

ANALIZA TRAJEKTORII PIONOWEJ TU-154M W OPARCIU O DANE TAWS I FMS

Kazimierz Nowaczyk

Abstract

This work is an attempt to recreate the minimum of the vertical trajectory plane TU-154M in the last seconds before hitting the ground. The calculations are based on the data from TAWS (Terrain Awareness and Warning System) and FMS (Flight Management System) equipment, as well as the Polish black box ATM QAR (Quick Access Recorder).

Keywords - TAWS, FMS, vertical trajectory, black box.

Streszczenie

Niniejsza praca jest próbą odtworzenia minimum trajektorii pionowej samolotu TU-154M w ostatnich sekundach przed uderzeniem w ziemię w oparciu o zapisy urządzeń TAWS (Terrain Awareness and Warning System), FMS (Flight Management System) i polskiej skrzynki eksploatacyjnej ATM QAR (Quick Access Recorder).

Słowa kluczowe – TAWS, FMS, trajektoria pionowa, czarne skrzynki

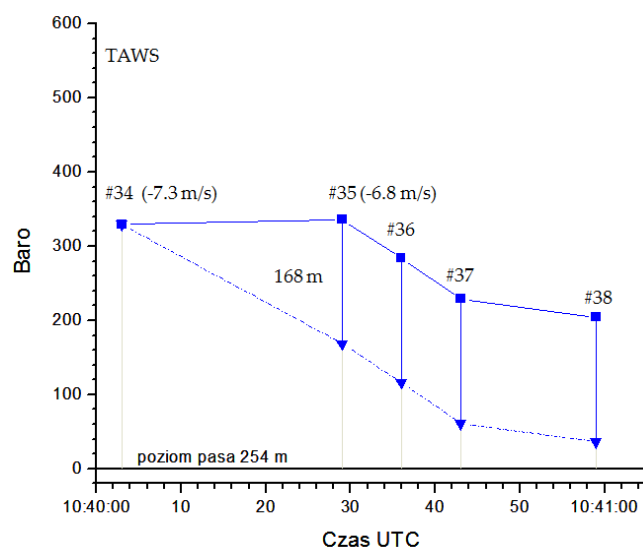
1. 1. ODCZYTY TAWS I FMS Z RAPORTU UNIVERSAL AVIONICS

Zapisy alarmów TAWS przedstawione w Załączniku nr 4 do Protokołu badania zdarzenia lotniczego nr 192/2010/11 [1] zawierają bardzo wiele informacji i są cennym uzupełnieniem odczytów z czarnych skrzynek. Ponieważ tematem pracy jest trajektoria pionowa samolotu, skupię się w głównej mierze na zapisach wysokości barycznej i radiowej, wykorzystując oczywiście dodatkowe informacje o czasie zdarzeń i pozycji geograficznej samolotu. Dane te są przedstawione w Tab. 1. W tabeli, oprócz oryginalnego czasu zapisu (czas UTC), podane są czasy z raportów MAK [2] i KBWL LP [3] po zsynchronizowaniu ich z pozostałymi rejestratorami. Dla wysokości barycznej od TAWS #35 podane są dwie wartości. Według oryginalnych zapisów wysokości barometrycznej w kolejnych punktach TAWS #34 i #35 samolot nie zmieniał wysokości, schodził natomiast z prędkością około 7 m/s, co oznacza, że musiała nastąpić zmiana ustawienia ciśnienia wzorcowego w barometrze. Na podstawie danych z FMS I i II pilota [1] możemy określić, że wysokość baryczna od TAWS #34 jest „zawyżona” o 168 m (Rys. 1). Nastąpiła zmiana z ciśnienia na poziomie pasa w Smoleńsku na ciśnienie standardowe. Należy w tym miejscu zaznaczyć, że komisja Millera napisała, iż ciśnienie zmienił I pilot, by wyciszyć alarmy TAWS. Jednak kolejne sygnały urządzenia TAWS nie zostały wyciszone, nie ma też żadnych dowodów na to, że zrobił to pilot. Wiadomo jedynie, że ciśnienie uległo zmianie. Wszystkie wysokości w Tab. 1 zostały podane w

odniesieniu do poziomu początku pasa w Smoleńsku (254 m npm) z wykorzystaniem profilu terenu z bazy SRTM-3.

