

POŁOŻENIE SAMOLOTU W MOMENCIE UDERZENIA W BRZOZĘ I BEZPOŚREDNIO PO UDERZENIU WG DANYCH MAK I KBWL LP

Marek Dąbrowski

Abstract

1. Author reconstructed the location of the aircraft according to radio altimeter graphs in the MAK and KBWL LP Reports, and compared it with the known traces on the partially cut trees in three distinctive points: over the birch, over the trees before Gubenko street, and over the cut power line. Also the principle of work of RW-5 radio altimeter of the Tu-154M was discussed. The reconstruction was made using the satellite maps, height data from Reports and SRTM data, using a 3D CAD software. The conclusion is, that, despite the Reports graphs make the barrel roll possible, the radio altimeter data in both Reports shows that aircraft was too low to cut trees in a way known from photographs. The KBWL LP animation radio altimeter data is compatible with the cut trees height, but it makes the barrel roll impossible.

2. Second analysis shows, that KBWL LP stated the aircraft hit the birch at a place on the wing which is distant to the rip-off wing end more than 2,9 meters. Also the preserved slat section 2 outer tip shows, that there wasn't a direct hit that could cut out the wing end in a place when it is supposed to be.

Keywords – radio altimeter, MSRP-64, ATM QAR, birch, slat, impact point

Streszczenie

1. Zrekonstruowano położenie samolotu w momencie uderzenia w brzozę i po uderzeniu na podstawie danych MAK i KBWL LP i porównano ze znanymi śladami na drzewach w 3 charakterystycznych punktach: nad brzozą, nad drzewami przed ul. Gubienki i nad zerwaną linią energetyczną. Omówiono zasadę działania radiowysokościomierza RW-5M. Lokalizację samolotu ustalono według mapy satelitarnej z wykorzystaniem danych wysokościowych z raportów MAK i KBWL LP i porównano z położeniem wizualizowanym na profilu terenu wg SRTM z użyciem oprogramowania CAD 3D. Wniosek: chociaż wykresy w Raportach nie zaprzeczają możliwości wykonania becзки, wg danych wysokości radiowej z obu Raportów samolot byłby za nisko aby zostawić znane ślady przycięcia drzew. Natomiast dane wysokości radiowej z animacji KBWL LP uprawdopodobniają przycięcie drzew na znanej wysokości, ale wykluczają wykonanie becзки.

2. Przeanalizowano także wnioski z raportów pod kątem ustalenia lokalizacji miejsca uderzenia skrzydła w drzewo i porównano z istniejącym materiałem fotograficznym. KBWL LP w Raporcie podała jako punkt uderzenia miejsce znajdujące się 2,9 metra od oderwanej krawędzi płata, w którym zachował się dodatkowo wystający poza urwaną krawędź fragment slotu.

Słowa kluczowe – radiowysokościomierz, MSRP-64, ATM QAR, brzoza, slot, miejsce uderzenia

1. WSTĘP

Przedmiotem niniejszego opracowania jest porównanie spójności ogólnodostępnych danych zawartych w raportach MAK i KBWL LP z dokumentacją pochodzącą z innych źródeł, a w szczególności ze śladami pozostawionymi na wrakowisku i na samym wraku.

W rozdziale 2 zatytułowanym „Hipoteza uderzenia wobec wskazań wysokościomierzy i śladów w terenie” omówiono wiarygodność wysokości radiowych zawartych na wykresach w raportach obu komisji. W celu oceny wiarygodności wskazań wysokościomierza radiowego konieczne było omówienie zasady jego działania i zasady zapisu wysokości radiowej przez rejestrator parametrów lotu MSRP-64,

Rozdział 3 zatytułowany „Hipoteza uderzenia wobec śladów na wraku” poświęcony jest ocenie wiarygodności informacji zawartej w raporcie KBWL LP, dotyczącej miejsca uderzenia w brzozę w kontekście zachowanych fragmentów lewego skrzydła samolotu.

W pracy wykorzystano oprogramowanie CAD 2D i 3D do przeprowadzenia modelowania przestrzennego kolidujących obiektów (rozdział 2) oraz modelowania dwuwymiarowego (rozdział 3).

2. HIPOTEZA UDERZENIA WOBEC WSKAZAŃ WYSOKOŚCIOMIERZY I ŚLADÓW W TERENIE

2.1. Wskazania radiowysokościomierzy

Radiowysokościomierz RW-5M ma następujące charakterystyki techniczne [1]:

- częstotliwość sygnału- 4200-4400 MHz
- modulacja – częstotliwościowa
- dokładność pomiaru wysokości nad terenem gładkim (oprócz lodu):
 - a) na wyjściu analogowym [m]:
 - od 0 do 10 - +/-0,6
 - powyżej 10- +/- 0,06 H
 - b) na wskaźniku wysokości [m]:
 - od 0 do 10 - +/- 0,8
 - powyżej 10- +/- 0,08 H

Radiowysokościomierz pracuje na fali o długości 7 cm. Jak napisano w pracy [1] „przy locie na małych wysokościach nad masywami leśnymi, w zależności od gęstości lasu, radiowysokościomierz może mierzyć wysokość

do górnej krawędzi koron drzew (gęsty las), lub do powierzchni ziemi (rzadki las)”.

W rozpatrywanych w niniejszej pracy położeniach samolotu mamy do czynienia z krzakami i rzadkimi drzewami liściastymi (o tej porze roku bez liści), a także, częściowo, z lotem nad obszarem gdzie drzewa nie występują. Dlatego też wysokości radiowe znajdujące się w Raportach były mierzone do powierzchni ziemi.

Maksymalny zakres pomiaru radiowysokościomierza wg [1] wynosi 0-750 metrów. Taką samą wartość podano w tabeli 2 w [2].

Jak podaje instrukcja eksploatacyjna [3] „Radiowysokościomierz pracuje normalnie w locie z kątami przechylenia nie większymi niż 15 st. W locie na małych wysokościach, nad grubą warstwą lodu lub śniegu, przy kątach przechylenia lub pochylenia powyżej 30 stopni radiowysokościomierz wskazuje wysokość ze znacznym błędem”.

W rozpatrywanych w niniejszej pracy położeniach samolotu nie zachodziły wyżej wymienione ograniczenia pracy urządzenia oprócz dwóch opisanych przypadków.

Zgodnie z [2] (str. 46) sygnalizacja **NIESPRAWNOSC RW5 NR 1** (SPRRW5NR1) włączyła się ponad 2,5 sekundy po uderzeniu w brzozę, a sygnalizowana awaria także nie wpłynęła na analizowane w niniejszym opracowaniu dane wejściowe.

Radiowysokościomierze RW-5M znajdują się w dolnej przedniej części kadłuba, pomiędzy wręgami 21 i 22 [4]. Zgodnie z rysunkiem technicznym konstrukcji kadłuba, oznacza to, że są zlokalizowane ok. 10,4 metra od dzioba samolotu [5].

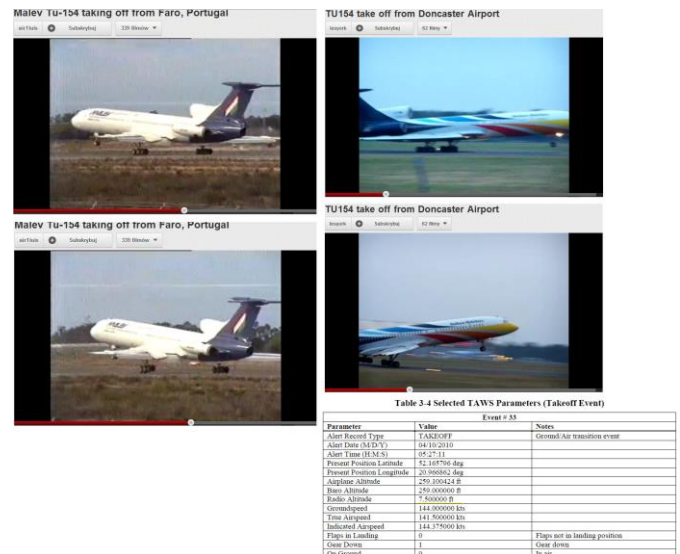
Wysokościomierze radiowe są kalibrowane tak, aby w postoju na płycie lotniska wskazywały „0”. W czasie lotu były skalibrowane prawidłowo, co widać na wykresie wysokości radiowej z [2] (Rys. 1) od momentu rozpoczęcia rejestracji, poprzez kołowanie i rozbieg samolotu po pasie. Stanowi on fragment Rys. 27, „Przebieg parametrów lotu dla wybranych przyrządów pokładowych”. Zła jakość techniczna zamieszczonego poniżej wykresu jest typowa dla wszystkich wykresów parametrów lotu znajdujących się w polskim państwowym raporcie.



