

GEOMETRIA ZDERZENIA SAMOLOTU

1. Położenia organów sterowania i stany pracy urządzeń samolotu Tu-154M nr 101 na podstawie analizy zapisu parametrów lotu i rozmów od momentu zadziałania radiowysokościomierza



Rys. 1. Trasa lotu samolotu i charakterystyczne punkty:

- 1 - zadziałanie radiowysokościomierza (RW);
- 2 - brzoza na terenie bliższej radiolaterni (BRL);
- 3 - maszt bliższej radiolaterni (BRL);
- 4 - brzoza – miejsce utraty końcówki lewego skrzydła;
- 5 - zmniejszenie obrotu wolantu – koniec próby utrzymania lotu bez przechyleń;
- 6 - koniec zapisu na rejestratorze QAR;
- 7 - pierwsze miejsce zderzenia się samolotu z ziemią

W celu określenia geometrii zderzenia samolotu Tu-154M nr 101 przeanalizowano siedem punktów (rys. 1), w których Komisja wyodrębniła około 30 parametrów charakteryzujących położenie (ustawienie) poszczególnych elementów samolotu, w tym i jego konfigurację oraz reakcje załogi w danych fazach lotu. Ustalenia odnośnie do położenia organów sterowania i wybranych parametrów lotu przedstawiono w tab. 1.

Raport końcowy – Załącznik nr 4. Geometria zderzenia samolotu

Punkt	Parametr	Czas według UTC	Odległość od progu pasa	Kąt pochylenia	Kąt natarcia	Kąt przechylenia	Prędkość przyrządowa	Wysokość radiowa	Pochylenie kolumny wolantu	Wychylenie lewego steru wysokości	Wychylenie prawego steru wysokości	Obrót wolantu	Wychylenie prawej lotki	Położenie pedałów	Wychylenie steru kierunku	Położenie DSS silnika nr 1	Położenie DSS silnika nr 2	Położenie DSS silnika nr 3	Temperatura silnika nr 1	Temperatura silnika nr 2	Temperatura silnika nr 3	Obroty SNC silnika nr 1	Obroty SNC silnika nr 2	Obroty SNC silnika nr 3	Przeciążenie poprzeczne	Przeciążenie pionowe	Kurs żyromagnetyczny	Stabilizacja w kanale podłużnym	Stabilizacja w kanale poprzecznym	Automat ciągu
-	-	GG:MM:SS	m	deg	deg	deg	km/h	m	deg	deg	deg	deg	deg	-	deg	deg	deg	deg	°C	°C	°C	%	%	%	g	g	deg	-	-	-
1	Zadziałanie radiowysokościomierza (RW)	06:40:54,0	1538	-1,8	7,58	0,7	277	65,6	-4,0	-7	-6,5	0	-0,6	0	-1	3	7	6	424	414	419	38,1	35,2	40,5	0,01	1,03	260	włączona	włączona	włączony
2	Brzoza przy BRL	06:40:59,5	1099	3,1	10,32	0,0	274	12,5	-5,8	-14	-9,2	-2	-2,7	-2	-1,3	10	19	21	419	414	419	41,9	38,6	45,2	0	1,19	260	odłączona	włączona	odłączony
3	Bliższa radiolatarnia (BRL)	06:41:00,0	1065	3,8	11,37	-0,6	274	9,4	-9,2	-13	-13	0	-1,9	-2	-1,9	53	57	64	429	424	424	42,9	39,5	45,7	0,03	1,19	260	odłączona	włączona	odłączony
4	Brzoza oderwanie fragmentu lewego skrzydła	06:41:02,8	855	12,8	15,78	-2,5	269	6,2	-9,6	-22	-26	-3	-3,1	-3	0	68	67	68	448	438	448	68,1	61,9	68,6	0,04	0,88	260	odłączona	włączona	odłączony
5	Zmniejszenie obrotu wolantu - koniec próby utrzymania lotu bez przechyleń	06:41:04,5	795	20	22,11	-90*	269	15,6	-5,3	1,6	1,7	-61	-19,4	9	7,1	52	51	47	490	467	490	84,3	79,8	82,9	-0,19	1,22	254	odłączona	odłączona	odłączony
6	Koniec zapisu QAR	06:41:05,5	625	18,9	8,63	-120*	263	17	-4,5	-3,6	-1,2	-9	-7,6	-17	3,7	46	47	33	510	486	500	84,8	83,5	83,8	-0,8	0,56	246	odłączona	odłączona	odłączony
7	zderzenie z ziemią	06:41:07,5	535	-6*	-10*	-150*	260*	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	240*	odłączona	odłączona	odłączony