Tab. 1. Zapisy wysokości radiowej i barycznej TAWS i FMS [1]

	Czas zapisu	Czas przeliczony przez MAK +4 h 3 s	Czas przeliczony przez KBWL LP + 6 s	Odległość od początku pasa [m]	Wysokość baryczna	Wysokość radiowa
FMS	6:41:02	10:41:05	6:41:08	575	14.3	
FMS	6:40:01				36.6	
TAWS #38	6:40:59	10:41:02	6:41:05	714	204.5 36.5	12.5 37.5
TAWS #37	6:40:43	10:40:46	6:40:49	1941	229.2 61.2	61.5
TAWS #36	6:40:36	10:40:39	6:40:42	2505	284.4 116.4	113.9
TAWS #35	6:40:29	10:40:32	6:40:34,5	3077	336.5 168.5	176.9
TAWS #34	6:40:03	10:40:06	6:40:09	5406	329.2	334.2



Rys. 1. Zmiana wysokości barycznej pomiędzy TAWS #34 i 35.

W dotychczasowych analizach problemem była wysokość radiowa 12,5 m w zapisie TAWS #38. Różni się ona znacznie od wysokości 36,5 m podawanej przez wysokościomierz baryczny. We wszystkich pozostałych alarmach TAWS przy podejściu do lotniska mamy bardzo dobrą zgodność tych wysokości.

2. POLSKA SKRZYŃKA EKSPLOATACYJNA ATM QAR

Pomocne okazały się nie zapisy parametrów, ale zapisy zdarzeń zanotowanych przez polską skrzynkę, przedstawione w raporcie KBWL LP [1]. Widać z nich, że równocześnie z alarmem TAWS #38 zapisane zostały dwa zdarzenia (AT36/37) podające dwie różne wysokości radiowe 37,5 m oraz 18 m (Rys. 2). Jednak najważniejszą informacją jest dodatkowy komunikat występujący podczas zdarzenia AT37, mówiący o niesprawności wysokościomierza radiowego RW5 I pilota. Z tego wysokomierza dane pobierało urządzenie TAWS. Mamy zatem podane w tym samym czasie (z dokładnością do 1 s) dwie wysokości radiowe: 37,5 m oraz 18 m. Biorąc pod uwagę dodatkowy parametr zdarzenia AT37, wydaje się rozsądnym stwierdzenie, że w czasie 1 sekundy nastąpiła awaria wysokościomierza i prawidłowym odczytem jest 37,5 m, który bardzo dobrze zgadza się z wysokością baryczną w TAWS #38.

Lp.	Nr procedury	Opis procedury	Czas trwania oraz wartości parametrów dodatkowych
12.	AT30	Syg. AWARIA I.HYDR.1/NIEB. ZIEMIA Rys. 38	Czas trwania: 08:40:06 - 08:40:11 VPRZ: 306 WYSBAR: 562 WYSRADIO: 356.2 PHIVZBLIZ: 1
13.	AT30	Syg. AWARIA I.HYDR.1/NIEB. ZIEMIA Rys. 38	Czas trwania: 08:40:31 - 08:41:01 VPRZ: 288 WYSBAR: 375 WYSRADIO: 218.8 PHIVZBLIZ: 1
08:40:59.375 – uderzenie w drzewo			
14.	AT30	Syg. AWARIA I.HYDR.1/NIEB. ZIEMIA	Czas trwania: 08:41:02 - 23:04:11 VPRZ: 263 WYSBAR: 188 WYSRADIO: 37.5 PHIVZBLIZ: 1
15.	AT37	Sygnalizacja NIESPRAWNOSC RW5 NR 1	Czas trwania: 08:41:02 - 23:04:11 WYSRADIO: 18.8 WYSBAR: 188 SPRRW5NR1: 0 SPRRW5NR2: 1

Rys. 2. Zapisy zdarzeń ATM QAR [3].

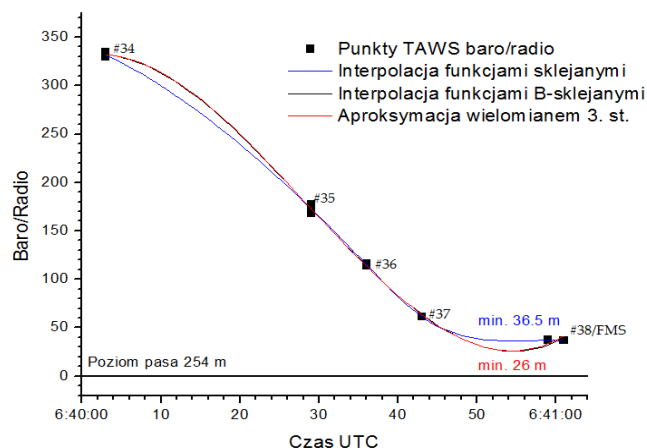
Podane tutaj wartości wysokości barycznej wynoszą w obu przypadkach 188 m i są wynikiem dokładności zapisu tej wielkości przez czarne skrzynki wynoszącej ponad 60 m, a nie wskazań wysokościomierza barycznego.

