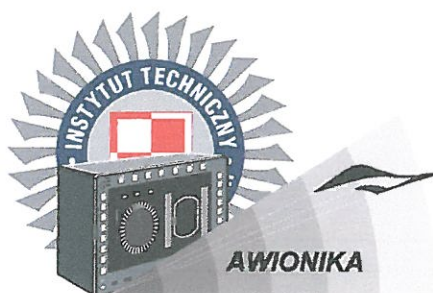


nr tematu pracy: 4741-43-1

INSTYTUT TECHNICZNY WOJSK LOTNICZYCH

ZAKŁAD AWIONIKI



EKSPERTYZA

NR: FON-01/43/2013

Z DNIA: 29.07.2013

Z ZAKRESU BADAŃ FONOSKOPIJNYCH

wykonana na zlecenie: Państwowej Komisji Badania Wypadków Lotniczych

nadesłane pismami z dni: 15.01.2013 r. , 21.02.2013 r. oraz 13.06.2013 r.

w sprawie: **PKBWL 370/12**

wykonujący badania i opiniujący:

mgr inż. Alicja Malanowicz

mgr inż. Tomasz Prusik

eksperci fonoskopii ITWL

SPRAWOZDANIE Z BADAŃ

Zgodnie z treścią pisma z dnia 15.01.2013 r., określającego zakres zleconych badań, oraz ustaleniami dokonanyymi w trybie roboczym pomiędzy członkami PKBWL i ekspertami fonoskopii ITWL, zleconym badaniom poddano:

MATERIAŁ ZE ZDARZENIA:

Jeden cyfrowy plik dźwiękowy o nazwie:

„_2012-05-01_13-53-46_Kanał_01____[_nagranie_]____.wav”,

zawierający m.in. fragment korespondencji radiowej z dnia 1.05.2012 r. i godziny 13.53.46 (dwa połączenia), prowadzonej pomiędzy samolotem Liberty XL2 SP-AXL, a Kontrolą Ruchu Lotniczego lotniska Warszawa-Babice, utrwalony przez rejestrator naziemny usytuowany na lotnisku Warszawa-Babice.

Przedmiotowe nagranie zostało dostarczone na płycie CD-R sygnowanej logo Ω MEGA, oznaczonej ręcznymi napisami o treści: „PKBWL 370/12”, „Radio Babice”.

MATERIAŁ PORÓWNAWCZY:

1. Dwadzieścia dziewięć cyfrowych plików dźwiękowych o nazwach, jak poniżej:

„_2012-05-01_gg-mm-ss_Kanał_01____[_nagranie_]____.wav”,
(gdzie „gg”, „mm” i „ss” oznaczają odpowiednio: godziny, minuty i sekundy)

zawierających m.in. fragmenty korespondencji radiowych z dnia 1.05.2012 r. i godzin:

11-16-10 / 11-17-08 / 11-20-41 / 11-50-27 / 11-55-35 / 12-00-33 / 12-04-04 / 12-05-29 / 12-10-41 / 12-12-50 / 12-13-35 / 12-15-04 / 12-28-55 / 12-34-06 / 12-34-19 / 12-37-37 / 12-42-42 / 12-46-24 / 12-47-04 / 12-51-46 / 12-54-52 / 12-59-31 / 13-02-54 / 13-08-04 / 13-11-09 / 13-12-09 / 13-52-07 / 13-52-44 / 13-53-46 (ten sam plik, który jest „materiałem ze zdarzenia”),

prorowadzonych pomiędzy Kontrolą Ruchu Lotniczego lotniska Warszawa-Babice a tym samym samolotem Liberty XL2 SP-AXL, utrwalonych przez rejestrator naziemny usytuowany na lotnisku Warszawa-Babice, ten sam, który utrwalił „materiał ze zdarzenia”.

Przedmiotowe nagrania zostały dostarczone na płycie CD-R sygnowanej logo Ω MEGA, oznaczonej ręcznymi napisami o treści: „PKBWL 370/12”, „Radio Babice” - tej samej, na której utrwalony jest „materiał ze zdarzenia”.

2. Czterdzieści pięć cyfrowych plików dźwiękowych, o konstrukcji nazw, jak poniżej:

„2013-05-22_gg-mm-ss_Kanał_02 | nagranie | ggd-mmd-ssd 0,00zł_Brak_prefiksu .wav”

(gdzie:

„gg”, „mm” i „ss” oznaczają odpowiednio: godziny, minuty i sekundy odpowiadające godzinom zapisu,

„ggd”, „mmd” i „ssd” oznaczają odpowiednio: godziny, minuty i sekundy odpowiadające czasowi trwania poszczególnych zapisów)

zawierających m.in. fragmenty korespondencji radiowych z dnia 22.05.2013 r. i godzin:

10-21-49 / 10-24-25 / 10-26-53 / 10-29-02 / 10-29-19 / 10-29-29 / 11-30-37 / 11-31-49 / 11-32-17 / 11-34-10 / 11-34-37 / 11-35-21 / 11-36-11 / 11-36-42 / 11-38-23 / 11-39-50 / 11-40-56 / 11-42-10 / 11-43-29 / 11-44-14 / 11-45-01 / 11-45-38 / 12-56-17 / 12-56-44 / 12-57-15 / 12-57-28 / 12-57-57 / 12-59-18 / 13-00-34 / 13-02-02 / 13-02-54 / 13-03-11 / 13-04-41 / 13-05-18 / 13-06-17 / 13-06-45 / 13-07-04 / 13-08-05 / 13-09-25 / 13-36-47 / 13-38-27 / 13-59-36 / 14-02-42 / 14-07-02 / 14-09-09,

prorowadzonych pomiędzy Kontrolą Ruchu Lotniczego lotniska Warszawa-Babice a innym samolotem Liberty XL2, tj. SP-TZE (będącym w dyspozycji OKL Rzeszów), utrwalonych przez rejestrator naziemny usytuowany na lotnisku Warszawa-Babice, (ten sam, który utrwalił „materiał ze zdarzenia” oraz materiał porównawczy wskazany w punkcie 1.), podczas jego przylotu i odlotu oraz dwóch lotów eksperymentalnych.

3. Jeden cyfrowy plik dźwiękowy o nazwie „1001.wav”, utrwalony w dniu 22.05.2013r., podczas pierwszego lotu eksperymentalnego, przez dyktafon cyfrowy firmy MARANTZ, model PMD 661, umieszczony wewnątrz kabiny innego samolotu Liberty XL2, tj. SP-TZE (będącego w dyspozycji OKL Rzeszów).

4. Ścieżki dźwiękowe czterech cyfrowych plików wideo o nazwach: „GOPR0852.MP4”, „GOPR0853.MP4”, „GOPR1009.MP4” oraz „GOPR1010.MP4”, utrwalonych w dniu 22.05.2013 r., podczas lotów eksperymentalnych, przez dwie kamery cyfrowe firmy GoPro umieszczone wewnątrz kabiny innego samolotu Liberty XL2, tj. SP-TZE (będącego w dyspozycji OKL Rzeszów).