Tab. 1. Parametry lotu samolotu Tu-15M nr 101 oraz wartości identyfikujące położenie jego organów sterowania w siedmiu charakterystycznych punktach (* parametr wyliczony)

2. Położenia samolotu w przestrzeni od bliższej radiolatarni do momentu zetknięcia z ziemią określone na podstawie śladów zderzeń z przeszkodami terenowymi



Rys. 2. Przeszkody terenowe i miejsca zetknięcia z ziemią:

- 1 - pierwsza przycięta brzoza;
- 2 - kępa młodych brzozek;
- 3 - kępa młodych brzozek;
- 4 - brzożki i młode topole;
- 5 - brzoza – utrata fragmentu lewego skrzydła;
- 6 - drzewa o średnicy konarów do 10 cm;
- 7 - linia energetyczna;
- 8 - świerki;
- 9 - brzoza;
- 10 - pojedynczy świerk;
- 11 - topola;
- 12 - topola;
- 13 - środek kępy drzew po zachodniej stronie drogi do Mińska;
- 14 - ślad na ziemi od lewego skrzydła;
- 15 - ślad na ziemi od lewego steru wysokości i statecznika pionowego

W celu określenia geometrii zderzenia samolotu Tu-154M nr 101 z ziemią przeanalizowano 13 przeszkód (rys. 2), które stały się przedmiotem analizy położenia samolotu podczas zetknięcia z nimi. Dane odnośnie do identyfikacji położenia poszczególnych przeszkód terenowych i śladów na ziemi zawarte są w Raporcie końcowym (rozdz. 1.12. Informacje o wraku). Ustalenia odnośnie do położenia samolotu od bliższej radiolatarni do miejsca wypadku przedstawiono w tab. 2.

Punkt	Przeszkody terenowe i miejsca zetknięcia z ziemią	Wysokość terenu	Przeniesienie terenu względem progu pasa	Odległość od progu pasa	Odchylenie od osi pasa	Wysokość przycięcia przeszkód terenowych	Kąt pochylenia samolotu	Kąt przechylenia samolotu	Wysokość samolotu w stosunku do ziemi	Wysokość samolotu w stosunku do progu pasa
1	Pierwsza brzoza	239	-15	1099	-39	10	3,1	0	10	-5
2	Kępa młodych brzozek	246	-8	932	-59	4	11,1	0	4	-4
3	Kępa młodych brzozek	246	-8	919	-54	4	11,9	0	4	-4
4	Brzożki i młode topole	247	-7	901	-64	4	12,5	-0,6	4	-3
5	Brzoza – utrata fragmentu lewego skrzydła	250	-4	855	-63	5	12,8	-2,5	5,1	1,1
6	Drzewa o średnicy konarów do 15 cm	253	-1	808	-57	9	15,6	-16	7	6
7	Linia energetyczna	253	-1	777	-59	7	16,8	-35	-	-
8	Świerki	254	0	729	-64	13	20,0	-50	16	16
9	Brzoza	254	0	709	-68	13	21,0	-65	19	19
10	Pojedynczy świerk	256	+2	691	-71	8	20,0	-90	18	20
11	Topola	257	+3	671	-68	13	19,0	-120	18	21
12	Topola	257	+3	640	-76	13	18,9	-120	17	20
13	Kępa drzew	255	+1	616	-82	10	15,6	-130	17	18
14	Ślad na ziemi od lewego skrzydła	253	-1	518	-93	-	-6	-150	0	-1
15	Ślad na ziemi od lewego steru wysokości i statecznika pionowego	253	-1	535	-105	-	-6	-150	0	-1

