

REFLEKSJA NAD KILKOMA PYTANIAM DOTYCZĄCYMI KATASTROFY SMOLEŃSKIEJ

Stefan Bramski

Abstract

The report presents the discussion on three events during the crash of Tu-154 M on 10th April 2010, at the airport in Smolensk, namely:

- *a characteristic aircraft wreckage location, 'convenient for emergency services',*
- *the back of the aircraft did not crush the fuselage, but was removed from it pulling out the cables of many installations,*
- *the dispersion of wreckage confirms the phenomenon of an aerodynamic separation by weight, which indicates that the hull was desintegrated in the air before hitting the ground.*

The disaster could have been a result of a terrorist attack.

Keywords - airplane, Smolensk, terrorism, Tu-154M..

Streszczenie

W referacie poddano dyskusji trzy zdarzenia, które miały miejsce w trakcie katastrofy samolotu Tu-154 M w dniu 10 kwietnia 2010 r. na lotnisku w Smoleńsku., a mianowicie:

- *szczególna lokalizacja szczątków samolotu, wygodna dla „służb ratunkowych”,*
- *tylna część samolotu nie zgniatła kadłuba ale odskoczyła od niego, wyciągając z kadłuba przewody licznych instalacji,*
- *w rozłożeniu szczątków można zauważyć zjawisko separacji aerodynamicznej według ciężaru, co świadczy o tym, że kadłub uległ dezintegracji w powietrzu przed uderzeniem w ziemię.*

Słowa kluczowe – samolot, Smoleńsk, terroryzm, Tu-154M,

1. ZAGADKOWA LOKALIZACJA SZCZĄTKÓW SAMOLOTU

1.1. Lokalizacja szczątków samolotu

Wersja zamachu terrorystycznego nie była przez komisję powypadkową [1, 2] rozpatrywana, ale być może sama lokalizacja szczątków i zdjęcia powypadkowe zawierają jakieś informacje, które pomogłyby tę wersję przeanalizować.

Pierwsze wrażenie, jakie wywołuje obraz satelitarny miejsca katastrofy, zmusza do refleksji – bardziej dogodnej lokalizacji szczątków samolotu ze względu na łatwość ich penetracji przez służby specjalne w okolicy lotniska nie można byłoby wskazać. Czy mógł to być tylko przypadek ?

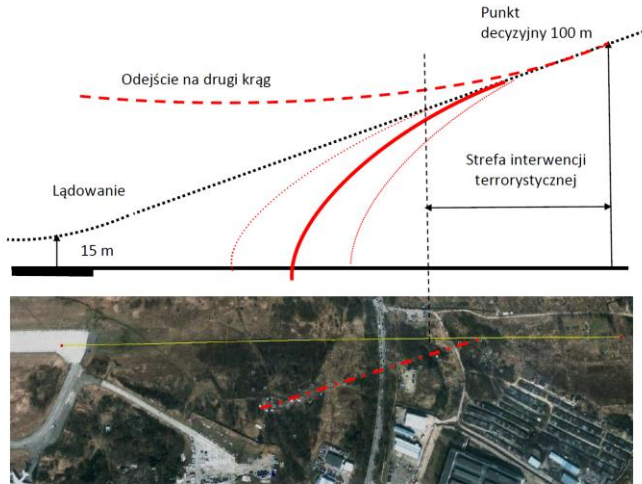
Gdyby ta lokalizacja została wcześniej zaplanowana w przebiegu katastrofy, musiałyby być widoczne inne, skojarzone z tym miejscem zdarzenia. W planie lotu przy-

denckiego samolotu w dniu 10 kwietnia 2010 r. przewidziane było lądowanie na lotnisku północnym w Smoleńsku. Jeżeli terroryści w swoich planach mogli przewidywać zamglenie lotniska lub smog, to musieli przyjąć, że polski samolot Tu-154M podejmie próbę lądowania dla sprawdzenia warunków widzialności pasa startowego z wysokości punktu decyzyjnego i będzie chciał odlecieć na lotnisko zapasowe.

Niekwestionowane informacje o przebiegu katastrofy prezydenckiego samolotu potwierdzają, że pilot wykonywał próbne podejście do lądowania i w związku z brakiem widoczności ziemi podjął decyzję odejścia na drugi krąg. W trakcie tego manewru, jak przewiduje dokumentacja samolotu [3], zależnie od prędkości opadania na ścieżce schodzenia, samolot mógł się jeszcze obniżyć z wysokości 100 do 90, a nawet do 50 metrów. W rzeczywistości samolot nie przestał jednak opadać, zmienił kierunek lotu i rozbił się po lewej stronie od osi pasa w narożniku lotniska w pobliżu wybetonowanego placu do kalibracji urządzeń nawigacyjnych - tak zwanej „stojanki”. Niedaleko za punktem zmiany kursu, ok.750 metrów przed progiem pasa startowego znaleziono na ziemi, duży urwany fragment lewego skrzydła. Ten fakt w pełni tłumaczy przyczynę przechylenia samolotu i wymuszony ślizg na lewe skrzydło.

Rozważając możliwość celowego posadowienia szczątków samolotu w lewym narożniku lotniska przed początkiem pasa startowego należy uznać, że urwanie skrzydła nastąpiło na odcinku toru, gdzie podejmujący próbę lądowania samolot **musiał się znaleźć**, niezależnie od decyzji pilota o lądowaniu lub odejściu na drugi krąg (Rys. 1). Pewien odcinek toru za punktem decyzyjnym był niemal wspólny.

Oglądając satelitarny obraz miejsca wypadku, odnosi się wrażenie, że lokalizacja szczątków samolotu w ogrodzonym narożniku lotniska, w pobliżu wybetonowanej okrągłej płyty jest miejscem szczególnie dogodnym do operowania „służb ratunkowych” i odseparowania szczątków samolotu od osób postronnych. Odległość od „stojanki” do pola szczątków wynosi tylko 90 m, które po wysypaniu żwirem, stosunkowo łatwo pokonać ciężkim sprzętem. Grząski bagnisty grunt mógł zabezpieczyć przed zniszczeniem cenne dla służb specjalnych nośniki informacji. Tylko nieco większe odchylenie toru w lewo mogło jeszcze bardziej zbliżyć pole szczątków do bramy wjazdowej, a „bąbel” beztlenowy po wybuchu na ziemi, nieco lepiej chroniłby przed pożarem.



