



IMPACT OF AUTOMATIC AIRCRAFT CONTROL ON FLIGHT SAFETY [WPŁYW AUTOMATYCZNEGO STEROWANIA STATKIEM POWIETRZNYM NA BEZPIECZEŃSTWO LOTÓW]

Robert KONIECZKA*
Karol KOJZAR**
Adrian LEPA***
Paweł TYRALIK****

ABSTRACT: The work presents the phenomenon of automatic flight control of an aircraft. This is a great convenience used daily in thousands of aircraft every day. For the implementation of aviation tasks, small private and large passenger aircraft, such as Boeing and ATR. However, is it safe? The following analysis of accident and aviation accident reports will try to answer the key question whether automatic flight control systems are safe?.

STRESZCZENIE:

Praca przedstawia zjawisko automatycznego sterowania lotem statku powietrznego. Jest to wielkie ułatwienie wykorzystywane codziennie w tysiącach samolotów każdego dnia. Do realizacji zadań lotniczych, małych samolotów prywatnych oraz wielkich pasażerskich, jak Boeing czy ATR. Jednak, czy jest ono bezpieczne? Poniższa analiza raportów wypadków oraz zdarzeń lotniczych postara się odpowiedzieć na kluczowe pytanie czy system automatycznego sterowania lotem są bezpieczne?

KEYWORDS: AFCS, Aviation Safety, Human Factor, Autopilot, Air Accident, Aviation Event.

SŁOWA KLUCZOWE: AFCS, bezpieczeństwo lotnicze, czynnik ludzki, autopilot, wypadek lotniczy, zdarzenie lotnicze

1. Wstęp

W lotnictwie, bezpieczeństwo – to „stan, w którym możliwość uszkodzenia ciała lub mienia jest zredukowana i utrzymywana na akceptowalnym poziomie lub powyżej tego poziomu poprzez ciągły proces identyfikacji zagrożeń i zarządzania ryzykiem dotyczącym bezpieczeństwa [1]. Podręcznik zarządzania bezpieczeństwem przedstawia, czym dokładnie jest definicja bezpieczeństwa w odniesieniu do przemysłu lotniczego. Celem publikacji jest przedstawienie

* Wydział Transportu Politechniki Śląskiej (Department of Transport of the Silesian University of Technology).

** Wydział Transportu Politechniki Śląskiej (Department of Transport of the Silesian University of Technology).

*** Wydział Transportu Politechniki Śląskiej (Department of Transport of the Silesian University of Technology).

**** Wydział Transportu Politechniki Śląskiej (Department of Transport of the Silesian University of Technology).

definicji bezpieczeństwa w aspekcie użycia systemów automatycznego sterowania [AFCS - Auto Flight Control System] w lotnictwie, Celem jest również wpływ na postrzeganie systemów automatycznego sterowania przez pasażerów. Wysoki poziom bezpieczeństwa lotniczego, jest bardzo pożądanym, dlatego właśnie postanowiono zbadać też aspekt dotyczący systemów zdalnego sterowania lotem. Celem badania AFCS, jest znalezienie ogólnej odpowiedzi na pytanie - Czy systemy te implementowane do statków powietrznych pozwalają na zachowanie odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa?

2. Przedmiot Oceny

Ocena została zrealizowana na podstawie dokumentacji technicznej, biuletynów oraz raportów lotniczych dotyczących zdarzeń w których kluczowe znaczenie miało działanie AFCS. Przeanalizowano około 150 raportów lotniczych w przedziale czasowym od 1989 do 2017 roku. Analiza raportów była złożonym procesem, ze względu na ograniczony charakter ich dostępności, ponieważ część raportów była niedostępna na głównych stronach organizacji lotniczych. Zostały one przedstawione w innych językach niż angielski lub zdarzały się przypadki nieczytelnych dokumentacji, co spowodowało utrudnienia w zebraniu materiału badawczego. Z zebranych danych wyszczególniono dwie kluczowe informacje dotyczące: AFCS oraz Human Factor (czynnika ludzkiego) ponieważ w wielu przypadkach, istniała duża korelacja pomiędzy tymi dwoma czynnikami, a zdarzeniami lotniczymi.