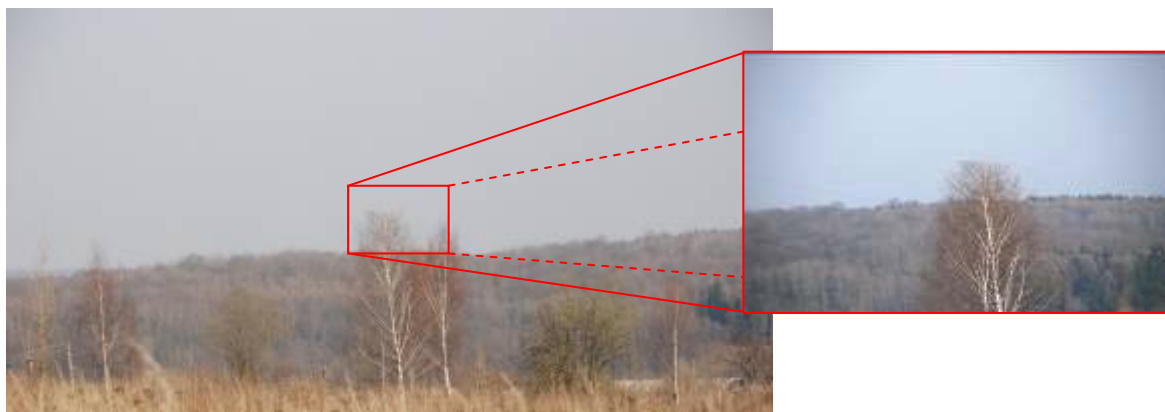
Tab. 2. Parametry lotu samolotu Tu-15M nr 101 (90A837) charakteryzujące jego położenie w trakcie kontaktu z przeszkodami terenowymi oraz miejscu zetknięcia z ziemią

3. Analiza położenia samolotu w chwili zetknięcia z przeszkodami terenowymi oraz geometria zderzenia samolotu Tu-154M nr 101 z ziemią

Pierwszym punktem, który został poddany analizie, to zadziałanie radiowysokościomierza A-034-4 (rys. 1). Samolot znajdował się wtedy około **1538 m** przed progiem drogi startowej, a jego zniżanie i podejście do lądowania wykonywane było przy włączonym układzie automatycznego sterowania samolotem ABSU. Wybrano następujące zakresy jego pracy:

- automatyczna stabilizacja i sterowanie w kanale pochylenia;
- automatyczna stabilizacja i sterowanie w kanale przechylenia;
- automatyczna stabilizacja i sterowanie prędkością przyrządową samolotu z wykorzystaniem automatu ciągu silników.

Układ automatycznego sterowania utrzymywał (stabilizował) bieżący kąt pochylenia i przechylenia samolotu poprzez zmianę położenia steru wysokości i lotek. Zadana prędkość lotu utrzymywana była zmianą ciągu silników. Pilot miał możliwość sterowania samolotem, zmieniając, za pomocą pokręteł na pulpicie PU-46, wartość zadanego kąta pochylenia i kursu. Około 4,5 s później, przemieszczając kolumnę wolantu, wyłączono kanał pochylenia ABSU, jednocześnie przestawiając DSS wszystkich trzech silników na zakres startowy. Bezwładność samolotu oraz ukształtowanie terenu powodowały ciągłe zbliżanie się samolotu do ziemi. W odległości 1099 m od progu pasa, w rejonie bliższej radiolatarni (BRL), nastąpiło pierwsze zderzenie (zetknięcie) samolotu z przeszkodą terenową (rys. 3). Wierzchołek brzozy został przycięty prawym skrzydłem, nie powodując uszkodzeń samolotu mających wpływ na jego zdolność do lotu. Samolot znajdował się w tym czasie około 10 m nad ziemią. Przechylenie samolotu wynosiło 0° , a kąt pochylenia około $3,1^\circ$. Środek masy samolotu znajdował się wówczas około **5 m** poniżej progu psa.