Nagrania wymienione w punkcie 2., 3. i 4. dostarczono w ten sposób, że zostały skopiowane bezpośrednio na dyski twarde komputerów Laboratorium Fonoskopii Lotniczej ITWL, przez uprawnionego przedstawiciela Zleceniodawcy, mgr inż. Piotra Lipca, zgodnie z treścią pisma PKBWL z dnia 13.06.2013 r., nr: PKBWL2o-076-28/13.

CEL BADAŃ:

1. Ujawnienie częstotliwości składowych sygnału tła wypowiedzi utrwalonych w materiale dźwiękowym „ze zdarzenia”,
2. Próba identyfikacji odgłosów zarejestrowanych w nagraniu „ze zdarzenia”, dokonana m.in. poprzez analizy porównawcze z innymi nagraniami dostarczonymi w charakterze materiału porównawczego.

PRZEBIEG BADAŃ**Badania wstępne****Charakterystyka materiału badawczego****1. Materiał ze zdarzenia.**

Materiałem ze zdarzenia jest nagranie m.in. zawierające fragment korespondencji radiowej z dnia 1.05.2012 r., prowadzonej pomiędzy Kontrolą Ruchu Lotniczego lotniska Warszawa-Babice a samolotem Liberty XL2 SP-AXL, bezpośrednio po której samolot ten uległ katastrofie. Nagranie to pochodzi z pamięci naziemnego rejestratora rozmów, zainstalowanego na lotnisku Warszawa-Babice.

Ustalono, że główne parametry techniczne przedmiotowego nagrania mają następujące wartości:

parametr	wartość
średnio, pasmo mowy	300 - 3 600 Hz
średnio, odstęp sygnału mowy od poziomowi tła	15 dB
częstotliwość próbkowania / rozdzielczość system kodowania system zapisu / format	8 kHz / 8 bit CCITT A-Law 1-kanal / wave
czas trwania całego pliku	ok. 42,5 sekundy
łączny czas trwania obu połączeń samolotu z KRL W-B, bezpośrednio poprzedzających moment katastrofy	ok. 4,6 sekundy
łączny czas trwania wypowiedzi wyekstrahowanych z połączenia załogi z kontrolerem lotu, bezpośrednio po którym doszło do wypadku	ok. 3,5 sekundy
czasy trwania obu fragmentów pozbawionych wypowiedzi, wyekstrahowanych z połączeń samolotu z KRL W-B, bezpośrednio po których doszło do katastrofy	ok. 0,37 sekundy ok. 0,52 sekundy

Ponadto w badanym nagraniu stwierdzono obecność:

- zniekształceń i zakłóceń sygnału mowy typowych dla transmisji radiowych,
- intensywnych zniekształceń nieliniowych, wynikających z faktu rejestrowania sygnału ze zbyt wysoką amplitudą, powodującego powstawanie tzw. przesterowań,
- pasm częstotliwości o zwiększonej energii sygnału, w obszarach pozbawionych wypowiedzi.

Natomiast wyniki oceny audytywnej wyrazistości i zrozumiałości mowy pozwalają określić te parametry jako utrzymujące się na poziomie średnim i niskim.

2. Materiał porównawczy.

Materiałem porównawczym są nagrania:

- zawierające m.in. fragmenty wcześniejszych **korespondencji radiowych** z dnia katastrofy (**1.05.2012 r.**), prowadzonych pomiędzy Kontrolą Ruchu Lotniczego lotniska Warszawa-Babice a **tym samym** samolotem Liberty XL2 SP-AXL, który w późniejszej porze tego dnia uległ katastrofie,
- zawierające m.in. fragmenty **korespondencji radiowych** z dnia **22.05.2013 r.**, prowadzonych pomiędzy Kontrolą Ruchu Lotniczego lotniska Warszawa-Babice a **innym** samolotem Liberty XL2, tj. **SP-TZE**, wykonującym loty eksperymentalne,
- nagranie audio, **bezpośrednie**, utrwalone w dniu **22.05.2013 r.** podczas lotów eksperymentalnych, wewnątrz kabiny samolotu Liberty XL2 SP-TZE,
- ścieżki dźwiękowe nagrań wideo, utrwalonych w dniu **22.05.2013 r.** podczas lotów eksperymentalnych, wewnątrz kabiny samolotu Liberty XL2 SP-TZE - **nagrania bezpośrednie**.

Ustalono, że główne parametry techniczne nagrań **korespondencji radiowej** rejestrowanych przez lotniskowy rejestrator naziemny mają następujące wartości:

parametr	wartość
średnio, pasmo mowy	300 - 3 600 Hz
średnio, odstęp sygnału mowy od poziomu tła	15 dB
częstotliwość próbkowania / rozdzielczość system kodowania / system zapisu / format	8 kHz / 8 bit CCITT A-Law / 1-kanal. / wave
łączny czas trwania wszystkich plików	ok. 34 minut

Ponadto w badanych nagraniach stwierdzono obecność:

- zniekształceń i zakłóceń sygnału mowy typowych dla transmisji radiowych,
- intensywnych zniekształceń nieliniowych, wynikających z faktu rejestrowania sygnału ze zbyt wysoką amplitudą, powodującego powstawanie tzw. przesterowań,

- pozostałych zniekształceń i zakłóceń sygnału, w niektórych fragmentach wypowiedzi członków załóg powodujących całkowitą utratę zrozumiałości.

Ocena audytywna wyrazistości i zrozumiałości mowy pozwala określić te parametry jako utrzymujące się na poziomie średnim i niskim.

W niektórych fragmentach tych nagrań ustalono występowanie tak intensywnych zakłóceń, że dyskwalifikowały te fragmenty z badań. Ustalono je w następujących plikach:

z dnia 1.05.2012 r.: z godz.: 12-28-55 (dotyczy SP-AXL) oraz 13-02-54 (dotyczy innego SP)

z dnia 22.05.2013 r.: z godz.: 10-26-53 (dotyczy innego SP) / 11-34-37, 11-35-21, 11-36-11, 11-42-10, 12-59-18, 13-00-34 (dotyczy SP-TZE) / 13-08-05 (dotyczy innego SP) / 13-09-25, 13-59-36, 14-02-42 (dotyczy SP-TZE) / 14-09-09 (dotyczy innego SP).

Natomiast główne parametry techniczne nagrań bezpośrednich, zarejestrowanych podczas **lotów eksperymentalnych wewnątrz kabiny**, mają następujące wartości:

dla nagrania audio:

parametr	wartość
pasmo sygnał / średnio, pasmo mowy	0 – 22 050 Hz / 180 - 3 500 Hz
średnio, odstęp sygnału mowy od poziomu tła w trakcie lotu	5 – 10 dB i poniżej 5 dB
częstotliwość próbkowania / rozdzielczość system kodowania / system zapisu / format	44,1 kHz / 16 bit PCM / 1-kanal. / wave
czas trwania pliku dźwiękowego	ok. 22 minut 41 sekund

Ocena audytywna wyrazistości i zrozumiałości mowy pozwala określić te parametry jako utrzymujące się na poziomie na ogół niskim. Nagranie to jest nagraniem bezpośrednim, dającym możliwość przeanalizowania głównie odgłosów tła kabiny podczas wszystkich faz lotu. Możliwe jest także powiązanie ich z wypowiedziami członków załogi, szczególnie podczas radiowych połączeń z Kontrolą Ruchu Lotniczego.

dla ścieżek dźwiękowych nagrań wideo:

parametr	wartość
pasmo sygnału / średnio, pasmo mowy	0 – 24 000 Hz / 180 - 3 500 Hz
średnio, odstęp sygnału mowy od poziomu tła w trakcie lotu	5 – 10 dB i poniżej 5 dB
częstotliwość próbkowania / prędkość transmisji danych / system zapisu	48 kHz / 128 kbit/s 2-kanal.
łączny czas trwania wszystkich ścieżek dźwiękowych	ok. 79 minut

Nagrania te nie są zapisami sygnału transmitowanego, lecz sygnału bezpośredniego.