Rys. 1.. Jeżeli miejsce rozsypania szczątków zostało wybrane przed katastrofą, to interwencja terrorystyczna modyfikująca konfigurację samolotu musiała nastąpić na odcinku bliskich sobie torów - odejścia lub lądowania. Interwencja zewnętrzna na tym odcinku, niezależnie od decyzji pilota mogła spowodować, że samolot został skierowany w wybrany narożnik lotniska [4].

1.2. Prawdopodobny obszar i rodzaj ingerencji zewnętrznej

Jeżeli szczątki samolotu miałyby być celowo zlokalizowane w wybranym narożniku lotniska, wymuszona zmiana konfiguracji samolotu powinna być nastąpić w określonej „strefie interwencji terrorystycznej” (Rys. 2 i Rys. 3). Byłaby to strefa, w której samolot musiał się znaleźć, niezależnie od decyzji pilota o podjęciu lądowania lub odejściu na drugi krąg. Na istnienie takiej strefy wskazują charakterystyki samolotu przedstawione na Rys. 4 i Rys. 5 według [3].



Rys. 2. Strefa interwencji mogła być zlokalizowana w obszarze ulic Kutuzowa i Gubienko w pobliżu linii energetycznej [4].

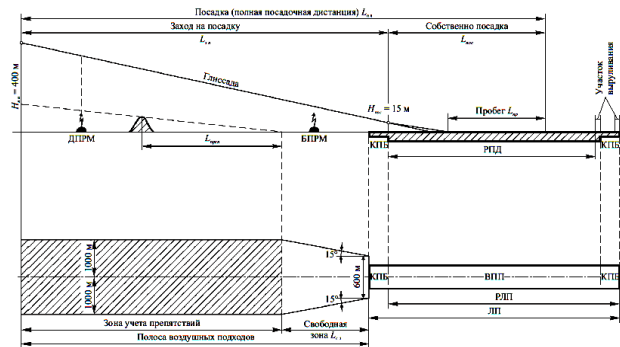
Tor odejścia na drugi krąg, niezależnie od nieznanej prędkości opadania, zawsze znajduje się poniżej punktu decyzyjnego i dopóki silniki nie osiągną mocy startowej jest zbliżony do ścieżki lądowania. Punkt decyzyjny na ścieżce lądowania znajduje się zwykle nad bliższą radiolatarnią, która była zlokalizowana ok. 1100 metrów przed progiem pasa startowego.

Jakiego typu wymuszona zmiana konfiguracji samolotu mogłaby spowodować ślizg na lewe skrzydło i upadek samolotu w miejscu, gdzie jego szczątki faktycznie zostały znalezione? Bez większego naruszenia ciągłości konstrukcji

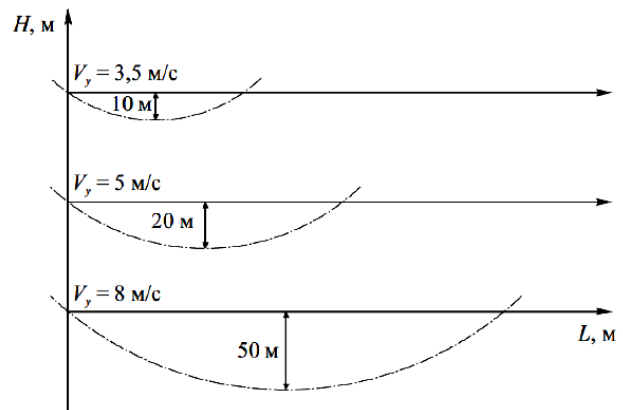
efekt ten mógł być uzyskany przez blokadę lotek [5s.12]. W bardziej brutalnej interwencji, ten sam efekt przyniosło raczej urwanie końcówki lewego skrzydła. Tor i miejsce upadku mogły być wcześniej przeanalizowane na odpowiednio zmodyfikowanym symulatorze lotu.



Rys. 3. Wyłączona lub przerwana, przed przylotem samolotu, linia energetyczna, położona w strefie interwencji terrorystycznej [6].



Rys. 4. Przewidziany w dokumentacji samolotu schemat lądowania [3]. Rysunek opisany w języku rosyjskim.



Rys. 5. Przewidziane w dokumentacji [3] obniżenie toru w trakcie odejścia na drugi krąg, zależne od prędkości opadania na ścieżce schodzenia do lądowania (na rysunku rosyjska symbolika oznaczeń).

Zaobserwowanej destrukcji skrzydła z zachowaniem wyznaczonego miejsca upadku samolotu nie mógł dokonać żaden pocisk zewnętrzny, ze względu na niemożliwą koordynację czasowo przestrzenną oddania strzału. Destrukcja w wybranym punkcie przestrzeni mogła nastąpić wskutek detonacji ładunku w skrzydle pod wpływem sygnału radiowego przecinającego znany tor lotu.

Mógł to, na przykład, być sygnał wysokiej częstotliwości, umożliwiający dopplerowski pomiar położenia nadajnika, sterującego detonatorem. W strefie interwencji terrorystycznej, pokazanej na Rys. 3, przebiegała linia wysokiego napięcia i być może dla wyeliminowania potencjalnych zakłóceń sygnału radiowego, została ona „profilaktycznie” zerwana, ponad minutę [6] przed przylocie samolotu. Ze względu na odległe zakresy częstotliwości zakłócenie było raczej mało prawdopodobne, więc być może, uszkodzenie lub wyłączenie linii energetycznej, miało głównie na celu pozbawienie zasilania urządzeń lotniskowych.