Rys. 1. Start z Okęcia - wskazania radiowysokościomierza.

Radiowysokościomierze pokazują wysokość od płaszczyzny pomiaru do punktu łączącego lokalizację anteny z linią prostą łączącą podwozie przednie z podwoziem głównym. Informacja ta została uzyskana od osoby, która eksploatowała tego typu radiowysokościomierz i zastrzegła sobie anonimowość. Została zweryfikowana na Rys. 2, poprzez porównanie zapisu TAWS#33 Take off z [6] (w prawym dolnym rogu) z typową geometrią oderwania samolotu od ziemi. W momencie zadziałania czujnika A/G (czyli oderwania lewej nogi podwozia głównego od ziemi), system TAWS Tu-154M „101” w dniu 10 kwietnia

zapisał wartość 7,5 ft. Jest to wartość zbliżona do pokazanych na poniższej ilustracji typowych geometrii samolotu w momencie oderwania od pasa.



Rys. 2 Typowe pochylenie przy starcie i zapis TAWS#Takeoff z 10.04.2010.

KBWL LP w Raporcie [7] nie podała formatu zapisu danych radiowysokościomierza w rejestratorze ATM QAR. Natomiast rejestrator MSRP-64 zapisuje dane w formacie 8-bitowym. Zatem zakresowi 0-750 m odpowiada 256 „ramek” zapisu. Oznacza to, że dane zapisują się w taki sposób, iż kolejnym ramkom odpowiadają przedziały wysokości o długości 2,93 m, tj.:

- ramka 1: od 0 do 2,93 m,
- ramka 2: od 2,93 do 5,86 m,
- ramka 3: od 5,86 do 8,79 m,
- ramka 4: od 8,79 do 11,72 m,
- ramka 5: od 11,72 do 14,65 m,

itd.

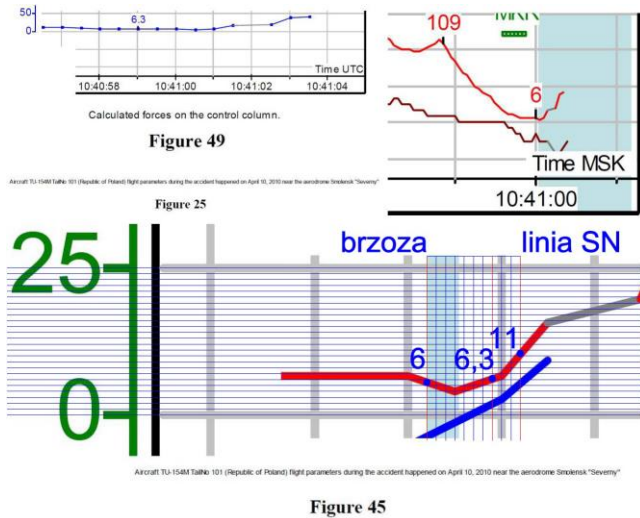
Wysokość radiowa zapisywana jest w rejestratorze MSRP-64 2 razy na sekundę [8].

Na Rys. 3 i Rys. 4 pokazano wartości wysokości radiowej z wykresów z Raportów MAK i KBWL LP. W analizowanym obszarze wysokość radiowa nie przekraczała 11 m (wg MAK) oraz 6,2 m (wg KBWL LP), co oznacza że w rzeczywistości samolot nie był wyżej niż 11,72m (wg MAK) i 8,79m (wg KBWL LP) ponad terenem.

Zarówno na Fig. 25, Fig.49, jak i Fig. 45 zawartych w raporcie MAK widać półsekundowe zmiany wartości zarejestrowanych przez rejestrator MSRP-64 - por. Rys. 3. Na Fig.49 co 0,5 sekundy widać poszczególne punkty w których był wykonywany zapis. Przedstawione na tymże Rys. 3 wartości wysokości radiowej (RW) zostały wyznaczone w ramach niniejszego opracowania. Pokazane zachowanie wykresu uprawdopodobnia wykonanie becзки. Wskazuje na to zapis „śmieciovyy”, tzn. wartości zapisane przy parametrach lotu niezgodnych z warunkami prawidłowego pomiaru wg instrukcji radiowysokościomierza. Wartości te rosną przy końcu lotu do szybciej niż rzeczywista wysokość lotu.

Na Rys. 4 pokazano wykres wysokości radiowej znajdujący się w raporcie polskiej komisji państwowej. Widać, że w analizowanym okresie po uderzeniu w brzozę wartość wysokości radiowej (6,2m) nie uległa zmianie. Również ten wykres uprawdopodobnia wykonanie becзки, gdyż ukazuje zapis „śmieciovyy” – wysokość także rośnie

przy końcu lotu do dużej wartości. Ostatnia pokazana wartość wysokości radiowej (340,6 m) różni się od znajdującej się w Raporcie MAK o ok. 290 metrów (por. Rys. 3, Rys.4).



Rys. 3. Wykresy wysokości radiowych z Raportu MAK.

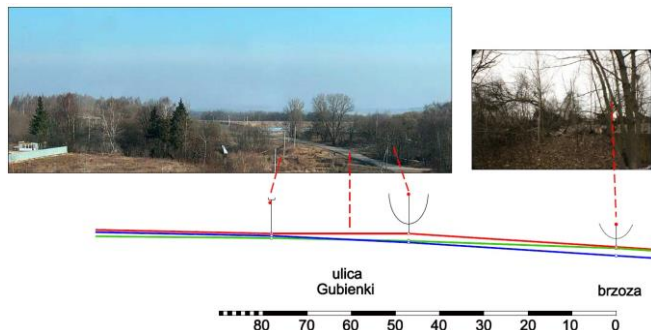


Rys. 4. Wykres wysokości radiowej z Raportu KBWL LP.

2.2. Ślady w terenie

Niniejsze opracowanie zawiera lokalizację samolotu wg zapisów wysokościomierza radiowego w trzech charakterystycznych punktach:

- 1) w momencie uderzenia w brzozę,
- 2) ścięcia drzew rosnących przed ulicą Gubienki, 47 metrów dalej oraz
- 3) na wysokości linii energetycznej, którą tupolew miał zerwać, 78 metrów za brzozą.



Rys. 5. Profil i zdjęcia sytuacyjne terenu analizy od strony południowej. Opracowanie własne na podstawie fot. S. Amielina (po lewej) i nieznanego autora (po prawej).

Na Rys. 5 pokazano profile terenu wg danych KBWL LP, SRTM i MAK. W Tab. 1 podano charakterystyczne parametry położenia samolotu (przechylenie, pochylenie, wysokość radiowa) w rozpatrywanych punktach, które stały się podstawą do wyznaczenia wzajemnego położenia

obiektów za pomocą oprogramowania 3D. Dane KBWL LP pochodzą z tabeli 2 w [6], dane MAK- z odczytu Fig. 25 w [9].