Rys. 3. Brzoza w rejonie bliższej radiolatarni (pkt 2 – rys. 1 i pkt 1 - rys. 2) przycięta krawędzią prawego skrzydła

W odległości **167 m** i **180 m** od miejsca pierwszego kontaktu z przeszkodą terenową nastąpiły kolejne zderzenia z drzewami i krzakami (rys. 4). Były to grupy młodych brzózek oraz topól, które zostały złamane na wysokości około **4 m** krawędzią natarcia – slotem lewego skrzydła. Pomimo że samolot zaczął się już wolno wznosić i znajdował się **4 m** poniżej progu pasa, to ze względu na ukształtowanie terenu jego wysokość nad ziemią obniżyła się z **10 m** w rejonie bliższej radiolatarni do **4 m** w rejonie porośniętym młodymi drzewami i krzakami.



Rys. 4. Kępa młodych brzózek (pkt 3 rys. 2) przycięta krawędzią skrzydła – slotem

Po przebyciu kolejnych **18 m** kadłub i skrzydła samolotu zderzyły się z drzewami o średnicy konarów około **10 cm**. W tym momencie położenie skrzydeł było poziome, a kąt pochylenia wzrósł do około **12°** (rys. 5 i 6). Porastające tam drzewa i krzaki zostały przycięte na wysokości **4 m**. Samolot w tym miejscu znajdował się około **3 m** poniżej progu pasa.



Rys. 5. Drzewa (pkt 4 rys. 2) uszkodzone przez podwozie i kadłub samolotu



Rys. 6. Drzewa (pkt 4 rys. 2) uszkodzone przez końcówkę lewego skrzydła samolotu

Zderzenia te powodowały wgniecenia na krawędziach natarcia skrzydeł (wysuniętych slotach), a także deformacje poszycia dolnych powierzchni skrzydeł i wychylonych klap zaskrzydłowych. Pomimo powstałych zniszczeń samolot zachowywał zdolność do lotu i zwiększał wysokość.

W odległości **855 m** od progu pasa nastąpiło uderzenie lewego skrzydła w dużą brzozę na wysokości około **5,1 m** (rys. 6), które doprowadziło do oderwania dużego fragmentu (około 6 m) lewego skrzydła wraz z lotką. Środek ciężkości samolotu znajdował się wtedy około **1,1 m** powyżej progu drogi startowej, kąt przechylenia wynosił około **-2,5°** (przechylenie w lewo), a pochylenia wzrósł do **12,8°**.



Rys. 7. Brzoza (pkt 4 rys. 1 pkt 5 rys. 2) uszkodzona w wyniku uderzenia lewym skrzydłem samolotu

Powstałe, na skutek utraty końcówki lewego skrzydła, niezrównoważenie 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. Rozszczelnione zostały wówczas wszystkie (trzy) instalacje hydrauliczne.

Po przebyciu kolejnych **47 m** samolot zderzał się na długości około **20 m** z drzewami o średnicy konarów do **15 cm** (rys. 8). Przechylenie samolotu w tym czasie gwałtownie wzrosło i wynosiło około **-16°** (w lewo).