2. CZY TYLNY SEGMENT SAMOLOTU ZOSTAŁ „ODSTRZELONY” PRZEZ WYBUCH ?

2.1. Zdjęcia z miejsca katastrofy – dowodem rzeczowym

Znaleziona w „strefie interwencji” urwana końcówka lewego skrzydła zapewniła skierowanie wraku samolotu na lewo w dół od ścieżki podejścia do lądowania. Nie spełniało to widocznie wszystkich wymagań planu zamachu terrorystycznego. Upadek lądującego samolotu w błotnistym, porośniętym młodymi drzewkami lesie nie gwarantował śmierci wszystkich pasażerów – połowa z nich miała szansę na przeżycie. Druga część planu zakładała silną detonację (być może bomby paliwowej) w kabine pasażerskiej, której detonatorem mógł być wyłącznik bezwładnościowy, ustawiony na przypadek twardego lądowania. Wybuch w kadłubie faktycznie nastąpił, tylko prawdopodobnie przedwcześnie w powietrzu, po silnym przeciążeniu, które sygnalizowane było na torze lotu jako TAWS 38 i przez przypadek szczątki nie leżały bliżej bramy lotniska i były rozrzucone na większym terenie.

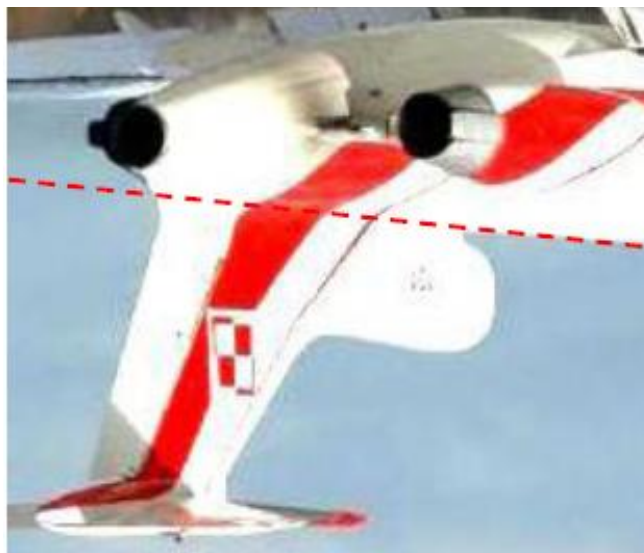
Wizualnym dowodem rzeczowym wybuchu na pokładzie samolotu jest zdjęcie nr 33 z raportu MAK [1], wykonane w dniu 12 kwietnia 2010 r. (Rys.6).



Rys. 6. Na pierwszym planie lewy silnik a za nim tylna część kadłuba samolotu odwrócona dołem do góry. Przełom kadłuba na poziomie wręgi nr 65 ma zachowany okrągły przekrój a na zewnątrz zwisają, wyciągnięte z kadłuba samolotu przewody różnych instalacji pokładowych, co świadczy o osiowo skierowanej sile rozrywającej, a przeczy sile zgniatającej kadłub przy uderzeniu w ziemię.

Dla lepszego uzmysłowienia, jaka to jest część samolotu i w jakim położeniu, na Rys. 7. pokazano „ogon” samolotu TU-154M w pozycji odwróconej.

Pokazany na Rys. 6 wrak tylnej części kadłuba, gdzie jest widoczny okrągły obrys przełomu i wyciągnięte w trakcie katastrofy z obudowy kabiny pasażerskiej przewody, musiał być oderwany od kadłuba i odrzucony siłą wybuchu.



Rys. 7. Zdjęcie tylnej części samolotu w pozycji odwróconej, znaleziony na ziemi silnik i połączony z nim tylny fragment kadłuba obejmują części położone powyżej linii przerywanej.

Przy wzajemnym zgniataniu obu połączonych segmentów konstrukcyjnych kadłuba, po uderzeniu w ziemię, przewody nie mogłyby być w ten sposób wyciągnięte.

Zdjęcie reporterskie (Rys. 8) zrobione w dniu katastrofy, pokazuje tę część od tyłu. Wgniecenie dyszy środkowego silnika na pniu drzewa wskazuje, że ten element kadłuba, zanim uderzył w ziemię, leciał tyłem do przodu i wyhamował na pieńku [7].



Rys. 8. Tylna część samolotu po wybuchu w kabine leciała tyłem do przodu i zatrzymała się na pniu drzewa wgniatając dyszę środkowego silnika. Popularne zdjęcie publikowane w prasie codziennej bezpośrednio po katastrofie.

Z satelitarnego zdjęcia szczątków samolotu wynika, że cała tylna część samolotu była odwrócona tyłem do kierunku lotu, co jest zgodne z obrazem wgniezionej dyszy środkowego silnika.

Wgnieciona dysza, być może była ważnym dowodem rzeczowym, gdyż jak to widać na Rys. 9, przed załadunkiem do transportu i komisyjnym oglądaniem szczątków samolotu [8]zgniecioną dyszę prawdopodobnie wyklepano.

2.2. Czy można ustalić ciśnienie, które spowodowało destrukcję kadłuba?

Interpretacja pokazanych zdjęć wydaje się oczywista. W kabine pasażerskiej nastąpił nagły wzrost ciśnienia,

prawdopodobnie z powodu wybuchu, zerwane zostały sworznie wokół wręgi nr 65, łączącej tył samolotu z kabiną pasażerską i osiowa siła ciśnienia pokonując dodatkowo cięż trzech silników o mocy startowej (ok. 30 000 kG) dała impuls do rozsunięcia obu części kadłuba. Wybuch musiał nastąpić w powietrzu, gdyż mimośrodowe uderzenie względem położonego wyżej, środka ciężkości tylnej części, spowodowało jej pełny obrót tyłem do przodu. Kierunek rotacji był dodatkowo modyfikowany momentami żyroskopowymi trzech szybko wirujących silników. Momenty żyroskopowe niewątpliwie wyłamywały silniki z ich łoża poprzecznie do płaszczyzny symetrii samolotu. Kierunek działania tego momentu musi być widoczny na ramach zawieszenia silników, jeżeli ktoś je obejrzy.



Rys. 9. Dysza środkowego silnika, na zdjęciu z 15 kwietnia 2010 r., ponownie jest zaokrąglona [8].

Siła wybuchu i wypalenie tlenu spowodowały również nagłą śmierć większości pasażerów oraz rozerwanie cylindrycznej powłoki kabiny pasażerskiej i defragmentację elementów jej wyposażenia. Brak tlenu zapobiegł pożarowi.