Mamy zatem 11 punktów pomiarowych pomiędzy TAWS #34 a zapisem w pamięci FMS na odcinku prawie pięciu kilometrów i czasie niecałej minuty (Tab. 1). W obliczeniach nie uwzględniono ostatniej wysokości barycznej zapamiętanej przez FMS II pilota, ponieważ zapisana w tym samym czasie prędkość pionowa samolotu przekracza 12 m/s, co świadczy o gwałtownej zmianie trajektorii i niekontrolowanym opadaniu samolotu.

3. WYZNACZANIE TRAJEKTORII PIONOWEJ

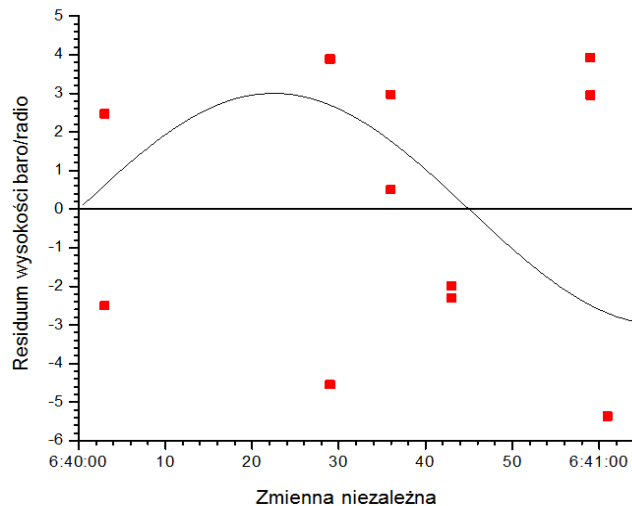
Trajektorię wyznaczono przy pomocy interpolacji funkcjami sklejanymi, bazowymi funkcjami sklejanymi i aproksymacji wielomianami trzeciego stopnia. Wyniki przedstawione są na Rys. 3.

W wyniku interpolacji funkcjami sklejanymi otrzymujemy krzywą, której minimum wynosi 36,5 m nad poziomem początku pasa 254 m npm, wysokość minimalna wyznaczona przy pomocy aproksymacji wynosi 26 m. Obie te wysokości znacznie odbiegają od wielkości 6,2 m nad poziomem gruntu, podanej w raportach MAK i KBWL LP.



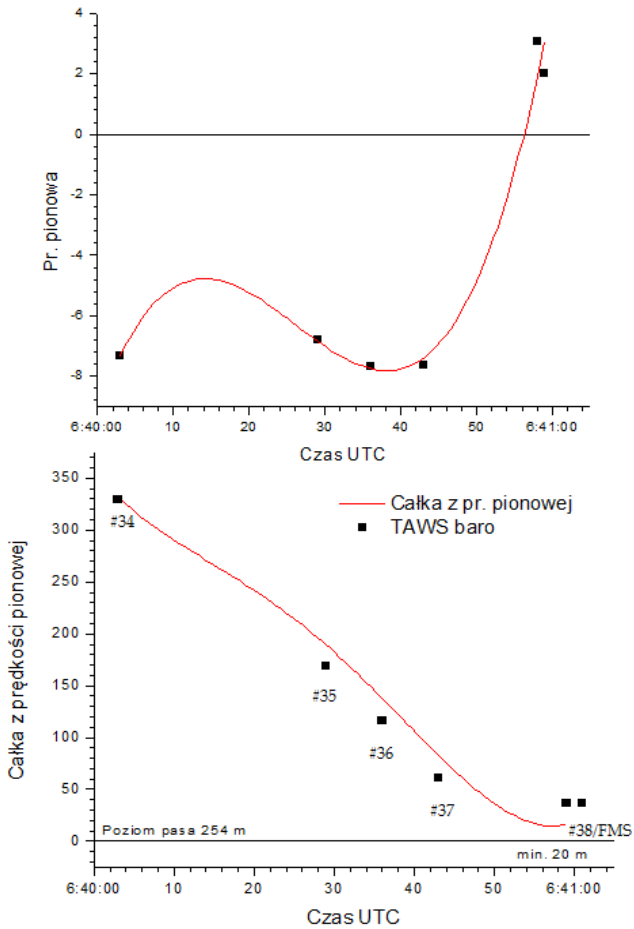
Rys. 3. Aproksymacja i interpolacja wysokości radiowej i barycznej zapisanej w alarmach TAWS #34-38 i pamięci FMS.