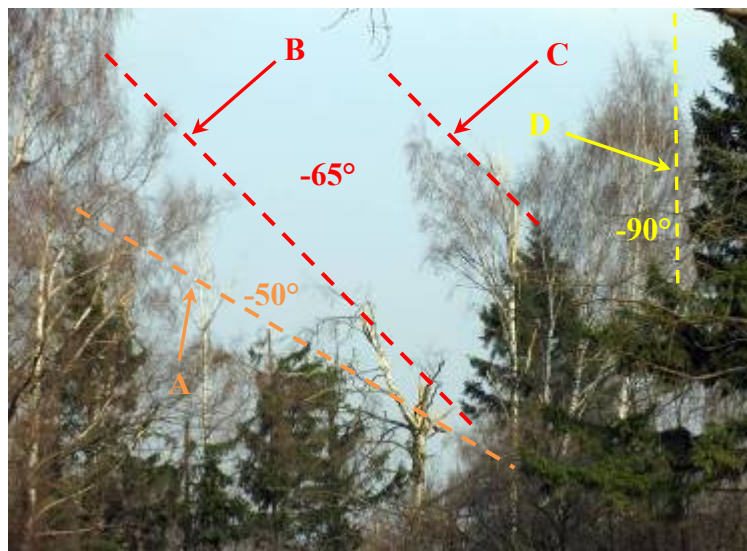
Rys. 8. Drzewa (pkt 6 rys. 2) uszkodzone przez skrzydła i kadłub samolotu przy przechyleniu około -16° (w lewo)

Obrót wolantu oraz wychylenie pedałów nie zapewniły zatrzymania obrotu samolotu w lewo. Przy przechyleniu około **-35°**, po pokonaniu około **80 m** od chwili utraty fragmentu lewego skrzydła samolot przeleciał nad linią energetyczną średniego napięcia, powodując jej uszkodzenie (rys. 9). Niewykluczone, że linia energetyczna została zerwana nie bezpośrednio przez samolot, ale przez konary drzew odłamanych kilkanaście metrów wcześniej i przemieszczonych zgodnie z kierunkiem lotu samolotu.



Rys. 9. Zerwane przewody linii energetycznej (pkt 7 rys. 2)

Po przebyciu kolejnych **50 m** samolot pogłębił przechylenie do **-50°**. Następnie na odcinku około 40 m samolot uderzył w kilka grubszych drzew: świerki i brzozy, powodując łamanie ich konarów (rys. 10) i wzrost przechylenia do około **-90°**. Uderzenia te powodowały rozległe uszkodzenia krawędzi natarcia skrzydeł i liczne uszkodzenia krawędzi natarcia oraz powierzchni sterów wysokości i kierunku.



Rys. 10. Uszkodzenia drzew w odległości około 150 m (pkt 8, 9 i 10 rys. 2) od miejsca utraty fragmentu lewego skrzydła:

- A – linia cięcia świerków;
- B – linia cięcia brzozy (skrzydło);
- C – linia cięcia sterem wysokości;
- D – linia cięcia świerku krawędzią lewego skrzydła

Samolot w odległości **690 m** od progu drogi startowej, przy przechyleniu wynoszącym około **-90°** (rys. 10) zaczął zakrzywiać swój tor lotu w lewo, jego kadłub znajdował się wówczas na wysokości około **18 m** nad ziemią.

Po kolejnych **50 m** lotu samolot zwiększył przechylenie do **-120°**, uderzając kadłubem, skrzydłami oraz statecznikiem poziomym kolejno w dwa duże drzewa i powodując łamanie ich konarów i gałęzi. W tym samym czasie od samolotu oderwał się lewy ster wysokości. Przy przechyleniu dochodzącym do **-130°** samolot zderzył się z ostatnią grupą drzew. Pochylenie kadłuba w tym momencie wynosiło około **16°** i w dalszej fazie lotu zaczęło się szybko zmniejszać. Na rys. 1 punkt ten oznaczony jest jako „6” i odpowiada miejscu, w którym przerwany został zapis rejestratora parametrów lotu ATM-QAR. W końcowej fazie lotu samolot przemieszczał się z nosem lekko opuszczonym w dół.