Bliźniaczy egzemplarz samolotu Tu-154M i jego dokumentacja pozwalają kompetentnym - upoważnionym osobom - na obliczenie liczby zerwanych sworzni łączących części kadłuba i określenie ich wytrzymałości oraz obliczenie ciśnienia rozrywającego konstrukcję kabiny. Autor referatu nie ma dostępu do wymaganych informacji, ale pewne wnioski o wytrzymałości hermetycznej kabiny ciśnieniowej pośrednio wynikają z opisu instalacji samolotu. Różnica ciśnień pomiędzy kabiną i atmosferą jest ograniczona względami bezpieczeństwa w zavorach upustowych i wynosi 0,7 kG/cm². Wytrzymałość kabiny musi uwzględnić współczynnik bezpieczeństwa. Współczynnik ten typowy dla konstrukcji samolotu wynosi 1,5, a sądzę, że dla pomieszczeń pasażerskich co najmniej 2,0. Tak więc rozszczelnianie kadłuba nie powinno występować przy nadciśnieniu niższym niż 1,4 kG/cm². Przy powierzchni 14,4 m² poprzecznego przekroju kadłuba [3], to ciśnienie potrzebne tylko do rozszczelnienia kabiny daje osiową siłę rozrywającą

$$R = 1,4 \text{ [Kg/cm}^2\text{]} \times 144 \text{ 000 [cm}^2\text{]} = 201 \text{ 600 kG.}$$

Już nawet taka siła pokonując maksymalny cięż 3 silników wytwarza duży impuls siły rzędu 171,6 T, działający w ułamku sekundy, zdolny odrzucić zwartą konstrukcyjnie tylną część samolotu - „korkującą” ciśnieniowy kadłub.

Rzeczywiste ciśnienie wybuchu prawdopodobnie wielokrotnie przekraczało tę graniczną wartość ciśnienia

rozszczelniającego, gdyż rozerwało kadłub samolotu na strzępy i uśmierciło załogę i pasażerów. To ciśnienie mogło być zróżnicowane w różnych, szczególnie zamkniętych, pomieszczeniach części pasażerskiej samolotu.

Kolejne dowody wybuchu w kabinie wynikają z materiału przedstawionego w rozdziale następnym.

3. CZY WYBUCH NISZCZĄCY SAMOLOT NASTĄPIŁ W POWIETRZU

3.1. Wybuch w kadłubie nastąpił jednak w powietrzu

Opisana destrukcja kadłuba nie mogła nastąpić po uderzeniu samolotu w ziemię, gdyż nie ma śladów zgniatania lub zginania kadłuba. Przy zginaniu długiej „rury” kadłuba przekroje przelomów byłyby spłaszczone, a przy uderzeniu czołowym powłoka kadłuba byłaby zgnieciona w harmonijkę na podobieństwo wraków karoserii samochodowych z silnikami umieszczonymi z tyłu. Zastanawiającym faktem jest, pokazane na Rys. 10, położenie tylnej części kadłuba dalej o kilkanaście metrów niż powłoka kabiny pasażerskiej, która ją poprzedzała. Obserwując również położenie innych szczątków samolotu celowym wydaje się rozważenie zjawiska selekcji aerodynamicznej.



Rys. 10. Ciężki ogon samolotu poleciał dalej niż rozerwane, lżejsze, powłoki kabiny pasażerskiej. Zdjęcie AFP/Natalia Kolesnikowa wg. [9].

Oś rozłożenia szczątków samolotu wskazuje na to, że wybuch w kadłubie nastąpił na torze odchylonym o około 20° od osi pasa startowego, po utracie końcówki lewego skrzydła. Wybuch musiał mieć miejsce mniej więcej nad ulicą Kutuzowa. Bardziej przybliżone położenia i wysokość wybuchu można ocenić dopasowując sieć torów balistycznych szczątków samolotu do rozłożenia szczątków według mapy satelitarnej (Rys. 11).

3.2. Zjawisko selekcji aerodynamicznej

Fizyczne zjawisko opadających szczątków samolotu najlepiej jakościowo ilustruje siatka torów balistycznych rzutu poziomego części o zróżnicowanym oporze aerodynamicznym. Pozioma prędkość początkowa była zbliżona do tej, jaka powinna być przy próbie podchodzenia do lądowania (270-280 km/h, czyli 75-77,8 m/s). Bez oporu powietrza pozioma składowa prędkości pozostawałaby niezmienna. Opór powietrza wywołuje przyspieszenie ujemne dalszego lotu do przodu dv/dt , mierzone ilorazem siły oporu aerodynamicznego i masy opadającej części.



Rys. 11.. Mapa satelitarna (Google Earth) rozłożenia szczątków samolotu i prawdopodobne położenie samolotu w momencie wybuchu w kadłubie. Gdyby samolot leciał do samej ziemi ślizgiem na lewe skrzydło miejsce upadku leżałoby z lewej strony – bliżej bramy lotniska a pole rozrzutu szczątków byłoby mniejsze.

Przyspieszenie to jest prostą funkcją kwadratową prędkości lotu względem powietrza

$$\frac{dv}{dt} = 0,5\rho \frac{S}{m} v^2 C_x,$$

gdzie:

$\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$ - gęstość powietrza wg. atmosfery wzorcowej na poziomie morza, lub

$\rho = 0,978 \text{ kg/m}^3$ na wysokości 300 m n.p.m. (ok. 50 m nad poziomem gruntu w Smoleńsku) .

$m/S \text{ kg/m}^2$ – obciążenie powierzchni czołowej opadającej części.

Do przybliżonych obliczeń siatki torów balistycznych proponuje się przyjąć obciążenia: 1000 [kg/m^2], 100 [kg/m^2], i 10 [kg/m^2] – odwzorowujące masywne, średnie i lekkie zespoły szczątków.

C_x – Współczynnik oporu aerodynamicznego zależy od kształtu indywidualnie opadającej części. Może być dla każdej części indywidualnie zmierzony na modelu w tunelu aerodynamicznym. Dla potrzeb budowy siatki torów balistycznych przyjęto $C_x = 1$, odpowiedni dla cylindrycznych lub postrzępionych szczątków konstrukcji. Dla gładkiej kuli $C_x = 0,45$. Poglądowo zakres współczynników oporu dla różnych kształtów można zobaczyć na wykresie podanym w lit. [10].

