakcji w wyniku realizacji procesu sterowania przez układy automatyki, będące efektem dezorientacji człowieka co do bieżącego stanu, jak wyłączenie z procesu sterowania (ang. *out-of-the-loop*) [5] i rozbieżność intencji oraz działań człowieka i automatyki [4]. Pojawiają się także zagadnienia o charakterze socjologicznym, np. poziom zaufania, który powinien być adekwatny do rzeczywistych właściwości układów. W badaniach przeprowadzonych w 1997 r. na podstawie literatury [7] zostały określone różne czynniki wywołujące trudności we współpracy z automatyką. Obrazują one zakres zagadnień, jakie należy uwzględniać, przy czym najistotniejsze jest zrozumienie sposobu działania.

Nie należy zapominać, że automatyzacja obejmuje nie tylko automatyczne sterowanie, ale także przetwarzanie informacji i prezentację wspomagającą procesy przetwarzania informacji [2], niezbędne do osiągnięcia odpowiedniej świadomości sytuacyjnej [3]. Jak pokazuje przegląd literatury [4], brak świadomości sytuacyjnej jest często wynikiem błędów klasyfikowanych w zakresie pamięci działań (ang. *prospective memory*). Stąd wniosek, że układy mogą wspomagać pilota poprzez automatyczną realizację pewnych sekwencji inicjowanych przez człowieka lub informowanie o konieczności wykonania określonych czynności. Ostrzeganie przy niepoprawnym stanie stanowi także czynnik ułatwiający pilotowi ocenę zarówno stanu samolotu, jak i własnego działania, które do tego stanu mogło doprowadzić.

Wprowadzenie nowych funkcji jest kolejnym aspektem stosowania układów automatyki, z którym wiąże się zwiększenie złożoności informacyjnej obiektu sterowanego. Jak pokazały badania pilotów o różnym doświadczeniu [12], w sytuacjach krytycznych ujawnia się niezrozumienie sposobu działania oraz brak sprawności w obsłudze urządzeń. Z przeprowadzonych prób wynika, że problemy zdarzają się nieregularnie i niezbyt często. W pracy [6] przedstawiono trudności wynikające z braku informacji lub niezrozumienia stanu, w jakim znajdują się układy sterowania, oraz podano sposób analizy na pozio-

mie projektu, pozwalający na wykrywanie potencjalnych źródeł tych problemów.

Należy zauważyć, że na powstanie sytuacji zagrożenia mają szczególny wpływ zmiany sposobu działania układów, w tym automatyczne realizacje pewnych sekwencji sterujących. Niekiedy, najczęściej w specyficznych sytuacjach, okazuje się, że wprowadzone w dobrej wierze i uwzględniające najlepsze przesłanki projektowe rozwiązania uniemożliwiają realizację pewnych działań. Dopiero po zaistnieniu sytuacji niebezpiecznej są wprowadzane zmiany mające zapobiec powtórzeniu się zdarzenia tego typu. W miarę zbierania doświadczeń wysoce zautomatyzowany system sterowania staje się więc coraz lepszym asystentem pilota.

Najwięksi producenci stosują odmienne podejścia co do wprowadzania automatyki w samolotach komunikacyjnych. W zakresie strategicznej decyzji dotyczącej hierarchii koncepcja sztywnych ograniczeń jest preferowana w firmie Airbus, natomiast w projektach Boeinga przyjęto założenie, że automatyka raczej powinna ostrzegać o niebezpieczeństwie niż uniemożliwić działania. Sterowanie z wykorzystaniem tej drugiej koncepcji, określanej mianem ograniczeń miękkich (ang. *soft-limits*), jest bardziej podobne do sterowania klasycznego. Jednak, na podstawie opinii pilotów linii komunikacyjnych, nie da się jednoznacznie określić przewagi któregoś z rozwiązań. W wypracowanych zaleceniach [11] wymaga się, aby istniał system ograniczeń (ang. *flight envelope limits*), ale z możliwością awaryjnego przekroczenia przez pilota, co jest określane jako połączenie koncepcji twardych i miękkich ograniczeń.

Ogólne rozważania dotyczące automatyki w kokpicie, obejmujące wskazówki dotyczące zadań automatyki, zostały zawarte w raporcie [1]. Według głównej konkluzji raportu automatyka ma wspomagać pilota jako odpowiedzialnego za realizację lotu.