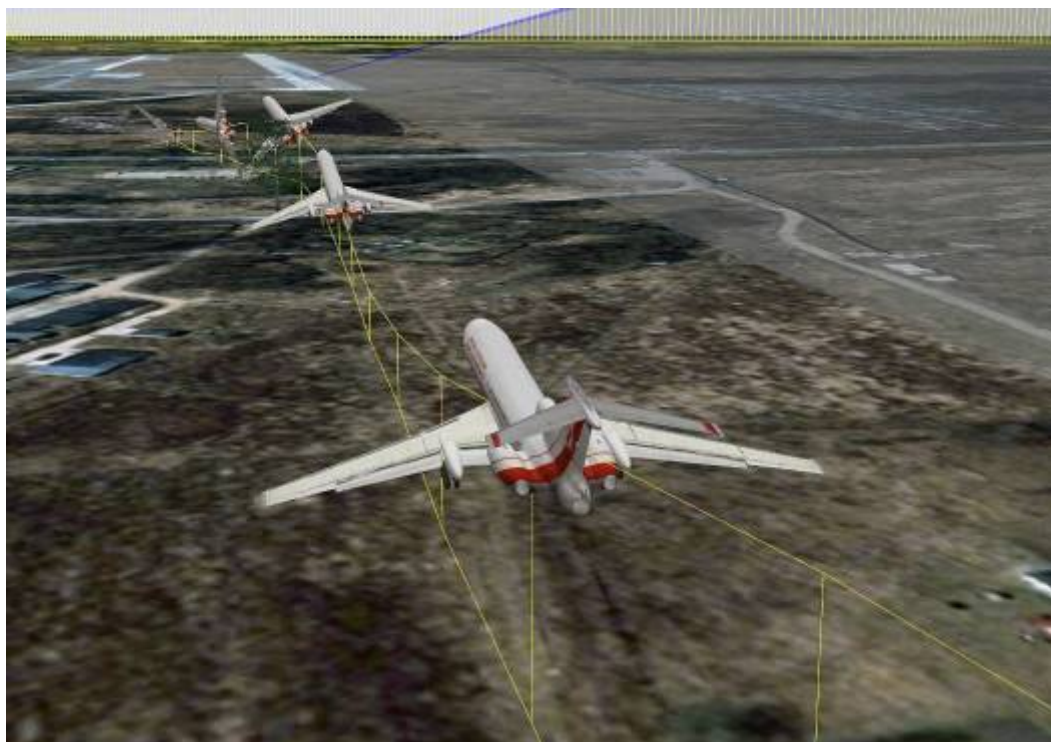
Rys. 11. Uszkodzenie ostatniej grupy drzew przed zderzeniem samolotu z ziemią

Ostatecznie samolot zderzył się z ziemią pozostałością lewego skrzydła przy przechyleniu około -150° (rys. 15), niewielkim ujemnym pochyleniu około -6° (rys. 16) z kursem magnetycznym około 240° (od chwili utraty fragmentu lewego skrzydła nastąpiło odchylenie kursu około -20° – rys. 17).