2.1. Metody Oceny

2.1.1. Pozyskiwanie danych

Dzięki wysokorozwiniętej branży lotniczej powstało wiele baz danych, które umożliwiają powszechny dostęp do raportów zdarzeń lotniczych. Ma to na celu rozpropagowywanie wiedzy związanej z tymi zdarzeniami w celu realizacji działań profilaktycznych i szkoleniowych. Wiele niezależnych, międzynarodowych organizacji non-profit, które istnieją po to, aby promować bezpieczeństwo lotnicze pomogło udostępniając nam swoje bazy danych. Są to między innymi organizacje: Flightsafety (<https://flightsafety.org>), Aviation Safety (<https://aviation-safety.net>), Avherald (<http://avherald.com>).

2.1.2. Analiza danych

Dane źródłowe przetwarzano w następujący sposób - na podstawie for internetowych, literatury popularnonaukowej, baz danych pozyskane informacje, które nosiło, chociaż najmniejsze znamiona wystąpienia nieprawidłowości funkcjonowania AFCS były przekazane do zespołu analiz, gdzie podczas cotygodniowych spotkań, każdy uczestnik projektu przedstawiał swoje informacje. Po każdej tego typu „burzy mózgów” w fazie eliminacji odrzucano informacje nie spełniające określonych wcześniej warunków wstępnych oraz zdarzenia, które nie odnosiły się do systemów automatycznego sterowania lotem.

3. Wyniki badań

Zidentyfikowane zdarzenia lotnicze z udziałem AFCS w przedziale czasowym od 1989 do 2017 roku przedstawiono w tabeli.1.1. z uwzględnieniem podziału na zdarzenia z udziałem AFCS oraz czynnika ludzkiego [Human Factor]. W

przedziale czasowym od 1989 do 2017 roku, czyli 29 lat odnotowano około 5,8 miliarda pasażerów przemieszczających się po całym globie. Odnotowano 1139 wypadków, w których śmierć poniosło 25107 osób. Informacje pozyskano na podstawie dostępnej bazy danych z strony: (<https://www.statista.com/statistics/564769/airline-industry-number-of-flights/>) z lat od 2004 do 2017. Liczba lotów, jaka odbyła się na świecie w tym okresie wynosi 413,6 miliona. Odnotowano 392 wypadki, w których śmierć poniosło 7946 osób. Po dokonaniu analizy porównawczej pod kątem bezpieczeństwa systemów automatycznego sterowania lotem można było skompletować dane dotyczące wypadków lotniczych z udziałem AFCS i tak korzystając liczba wypadków wyniosła 18, liczba rannych to 53, a zabitych 605 osób.

Lp	Data	Samolot	Rejestracja	Linia lotnicza
1	28 września 1989	Antonov An-32	CCCP-48095	Radzieckie transporty
2	23 marca 1994	Airbus A310-304	F-OGQS	Aeroflot
3	6 czerwca 1994	Tupolew Tu-154M	B-2610	China Northwest
4	6 lutego 1996	Boeing 757-225	TC-GEN	Birgenair
5	13 sierpnia 2006	Lockheed L-100-30	7T-VHG	AirAlgérie
6	25 lutego 2009	Boeing 737-800	TC-JGE	Turkish Airlines
7	8 sierpnia 2014	Boeing 777-300	VT-JEL	Jet Airways
8	12 września 2015	Embraer ERJ-145	A6-RRA	Rotana Jet
9	1 lutego 2016	Boeing 757-200	G-OOBE	Thomson Airways
10	31 marca 1995	Airbus A310	YR-LCC	TAROM
11	22 października 2005	Airbus A319-100	G-EUOB	British Airways
12	13 września 2008	Boeing 737-500	VP-BKO	Aeroflot-Nord
13	20 sierpnia 2011	Boeing 737-210C	C-GNWN	First Air
14	22 lipca 2011	Airbus A340-300	F-GLZU	Air France
15	20 lutego 2014	ATR 72 - 600	VH-FVR	Virgin Australia
16	15 grudnia 2014	Saab 2000	G-LGNO	Loganair
17	15 października 2015	Boeinga 747-300	EP-MNE	MahanAir
18	25 maja 2016	Embraer ERJ190	C-FHOS	Air Canada