Przyspieszenie w ruchu pionowym opadania

$$\frac{dw}{dt} = g - 0,5\rho \frac{S}{m} w^2 C_x,$$

początkowo jest równe przyspieszeniu ziemskiemu $g = 9,81 \text{ [m/s}^2\text{]}$ i stopniowo pod wpływem oporu powietrza maleje do zera, a prędkość opadania od pewnej wysokości jest już stała, następuje to po zrównaniu siły oporu aerodynamicznego z siłą ciężkości. Wartość: dw/dt zawiera się pomiędzy liczbami 9,81 a zerem.

Całkując numerycznie względem czasu przyspieszenia poziome i pionowe, uzyskuje się odpowiednie prędkości (v , w), które po kolejnym całkowaniu pozwalają wyznaczyć odległość poziomą i pionową (x , h) położenia elementu. Podstawiając wybrane wartości obciążenia powierzchni - (m/S), można łatwo otrzymać siatkę różnych torów dla elementów „ciężkich” i „lekkich” w stosunku do swojej powierzchni czołowej. Proces całkowania numerycznego dla każdego informatyka powinien być zadaniem dosyć łatwym, szczególnie przy zastosowaniu programów komputerowych, wykorzystujących metodę trapezów lub bardziej dokładną metodę Runge-Kutta. Przytoczone zależności wyznaczania torów balistycznych mogą być w miarę potrzeby uściślane na przykład o zmienną gęstość powietrza od wysokości i pogody lub lepkości powietrza, a także zależne od stanu opływanej powierzchni (liczba Reynoldsa, opływ laminarny lub burzliwy, itp.) ale takie szczegóły jakościowo nie zmieniają obrazu wyników, chociaż przy dokładnych analizach powinny być uwzględniane.

Wartości graniczne rzutu poziomego bez oporu powietrza są prostymi wzorami z fizyki szkoły średniej i ich obliczenie nie wymaga całkowania numerycznego, gdyż są prostymi funkcjami czasu - t .

- Przyspieszenie pionowe: $dw/dt = g = 9,81 \text{ m/s}^2$ (równe przyspieszeniu ziemskiemu).
- Prędkość pionowa opadania: $w = g t = 9,81 t \text{ m/s}$.
- Wysokość spadku po czasie t :

$$h = 0,5gt^2 = 4,905t^2 \text{ m.}$$

- Prędkość pozioma stała w czasie, jak prędkość lotu w chwili wybuchu np.

$$v = 77,8 \text{ m/s przy } V = 280 \text{ km/h lub}$$

$$v = 75,0 \text{ m/s przy } V = 270 \text{ km/h.}$$

- Odległość pozioma po czasie t : $x = v t \text{ m}$.

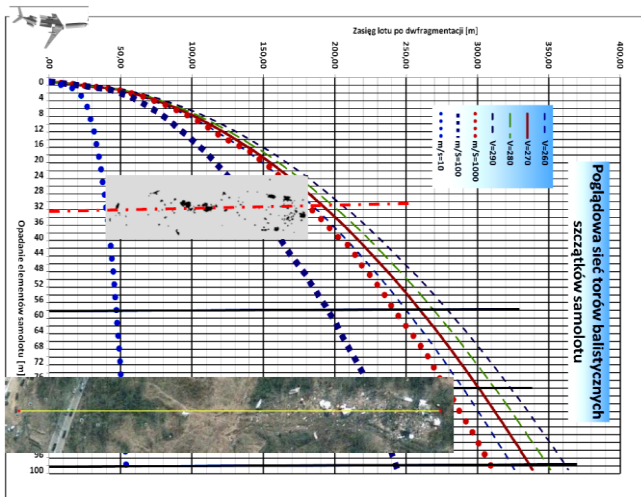
Już najprostsze określenie parametrów granicznych pozwala wyciągać pierwsze wnioski. Na przykład, kiedy teoria rzutu poziomego przestała zgadzać się z „legendą” defragmentacji konstrukcji samolotu dopiero po uderzeniu w ziemię, należało poprawić praktykę i przesunąć o kilkadziesiąt metrów dalej szczątki statecznika, tak aby znalazły się bliżej głównego zbioru szczątków samolotu. Pole rozrzutu po uderzeniu w ziemię widocznie było zbyt duże i należało go dostosować do elementarnych zasad fizyki. Zrobiono to jednak przynajmniej o jeden dzień za późno i obrazy satelitarne tę poprawkę zarejestrowały.

Dopasowując siatkę potencjalnych torów balistycznych opadających części do ich rozłożenia znalezionego pierwotnie na miejscu wypadku, można w przybliżeniu ocenić z jakiej mniej więcej wysokości opadały ciężkie elementy umieszczone z przodu samolotu i sprawdzić czy z tej samej wysokości opadały ciężkie elementy z tylnej części samolotu. Samolot o długości 48 m wymaga takiego oddzielnego potraktowania części rozłożonych wzdłuż długości kadłuba. Przed popełnieniem większych błędów ostrzegają, fizycznie nierealizowalne, tory graniczne obliczone bez oporu powietrza.

3.3. Jakie wnioski wynikają z nałożenia siatki torów balistycznych na obraz pola szczątków samolotu?

Odległość pomiędzy wybuchem w powietrzu, a upadkiem zwartych części samolotu pozwala w przybliżeniu ocenić wysokość miejsca wybuchu. Nakładając na linię rozłożenia szczątków siatkę torów balistycznych rzutu poziomego elementów o różnym oporze aerodynamicznym można w przybliżeniu dopasować wysokość i miejsce wybuchu, przy których rozłożenie szczątków z przedniej, środkowej i tylnej części samolotu pokrywa się z realizowalnym fizycznie przebiegiem torów balistycznych. W obrazie szczątków samolotu widać wyraźnie zjawisko selekcji elementów „ciężkich i „lekkich”, podobne jak to ma miejsce przy powszechnie znanej metodzie oczyszczania ziarna przez rolników. Jednym z ewidentnych dowodów zjawiska tej selekcji jest dalsze usytuowanie ciężkiej części tylnej samolotu przed powłokami położonej z przodu kabiny pasażerskiej.

Jakościowy wygląd siatki torów balistycznych i w tej samej skali odwzorowanej osi miejsca upadku szczątków pokazano na Rys. 12. Wykresy dla celów poglądowych sporządzono stosując uproszczone metody całkowania numerycznego.