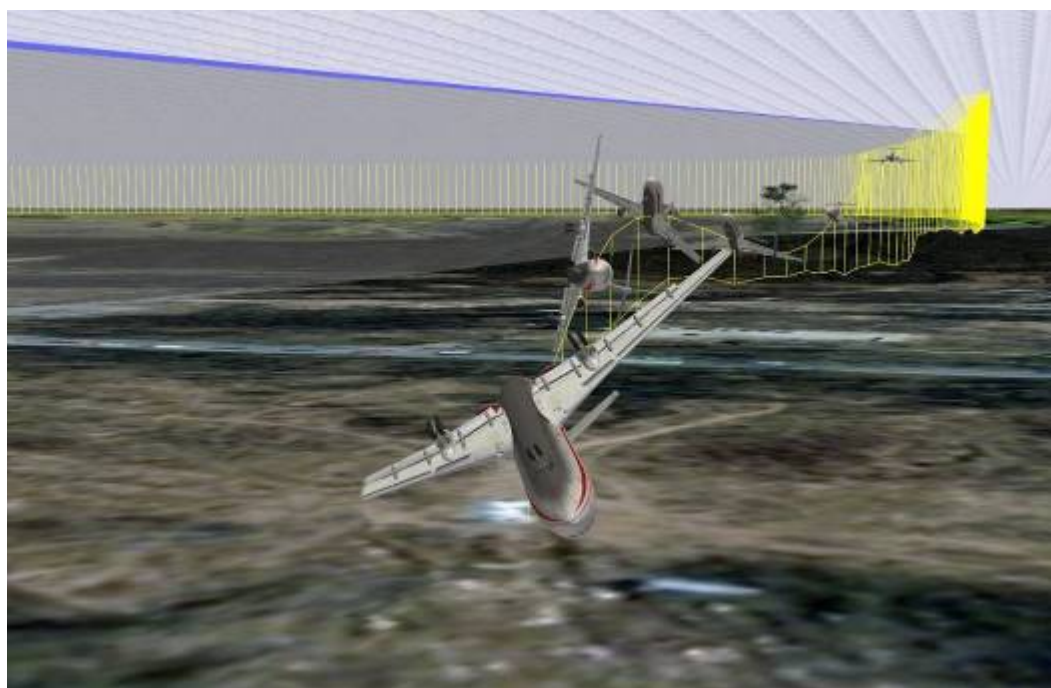


Rys. 12. Ślad na ziemi spowodowany lewym sterem kierunku

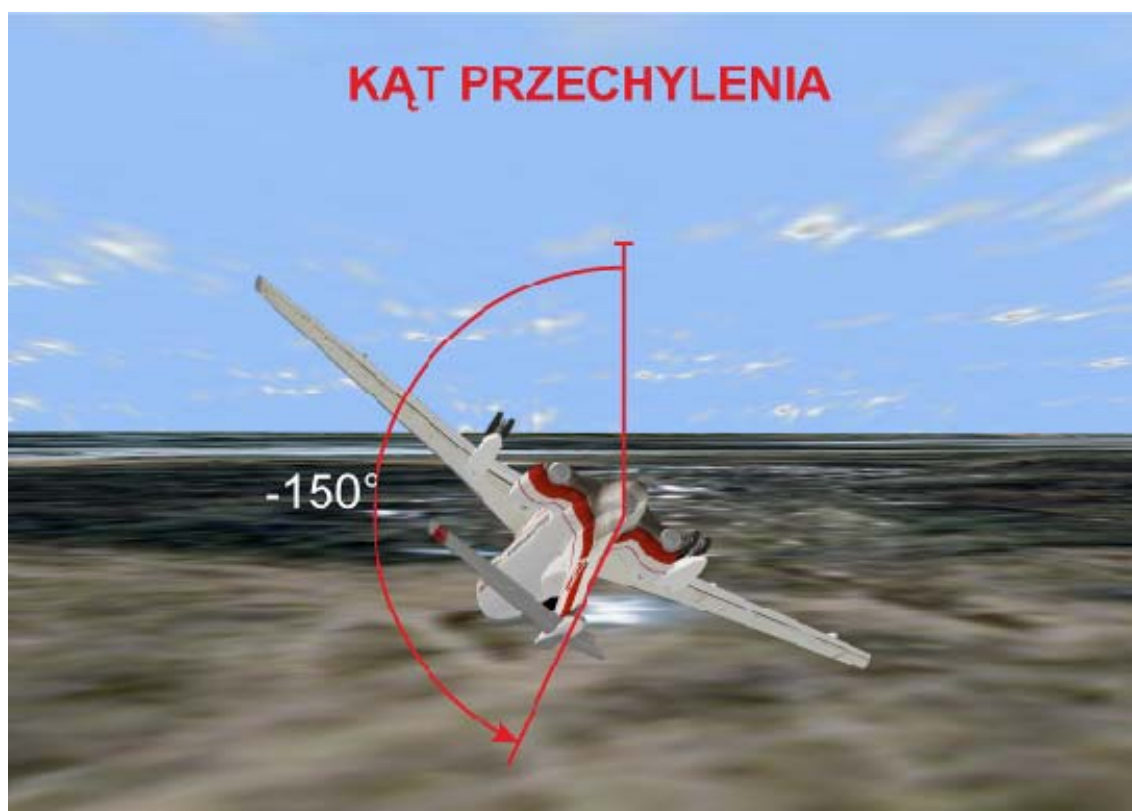
Na rys. 13 i 14 została przedstawiona ostatnia faza lotu samolotu od bliższej radiolatarni (BRL) aż do miejsca upadku.