Analiza błędów dokonanej aproksymacji wykazuje ich statystyczny rozrzut w przedziale +4 – 5,5 m. (Rys. 4).



Rys. 4. Analiza błędów aproksymacji wielomianami 3-go stopnia.

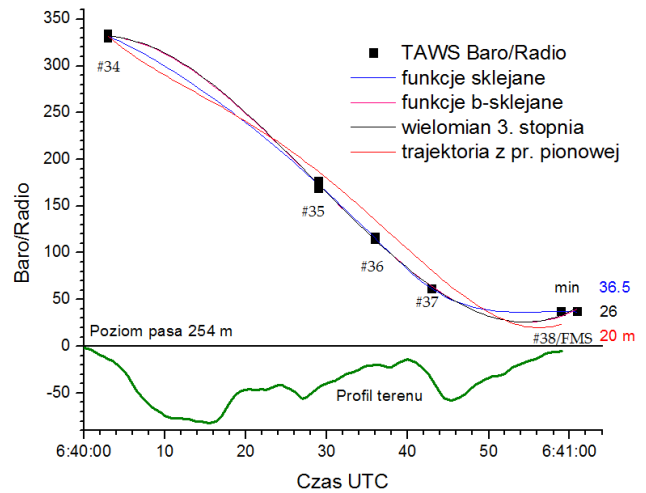
Jak już wspomniano wcześniej, jedną z wielkości zapisywanych przez FMS jak również przez TAWS, jest prędkość pionowa samolotu. Dysponujemy jedynie sześcioma takimi zapisami. Biorąc pod uwagę to ograniczenie, można wyznaczyć trajektorię pionową całkując prędkość pionową. Ze względu na małą liczbę punktów, żeby zwiększyć dokładność całkowania, aproksymowano prędkości pionowe wielomianem 3-go stopnia. Wyniki przedstawione są na Rys. 5. Jak widać, wyznaczona w ten sposób trajektoria odbiega znacznie od zapisanej w alarmach TAWS i pamięci FMS wysokości barycznej. Mimo to minimum jakie osiąga wynosi 20 m i ponownie znacznie przewyższa wielkości podane przez MAK i KBWL LP.



Rys. 5. Aproxymacja prędkości pionowej wielomianem 3-go stopnia (wykres górny). Trajektorja pionowa samolotu wyznaczona z prędkości pionowej w porównaniu z wysokością baryczną (wykres dolny).