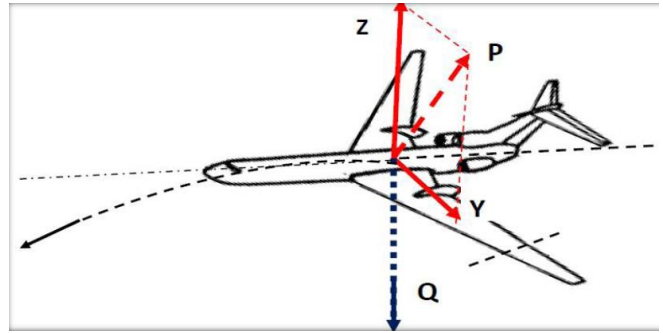
Rys. 12. Poglądowy rysunek nakładania siatki torów balistycznych na oś z rozłożeniem szczątków w terenie, ułatwia zrozumienie fizyki przebiegu katastrofy lotniczej. Jak widać z przykładu, rozkład szczątków lepiej pasuje do wybuchu na wysokości rzędu 30 metrów (górne położenie pola szczątków).

Ostatnie przemyślenia o przebiegu Katastrofy Smoleńskiej wskazują jednoznacznie na zamach ze strony „nieznanych sprawców”, gdyż samolot rozpadł się w powietrzu, a jego szczątki zostały przesiane jak ziarno według zasady – ciężkie ziarno pada dalej, a lekkie bliżej. Rozpad kadłuba nastąpił kilkadziesiąt metrów dalej niż utrata skrzydła, potwierdzają to również zarejestrowane na pokładzie dwie detonacje [2].

3.4. Zagadka drugiej detonacji

Druga detonacja wewnątrz kadłuba mogła, wbrew planom terrorystów, nastąpić w powietrzu, a nie po uderzeniu w ziemię. Taka sytuacja sugeruje zastosowanie detonatora inercyjnego, który zadziałał przy przeciążeniu większym, niż to wynikało z wymuszonego ślizgu, po urwaniu lewej końcówki skrzydła, Rys. 13. To zwiększone przeciążenie mogło być efektem działań ratunkowych pilota, gwałtownie ściągniętego wolant „na siebie” aby zapobiec szybkiemu opadaniu. Druga detonacja nastąpiła

prawdopodobnie w punkcie pokazanym na Rys. 14. Poglądowo tę sytuację ilustruje Rys. 15.



Rys. 13. Samolot po nagłym przechyleniu na lewe skrzydło wykonuje ślizg. Oznacza to lot odchylony w lewo i ku ziemi. Pionowa składowa siły nośnej (Z) nie równoważy już całkowitego ciężaru samolotu (Q), a składowa boczna siły nośnej (Y) powoduje ruch samolotu w lewą stronę. Taki wymuszony przechył mogło spowodować zablokowanie wychylonych lotek lub urwanie końcówki lewego skrzydła.



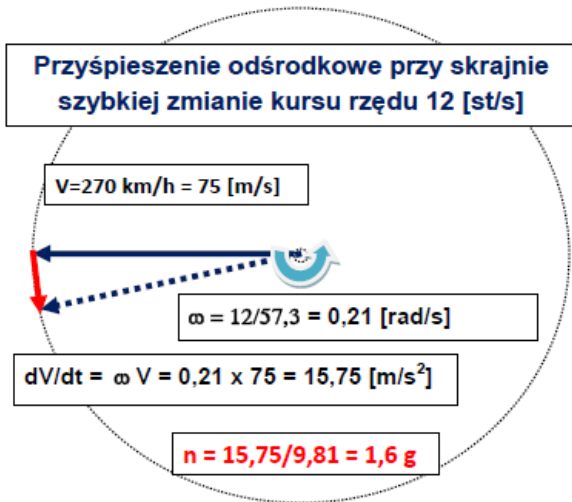
Rys. 14. Prawdopodobne położenie samolotu przed wybuchem w kabine - zamrożenie FMS według Antoniego Macierewicza [11].

3.5. Czy możliwe były wzajemne kolizje szczątków samolotu na torach balistycznych?

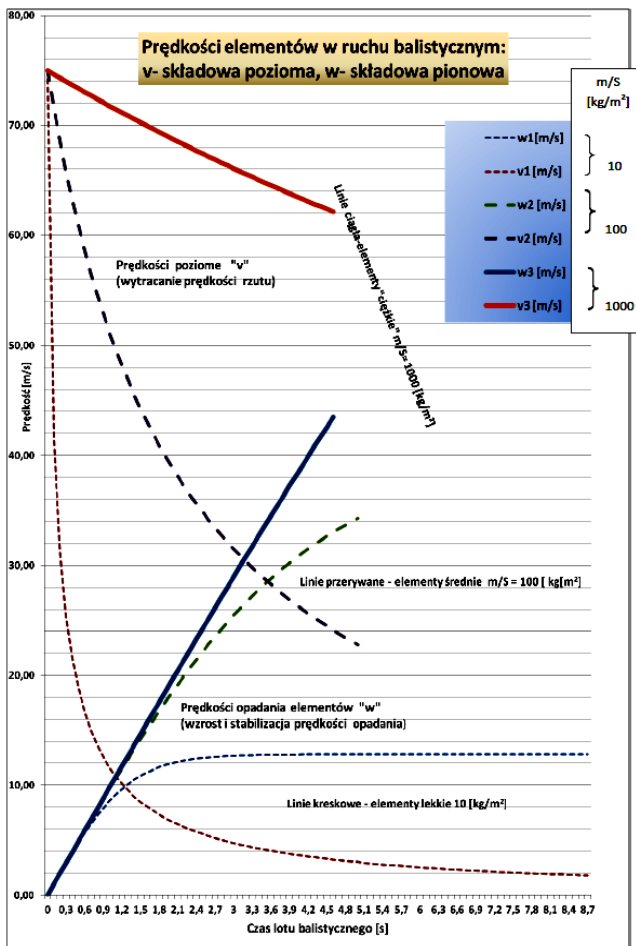
Samolot Tu-164M, wg [3] ma długość 48 [m], rozpiętość 37,55 [m] i maksymalny przekrój kadłuba 3,8 [m]. W trakcie wybuchu w kadłubie samolot leciał ślizgiem przechylając się coraz bardziej na lewe skrzydło, ale oś kadłuba prawdopodobnie nie odbiegała wiele od położenia poziomego. Po wybuchu utworzył się „obłok” kilku tysięcy szczątków a w tym kilkudziesięciu większych fragmentów samolotu. Zgodnie z początkową energią kinetyczną i potencjalną, każdy fragment rozerwanego samolotu podążał dalej torem balistycznym określonym przez siłę ciężkości i opór aerodynamiczny. Bez znajomości szczegółowego opisu mas, kształtów i współczynników oporu poszczególnych elementów nie można wykreślić indywidualnych torów lotu, tym niemniej pewne wnioski natury ogólnej wynikają z opisanego wcześniej zjawiska selekcji aerodynamicznej.