Do opisu poziomu zastępowania człowieka w procesie sterowania wprowadzono pojęcie poziomu automatyzacji [5] oraz poziomu współdziałania z automatyką [8]. Mimo że poziomy automatyzacji są różnie definiowane, to pokazują obszary, w których czynności składowe procesu sterowania i podejmowania decyzji (czyli ogólnie rozumianego procesu sterowania) przez człowieka mogą być zastępowane działaniami układów technicznych. W publikacji [8] wyróżniono cztery etapy tego procesu (zbieranie informacji, przetwarzanie informacji, podejmowanie decyzji oraz realizacja działania – model znany jako OODA (ang. *Observation, Orientation, Decision, Action*) i dla każdego z nich zostały podane możliwości automatyzacji.

Ze względu na zmiany warunków oraz decyzje człowieka należy się spodziewać konieczności zmiany poziomu automatyzacji w czasie pracy systemu sterowania. Dla opisu tego zagadnienia zostało wprowadzone pojęcie adaptacyjnej automatyzacji [5] oraz prowadzone są prace mające określić wpływ zmian poziomu automatyzacji na interakcje człowieka z układami technicznymi. Ze zmianą poziomów automatyzacji wiąże się kolejne pojęcie alokacji funkcji (ang.

function allocation, FA) [13]. Ze względu na zmienność sytuacji, w jakiej znajduje się samolot, podział czynności składowych realizowanego zadania pomiędzy człowieka i układy automatyki powinien być zmieniany. Problemy z tym związane obejmują jednak wiele zagadnień: sposób realizacji zmiany (algorytm, kryteria, role człowieka i automatyki w procesie zmiany poziomu automatyzacji), efektywność działania i odczucia człowieka na zmiany poziomów automatyzacji (w tym efekty wyłączenia z procesu sterowania i wymuszonego włączenia do tego procesu), zrozumienie sposobu działania systemu pracującego w wielu trybach i efektywne jego wykorzystanie. Na podstawie przeprowadzonych badań adaptacyjna alokacja funkcji (AFA) poprawia osiągi podczas realizacji zadań [13]. Istotną właściwością osiąganą poprzez adaptację przydziału funkcji oraz zmiany poziomów współpracy człowieka z automatyką na każdym z etapów procesu sterowania jest możliwość zwiększenia zaangażowania człowieka w realizację zadań strategicznych przez odciążenie od zadań bieżących.

Głównym problemem wynikającym z wysokiego poziomu zautomatyzowania jest także możliwość zaniku umiejętności podstawowych, które zostały zastąpione przez układy sterujące i analizujące informacje automatycznie. Brak treningu przy zmianie roli pilota uniemożliwia utrzymanie tych umiejętności na odpowiednim poziomie. Oczywiście należy rozstrzygnąć kwestię przydatności tych umiejętności, co zależy od tego, czy automatyka ma pracować zawsze i w całym zakresie stanów obiektu i otoczenia, czy też istnieją takie stany, w których interwencja pilota jest konieczna.

Specyfika lotów małymi samolotami jest odmienna od lotnictwa komunikacyjnego zarówno w zakresie wyposażenia samolotu, sposobu działania pilota, jak i czasu trwania lotów. Rozwiązania stosowane w tych dziedzinach muszą więc uwzględniać istniejące różnice. W tym przypadku wydaje się, że koncepcja automatyzacji z zastosowaniem ograniczeń miękkich we wspomaganiu pilota jest dobrym rozwiązaniem, które może podnieść bezpieczeństwo lotu i ułatwić pilotowanie samolotów tego typu.

2. Poziomy automatyzacji

Definicję poziomów automatyzacji podano za autorami prac [5], a następnie [8], aby pokazać możliwości wynikające z różnego opisu tego zagadnienia.

Model MGSI wyróżnia następujące składowe (etapy przetwarzania informacji) procesu sterowania:

- odbiór informacji (ang. *monitoring*),
- propozycje działań (ang. *generating*),
- wybór działania (ang. *selecting*),
- realizacja (ang. *implementing*).