Ponieważ nagrania te obejmują - w sposób ciągły - wszystkie fazy lotu, od momentu poprzedzającego uruchomienie silnika, do momentu jego wyłączenia po wylądowaniu, zawierają **głównie zapisy odgłosów z kabiny**, utrwalane w tych samych momentach, w których prowadzona jest korespondencja radiowa z Kontrolą Ruchu Lotniczego, nagrywana przez rejestrator naziemny. Z tego powodu nagrania te pozwalają z wyższym stopniem prawdopodobieństwa interpretować zjawiska obserwowane w nagraniu pochodzącym ze zdarzenia oraz w porównawczych nagraniach korespondencji radiowej. Prawidłowa identyfikacja poszczególnych połączeń radiowych nawiązywanych pomiędzy samolotem i Kontrolą Ruchu Lotniczego możliwa jest dzięki temu, że wyrazistość i zrozumiałość mowy utrzymują się na poziomie na ogół wystarczającym. Ponadto możliwość powiązania momentów wykonywania widocznych czynności - szczególnie chwil nawiązywania korespondencji radiowej z lotniskową Kontrolą Ruchu Lotniczego - z nagraniami tej korespondencji utrwalonymi przez lotniskowy rejestrator naziemny, którą daje obraz (utrwalonym w tym samym czasie z dwóch różnych miejsc kabiny) zsynchronizowany z analizowanym dźwiękiem, jest dodatkowym narzędziem pozwalającym potwierdzić prawidłowość dokonywanej identyfikacji osób prowadzących korespondencję z kabiny samolotu. Należy jednak pamiętać, iż w niektórych fragmentach nagrań korespondencji radiowej obecne są zakłócenia i zniekształcenia, powodujące znaczącą lub całkowitą utratę zrozumiałości wypowiedzi.

Podsumowując należy stwierdzić, iż zakres możliwości wiarogodnego przeprowadzenia zleconych badań jest w przedmiotowej sprawie **limitowany ograniczeniami materiału pochodzącego ze zdarzenia**. Głównym czynnikiem je ograniczającym jest zbyt mała liczba i zbyt krótki czas trwania poszczególnych przerw między wypowiedziami, podczas trwającej łączności radiowej. Przerwy te są bowiem jedynymi fragmentami sygnału pozwalającymi przeanalizować odgłosy tła z kabiny samolotu, w chwilach bezpośrednio poprzedzających moment katastrofy.

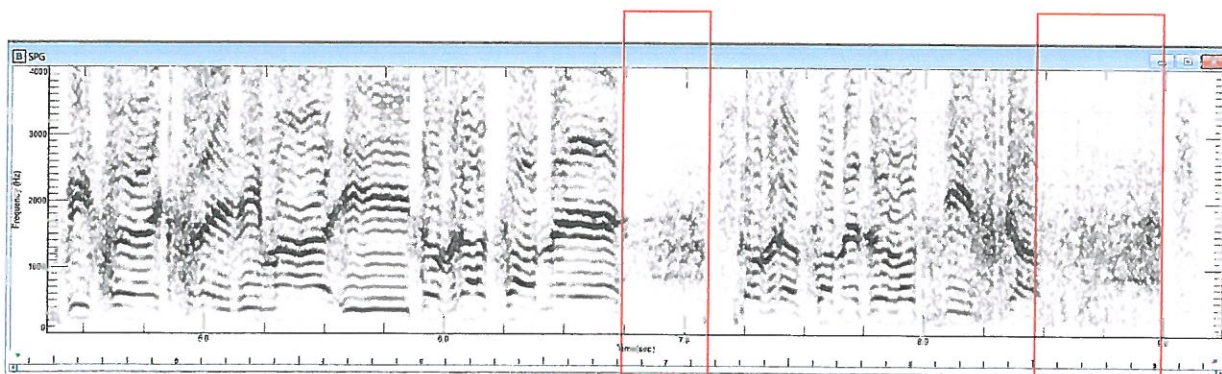
Badania zasadniczeAnaliza tła wypowiedzi utrwalonych w materiale dźwiękowym „ze zdarzenia”

1. Analiza pliku otrzymanego w charakterze „materiału ze zdarzenia”

(_2012-05-01_13-53-46_Kanał_01____[_nagranie_]____.wav).

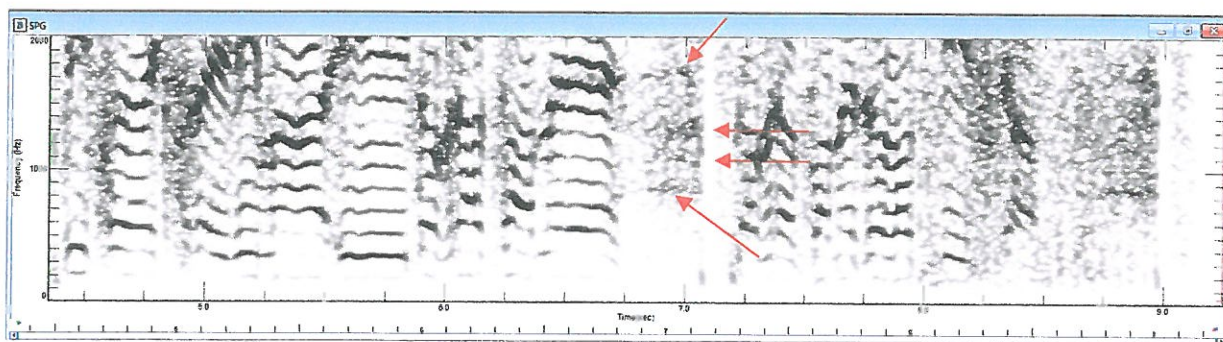
W przedmiotowym pliku ujawniono obecność tylko jednego fragmentu zawierającego zapis korespondencji radiowej kierowanej z samolotu Liberty XL2 SP-AXL do Kontroli Ruchu Lotniczego. Ten kierunek połączenia radiowego transmituje sygnał zawierający - oprócz mowy - odgłosy z kabiny. Fragment ten zawiera **dwa połączenia**, występujące jedno po drugim. Są one ostatnimi, bezpośrednio poprzedzającymi chwilę katastrofy tego samolotu. Czas trwania przedmiotowych połączeń wynosi odpowiednio: ok. 2,7 sekundy oraz ok. 1,9 sekundy.