Tab. 1. Charakterystyczne parametry położenia samolotu w rozpatrywanych punktach.

poziom wg KBWL LP	253	253	250
poziom wg SRTM	252	251,4	249,7
poziom wg Fig.46 R.MAK (GIS)	252,5	251	248
odl.od progu pasa wg KBWL LP	777	808	855
Przechylenie wg KBWL LP	-35	-16	-2,5
Pochylenie wg KBWL LP	16,8	15,6	12,8
Wys.RW wg Rys.17 z Zał.4 do raportu KBWL LP	6,2	6,2	6,2
Przechylenie wg MAK	-14,5	-4,5	-2,5
Pochylenie wg MAK	17,5	15,7	14,8
Wys.RW wg MAK	11	6,3	6

Dla pochodzących z Raportów wartości wyznaczona zgodnie z przywołaną powyżej charakterystyką zapisów RW przez rejestratory parametrów lotu wysokość radiowa musiała zatem zawierać się w przedziale:

- 5,86 do 8,79 m dla „6”, „6,2”, „6,3”
- 8,79-11,72 m dla „11”

Zgodnie z [6] „W odległości 855 od progu pasa nastąpiło uderzenie lewego skrzydła w dużą brzozę na wysokości około 5,1m, które doprowadziło do oderwania dużego fragmentu (około 6m) lewego skrzydła wraz z lotką. (...) Powstałe, na skutek utraty końcówki lewego skrzydła, nie równoważenie siły nośnej nie było możliwe do skorygowania wychyleniem lotki prawego skrzydła. Zapoczątkowało to obrót samolotu w lewo względem osi podłużnej z jednoczesną zmianą kierunku lotu około 3,5°. Zmiana kierunku lotu została spowodowana reakcją samolotu na uderzenie w jego konstrukcję w odległości 10,8 m od osi pionowej samolotu.” W analizie danych KBWL LP uwzględniono zmianę kierunku lotu o 3,5 stopnia. Należy zaznaczyć, że w razie braku jednorazowej zmiany kierunku lotu wnioski z analizy byłyby zbliżone.

Dla [9] zmiana kierunku lotu względem kursu na brzozie wynosi odpowiednio: -0,5 stopnia nad drzewami przed ul. Gubienki i 2 stopnie nad linią SN.

2.3. Metodologia analizy.

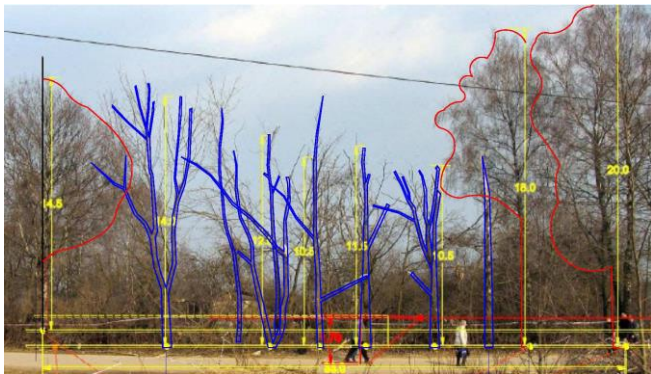
Analizę przeprowadzono metodą graficzną w programie CAD 3D. Wykorzystano komercyjny model 3D samolotu. Przyjęto profil gruntu wg SRTM (KBWL LP) i MAK. W analizie uwzględniono geometrię przyciętych drzew przed ul. Gubienki traktując je jako bryły obrotowe i obiekty 3D według dostępnej dokumentacji fotograficznej (Rys. 6). Trajektoria pozioma samolotu została przyjęta wg opracowania prof. Kazimierza Nowaczyka na mapie satelitarnej firmy GeoEye. Przechylenie i pochylenie analizowano w układzie współrzędnych związanych z samolotem.

W analizowanych punktach trajektorii przyjęto nie rzeczywiście zarejestrowane wartości wysokości lotu, lecz wysokości radiowe zgodne ze sposobem zapisu rejestratora MSRP-64. Przyjęto wartości znajdujące się w górnej granicy tego przedziału, w którym zawierał się zapis znajdujący się w raporcie dla poszczególnych punktów na trajektorii. Przyjęte założenie umożliwiło analizę w sytuacji najbardziej zbliżonej do wynikającej z wniosków KBWL LP i MAK zamieszczonych w raportach. Zatem zawarte w niniejszym opracowaniu wnioski są obowiązujące nie tylko dla rzeczywistych, zapisanych wartości wysokości radiowej,

ale i dla całego przedziału wysokości podanego przez komisje.

Wysokości maksymalne w poszczególnych analizowanych przedziałach to:

- 8,79 metra dla zapisu „6”, „6,2” oraz „6,3”,
- 11,72 metra dla zapisu „11”.



Rys. 6. Przykładowe wyznaczenie obiektów wykorzystanych w analizie: bryły obrotowe (czerwone) i obiektów 3D (niebieskie). Opr. własne na zdjęciu S. Amielina.

2.4. Położenie samolotu względem poszczególnych przeszkód terenowych

Analizę przeprowadzono w oprogramowaniu CAD 3D, na modelu numerycznym terenu i przeszkód. Umieszczenie w nim modelu samolotu o parametrach podanych w Raportach pozwoliło na ustalenie punktów kolizji. W analizie sprawdzono, czy podane w Raportach wysokości radiowe w wybranych punktach są zgodne z własnościami terenu i przeszkód oraz charakterem zniszczeń płatowca.



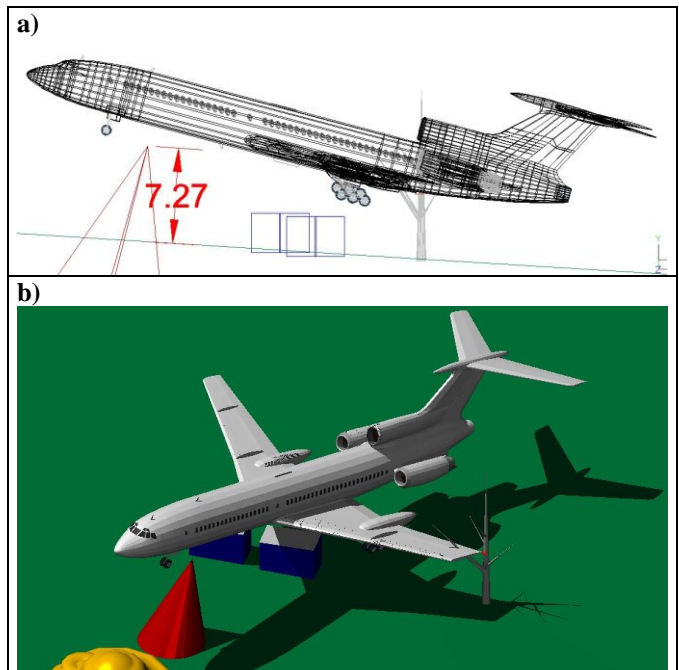
Rys. 7. Brzoza – 855 metrów od progu pasa (zdjęcie z Internetu).

Według MAK drzewo zostało ścięte na wysokości „około 5 metrów”[9]. KBWL LP określiła, że miało to miejsce „na wysokości 5,1 metra” [10].

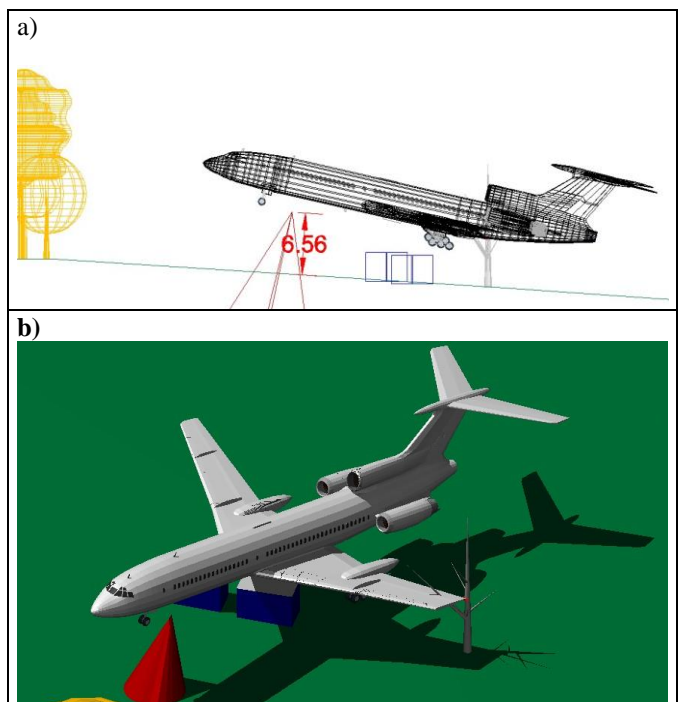
2.5. Położenie samolotu nad brzozą wg danych MAK i KBWL LP

Analizując treść obu raportów oraz Rys. 8 i Rys. 9 można zauważyć, co następuje:

- zgodność wysokości pomiędzy Raportami jest duża (oba zapisy leżą w tym samym przedziale danych),
- nie stwierdzono zasadniczych różnic pomiędzy Raportami w zakresie pochylenia i przechylenia samolotu,
- zgodność położenia samolotu ze śladami na ziemi: duża.