Na podstawie modelu MGSI wyróżniono 10 poziomów automatyzacji. Są to [5]:

- 1) ręczne sterowanie (ang. *manual*) – brak udziału automatyki w procesie sterowania,
- 2) wspomaganie realizacji (ang. *action support*) – w tym trybie na etapie realizacji występuje współdziałanie człowieka z automatyką,
- 3) automatyczna realizacja (ang. *batch processing*) – realizacja jest całkowicie przekazana automatyce,
- 4) wspólne sterowanie (ang. *shared control*) – wspólne działania dotyczą generowania propozycji działań oraz realizacji,
- 5) wspomaganie decyzji (ang. *decision support*) – realizacja jest zadaniem automatyki, współpraca występuje na etapie generowania propozycji,
- 6) wspólna decyzja (ang. *blend decision making*) – proces podejmowania decyzji jest realizowany wspólnie,
- 7) sztywny system (ang. *rigid system*) – człowiek wybiera z opcji podawanych przez automatykę,
- 8) automatyczne podejmowanie decyzji (ang. *automated decision making*) – człowiek uczestniczy w procesie generowania możliwości, a automatyka wybiera i realizuje je bez jego udziału,
- 9) nadzór (ang. *supervisory control*) – jedynym zadaniem człowieka jest udział w monitorowaniu systemu działającego w sposób autonomiczny,
- 10) pełna automatyka (ang. *full automation*) – bez udziału człowieka.

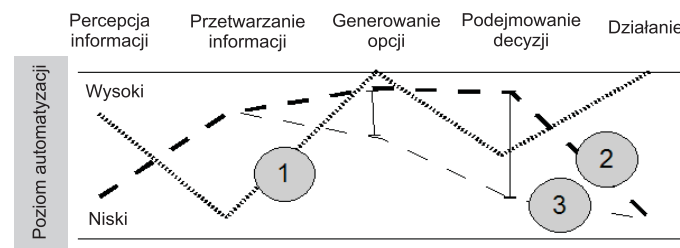
Zadanie monitorowania na poziomach 2÷9. jest realizowane wspólnie, a od poziomu 5. tylko automatycznie.

Podana systematyka nie precyzuje możliwości różnych poziomów wspomaganie poszczególnych czynności, a przecież można sobie wyobrazić różne poziomy zaangażowania człowieka i układów technicznych przy wspólnej realizacji dowolnego z etapów. W modelu tym nie uwzględniono też dwu etapów związanych z tworzeniem przez człowieka wewnętrznego obrazu bieżącego stanu otoczenia, tj. etapu odbioru (repcji i percepcji) oraz etapu analizy. Inny model poziomu automatyzacji [8] został określony jako poziom współdziałania człowieka z automatyką w zakresie każdego z etapów. Ze względu na różną specyfikę każdego z etapów wydaje się, że szczegółowe definicje poszczególnych poziomów (poza najwyższym – pełna realizacja automatyczna i najniższym – brak automatyzacji) muszą być specyficzne do czynności. W odniesieniu do procesów podejmowania decyzji wspomaganego przez komputer podano 10 poziomów – od pełnej automatyzacji, poprzez różne formy uczestnictwa komputera w procesie decyzyjnym, do braku działań komputera.

W pracy [10] zaprezentowany został model współpracy OOD²A zawierający wszystkie etapy modeli OODA i MGSI. Dzięki temu analiza zadania sterowania podzielonego na pięć etapów jest pełniejsza. Dla każdego z etapów można określić metody wspomagania bądź zastępowania człowieka. Aby zobrazować

podejście to do określania poziomów automatyzacji, na rys. 1. przedstawiono poszczególne etapy i schematycznie zaznaczono dwie realizacje z różnymi poziomami automatyzacji.

W pierwszej realizacji występuje wysoki stopień wspomagania w zakresie percepcji informacji (np. alarmy, wyróżnianie informacji istotnych) oraz niski poziom wspomagania procesu przetwarzania, co oznacza, że podawane informacje obejmują jedynie wielkości podstawowe. W podejmowaniu decyzji automatyka przedstawia duże możliwości, natomiast wspomaganie wyboru opcji jest niewielkie. W drugiej realizacji przekazywana informacja jest wstępnie przetwarzana. Proces przetwarzania może dotyczyć bieżącego kontekstu wynikającego z realizowanego sterowania. W podejmowaniu decyzji występuje wysokie zautomatyzowanie, jednak realizacja decyzji należy już do człowieka. Linia trzecia stanowi alternatywę w zakresie podejmowania decyzji – wybór bieżącego poziomu automatyzacji może zależeć od człowieka. Realizując to, co zostaje mu zaproponowane, wykonuje schemat 2. Człowiek, wprowadzając własne rozwiązania i przełączając się zależnie od sytuacji, wykonuje schemat 3. Przykładem procesu sterowania, który odpowiada schematom 2. i 3., jest podejście do lądowania z wykorzystaniem wskaźnika systemu ILS.