Analiza przedmiotowych połączeń wykazała, iż sygnałem w nich dominującym jest sygnał mowy wypowiadającego się mężczyzny. W obrazie sonograficznym obszarów jego wypowiedzi, oprócz formantów mowy, nie można wyekstrahować żadnych innych wyraźnych składowych sygnału. Nie jest więc na tej podstawie możliwa analiza odgłosów z kabiny, obecnych tam w trakcie trwania wypowiedzi. Jedyną możliwość takiej analizy dają **dwa obszary pozbawione wypowiedzi**: pierwszy, rozpoczynający się w ok. 16,1. sekundzie badanego pliku (o czasie trwania wynoszącym ok. **0,37 sekundy**) i drugi, rozpoczynający się w ok. 17,8. sekundzie (o czasie trwania wynoszącym ok. **0,52 sekundy**) - patrz sonogram nr S.1.0.



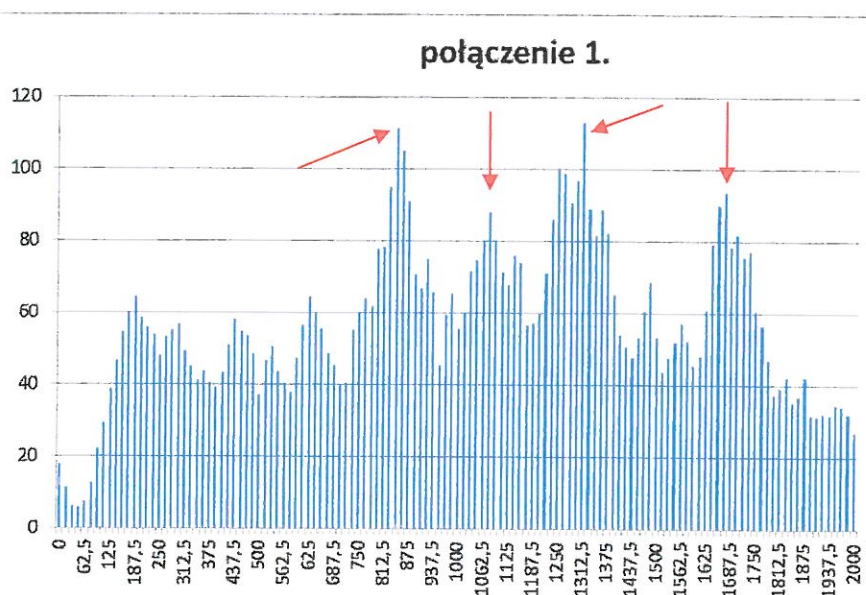
S.1.0. Sonogram dwóch ostatnich połączeń samolotu Liberty XL2 SP-AXL z KRL W-B.
(kolorem czerwonym wskazano dwa obszary pozbawione wypowiedzi)

Bliższa analiza obu tych obszarów wykazała, że w pierwszym z nich widoczne są trzy pasma o zwiększonej energii sygnału, przy czym pasmo środkowe jest wyraźnie szersze od pozostałych. Bardziej szczegółowy sonogram tego obszaru - wykonany w zakresie do 200 Hz - ujawnia faktyczne istnienie w tym miejscu dwóch pasm, o niejednakowej energii - patrz S.1.1. Zarówno odczyt z sonogramu, jak i odczyt maksimów widma (W.1.) tego fragmentu nagrania wskazują, że składowe o maksymalnej amplitudzie w obszarze tych czterech pasm w przybliżeniu przybierają wartości wynoszące: ok. 844 Hz, ok. 1078 Hz, ok. 1312 Hz i ok. 1672 Hz.



S.1.1. Sonogram **pierwszego** fragmentu, z dwóch ostatnich połączeń samolotu Liberty XL2 SP-AXL z KRL W-B, w zakresie do 2000 Hz.

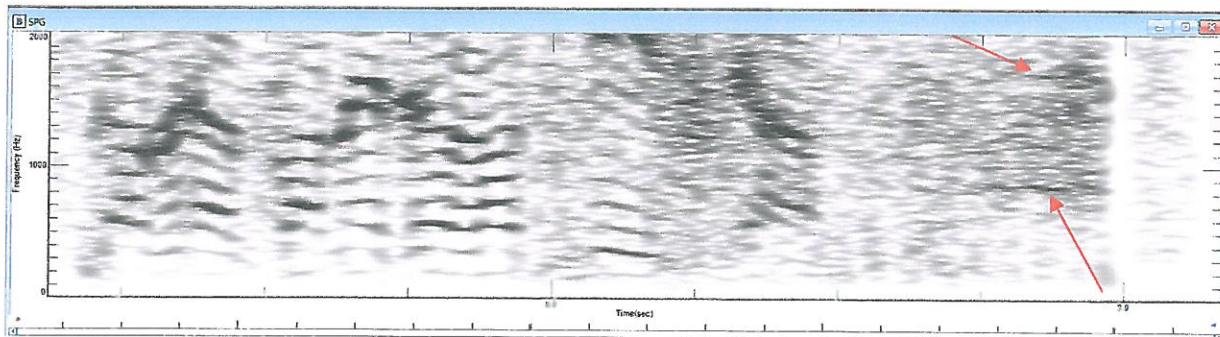
powiększenie pierwszego obszaru bez wypowiedzi;
czerwonymi strzałkami wskazano ślady widocznych w tle pasm zwiększonej energii sygnału



W.1. Widmo **pierwszego** obszaru pozbawionego wypowiedzi (wskazanego pierwszym czerwonym prostokątem na sonogramie S.1.0.) w zakresie do 2000 Hz.

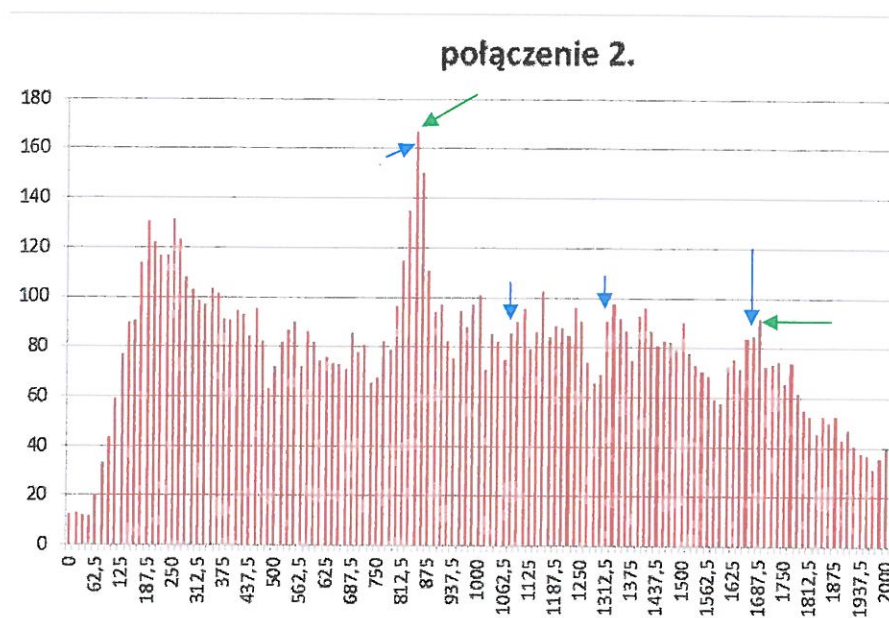
strzałki czerwone wskazują maksima widma w pasmach widocznych na sonogramie S.1.1.