Rys. 8. Położenie samolotu w momencie uderzenia w brzozę wg Raportu MAK; a) schemat wysokościowy, b) wizualizacja.



Rys. 9. Położenie samolotu w momencie uderzenia w brzozę wg Raportu KBWL LP; a) schemat wysokościowy, b) wizualizacja.

2.6. Położenie samolotu nad brzozą wg danych z animacji KBWL LP

Na animacji KBWL LP, stanowiącej Załącznik 4.11 do raportu, w miejscu uderzenia w brzozę radiowysokościomierz wskazuje wartość „10 m”, co oznacza że samolot był w zakresie wysokości radiowych: 8,79-11,72 metra. Przy najniższym położeniu (dolna wartość ramki = 8,79 metra) samolot powinien był ściąć brzozę na wysokości ok. 7,33 metra nad gruntem, przy najwyższym (górną wartość ramki = 11,72 metra)- ok. 10,26 metra nad gruntem.

Te wartości nie są zgodne z wysokością ścięcia opisaną w raportach (minimalna różnica to ok. 2,23 metra). Zgodnie z danymi z animacji KBWL LP samolot był zatem w tym miejscu wyżej o 2,23- 5,86 metra niż zapisano w Raportach.

Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że zapisy radiowysokościomierza pokazane w animacji KBWL LP wykluczają wykonanie becзки autorotacyjnej ponieważ nie znajdują się w nich charakterystyczne, „śmieciowe” dane świadczące o rzekomo coraz większej wysokości w miarę postępu obrotu samolotu wzdłuż osi podłużnej (od brzozy aż do końca lotu wysokość radiowa nie przekracza 20 m).

Na konferencji „Mechanika w lotnictwie”, organizowanej w Kazimierzu Kazimierzu Dolnym nad Wisłą przez Polskie Towarzystwo Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej, jeden z członków KBWL LP stwierdził, że wysokość lotu za brzozą została do Raportu, cyt. „prawdopodobnie wpisana z jednego z urządzeń pomiarowych-rejestratorów, lub na podstawie określenia toru lotu”. Dlatego też do danych z radiowysokościomierzy pokazanych w materiałach KBWL LP należy podchodzić z największą ostrożnością.

2.7. Położenie samolotu nad ulicą Gubienki wg danych MAK i KBWL LP

Zgodnie z [6] (tabela 2, str. 4) przeszkody terenowe zostały przycięte na wysokości 9 metrów. Sposób przycięcia drzew widać na Rys. 10. Autor niniejszego opracowania korzystając z geometrii wykresłej wykonał własną analizę wysokości przycięcia drzew - Rys. 11. Dwa niezależne pomiary na różnych zdjęciach dały zbliżone wyniki, ale uzyskane wartości były większe, niż podano w [6].



Rys. 10. Drzewa przed ulicą Gubienki- 808 metrów od progu pasa (zdjęcie z Internetu).

Ponieważ uzyskana w wyniku analizy minimalna wysokość przycięcia jest o 1,5 metra większa niż podana w Raporcie KBWL LP, w niniejszym opracowaniu wykorzystano wartość z Raportu (9 metrów), jako dającą większą spójność z wnioskami oficjalnych komisji.

Analizując treść obu raportów oraz Rys. 12 i Rys. 13 można zauważyć, co następuje.

- Zgodność wysokości pomiędzy Raportami jest duża - oba zapisy leżą w jednym zakresie danych.
- Zauważalna różnica pomiędzy Raportami w zakresie przechylenia samolotu.
- Zgodność położenia samolotu ze śladami na ziemi: brak. Należy pamiętać, że według wykresów w Raportach samolot znajdował się o dodatkowe ok. 2,5 metra niżej niż na rysunkach. Zatem nie ma możliwości, aby drzewa zostały przycięte przez samolot lecący wg wartości

wysokości radiowej z obu Raportów. Dodatkowo, należy zwrócić uwagę na kolizję prawego skrzydła z nieuszkodzoną brzozą (na dostępnym materiale fotograficznym widać, że nie została ona przycięta).

- Przekroczenie parametrów „normalnej pracy” radiowysokościomierza RW-5M z powodu przechylenia samolotu większego do 15 stopni (dot. wyłącznie Raportu KBWL LP).

2.8. Położenie samolotu nad ul. Gubienki wg danych z animacji KBWL LP

Na animacji KBWL LP, stanowiącej Załącznik 4.11 do raportu, w miejscu uderzenia w brzozę radiowysokościomierz wskazuje wartość „12 m”, co oznacza że samolot był w zakresie wysokości radiowych: 11,72 - 14,65 metra. **Przy najbardziej niekorzystnym położeniu (dolna wartość ramki = 11,72 metra) samolot znajdował się za nisko, aby ściąć drzewa przed ul. Gubienki zgodnie z dostępnym materiałem fotograficznym.**

Podniesienie samolotu do górnej krawędzi ramki (14,65 metra) skutkuje natomiast możliwością ścięcia drzew zgodnie z dostępnym materiałem fotograficznym, ale jest niezgodne z wnioskami i wykresami z raportów. Należy jednak zwrócić uwagę, że zapisy radiowysokościomierza pokazane w animacji KBWL LP wykluczają wykonanie becзки autorotacyjnej.



Rys. 11. Pomiar wysokości kikutów drzew. Obliczenia wykonano według zasad geometrii wykresłej na zdjęciu autorstwa S. Amielina.

Zgodnie z [6] (tabela 2), linia energetyczna została przecięta na wysokości 7 metrów.

2.9. Położenie samolotu nad linią energetyczną wg danych MAK i KBWL LP

Zerwaną ok. 2 minuty przed przelotem samolotu linię energetyczną przedstawia Rys. 14.

Analizując treść obu raportów oraz Rys. 15 i Rys. 16 można zauważyć, co następuje.

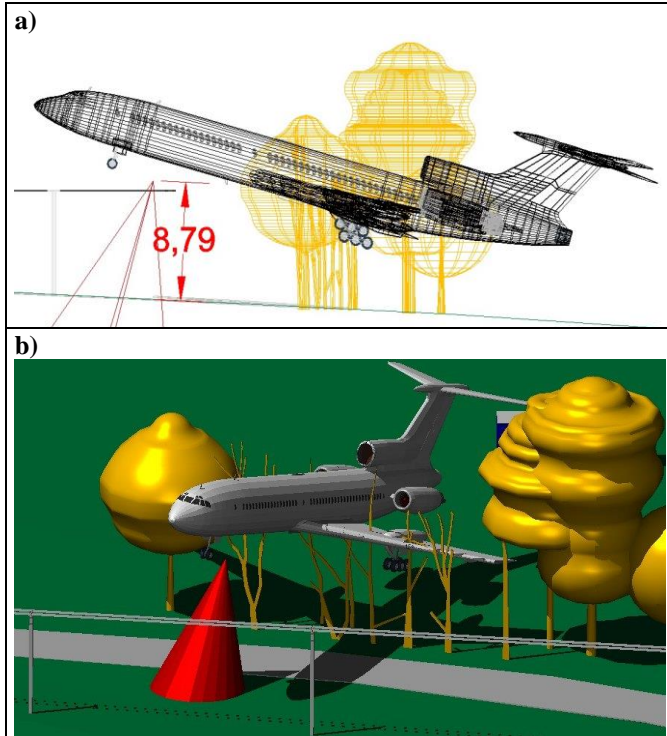
- Zgodność wysokości pomiędzy Raportami: brak (zapisy leżą w różnych, sąsiednich zakresach danych).
- Zauważalna różnica pomiędzy Raportami w zakresie przechylenia samolotu.
- Zgodność położenia samolotu ze śladami na ziemi: wg Raportu MAK: duża. Wg Raportu KBWL LP: brak. Należy zwrócić uwagę na nieopisaną w Raporcie kolizję kikutu lewego skrzydła z gruntem (na dostępnym materiale fotograficznym i filmowym widać, że w analizowanym obszarze nie zachowała się bruzda w

ziemi ani inne, podobne ślady potwierdzające to zdarzenie).