Tabela 1.Zdarzenia lotnicze z udziałem AFCS

Data	Rodzaj	Ranni	Ofiary	Wypadki
1989-2017	Human Factor	Nie uwzględniono	25107	1139
1989-2017	AFCS	53	605	18
od 2004 do 2017 roku				
2004-2017	Human Factor	Nie uwzględniono	7946	392
2004-2017	AFCS	53	112	13

Tabela 2. Wyniki badań dotyczący relacji zdarzeń lotniczych z wykorzystaniem AFCS

Czyli w ciągu 29 lat w okresie od 1989 do 2017 roku wystąpiło tylko 18 zdarzeń¹ lotniczych, w których śmierć poniosło 605 osób. Na podstawie wszystkich przeanalizowanych baz danych, raportów lotniczych znajdujących się w powyższym zestawieniu możemy wykazać cel oceny, którym jest zbadanie aspektu bezpieczeństwa systemów automatycznego sterowania lotem w transporcie lotniczym. Na podstawie powyższych ustaleń można uznać, że występowanie zdarzeń lotniczych u źródeł których powstania leży automatyka procesów sterowania statkiem powietrznym ma charakter marginalny i poziom bezpieczeństwa można ocenić jako wysoki. Mając jednak na uwadze ilość ofiar i spektakularny charakter tych zdarzeń zasadnym wydaje się doskonalenie procesów sterowania automatycznego lotem i wzrost jego niezawodności.

4. Ustalenia

4.1. Systemy AFCS różnią się od siebie liczbą elementów oraz zasadą działania.

Np. sterowaniem powierzchniami sterowymi (Serwomechanizmy w ATR 72 i system fly-by-wire w Airbus A320) Dlatego AFCS musi zostać odpowiednio dobrany i zaimplementowany do danego rodzaju statku powietrznego, aby wykonywane przez niego prace jak np. utrzymanie podanej prędkości w EmbraerERJ-145, kontrola ciągu podejścia w Boeing 737-800 były jak najbardziej efektywne oraz bezpieczne dla użytkownika.

4.2. Nie każde zdarzenie lotnicze, podczas którego następuje problem z automatycznym sterowaniem lotem kończy się katastrofą. W wielu przypadkach wyłączenie wadliwego elementu systemu redukuje wcześniejsze problemy. Wymaga to jednak od załogi właściwej identyfikacji problemu i podjęcie racjonalnych i skutecznych środków. Kwestia poprawnego funkcjonowania statku powietrznego i wbudowanego do niego systemów związana jest również z sumiennie wykonywanymi obowiązkami obsługi oraz personelu naziemnego.

¹ Jest to liczba opracowana na podstawie analizy raportów końcowych, tymczasowych oraz biuletynów agencji śledczych lotniczych na całym świecie. Autor zastrzega sobie możliwość nieuwzględniania wszystkich zdarzeń. Z powodu braku dostępności do niektórych dokumentacji.

Zmniejsza to ryzyko wypadku lotniczego, a szkolenia personelu w bardzo wielkim stopniu wpływają na bezpieczeństwo lotów.