Rys. 13. Graficzne przedstawienie ostatniej fazy lotu i zderzenia z ziemią (widok od strony nalotu samolotu)



Rys. 14. Graficzne przedstawienie ostatniej fazy lotu i zderzenia z ziemią (widok od strony upadku samolotu)



Rys. 15. Kąt przechylenia samolotu w momencie zderzenia z ziemią



Rys. 16. Kąt pochylenia w momencie zderzenia z ziemią



Rys. 17. Kąt odchylenia w momencie zderzenia z ziemią

W trakcie zderzania z ziemią niszczeniu ulegała konstrukcja samolotu. W pierwszej kolejności łamana była pozostała część lewego skrzydła, kabina załogi oraz opływ mechanizmu zmiany położenia steru wysokości. Zderzenie z ziemią spowodowało zwiększenie kąta przechylenia do pełnych 180° przy jednoczesnym zmniejszeniu kąta pochylenia.

Uderzenie statecznika pionowego o ziemię spowodowało oderwanie prawego statecznika poziomego, który zatrzymał się na połamanych drzewach po przebyciu kilku metrów. Następnie od końcowej części kadłuba oddzielił się statecznik pionowy z pozostałościami statecznika poziomego i mechanizmem zmiany jego położenia. Statecznik pionowy przed ostatecznym zatrzymaniem przemieścił się na odległość około 40 m, licząc od miejsca jego oddzielenia od konstrukcji samolotu.

Po uderzeniu o ziemię górnej powierzchni lewego skrzydła, w rejonie lewej gondoli podwozia głównego, nastąpiło oderwanie od kadłuba lewej części centroplata. Fragment ten obejmujący elementy konstrukcji od wręgi nr 4 do nr 16 przemieszczał się w pozycji odwróconej i zatrzymał w odległości około 100 m od miejsca oddzielenia się od kadłuba.

Prawa część centroplata wyrwała się wraz z fragmentem centroplata lewego (wreگی nr 1 i nr 2) i przemieściła się do przodu na odległość około 90 m.

W wyniku uderzenia o podłozę przednia część kadłuba, począwszy od noska samolotu do wreگی nr 19, została prawie doszczętnie zniszczona. Z przedniej części samolotu w całości zachowały się jedynie dolne fragmenty poszycia z przednią golenią podwozia. Fragment ten zatrzymał się w odległości około 60 m od miejsca, w którym uderzył o ziemię.

Pierwszy salon pasażerski od wreگی nr 21 do nr 31 po oddzieleniu się od kadłuba przemieścił się do przodu na odległość około 75 m.

Uderzenie o ziemię elementu o większej wytrzymałości – gondoli lewego silnika spowodowało oderwanie tylnej części kadłuba ze wzmocnioną wręgą szczelną. Po przemieszczeniu około 40 m, licząc od miejsca zderzenia, ten względnie dobrze zachowany fragment samolotu zatrzymał się z kursem odwrotnym do tego, z jakim przemieszczał się samolot tuż przed zderzeniem z ziemią. We wnętrzu tego fragmentu zachował się silnik nr 2. Silnik nr 1 zatrzymał się bezpośrednio przy tym fragmencie kadłuba, lecz był od niego oderwany. Silnik nr 3 oddzielił się wcześniej i zatrzymał się w odległości około 30 m od miejsca zderzenia z ziemią.

Rozrzut części po zderzeniu z ziemią nastąpił na powierzchni o długości około 130 m i szerokości około 60 m.