Pomocnym w nakreśleniu tych wniosków może być poglądowy wykres składowych prędkości lotu: poziomej v - do przodu i pionowej w - opadania ku ziemi, pokazany na Rys. 16.

Z obserwacji wykresu wynika, że prędkość pozioma maleje wolno przy „ciężkich” elementach i bardzo szybko



Rys. 15. Przykład przeciążenia, wywołanego szybką zmianą kursu, zaobserwowaną w ostatniej fazie lotu TU-154M tuż przed katastrofą. Reakcja obronna pilota mogła jeszcze zwiększyć to przeciążenie. Przeciążenie na poziomie twardego lądowania mogło uruchomić ewentualny detonator bezwładnościowy, przewidziany do zadziałania dopiero po zderzeniu z ziemią.



Rys. 16. Składowe poziome i pionowe prędkości opadających szczątków samolotu w zależności od obciążenia powierzchni czołowej, przy współczynniku oporu $C_x = 1$.

przy „lekkich”, które wręcz przestają dalej lecieć do przodu, a tylko opadają. Pionowa prędkość opadania ciężkich elementów jednostajnie narasta, zgodnie z przyśpieszeniem grawitacyjnym, a prędkość opadania lekkich elementów szybko stabilizuje się, kiedy siła oporu równoważy siłę ciężarzenia – prędkość opadania jest już stała.

Pokazane wykresy obejmują spadek z wysokości 100 [m]. Czas tego spadku jest znacznie krótszy dla elementów „ciężkich”, niż „lekkich”. Używane tutaj w cudzysłowie pojęcia „ciężki” i „lekki” oznaczają skrót myślowy dotyczący dużego obciążenia masowego powierzchni czołowej i niskiego obciążenia.

Na podstawie przytoczonego wykresu można wyobrazić sobie wzajemną relację opadających szczątków z przodu, środka i tyłu kadłuba oraz uniesionego prawego skrzydła i opuszczonego „kikuta” lewego skrzydła.

Elementy ciężkie z tylnej części samolotu zaczynają wyprzedzać lekkie elementy położone bliżej „nosa” samolotu. Zjawisko to oznacza możliwość zderzeń w powietrzu i wynikające stąd dodatkowe uszkodzenia.

Modelując tory konkretnych elementów i porównując położenie tych elementów w czasie i przestrzeni można byłoby stwierdzić, czy elementy te ze sobą się spotkały. Przy obserwacji znalezionych szczątków samolotu, ślady kolizji powietrznych mogą dać lepsze wyobrażenie o procesie rozpadu samolotu w powietrzu.

3.6. Fakty i hipotezy logicznie się uzupełniają

Podsumowując dotychczasowe obserwacje spróbujemy je ułożyć według sekwencji hipotez i niewątpliwych faktów, niezależnych od interpretacji komisji powypadkowych.

Stawiane hipotezy nie dotyczą politycznych skojarzeń ani okoliczności katastrofy, a wynikają wyłącznie z obserwacji fizycznych praw mechaniki - w szczególności praw mechaniki lotu.

Interpretacja zapisu parametrów lotu z „czarnych skrzynek” niewątpliwie mogłaby wiele zaobserwowanych faktów uszczegółowić, ale autor nie miał dostępu do wystarczająco wiarygodnych zapisów i dlatego ich nie przytacza. Jeżeli miał miejsce zamach terrorystyczny, to jego plan musiał być przygotowany wcześniej - przed uzyskaniem jakichkolwiek wiadomości o rzeczywistym przebiegu lotu. Realizacja planu wymagała jedynie potwierdzenia, że samolot jest „na ścieżce i na kursie” w granicach dopuszczalnych tolerancji. Po uzyskaniu drogą radiową takiego potwierdzenia, terroryści mieli pewność, że szczątki samolotu nie wylecą poza wyznaczony obszar upadku i nie wyrządzą szkody w infrastrukturze lotniska i otaczających zabudowań.

4. WNIOSKI I REFLEKSJE KOŃCOWE REFERATU

Nie dysponując wiarygodnym zapisem parametrów lotu w czasie katastrofy samolotu Tu-154M na lotnisku w Smoleńsku, autor starał się przedyskutować kilka niepokojący zjawisk, których nie uwzględniono w oficjalnych raportach powypadkowych, gdyż pominięto analizę wariantu zamachu terrorystycznego, jako prawdopodobnej przyczyny katastrofy.

W świetle przeprowadzonej dyskusji hipoteza wyznaczenia miejsca rozbicia się samolotu, jeszcze przed katastrofą, wydaje się bardzo prawdopodobna i możliwa do realizacji. Wymuszona zmiana konfiguracji samolotu, polegająca na urwaniu końcówki lewego skrzydła nastąpiła w charakterystycznej przestrzeni lotnej, gdzie spotykały się tory samolotu lądującego lub odchodzącego na drugi krąg. Alternatywna decyzja pilota nie chroniła przed katastrofą.

Wszystkie hipotezy znalazły swoje potwierdzenie w faktach niezależnych od interpretacji komisji powypadkowych [1, 2].