Drugi z analizowanych obszarów, to ostatni zapis poprzedzający katastrofę. W nim jednak ujawnia się śladowa obecność podobnych pasm, o granicach znacznie bardziej niejednoznacznych, co jest widoczne na sonogramach S.1.0. oraz S.1.2., a także na wykresie widma tego fragmentu (W.2.). Przybliżone wartości dających się wyróżnić maksimów, to: ok. 844 Hz i 1688 Hz (por W.1.). Są one zbliżone do dwóch składowych wyróżniających się w sonogramie S.1.1. oraz wykresie W.1.



S.1.2. Sonogram **drugiego** fragmentu, z dwóch ostatnich połączeń radiowych samolotu Liberty XL2 SP-AXL z KRL W-B, w zakresie do 2000 Hz.

powiększenie drugiego obszaru bez wypowiedzi;
czerwonymi strzałkami wskazano ślady widocznych w tle pasm zwiększonej energii sygnału

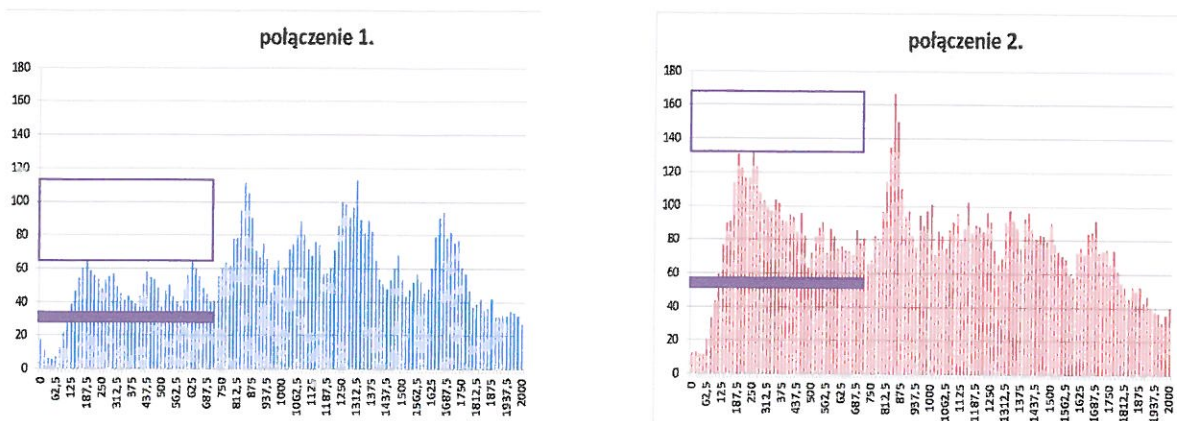


W.2. Widmo **drugiego** obszaru pozbawionego wypowiedzi (wskazanego drugim czerwonym prostokątem na sonogramie S.1.0.) w zakresie do 2000 Hz.

strzałki **niebieskie** wskazują te same częstotliwości widma, które na wykresie W.1. wskazane są strzałkami czerwonymi;
strzałki **zielone** wskazują widoczne maksima widma odpowiadające częstotliwościom 844 Hz oraz 1688 Hz (wskazywanym również na sonogramie S.1.2.).

Analiza widma tego fragmentu nagrania potwierdza brak możliwości jednoznacznego wskazania składowych o energii wyróżniającej je w stopniu porównywalnie wyraźnym do tego, jaki występuje w przypadku zobrazowanym na sonogramie S.1.1. oraz na wykresie W.1.

Dalsze różnice w rozkładzie energii sygnału tła obu analizowanych obszarów pozbawionych wypowiedzi ujawnia porównanie ich widm - patrz zestawienie Z.1.



Z.1. Zestawienie widm obszarów pozbawionych wypowiedzi z obu ostatnich połączeń radiowych samolotu Liberty XL2 SP-AXL z KRL W-B, w zakresie do 2000 Hz.

fioletowe prostokąty wskazują to samo pasmo w obu sygnałach, tj. od 0 Hz do ok. 718 Hz

Główne widoczne różnice, to:

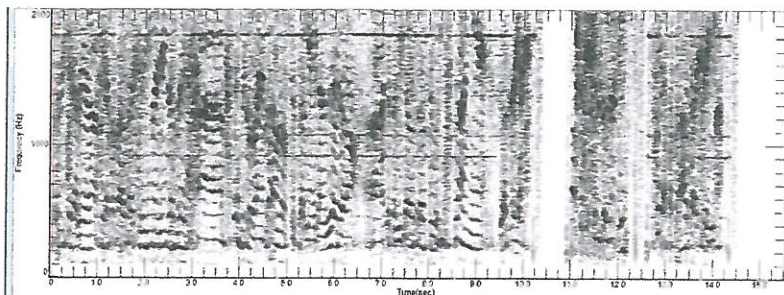
- większa energia sygnału w połączeniu 2.,
- inny charakter sygnału w przedziale częstotliwości od 0 - ok. 718 Hz (pasmo wskazywane przez prostokąty fioletowe),
- w połączeniu 2. mniejsza niż w połączeniu 1. różnica amplitudy najwyższego maksimum z przedziału 0 - ok. 718 Hz względem składowej 844 Hz (różnica wysokości większych fioletowych prostokątów).

2. Analiza porównawczych plików z naziemnego rejestratora lotniska Warszawa-Babice, z dnia katastrofy, tj. 1.05.2012 r.

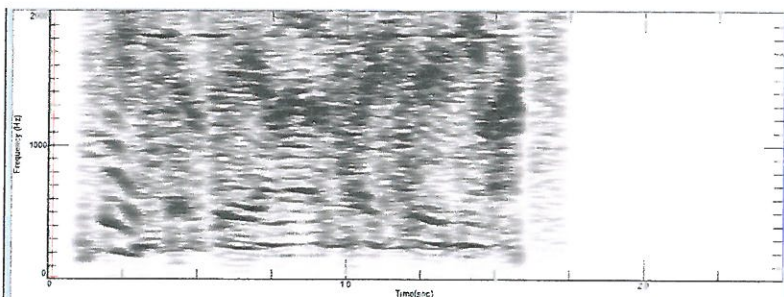
Z przedmiotowych plików wyekstrahowano wszystkie fragmenty korespondencji radiowej kierowanej z samolotu Liberty XL2 SP-AXL do Kontroli Ruchu Lotniczego lotniska Warszawa-Babice. Następnie przeprowadzono te same analizy ich obrazów sonograficznych, jak w punkcie 1. W wyniku tego stwierdzono:

- praktyczny brak przerw bez wypowiedzi, pozwalających na analizę samego tła,
- obecność widocznych na sonogramach śladów odgłosów tła tylko w niektórych połączeniach,
- zmienność tła, w tym nawet w obrębie jednego połączenia [np. patrz sonogram S.2.1.c)],
- powtarzanie się niektórych odgłosów tła w kilku różnych połączeniach.