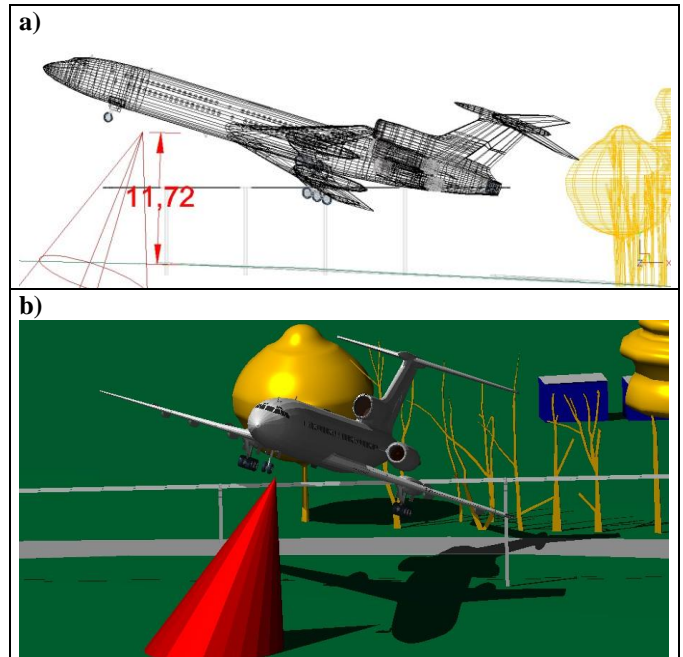
- Przekroczenie parametrów „normalnej pracy” radiowysokościomierza RW-5M z powodu przechylenia samolotu większego do 15 stopni (dot. wyłącznie Raportu KBWL LP). Przechylenie samolotu skutkuje nieprawidłowymi pomiarami wysokości przez radiowysokościomierz (por. Rys. 16).



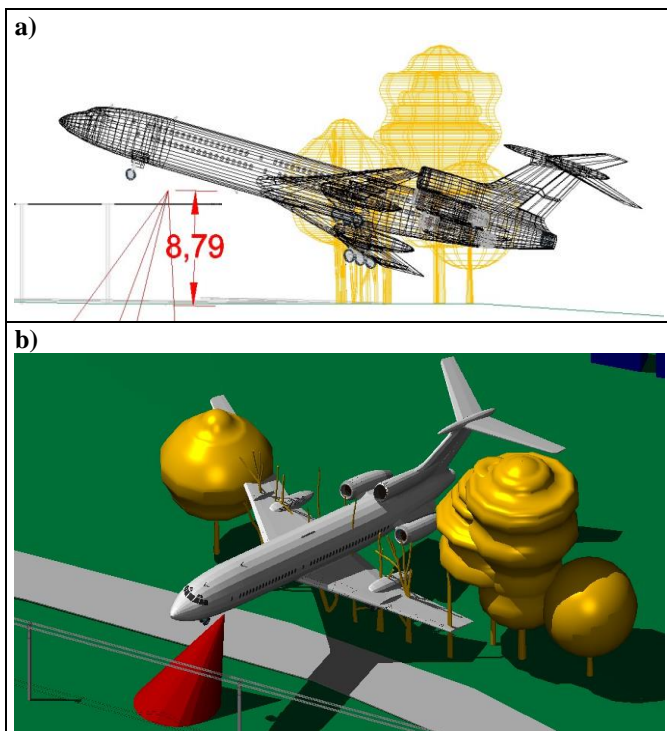
Rys. 14. Linia energetyczna - 777 metrów od progu pasa (zdjęcie z Internetu).



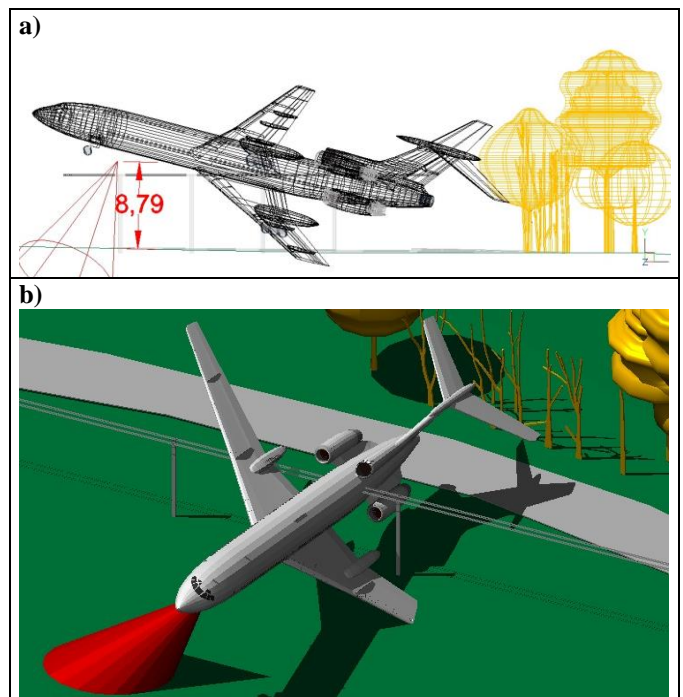
Rys. 12. Położenie samolotu w momencie cięcia drzew przed ul. Gubienki wg Raportu MAK; a) schemat wysokościowy, b) wizualizacja.



Rys. 15. Położenie samolotu w momencie przecięcia linii średniego napięcia (SN) wg Raportu MAK; a) schemat wysokościowy, b) wizualizacja.



Rys. 13. Położenie samolotu w momencie cięcia drzew przed ul. Gubienki wg Raportu KBWL LP; a) schemat wysokościowy, b) wizualizacja.



Rys. 16. Położenie samolotu w momencie przecięcia linii SN wg Raportu KBWL LP; a) schemat wysokościowy, b) wizualizacja.

2.10. Ogólne wnioski z analizy wskazań wysokościomierzy i śladów w terenie

Na podstawie przeprowadzonej analizy wskazań wysokościomierzy i śladów w terenie można sformułować następujące wnioski.

Wniosek 1.

W analizowanych przypadkach mamy do czynienia z dwukrotnym przekroczeniem parametrów eksploatacyjnych „normalnej pracy” radiowysokościomierza, co mogło skutkować niewiarygodnymi odczytami (dotyczy to wyłącznie [6] i miejsc: ścięcia drzew przed ul. Gubienki oraz przecięcia linii SN). Jednak w tej pierwszej lokalizacji wysokość radiowa jest taka sama jak w Raporcie MAK, według którego w tym miejscu te przekroczenia eksploatacyjnych „normalnej pracy” radiowysokościomierza nie nastąpiły.

Wniosek 2.

Wysokości radiowe w momencie cięcia drzew przed ul. Gubienki zamieszczone w obu Raportach są wzajemnie spójne, ale nieprawdziwe (zanizone). Nawet podniesienie samolotu o ok. 2,5 metra (aż do granicy przedziału danych, jak na załączonych ilustracjach) nie zmienia powyższego wniosku.

Wniosek 3.

Parametry samolotu (przechylenie) w momencie przecinania linii SN zawarte w Raporcie KBWL LP są niewiarygodne, gdyż brak śladów na gruncie na takie położenie maszyny.

Wniosek 4.