4.3. Wykorzystanie AFCS jest zależne od zrozumienia przez projektantów jak dana maszyna zachowuje się w sześciu stopniach swobody, w których znajduje się statek powietrzny. Projektanci w fazie teoretycznej korzystając z wiedzy oraz doświadczenia towarzyszącego zadaniom projektowym z rynku lotniczego, muszą na bieżąco go monitorować, aby korzystać z najnowszych rozwiązań np. silowniki, serwomechanizmy, czujniki ruchu, oprogramowanie komputera autopilota (software), żyroskopy MEM's [(układ mikroelektromechaniczny) są małymi, niedrogimi czujnikami, które mierzą prędkość kątową. Jednostki prędkości kątowej są mierzone w stopniach na sekundę ($^{\circ} / s$) lub obrotach na sekundę (RPS).], itp. Projektant powinien być w pełni świadomy ograniczeń wybranych przez siebie metod projektowych służących do stworzenia układów automatycznego sterowania.

4.4. Na szczególną uwagę zasługuje proces instalacji oraz testowania urządzeń AFCS. W szczególności odniesienie się do aspektów prawnych i procedur certyfikacyjnych zgodnie z restrykcjami Prawa Lotniczego i przepisów wykonawczych oraz norm (w tym PART-21, PART-145). Spełnienie wyżej wymienionych wymagań potrzebnych do otrzymania „zdatości do lotu” danego systemu i statku powietrznego, jest bardzo ważne z perspektywy zdarzeń lotniczych. Względy niezawodności, awaryjność, integralność całego systemu tworzą zbiór tych czynników, które mają wpływ na ostateczną formę, jaką przyjmie automatyczny system sterowania lotem.

4.5. Istotnym elementem kontroli poprawności działania AFCS jest poddanie go wszechstronnej ocenie i testom przez załogi lotnicze w szczególności te z dużym doświadczeniem. Pozwoli to na wyeliminowanie błędów w szczególności w obszarze oprogramowania. Jednocześnie umożliwi uwzględnienie wszelkich rzeczywistych i potencjalnych uwarunkowań

WNIOSKI KOŃCOWE

4.1. Wiele zdarzeń lotniczych nigdy by się nie wydarzyło, gdyby personel miał odpowiednie kompetencje do wykonywania przez siebie czynności.

4.2. Następstwem zdarzenia lotniczego są lepsze rozwiązania technologiczne i poprawa bezpieczeństwa a wielu liniach wprowadzanie są też dodatkowe szkolenia.

4.3. Na podstawie Tabeli 1.2. można zauważyć, że większość wypadków lotniczych spowodowana jest błędem człowieka, a tylko niewielka ilość wypadków jest spowodowana przez autonomicznie przez system AFCS.

4.4. Zastosowanie systemu AFCS w dużym stopniu minimalizuje wystąpienie błędu ludzkiego, a w związku tym wystąpienia wypadku lotniczego.

4.5. Ważne jest odpowiednie przeszkolenie personelu (pilotów) , który powinien rozumieć działanie systemu samolotu i wiedzieć jak zareagować w przypadku wystąpienia awarii (błędu) systemu AFCS.

4.6. Testowanie systemów FACS powinno być bardzo dokładne, aby załoga nie została zaskoczona podczas lotu nieprzewidzianym zachowaniem się systemu. Pozwoli to na sformułowanie procedur awaryjnych dotyczących automatycznego sterowania.

LITERATURA

1. Dostatni B., Żwirko H.: 1993. Katastrofy lotnicze. Warszawa.
2. McLean, Donald. 1990. Automatic flightcontrol system - Systemy automatycznego sterowania lotem. Southampton: Wydawnictwo Prentice Hall.
3. PallettE.H.J.1993.Automatic Flight Control - Automatycznakontrolalotu. Blackwell Science.
4. Federalna Administracja Lotnictwa. 2012. MaintenanceTechnicianHandbookAirframevolume 2 - Podręcznik mechanika technicznego wersja 2. Wyoming: Wydawnictwo Mepcount Media.
5. ICAO. Podręcznik Zarządzania Bezpieczeństwem (SSM). wyd. 3. Montreal 2013.
6. Federalna Administracja Lotnictwa.2014.Automated Flight Controls-Zautomatyzowane sterowanie lotem. Wyoming: WydawnictwoMepcount Media.

Recibido el 9 de junio de 2019. Aceptado el 12 de noviembre de 2019.