Rys. 1. Przykładowe rozkłady poziomów automatyzacji w poszczególnych etapach procesu sterowania

3. Zadania automatyki podczas wspomagania pilota

W procesie wspólnego sterowania pilota z układami technicznymi zmiany poziomów automatyzacji są wynikiem różnych interakcji występujących pomiędzy nimi. Korekcja działań pilota oraz wspomaganie pilota przez automatykę są pojęciami opisującymi procesy, a nie stany. Rezultatem każdego z tych procesów może być zmiana poziomu automatyzacji. Przykładowo zwiększenie poziomu automatyzacji następuje, gdy:

- automatyka rozpoczyna realizację zadania wprowadzonego przez pilota – czyli wspomaganie pilota, kiedy automatyka na podstawie oceny za-

miarów pilota współdziała w procesie sterowania, np. może to być stabilizacja ustalonego stanu lotu określonego przez pilota poprzez uprzedni sposób sterowania,

- automatyka rozpoczyna działania korygujące – kiedy automatyka zmienia sterowanie (korekcja aktywna) bądź informuje o konieczności zmiany (korekcja pasywna) tego sterowania.

W obydwu sytuacjach konieczne jest poinformowanie człowieka o bieżącym stanie, a zwłaszcza o zmianach stanów, pracy układu. W pierwszym przypadku jest to potwierdzenie przyjęcia zadania do realizacji, a w drugim przekazanie informacji pozwalającej człowiekowi zorientować się w zakresie działania automatyki. Korygowanie działań człowieka nie może być zaskoczeniem, a więc konieczne jest znalezienie sposobu pokazania zarówno przyczyny zadziałania, jak i przyjętego sposobu działania.

Należy zwrócić uwagę, że całkowite zastąpienie człowieka w procesie sterowania po zwiększeniu poziomu automatyzacji oznacza, że nie musi on, a jedynie może odbierać i przetwarzać informacje. Problemy pojawiają się wówczas, gdy następuje (a w zasadzie powinno nastąpić) obniżenie poziomu automatyzacji, czyli przejęcie sterowania przez pilota, który nie jest przygotowany na działanie. Konieczność uwzględnienia zmian poziomów automatyzacji w procesie eksploatacji systemu sterowania jest więc podstawowym argumentem za traktowaniem automatyki jako elementu wspomagającego, a nie zastępującego człowieka. We wspomaganiu istotne jest przekazywanie informacji.

4. Automatyzacja a przekazywanie informacji

W procesie sterowania, w którym uczestniczy człowiek, układy techniczne są wyposażane w interfejsy umożliwiające współpracę. Ogólnym zadaniem interfejsów jest przekazywanie informacji. Interfejsy najczęściej pełnią jedną z dwu funkcji:

- przekazywanie informacji o stanie obiektu sterowanego (interfejsy informacyjne),
- przekazywanie sygnałów sterujących (organa sterowe, przełączniki, zadajniki).

Wykorzystanie komputerów pozwala na połączenie obydwu funkcji w formie interfejsów interaktywnych, które służą do komunikacji dwukierunkowej. Komunikacja tego typu wiąże się często ze zmianami sposobu działania układów automatyki, czyli przy przełączaniu modów pracy, kiedy zmienia się zbiór informacji istotnych dla nowego modu pracy.

Z przekazem informacji wiąże się też pojęcie świadomości sytuacyjnej (ang. *situational awareness*, SA). Przyjęto trzy poziomy określające świadomość sytuacyjną [3]:

- SA1 – odbiór informacji (ang. *perception*),
- SA2 – zrozumienie stanu i interpretacji w kontekście realizowanych zadań (ang. *comprehension*),
- SA3 – przewidywanie konsekwencji w przyszłości (ang. *projection*).