Wysokości radiowe samolotu w momencie przecinania linii SN różnią się pomiędzy obu Raportami o 1 przedział danych. Jak napisała w [2] KBWL LP:

Ze względu na kompletność danych i brak zakłóceń zapisu, do dalszych prac wybrano zapis z rejestratora ATM-QAR. Algorytm kompresji wbudowany w rejestratory serii ATM-QAR powoduje opóźnienie zapisu danych w pamięci o 1,5 s. Ostatnie poprawne dane zostały zapisane o godz. 8:41:02,53. W celu uzupełnienia zapisu o brakujące 1,5 s podjęto próbę uzyskania ich z rejestratora MLP-14-54.(...) W wyniku przeprowadzonych operacji otrzymano kompletny zapis lotu samolotu Tu-154M nr 101 z 10.04.2010 r. kończący się o godz. 8:41:04.

W rozpatrywanym w niniejszym opracowaniu miejscu można zatem przyjąć, że zapisy MSRP-64 i ATM QAR różniły się o 1 przedział danych. Komisje nie wyjaśniły jednak, jak to się stało, że ostatnia zapisana w całym locie wysokość radiowa (tuż przed rozbiciem się samolotu), pomimo że jej odczyt pochodził z tego samego rejestratora MSRP-64- w obu Raportach różni się o ok. 290 metrów.

Wniosek 5.

W obu powyższych przypadkach dostępny materiał zdjęciowy pokazuje, że analizowane w niniejszym opracowaniu zdarzenia zaszły w sposób inny, niż zapisano to w Raportach (samolot znajdował się wyżej niż wynikałoby to z wykresów wysokości radiowej).

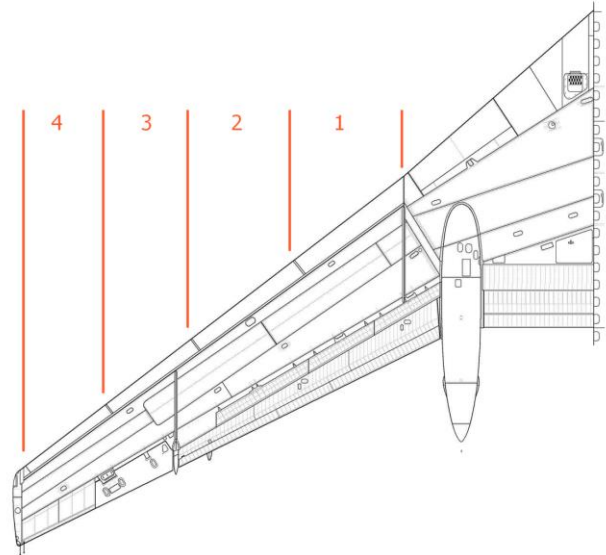
Wniosek 6.

Wykorzystanie danych z animacji KBWL LP skutkuje wnioskiem, że samolot lecący wg tych danych mógł ściąć drzewa przed ul. Gubienki zgodnie z istniejącym materiałem fotograficznym, ale nie mógł ściąć brzozy na wysokości którą podają komisje oraz zgodnej z dostępnymi zdjęciami.

3. HIPOTEZA UDERZENIA WOBEC ŚLADÓW NA WRAKU

3.1. Geometria skrzydła i slotów.

Zewnętrzna część skrzydła Tu-154M ma na przedniej krawędzi 4 sekcje slotów: 1 i 2 - środkowe oraz 3 i 4 - zewnętrzne (por. Rys. 17). Sloty wykonane są z duraluminium [11].



Rys. 17. Położenie slotów sekcji 1-4 (pozycja zamknięta).

W chwili katastrofy sloty były otwarte, zaś oderwana końcówka skrzydła zawiera w całości sekcję 3, co widać na Rys. 18, Rys. 19 i Rys. 20.



Rys. 18. Oderwana końcówka skrzydła [12].

3.2. Ustalenie miejsca uderzenia skrzydłem w brzozę na podstawie Raportu KBWL LP.

Na początku należy zauważyć, że na dostępnych materiałach fotograficznych nienaruszona końcówka slotu sekcji 3 wystaje poza krawędź urwanej końcówki skrzydła, co oznacza że nie uderzyła ona w drzewo, a strefa zniszczenia poszycia i konstrukcji skrzydła znajduje się bliżej kadłuba o kilkadziesiąt centymetrów za ocalałą końcówką slotu.

Wprawdzie należałoby się spodziewać, że skrzydło oderwało się w bezpośrednim sąsiedztwie miejsca uderzenia w drzewo, ale przeczy temu zarówno obecność na oderwanej części płata całego slotu sekcji 3, jak i szczegółowe zapisy z Raportu KBWL LP oraz załączników

do niego. Jak podała komisja: „Zmiana kierunku lotu została spowodowana reakcją samolotu na uderzenie w jego konstrukcję w odległości 10,8 m od osi pionowej [6]. Na Rys. 21 zestawiono opis zderzenia i utraty skrzydła, z którego widać że komisja unikała jednoznacznej identyfikacji uderzenia w odległości 10,8 m od osi samolotu z brzozą, jednocześnie potwierdzając sam fakt „uderzenia w konstrukcję”



Rys. 19. Krawędź trzeciej sekcji slotu wystająca poza urwaną końcówkę skrzydła



Rys. 20. Krawędź trzeciej sekcji slotu wystająca poza urwaną końcówkę skrzydła. (zdjęcie z Internetu)

Zapis z Załącznika 4 jednoznacznie określa miejsce uderzenia, natomiast ponieważ nie wspomniano o innych, pojedynczych drzewach, jest oczywiste że chodzi o brzozę. KBWL LP definiuje także dokładnie miejsce oderwania końcówki skrzydła: „W odległości 855 m od progu pasa, 63 m w lewo od jego osi (około 350 m od miejsca upadku) samolot lewym skrzydłem uderzył w brzozę o średnicy pnia około 30 cm. Uderzenie w konar brzozy nastąpiło na wysokości 5,1 m (rys. 4). Skutkiem tego uderzenia była utrata części lewego skrzydła o długości ok. 6,1 m wraz z lewą lotką i dwiema sekcjami slotów. Oderwanie fragmentu skrzydła nastąpiło pomiędzy żebrami nr 27 i 28. W efekcie utraty tak dużego fragmentu lewego skrzydła rozszczelniony został zbiornik paliwowy nr 3 tego skrzydła.” [10].

W odległości 855 m od progu pasa nastąpiło uderzenie lewego skrzydła w dół brzozy na wysokości około 5,1 m (rys. 4), które doprowadziło do oderwania dużego fragmentu (około 6 m) lewego skrzydła wraz z lotką. Średnica ciętkówki samolotu znajdował się wtedy około 3,2 m powyżej progu słupa sterowego, był przechyleną wysokość około 2,5° (przechylenie w lewo), a prędkość wynosiła do 12,8°.



Rys. 7. Strona (pół 4 rys. 1 i pół 1 rys. 2) uszkodzona w wyniku uderzenia lewym skrzydłem samolotu. Powstała na skutek utraty końcówki lewego skrzydła, naszczerpanościami siły awaryjne nie było możliwe do skorygowania wydeformowanie lotki prawego skrzydła. Zaprojektowano to obrot samolotu w lewo względem osi podłotkowej z jednoczesną zmianą kierunku lotu około 3,5°.

Raport lotniczy - Załącznik nr 4. Dane techniczne samolotu

Zmiana kierunku lotu została spowodowana reakcją samolotu na uderzenie w jego konstrukcję w odległości 10,8 m od osi pionowej samolotu. Rozszczelnienie zostało wywołane uszkodzeniem (ryc) instalacji hydraulicznej.

Po przebiegu kolejnych 47 m samolot zderzył się na odległości około 20 m z drzewami o średnicy konara do 15 cm (rys. 8). Przechylenie samolotu w tym czasie gwałtownie wzrosło i wynosiło około 40° (w lewo).

Raport lotniczy - Załącznik nr 3. Opis uszkodzeń samolotu

W odległości 855 m od progu pasa, 63 m w lewo od jego osi (około 350 m od miejsca upadku) samolot lewym skrzydłem uderzył w brzozę o średnicy pnia około 30 cm. Uderzenie w konar brzozy nastąpiło na wysokości 5,1 m (rys. 4). Skutkiem tego uderzenia była utrata części lewego skrzydła o długości ok. 6,1 m wraz z lewą lotką i dwiema sekcjami slotów. Oderwanie fragmentu skrzydła nastąpiło pomiędzy żebrami nr 27 i 28. W efekcie utraty tak dużego fragmentu lewego skrzydła rozszczelniony został zbiornik paliwowy nr 3 tego skrzydła.