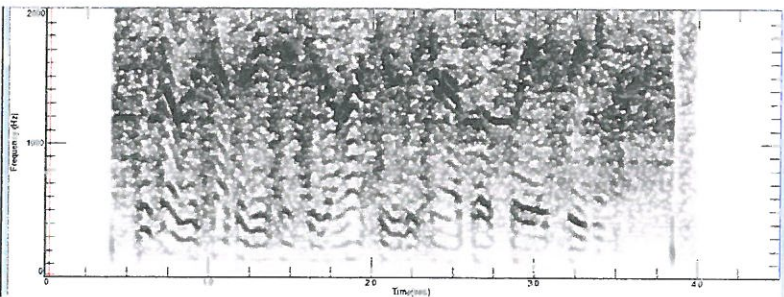
Tytułem przykładu poniżej zobrazowano część z nich:



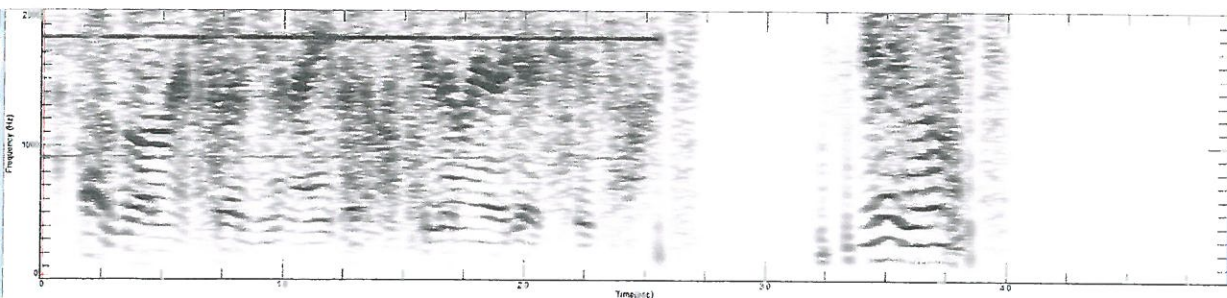
a) plik z godz. 11-16-10
widoczne częstotliwości:
ok.: 900, 1060, 1820 Hz



b) plik z godz. 11-17-08
widoczne częstotliwości:
ok.: 1820 Hz



c) plik z godz. 11-50-27
widoczne częstotliwości:
ok.: 856, 1174, 1712 Hz



d) plik z godz. 12-15-04 / widoczne częstotliwości: ok.: 904, 1804 Hz

S.2.1. Sonogramy wybranych fragmentów nagrań korespondencji samolotu Liberty XL2 SP-AXL z Kontrolą Ruchu Lotniczego Warszawa-Babice, z dnia 1.05.2012 r.

3. Analiza porównawczych plików rejestrowanych wewnątrz kabiny samolotu Liberty XL2 AXL SP-TZE, w dniu przeprowadzenia lotów eksperymentalnych, tj. 22.05.2013 r.

W dniu 22.05.2013 r., na lotnisku Warszawa-Babice, przeprowadzono dwa loty eksperymentalne, każdy polegający na wykonaniu jednego kręgu. Nagrania utrwalane wewnątrz kabiny są zapisami przebiegu obu lotów od chwili uruchomienia silnika samolotu na miejscu parkowania, do jego wyłączenia - po zakończeniu lotu - w tym samym miejscu parkowania.

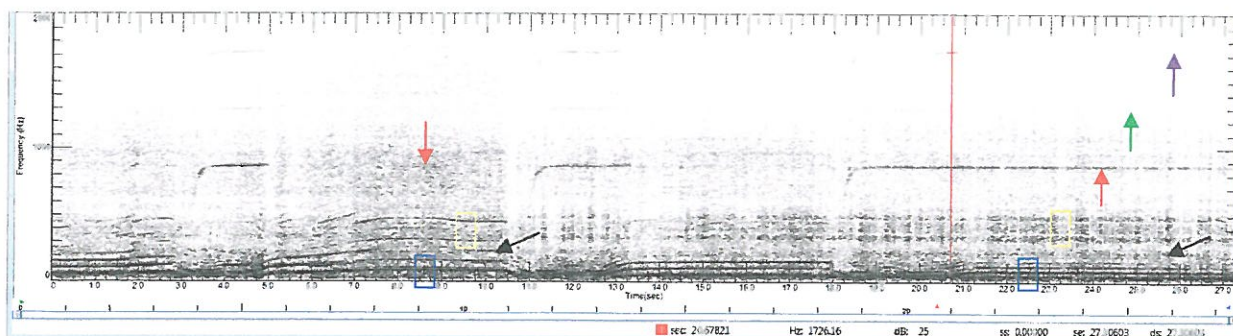
Na podstawie analizy przedmiotowych plików wideo i pliku audio:

- ustalono, które ich fragmenty odpowiadają plikom utrwalonym z tych lotów przez naziemny rejestrator korespondencji radiowej tego samolotu z Kontrolą Ruchu Lotniczego lotniska Warszawa-Babice,
- przeanalizowano odgłosy tła w tych fragmentach,
- potwierdzono, przez które osoby prowadzone były poszczególne fragmenty tej korespondencji,
- przeanalizowano odgłosy tła w całych plikach, pod kątem ustalenia zmian charakterystycznych dla poszczególnych faz lotu oraz ich powtarzalności.

Szczególną uwagę poświęcono odgłosom pracy pompy paliwowej, włączającej się przy spadku obrotów silnika poniżej wartości 1200 obr/min.

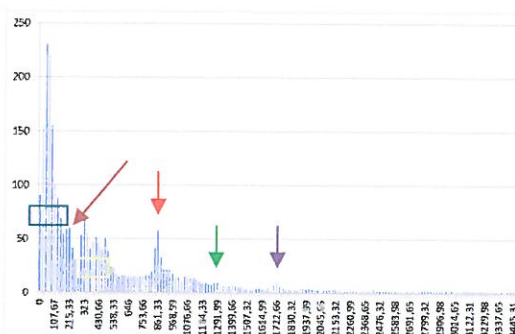
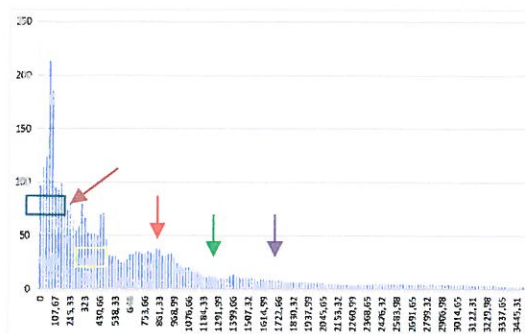
Stwierdzono, że pod tym względem najbardziej bogatym informacyjnie jest fragment zawierający zapis trzykrotnie występującego po sobie włączania się i wyłączania się pompy paliwowej, wynikającego ze zmian wartości obrotów silnika. Został on zarejestrowany w nagraniach z pierwszego lotu eksperymentalnego (z kręgu 1.) (przedmiotowy fragment rozpoczyna się w ok. 5. minucie 34. sekundzie, licząc od początku nagrania GOPR0852.MP4).