Świadomość sytuacyjna jest wynikiem działania mechanizmów odbioru informacji (receptji sensorycznej, percepcji) oraz mechanizmów przetwarzania docierającej informacji z wykorzystaniem dodatkowej wiedzy. Procesy przetwarzania informacji obejmują wiele składników, przez co trudno jest teoretycznie określić wszystkie występujące rezultaty związane ze zmianami procesu sterowania, składników zadania czy kształtów i zawartości informacyjnej elementów dostarczających człowiekowi informacji. Świadomość sytuacyjna wymaga interpretacji informacji o stanie procesu sterowanego w kontekście aktualnie realizowanego zadania, co oznacza, że celowe jest wprowadzanie rozwiązań wspomagających ten proces.

Interpretacja informacji o stanie samolotu, otoczenia i układów zainstalowanych na pokładzie (w tym układów sterujących) stanowi podstawę podejmowania decyzji. Oznacza to, że układy techniczne mogą wpływać na ten proces, zmieniając sposób przekazywania informacji. Na podstawie rys. 1. oczywista jest możliwość poprawy odbioru informacji tak, aby człowiek zachowywał świadomość sytuacyjną na odpowiednim poziomie poprzez: wstępne przetworzenie informacji i podawanie informacji syntetycznej, połączenie wielu informacji w formę ułatwiającą interpretację, wykorzystanie dodatkowych bodźców wpływających na mechanizm uwagi.

Przekazywanie informacji sterującej w zautomatyzowanym systemie należy także uznać za proces transmisji danych, które są interpretowane przez układy automatyki zależnie od trybu pracy. Nie jest ono jedynie prostym wydawaniem komend. Oznacza to możliwość różnego wykorzystania sygnałów sterujących zależnie od bieżącego stanu obiektu sterowanego i jego otoczenia. Przykładem jest rozwiązanie stosowane w układach sterowania odległościowego – w pewnym zakresie stanów lotu wychylenie sterownicy przekłada się na zmianę kąta pochylenia, a w innych stanowi wartość zadaną przeciążenia.

W tym miejscu warto zwrócić uwagę, że organa sterowe przekazują informację dwukierunkową. Poza sygnałami zadawanymi przez człowieka istnieje informacja zwrotna odbierana przez zmysł dotyku oraz jako sztywność elementu, poprzez który są zadawane wartości sygnałów zadanych. Te dodatkowe informacje w samolotach z mechanicznym przeniesieniem napędu sterów stanowią sprzężenie zwrotne informujące pilota nie tyle o wartości wychylenia, lecz o efekcie sterowania, na który wpływa bieżący stan samolotu (głównie prędkość lotu). Zastosowanie układów pośredniego sterowania, gdzie nie ma połączenia mechanicznego sterownic z płaszczyznami sterowymi, ograniczyło odbiór informacji przez organa sterowe w postaci sił reakcji sterów. Pojawiła się jednak dodatkowa możliwość wykorzystania sił reakcji wymuszanych sztucznie do

przekazywania informacji od systemu sterowania [9]. Zakładając ciągłość procesu sterowania, szczególnie w sytuacjach zmian poziomu automatyzacji oraz realizacji przez automatykę funkcji kontroli stanu samolotu i działań pilota, konieczne jest zapewnienie informacji o bieżących wartościach sterujących, a także o zamierzonych działaniach automatyki. Organa sterowe, po wyposażeniu w układy umożliwiające wymuszenia siłowe, uzupełniają strumień informacji przekazywany człowiekowi z systemu. Uzyskane w ten sposób aktywne organa sterowe pozwalają na sterowanie automatyczne z zastosowaniem wprowadzonych wymuszeń oraz umożliwiają przekazanie pilotowi informacji w formie sił reakcji organów sterowych.

Zastosowanie sił jako informacji o rozpoczęciu korekcji działania pilota umożliwia połączenie korekcji aktywnej (ruch dźwigni w przypadku braku przeciwdziałania) z korekcją pasywną (odbior sił przez pilota). Równocześnie realizacja sterowania automatycznego może objąć wychylenie organu sterowego, w wyniku czego działania sterowników są widoczne i następuje włączenie pilota w proces sterowania.

Przeprowadzona analiza pokazuje istotną rolę przekazu informacji w procesie wspomagania człowieka, który stanowi element dialogu pomiędzy człowiekiem a układem technicznym. Spojrzenia projektantów systemów sterowania na te informacje jako element dialogu, a nie jedynie jako rozkazy umożliwia uwzględnienie zagadnień odbioru przez człowieka reakcji systemu w różnych sytuacjach, a także otwiera horyzonty dla nowych rozwiązań, czego przykładem są aktywne organa sterowe.