Tab. 1. Logiczna sekwencja faktów i hipotez

L. p.	Zdarzenie: hipoteza lub fakt	Hipoteza lub fakt potwierdzający hipotezę
1	<i>Miejsce upadku samolotu zostało wyznaczone przed katastrofą.</i>	Hipoteza
2	Samolot rozbił się w miejscu dogodnym do penetracji szczątków.	Fakt
3	<i>Celowa lokalizacja wymagała wymuszenia ślizgu na lewe skrzydło, zapoczątkowanego nad rejonem ulic Kutuzowa i Gubienko, gdyż było to położenie samolotu lądującego lub odchodzącego na 2 krąg.</i>	Hipoteza
4	Urwaną końcówkę lewego skrzydła znaleziono pomiędzy ulicami Kutuzowa i Gubienko – tutaj nastąpiło przechylenie samolotu, odchylenie toru w lewo i przyspieszone opadanie.	Fakt
5	<i>Linia wysokiego napięcia w pobliżu ulicy Gubienko hipotetycznie mogła zakłócić radiowy sygnał do detonacji ładunku na pokładzie samolotu.</i>	Hipoteza
6	Linia została zerwana lub wyłączona na 1,5 minuty przed przylocie samolotu.	Fakt
7	<i>Silny wybuch w kabine pasażerskiej spowodował oderwanie ogona samolotu i jego koziołkowanie w powietrzu.</i>	Hipoteza
8	Zdjęcie nr 33 z raportu MAK świadczy, że ogon samolotu został urwany na skutek wysokiego ciśnienia i odrzucony od kadłuba z którego wyciągnął przewody – wrak ogona leżał w pozycji odwróconej do kierunku lotu, a więc koziołkował.	Fakt
9	<i>Wybuch w kabine pasażerskiej, po zderzeniu z ziemią miał spowodować śmierć pasażerów i załogi samolotu – przez przypadek nastąpił wcześniej w powietrzu.</i>	Hipoteza
10	Wszyscy pasażerowie i załoga zginęli a znalezione szczątki samolotu świadczą o zjawisku selekcji aerodynamicznej – charakterystycznej dla wybuchu w powietrzu.	Fakt

Położenie i wygląd, znalezionej na polu szczątków, tylnej części kadłuba, zdaniem autora nie da się inaczej wytłumaczyć niż eksplozją w części pasażerskiej kadłuba samolotu. Ewidentnym dowodem wybuchu i osiowej separacji tylnej części kadłuba są wyciągnięte z obszaru kabiny pasażerskiej przewody różnych instalacji pokładowych.

Autor wskazuje prostą dla komisji powypadkowych metodę określenia ciśnienia, które spowodowało destrukcję kadłuba. Określenie tego ciśnienia może zweryfikować przyczyny śmierci pasażerów i załogi samolotu.

Dostrzeżone przez autora zjawisko selekcji aerodynamicznej szczątków samolotu i odwrotne do kierunku lotu położenie tylnej części kadłuba jednoznacznie świadczą o tym, że wybuch w kadłubie nastąpił w powietrzu.

Reasumując wymienione główne spostrzeżenia i szereg drobniejszy faktów, wskazanych w referacie wydaje się, że wyjaśnienia przyczyn „Katastrofy Smoleńskiej” nie da się uzyskać bez gruntownej analizy wariantu zamachu terrorystycznego.

Skoro prawa fizyki są obiektywnym potwierdzeniem przebiegu katastrofy, na państwie pozostaje oczywisty

obowiązek procesowego poszukiwania sprawców i orzeczenia winy za zaistniałą sytuację. Również rolę niezależnej komisji międzynarodowej powinno być przeanalizowanie motywów zamachu i zacierania śladów po katastrofie.

Adnotacja Komitetu Naukowego

Referat niniejszy został zgłoszony na I Konferencję Smoleńską w roku 2012, jednak z przyczyn proceduralnych został wygłoszony dopiero na II Konferencji Smoleńskiej w roku 2013.

Literatura cytowana

- [1] Raport końcowy MAK „Interstate Aviation Committee Air Accident Investigation Commission. FINAL REPORT”
http://www.mak.ru/russian/investigations/2010/tu-154m_101/finalreport_eng.pdf
- [2] Komisja Badania Wypadków Lotniczych Lotnictwa Państwowego „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”, Warszawa 2011
- [3] В. П. Бехтир, В. М. Ржевский, В. Г. Ципенко „Практическая аэродинамика самолета Ту-154М”, Москва “Воздушный Транспорт” 1997
- [4] Obraz satelitarny miejsca katastrofy na Lotnisku Północnym w Smoleńsku z dnia 11 kwietnia 2010 r. według przekazu Google Earth.
- [5] Leszek Misiak, Grzegorz Wierzchołowski „Musieli zginąć,” Gazeta Polska Wydanie specjalne 1/2012.
- [6] „Co zerwało linię energetyczną na półtorej minuty przed naszym samolotem?” Według serwisu z 23 maja 2010r.:
<http://smolensk-2010.pl/wp-content/uploads/2010/05/linia-zerwana.jpg>, Zdjęcia linii energetycznej:
<http://lubczasopismo.salon24.pl/Smolensk.10.04.2010/p-ost/262893,tu154-m-zerwal-linie-energetyczna-edmund-klich-u-moniki-olejnik>
- [7] Zespół Parlamentarny ds. Zbadania przyczyn Katastrofy Tu-155 M z 10 kwietnia 2010 r. pod kierunkiem Antoniego Macierewicza „28 Miesiące po Smoleńsku”.
- [8] „Rosjanie zacierają ślady po eksplozji?” Niezależna.pl:
<http://niezalezna.pl/9575-rosjanie-zacieraja-slady-po-eksplozji>
- [9] [fot. AFP / Natalia Kolesnikova „Wrak rządowego TU-154M pod Smoleńskiem”, według: <http://wiadomosci.wp.pl/kat,1342,title,Rodziny-smolenskie-zaskoczzone-nie-wiedzielismy-o-tym,wid,14324410,wiadomosc.html>
- [10] Michał Gołda, Dariusz Klimas „Mechanika płynów Wartości współczynnika Oporu CD dla ciał o różnych kształtach” wg: www.kms.polsl.pl/prv/wojnarowski/download/opor_powietrza.ppt
- [11] Antoni Macierewicz „Co wydarzyło się 15 metrów nad ziemią”, Gazeta Polska nr 31 (939) z dn.3.08.2011 r.