Zobrazowanie wyników analizy sonograficznej, powiązanej z analizą widmową przedstawiono poniżej (Z.3.1.). Strzałki i prostokąty tego samego koloru odnoszą się do tych samych zmiennych. Ich wartości zebrane są w tabeli. Dane zgromadzone po lewej stronie Zestawienia dotyczą lewego fragmentu sonogramu (niedziałania pompy), natomiast dane zgromadzone po prawej - jego części prawej (działania pompy).



widmo fragmentu bez śladu działania pompy;
pomiędzy pierwszym a drugim jej włączeniem się

widmo fragmentu z działającą pompą;
w obrębie trzeciego jej uruchomienia się



znacznik	częstotliwości sygnału	znacznik	częstotliwości sygnału
	pasmo: 0 - ok. 151 Hz		pasmo: 0 - ok. 151 Hz
	pasmo: ok. 301 - ok. 474 Hz		pasmo: ok. 301 - ok. 474 Hz
	ok. 215 Hz		ok. 215 Hz
	ok. 834 Hz i ok. 861 Hz		ok. 861 Hz
	ok. 1291 Hz		ok. 1291 Hz
	ok. 1701 Hz		ok. 1701 Hz

Z.3.1. Zestawienie wyników analizy porównawczej okresu niedziałającej i działającej pompy paliwowej.

Biorąc pod uwagę zakres częstotliwości, w którym w „materiale ze zdarzenia” ujawniają się jakiegokolwiek odgłosy z kabiny, wszystkie porównania przeprowadzano w paśmie do 2000 Hz. Analiza wyników powyższego zestawienia pokazuje, że:

- w obu przypadkach rozkład energii w paśmie częstotliwości niskich (do ok. 151 Hz; prostokąt granatowy) zachowuje bardzo zbliżony charakter,
- w obu przypadkach nieznacznie różni się rozkład częstotliwości w paśmie od ok. 301 Hz do ok. 474 Hz (prostokąt żółty; sonogram ujawnia ostrzejsze maksima podczas niedziałania pompy);

- składowa widma o częstotliwości wynoszącej ok. 215 Hz (strzałka brązowa) jest bezwzględnie oraz stosunkowo słabsza podczas pracy pompy paliwowej, niż wówczas, kiedy ona nie pracuje,
- w obu przypadkach ujawnia się składowa widma o częstotliwości wynoszącej ok. ok. 860 Hz (strzałka czerwona), jednak podczas pracy pompy - jako zdecydowane, ostre maksimum wąskiego pasma zwiększonej energii sygnału;
- w okresie, kiedy pompa nie pracuje, wyższe częstotliwości (powyżej ok. 900 Hz; strzałki zielona i fioletowa) nie ujawniają się wcale lub ujawniają się w sposób nikły.

4. Analiza porównawczych plików z naziemnego rejestratora lotniska Warszawa-Babice, z dnia przeprowadzenia lotów eksperymentalnych, tj. 22.05.2013 r.

W tym przedziale szczegółowe analizy widma sygnału wykonano dla kilku połączeń radiowych wybranych z każdego lotu eksperymentalnego. Wyselekcjonowano te połączenia, w których widoczne są składowe tła w zakresie częstotliwości do 2000 Hz. Równocześnie ustalono, czy w odpowiadających im fragmentach plików utrwalonych wewnątrz kabiny słyszalny jest charakterystyczny dźwięk działania pompy paliwowej.

Pliki zawierające korespondencję radiową zostały dobrane w ten sposób, aby dla każdego lotu eksperymentalnego pochodziły z tej samej fazy lotu (tych samych warunków pracy samolotu).

Porównano następujące pliki:

LOT 1.				LOT 2.			
plik z godz.	faza lotu	uwagi	wyraźne maksima widma	plik z godz.	faza lotu	uwagi	wyraźne maksima widma
11-32-17 poł. 2.	kołowanie do pasa	pracuje pompa	219 859 953 / 969 1047 1297 1718	12-56-44	kołowanie do pasa; obr. 1300	pompa nie pracuje	250 390 812 / 828 890 - 984 1063 1281 1484 1718

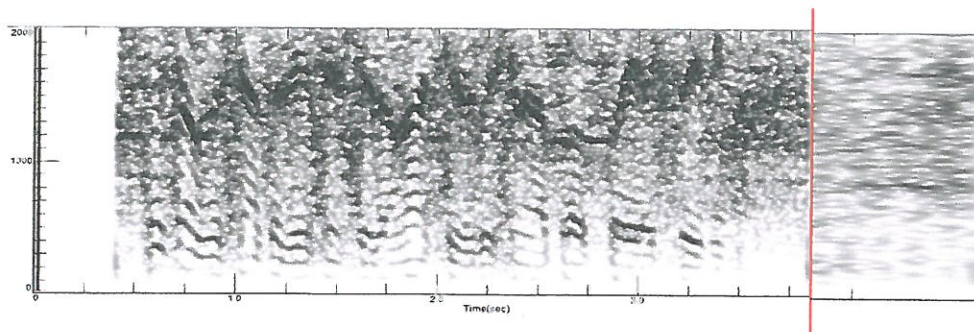
11-34-10	oczekiwanie u progu pasa na start	pracuje pompa	234 313 453 671 797 859 922 / 938 1000 1078 1719	-	-	-	-
11-35-21	tuż przed „trawersem”	pompa nie pracuje	563 656 718 859 953 1015 1188 / 1203 1328 1297	12-59-18	tuż przed miejszem uderzenia; obr. 2400	pompa nie pracuje	546 640 718 859 / 890 1046 1188 1281 1438
11-39-50	lot poziomy, wys 1800 f. ob. 2310	pompa nie pracuje	468 656 / 688 844 / 859 1015 - 1172 1281 1359 1484 1563	13-04-41	lot poziomy; obr. 2470	pompa nie pracuje	172 266 390 531 703 859 1078
-	-	-	-	13-08-05 poł. 2.	kołowanie po lądowaniu; obr. 1100	pracuje pompa	250 844 / 859 1078 1703

Powyższe zestawienie ilustruje przede wszystkim obecność wyraźnej składowej widma sygnału tła w okolicy wartości ok. **844** Hz i ok. **859** Hz praktycznie w każdym analizowanym pliku (poza jednym), **niezależnie** od fazy lotu i stanu pracy pompy paliwowej. Jest to równocześnie wartość najsilniejszej energetycznie składowej odgłosu towarzyszącego pracy pompy, w zakresie do 2000 Hz (patrz zestawienie Z.3.1.). W wielu przypadkach obecna jest również składowa o wartości ok. **1718** Hz.

Należy jednak przypomnieć, że - zgodnie z treścią zestawienia Z.3.1. - przy niepracującej pompie paliwowej również obecne są składowe w okolicach częstotliwości 850 Hz, aczkolwiek o wyraźnie słabszej energii.