Zderzenie to spowodowało jednocześnie oszacowanie wszystkich trzech instalacji hydraulicznych – przewody zostały przewody hydrauliczne posiadające mechanizm sterowania lotki typu RP-55. Rezerwuarny przewodów hydraulicznych komercyjny słupek pływ hydraulicznego z instalacji oraz spadek ciśnienia w każdej z nich.

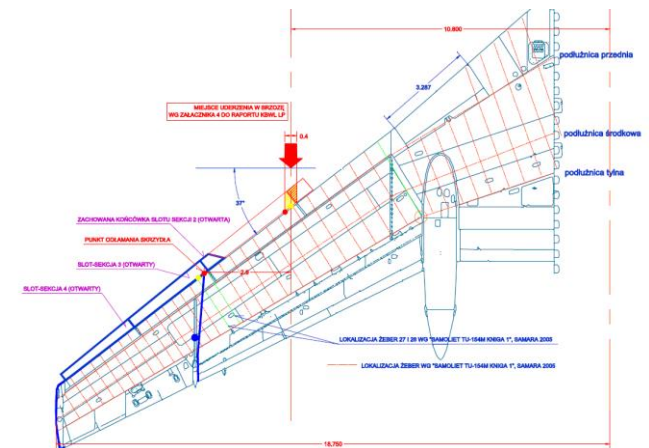


Rys. 4. Zderzenie z brzozą spowodowało oderwanie części lewego skrzydła

Po przebiegu kolejnych 200 m samolot zderzył się z konarami drzew o średnicy do 20 cm, które spowodowały dalsze wygięcia na krawężnikach natarcia i uszkodzenia pozycja oraz oderwanie lewej części stabilizatora z lewym sterem wysokości.

Rys. 21. Określenie miejsca uderzenia [10].

Korzystając z dokumentacji technicznej samolotu Tu-154M, można jednoznacznie stwierdzić że wg KBWL LP punkt uderzenia w drzewo od miejsca oderwania końcówki skrzydła dzieli 2,9 metra (Rys. 22 i Rys. 23).



Rys. 22. Lokalizacja miejsca uderzenia i odpadnięcia końcówki skrzydła wg KBWL LP na rysunku technicznym skrzydła. [5].



Rys. 23. Lokalizacja punktu uderzenia w brzozę wg KBWL LP. Komisja umiejscowiła ten punkt daleko poza zachowaną końcówką slotu sekcji 2.

Jak widać, wg Raportu KBWL LP miejsce uderzenia w ok. 40-centymetrową brzozę znajduje się w odległości

ok. 2,9 metra od krawędzi oderwanej końcówki płata. O tym, że nie jest to np. oczywisty błąd pisarski, świadczy fakt, że identyczny zapis KBWL LP zawarła także w załączniku do Protokołu 192_2010_11 [13], stanowiącym wojskowy odpowiednik raportu końcowego. Natomiast MAK w ogóle nie określił jednoznacznie miejsca uderzenia skrzydła w brzożę.

O niemającym z uderzeniem w brzożę charakterze niszczenia skrzydła świadczy fakt zachowania się przyległej do oderwanej końcówki płata części slotu sekcji 2. Jest ona widoczna np. na oficjalnym zdjęciu MAK. Szczątki samolotu zostały rozłożone w sposób uporządkowany wewnątrz obrysowanej w skali 1:1 na płytach betonowych sylwetki rządowego tupolewa. Zdjęcie szczątków zamieszczone w Raporcie MAK (Rys. 24), wykonane w perspektywie bliskiej centralnej, pozwala na szacunkowy pomiar wielkości poszczególnych elementów lewego skrzydła.



Rys. 24. Obrys samolotu[9].

Także inny, dostępny materiał fotograficzny pozwala stwierdzić, że zachowała się nie tylko nieuszkodzona krawędź slotu sekcji 3, znajdująca się na oderwanej końcówce skrzydła, ale i sąsiednia, zewnętrzna część sekcji 2, którą specjaliści z MAK ułożyli w „obrysie” w jej bezpośrednim sąsiedztwie. Na Rys. 25 - Rys. 27 pokazano zachowany fragment slotu. Wniosek, że jest to zewnętrzna krawędź sekcji 2 można wysnuć z 2 przesłanek: umieszczenia jej w odpowiednim miejscu obrysu przez rosyjskich specjalistów oraz charakterystycznym podwójnym równoległym wgięciu po lewej stronie. Z tyłu slotu w tym miejscu znajduje się prowadnica, której wzmocnione żebro zostawiło charakterystyczne ślady na poszyciu w czasie ściskania i gięcia końcówki (w przeciwieństwie do zwykłych żeber, które uległy deformacji razem z poszyciem). Na zdjęciach widać, że zewnętrzna końcówka sekcji 2 slotu od strony zewnętrznej jest poszarpana. Prawdopodobnie ma to związek z faktem, że profil zamykający „skrzynekę” slotu z boku nie znajduje się na samej krawędzi elementu, lecz jest cofnięty do wewnątrz, co powoduje, że sama końcówka poszycia zewnętrznego slotu nie jest usztywniona w płaszczyźnie podłużnej i uległa destrukcji. Należy jednak zauważyć, że rozpatrywany element nie nosi śladu uderzenia w 40-cm brzożę, która powinna była przeciąć cały slot w kierunku ruchu samolotu, a nie równoległe do końcówki sekcji.

Na Rys. 28 pokazano slot sekcji 2 od strony skrzydła. Widoczny sposób montażu prowadnicy (4) do wzmocnionego żebra, profil zamykający „skrzynekę” slotu z boku (1) oraz nie usztywniony profil końcówki montowany od jego strony zewnętrznej (35). Ten właśnie profil został

poszarpany i w takim stanie widać go po prawej stronie na Rys. 25 - Rys. 27.



Rys. 25. Zbliżenie zachowanej zewnętrznej końcówki slotu sekcji 2, bezpośrednio sąsiadującej z oderwaną końcówką skrzydła.



Rys. 26. Zbliżenie zachowanej zewnętrznej końcówki slotu sekcji 2, bezpośrednio sąsiadującej z oderwaną końcówką skrzydła.

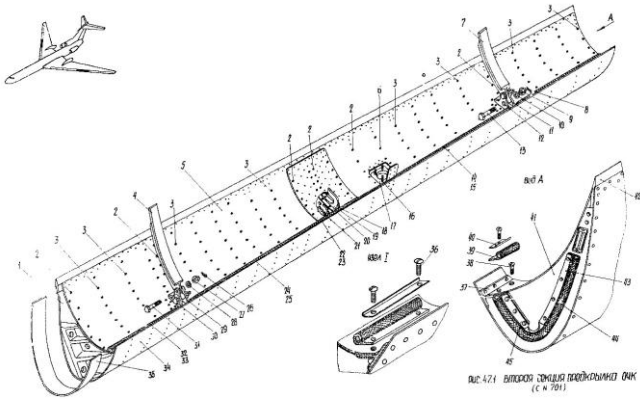


Rys. 27. Zbliżenie zachowanej zewnętrznej końcówki slotu sekcji 2 bezpośrednio sąsiadującej z oderwaną końcówką skrzydła [14].

Na Rys. 29 pokazano zmierzoną długość zachowanej części slotu sekcji 2 na oficjalnym zdjęciu MAK. Pomimo obarczenia pewnym błędem (słaba jakość fotografii, część ta nie znajduje się na ziemi, dodatkowo leży skośnie), można przyjąć że w górnej części ma ona ok. 69 cm długości. Opr. własne wg [9].