5. Wnioski

Przedstawiona analiza pokazuje złożoność zagadnienia projektowania układów wspomagających człowieka. Proste zastępowanie człowieka nie zawsze jest działaniem skutecznym i może powodować takie skutki, jak ograniczenie możliwości działania czy niepoprawne interakcje. Na podstawie analizy etapów przetwarzania informacji podczas sterowania przedstawiono ogólne koncepcje wspomagania człowieka przez automatykę.

Jednym z proponowanych elementów są aktywne organa sterowe, które powinny umożliwić realizację automatyki adaptacyjnej i które w kontekście zaprezentowanego modelu OOD²A pozwalają na traktowanie elementów tych jako interaktywne interfejsy lepiej dostosowane do zadania wspomagania niż klasyczne rozwiązania. Oczywiście wykonanie aktywnych organów sterowych obejmuje wiele zagadnień wykraczających poza ramy niniejszego opracowania.

Literatura

- [1] Billings C.E.: Human-centered aviation automation: Principles and guidelines, NASA 1996.
- [2] Ciecinski P., Pieniążek J., Rzucidło P., Tomczyk A.: Modyfikacja charakterystyk systemu pośredniego sterowania samolotem z wykorzystaniem interfejsów człowiek–maszyna, Sieć Naukowa Aeronautica Integra, Journal of Aeronautica Integra, t. 2, z. 4, 2008, s. 29÷36.
- [3] Endsley M.R., Bolte B., Jones D.G.: Designing for situation awareness, An Approach to User-Centered Design, Taylor and Francis, 2003.
- [4] Inagaki T.: Automation and the cost of authority, Industrial Ergonomics, vol. 31, 2003, s. 169÷174.
- [5] Kaber E.: The effects of level of automation and adaptive automation on human performance, situation awareness and workload in a dynamic control task, Theoretical Issues in Ergonomics Sciences, vol. 5, 2004, s. 113÷153.
- [6] Miller S.P., Barber S., Carlson T.M., Lempia D.L., Tribble A.C.: A methodology for improving mode awareness in flight guidance design, 21st Digital Avionics Systems Conference (DASC'02), Irvine, California, October 27-31, 2002.
- [7] Nowinski, J.L., Holbrook, J.B., Dismukes R.K.: Human memory and cockpit operations: An ASRS study, Proc. of the 12th International Symposium on Aviation Psychology, 2003, s. 888÷893.
- [8] Parasuraman R., Sheridan T.B., Wickens C.D.: A model for types and levels of human interaction with automation, IEEE Transaction on SMC, vol. 30, 2000, s. 286÷297.
- [9] Pieniążek J.: Active command interfaces in fly-by-wire control, Systems Science, Wydaw. Politechniki Wrocławskiej, vol. 34, 2008, s. 67÷75.
- [10] Pieniążek J.: Automation in unmanned aircraft system, Scientific Proceedings of Riga Technical University, Series 6 „Transport and Engineering. Transport. Aviation Transport”, N27 – Riga 2008, s. 188÷196.
- [11] Rogers R.: Pilot authority and aircraft protections, Air Line Pilots Association, 1999.
- [12] Sarter N.B., Woods D.D.: Pilot interaction with cockpit automation, II: An experimental study of pilots' mode awareness of the FMS, The international Journal of Aviation Psychology, vol. 4, 1994, s. 1÷24.
- [13] Scallen S.F., Hancock P.A.: Implementing adaptive function allocation, The International Journal of Aviation Psychology, vol. 11, 2001, s. 197÷221.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2007÷2011 jako projekt badawczy.

AUTOMATION – PILOT SUBSTITUTION OR AIDING**Abstract**

General idea of making personal air transport more popular demands new solutions mainly in the area of aircraft and air traffic control. In the aviation on the present stage of the air-technique

making the airplane control easier is possible but new problems appears. The cooperation of automation and human should be analysed and various human factors should be taken into consideration in the design process of new equipment.

In the paper the analysis of the known effects of cooperation is a basis for presenting the general method of cooperative automation analysis and description. The active command interfaces are presented as promising solution of adaptive automation.

Złożono w Oficynie Wydawniczej we wrześniu 2011 r.