Szczególnemu porównaniu poddano obraz sonograficzny **ostatniego połączenia** radiowego samolotu SP-AXL **przed katastrofą** z innym fragmentem korespondencji

radiowej **tego samego** samolotu, pochodzącym z **wcześniejszego** jego lotu z dnia katastrofy:



Z.4.1. Zestawienie fragmentu sonogramu z ostatniego w dniu katastrofy (1.05.2012 r.) połączenia radiowego samolotu **SP-AXL** (na prawo od czerwonej linii) z fragmentem sonogramu jego wcześniejszego połączenia radiowego w tym dniu, wykonanego podczas wcześniejszego lotu (na lewo od czerwonej linii).

prawa strona zestawienia:

plik z godz. 13-53-46 z dnia 1.05.2012 r.
widoczne częstotliwości, m.in.: ok.: 856, 1174, 1712 Hz;

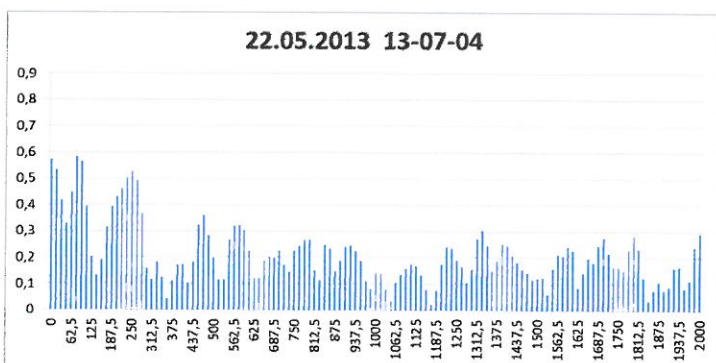
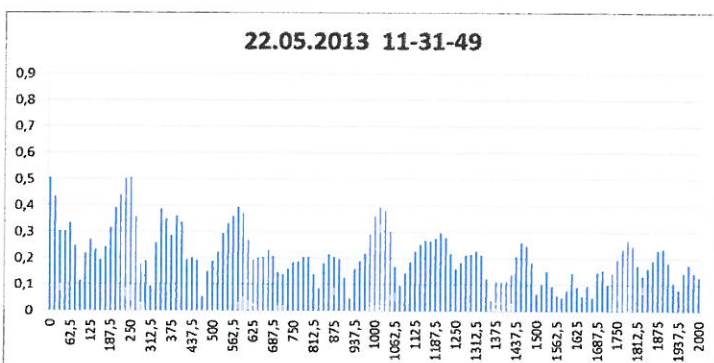
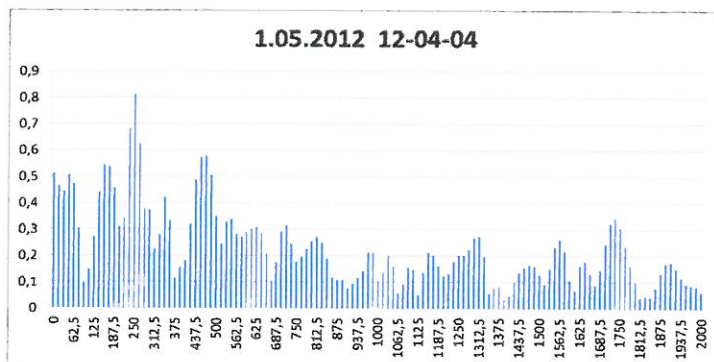
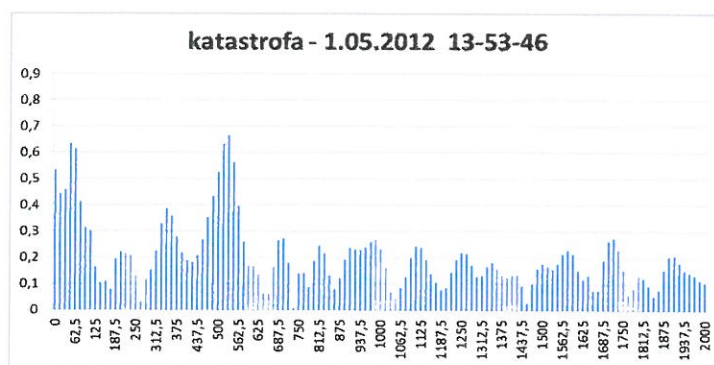
lewa strona zestawienia:

plik z godz. 11-50-27 z dnia 1.05.2012 r.
widoczne częstotliwości, m.in.: ok. 844, 1688 Hz.

Przeprowadzono także analizę widmową przerw rozdzielających kolejne połączenia radiowe, występujące w plikach utrwalonych przez naziemny lotniskowy rejestrator korespondencji radiowej, prowadzonej pomiędzy samolotami a Kontrolą Ruchu Lotniczego. Przedmiotowa analiza dotyczyła pasma do 2000 Hz, tego, w którym poprzednio analizowano sygnały połączeń radiowych.

W jej wyniku ustalono, że w analizowanym paśmie występuje wiele maksimów, jednak o znikomej energii. Na ogół też brak jest maksimów w okolicach częstotliwości 844 Hz. Częściej maksima widma występują w okolicach częstotliwości 1700 Hz. Charakter tych widm nie jest jednak ustabilizowany.

Poniżej przedstawiono widmo przerwy z pliku, w którym utrwalone zostały ostatnie dwa połączenia poprzedzające katastrofę samolotu SP-AXL w zestawieniu z losowo wybranymi przerwami z plików porównawczych (jednego z dnia katastrofy i dwóch z lotów eksperymentalnych).



Z.4.2. Zestawienie widma przerwy z pliku, w którym utrwalone zostały ostatnie dwa połączenia poprzedzające katastrofę samolotu SP-AXL w zestawieniu z losowo wybranymi przerwami z plików porównawczych (jednego z dnia katastrofy i dwóch z lotów eksperymentalnych).

WNIOSKI:

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdza się, że nie można jednoznacznie zidentyfikować odgłosów tła akustycznego, dostępnego w nagraniu dwóch ostatnich połączeń radiowych samolotu Liberty XL2 SP-AXL z Kontrolą Ruchu Lotniczego lotniska Warszawa-Babice, utrwalonym przez lotniskowy rejestrator naziemny w dniu katastrofy tego samolotu, tj. 1.05.2012 r., w pliku sygnowanym godziną 13-53-46.

Opracowali:

EKSPERT FONOSKOPII
INSTYTUTU TECHNICZNEGO
WOJSK LOTNICZYCH
Alicja Malanowicz
mgr inż. Alicja MALANOWICZ

[Signature]
KIEROWNIK
ZAKŁADU AWIONIKI
Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych
dr inż. Sławomir MICHALAK

EKSPERT FONOSKOPII
INSTYTUTU TECHNICZNEGO
Wojsk Lotniczych
Tomasz Prusik
mgr inż. Tomasz PRUSIK

[Signature]
ZASTĘPCA DYREKTORA
INSTYTUTU TECHNICZNEGO WOJSK LOTNICZYCH
ds. Organizacji i Technicznych
dr hab. inż. Mirosław KOWALSKI