3.3. Wnioski z analizy śladów na wraku

W Raporcie KBWL LP nie zamieszczono szczegółowego materiału ikonograficznego dokumentującego stan zachowanej końcówki slotu oraz tej części skrzydła, która miała zostać zniszczona przez

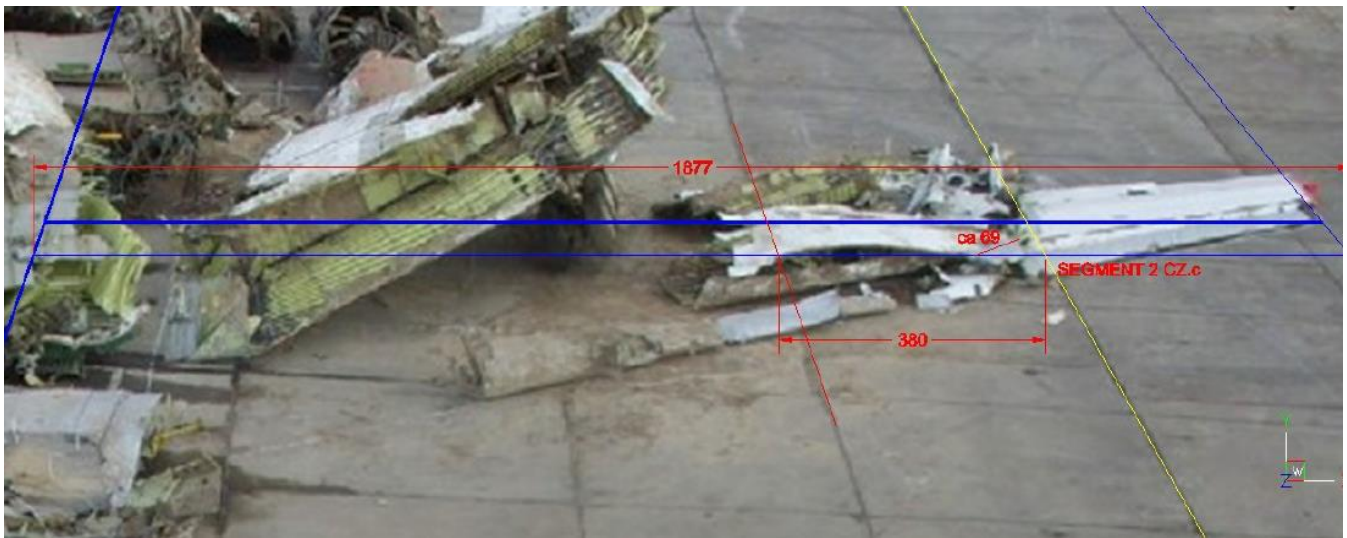


Rys. 28. Slot sekcji 2 od zewnętrznej strony skrzydła [15].

uderzenie w brzozę. Fotografie z [10] (odpowiednio: 18 i 19) mają bardzo słabą jakość, uniemożliwiającą jakąkolwiek analizę. Jednak nawet na nich widać zachowaną zewnętrzną

krawędź slotu sekcji 2 (oznaczona na Rys. 30 i Rys. 31 poniżej czerwoną strzałką) oraz sąsiadującą krawędź sekcji 3 na urwanej końcówce (strzałka żółta na Rys. 30 i Rys. 31).

Komisja nie wyjaśniła mechanizmu zniszczenia skrzydła polegającego na odłamaniu jego końcówki w odległości 2,9 metra od miejsca hipotetycznego uderzenia w brzozę. Nie wyjaśniono także obecności w złożonym przez Rosjan „obrysie” fragmentu poszycia górnego skrzydła, które w przypadku uderzenia w drzewo i hipotetycznego przecięcia przez nie skrzydła także musiałyby zostać przecięte. Fragment ten na poniższym Rys. 32 oznaczono czerwonymi strzałkami, jak widać z Rys. 29 ma on długość ok. 3,8 m, a zatem musiałyby zostać przecięte przez drzewo, gdyby uderzenie nastąpiło w punkcie odległym od oderwanej końcówki o 2,9 m i zakończyło się destrukcją płata od kontaktu z pniem. Obecność tego fragmentu, podobnie jak brak zarejestrowanego spadku ciśnienia w instalacjach hydraulicznych numer 2 i 3 od domniemanego uderzenia aż



Rys. 29. Zmierzona długość zachowanej części slotu sekcji 2 na oficjalnym zdjęciu MAK. Opr. własne na podstawie [9].



Rys. 30. Zniszczone lewe skrzydło z zaznaczonymi elementami wg opisu. Opr. własne na podstawie [10].



Rys. 31. Oderwana końcówka lewego skrzydła. skrzydło z zaznaczonymi elementami wg opisu. Opr. własne na podstawie [10].



Rys. 32. Zachowany fragment górnego poszycia skrzydła. Opr. własne na podstawie [10] (z lewej na górze) i zdjęć z Internetu (pozostale).

do końca zapisu rejestratora ATM QAR, stanowi poważną przesłankę, że uderzenie skrzydłem w brzozę nie nastąpiło w sposób i nie miało skutków opisanych w Raporcie KBWL LP.

Jest niezbędne dokładne przebadanie wraku w strefie destrukcji skrzydła, ponieważ dane zawarte w Raporcie KBWL LP są wewnętrznie sprzeczne i niezgodne ze stanem faktycznym widocznym na dostępnych materiałach fotograficznych. Także sama identyfikacja zewnętrznej końcówki slotu sekcji 2 dokonana w niniejszym opracowaniu bezwzględnie wymaga potwierdzenia w naturze, chociaż w związku z jednoznacznym określeniem przez Komisję punktu uderzenia w brzozę poza nią, nie wpływa to na ostateczny wniosek z niniejszego opracowania

Informacja o miejscu uderzenia skrzydłem w brzozę zawarta w Raporcie KBWL LP jest nieprawdziwa.

4. PODSUMOWANIE

Z niniejszej pracy wynika, że zapisy radiowysokościomierza, znajdujące się w oficjalnych raportach nie opisują w sposób zgodny z innymi źródłami położenia samolotu w dwóch z trzech analizowanych punktów. Nie mogą więc być traktowane jako wiarygodne. Podobnie, opisany w raporcie KBWL LP sposób niszczenia skrzydła od uderzenia w brzozę jest wewnętrznie sprzeczny i nie odpowiada znanej dokumentacji ikonograficznej zniszczonego skrzydła. Jest to niezrozumiałe, ponieważ

samo uderzenie w drzewo miało stać się bezpośrednią przyczyną zniszczenia samolotu.

Podziękowanie

Dziękuję profesorowi Kazimierzowi Nowaczykowi za udostępnienie modelu 3D samolotu Tu-154M.

Literatura cytowana

- [1] В. П. Жаворонков, „Радоелектронное оборудование самолета Ту-154М”, Москва 1995
- [2] „Załącznik nr 2. Opis i analiza pracy systemów pokładowych samolotu Tu-154M nr 101”, „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 Północny”, KBWL LP, Warszawa 2011
- [3] „РУКОВОДСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ Ту-154М”, 8.17.2.1
- [4] „Авиационное оборудование Ту-154М”, 34.32.01
- [5] Opracowanie własne wg „Самолет Ту-154. Книга 1. Учебное пособие”, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева, 2005
- [6] „Załącznik nr 4. Geometria zderzenia samolotu”, „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 Północny”, KBWL LP, Warszawa 2011
- [7] „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 Północny”, KBWL LP, Warszawa 2011
- [8] „РУКОВОДСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ Ту-154М”, 142.00.01
- [9] “Air Accident Investigation Commission. Final Report”, Interstate Aviation Committee, 2011
- [10] „Załącznik nr 5. Opis uszkodzeń samolotu”, „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 Północny”, KBWL LP, Warszawa 2011
- [11] „Самолет Ту-154. Книга 1. Учебное пособие”. Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева, 2005, str. 55,56
- [12] Fot. EPA, Siergiej Czirikow
- [13] „Załącznik Nr 4 – Technika lotnicza i jej eksploatacja” do „Protokołu 192_2010_11”, KBWL LP, Warszawa 2011
- [14] <http://www.youtube.com/watch?v=pw4O42aj5O0>
- [15] „Tu-154M, Katalog detali”, 57.53, ОАО „Авиакор”, 23