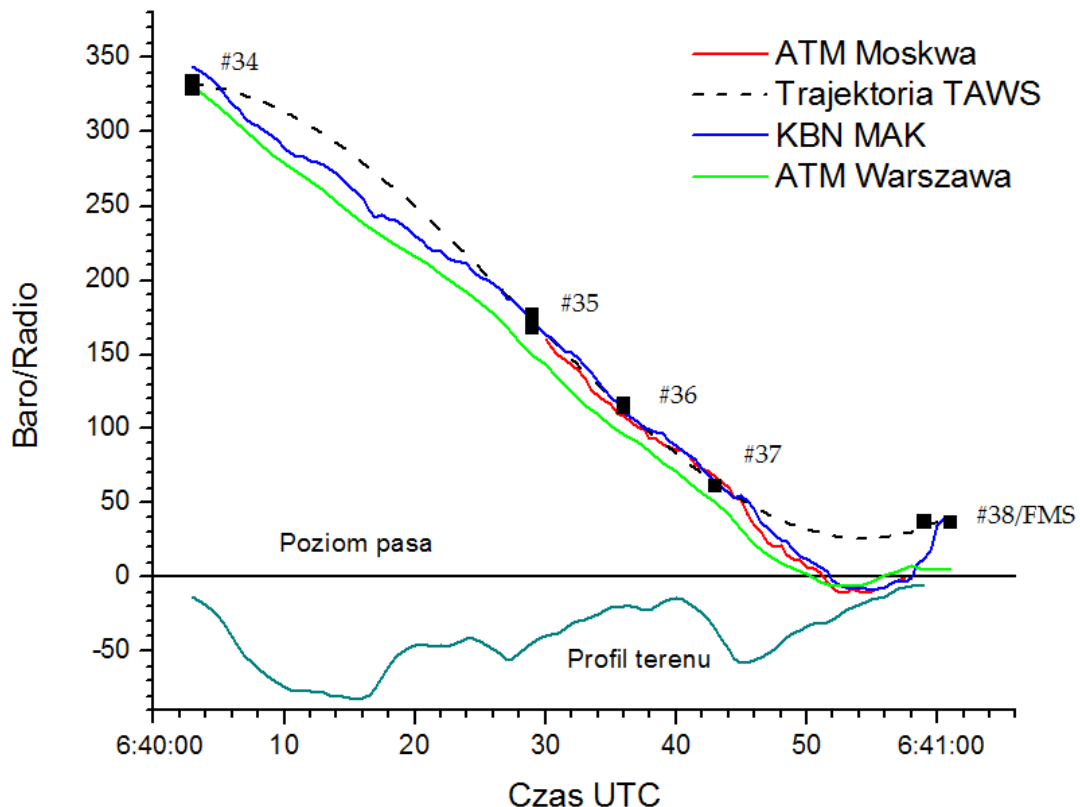
4. PODSUMOWANIE

Sumaryczne wyniki interpolacji i aproksymacji wysokości barycznych i radiowych oraz całkowania prędkości pionowej, zapisanych w alarmach TAWS i pamięci FMS, przedstawione są na Rys. 6.



Rys. 6. Porównanie trajektorii wyznaczonych z zapisów alarmów TAWS i pamięci FMS.

Jak widać na Rys. 6. minimalna wysokość trajektorii nad poziomem początku pasa mieści się w granicach 20 m i 36.5 m. Na wykresie tym pokazany jest również profil terenu wzdłuż kierunku lotu, ponieważ podana przez MAK i KBWL LP wysokość samolotu w okolicy brzozy (około 6 m) jest mierzona od poziomu gruntu (246 m npm). Względem pasa (254 m npm), zgodnie z raportami, samolot znajdował się wówczas 2 m poniżej jego poziomu.



Rys. 7. Porównanie trajektorii przedstawionych w raportach MAK i KBWL LP z trajektorią wyznaczoną z zapisów TAWS I FMS.

Różnice pomiędzy wyznaczonymi trajektoriami a przedstawionymi w raportach MAK i KBWL LP ilustruje Rys. 7. Trajektoria zaznaczona kolorem zielonym pochodzi z tabeli zamieszczonej w ekspertyzie firmy ATM [4], natomiast czerwona z odczytu ATM QAR dokonanego w Moskwie w czerwcu 2011 r.

Charakterystyczną cechą trajektorii podanych zarówno w raporcie rosyjskim jak i polskim jest rozbieżność wysokości w punkcie TAWS #38, tym samym, który został ukryty w obu raportach.

Uwaga: Strona komisji badającej katastrofę w Smoleńsku <http://www.komisja.smolensk.gov.pl/>, gdzie znajdowała się cytowana literatura, jest od 24 listopada 2015 r. niedostępna na podstawie decyzji Kancelarii Prezesa Rady Ministrów RP. Dokumenty te są jeszcze obecne na kopii strony „Zespołu do spraw wyjaśniania opinii publicznej treści informacji i materiałów dotyczących przyczyn i okoliczności katastrofy pod Smoleńskiem” (zwanej Zespołem Laska) pod adresem: <http://fakty-smolensk.niezniknelo.com/przebieg-badania.html>

Literatura cytowana

- [1] PROTOKÓŁ badania zdarzenia lotniczego nr 192/2010/11, Załącznik nr 4.9.4 i 4.9.5., KBWL LP, Warszawa, 26.07.2011 r.
- [2] Raport końcowy Komisji Badań Wypadków Lotniczych Międzypaństwowego Komitetu Lotniczego (MAK) z badania zdarzenia lotniczego z dn. 10.04.201 r. Międzypaństwowy Komitet Lotniczy, Moskwa, 12.01.2011 r. <http://www.newsweek.pl/bins/Media/Binaries/7e/7e4c/7e4c7dfab21f4a2999a210c01b834d32.pdf>
- [3] RAPORT KOŃCOWY z badania zdarzenia lotniczego nr 192/2010/11 samolotu Tu-154M nr 101 zaistniałego dnia 10 kwietnia 2010 r. w rejonie lotniska SMOLEŃSK PÓLNOCNY, KBWL LP, Warszawa 25.07.2011
- [4] Ekspertyza Techniczna, Deszyfracja i analiza danych z pokładowych rejestratorów parametrów samolotu Tu154M nr boczny 101 Sił Powietrznych RP, który uległ katastrofie 10 kwietnia 2010 r., ATM Sp. z o.o., 15.07.2011.