



Article citation info:

Jafernik, H. The test programme concerning aircraft positioning and traffic monitoring – part I. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*. 2016, **90**, 91-98. ISSN: 0209-3324. DOI: 10.20858/sjsutst.2016.90.8.

Henryk JAFERNIK¹

THE TEST PROGRAMME CONCERNING AIRCRAFT POSITIONING AND TRAFFIC MONITORING – PART I

Summary. The article presents results of the researches of the range to determine of the transmission's data with using of the standard modems UHF Satellite on the transmission frequency of the 460 MHz and the regulating power 1-10W. Because of this reason there was created programme of the researches in the air. The researches revealed the possibility increase a range of monitoring and coordination of the airships on the distance of 80-120 km.

Keywords: modem, monitoring, range

PROGRAM PRÓB W LOCIE W ZAKRESIE OKREŚLANIA POZYCJI I MONITOROWANIA RUCHU STATKÓW POWIETRZNYCH – CZĘŚĆ I

Streszczenie. Artykuł prezentuje wyniki badań w zakresie wyznaczania zasięgu transmisji danych przy użyciu standardowych modemów UHF Satellite na częstotliwości transmisji 460 MHz i mocy regulowanej 1-10 W. W tym celu został stworzony program badań w powietrzu. Badania wykazały możliwość zwiększenia zasięgu monitorowania i koordynowania ruchu statków powietrznych na odległość 80-120 km.

Słowa kluczowe: modem, monitorowanie, zasięg

¹ Faculty of Transport, The Silesian University of Technology, Krasińskiego 13 Street, 40-019 Katowice, Poland. E-mail: henryk.jafernik@polsl.pl.

1. WSTĘP

W konstrukcji programu prób w locie przyjęto, że wykonane badania z użyciem statków powietrznych powinny dostarczyć danych pomiarowych do określenia:

- dokładności zobrazowania ruchu statków powietrznych na ziemi i w powietrzu,
- zasięgu w jakim monitorowanie ruchu statków powietrznych zachowuje praktycznie użyteczną dokładność i ciągłość zobrazowania ruchu i zarządzania nim,
- ciągłości zobrazowania ruchu statków powietrznych na ziemi i w powietrzu umożliwiającej skuteczne i bezpieczne zarządzanie tym ruchem na podstawie zobrazowania w systemie.

Dla realizacji tych zadań stworzono system monitorowania ruchu statków powietrznych składający się z trzech podstawowych komponentów funkcjonalnych:

- podsystemu pozycjonowania – pokładowych odbiorników GNSS, rozmieszczonych na statkach powietrznych i pojazdach naziemnych,
- podsystemu transmisji danych na statkach powietrznych, na pojazdach naziemnych i w centrach kierowania,
- podsystemu zobrazowania danych i zarządzania akcją (np. ratowniczą, sytuacją kryzysową).

Badanie zasięgu polega na określeniu odległości od naziemnego stanowiska kierowania (centrum kierowania CK) do (od) jakiej możliwie jest:

- zobrazowanie pozycji monitorowanego statku powietrznego,
- wymiana danych, niezbędnych do zarządzania lotem.

Zasięg, w jakim system umożliwia monitorowanie ruchu statków powietrznych, zachowując praktycznie użyteczną dokładność i ciągłość zobrazowania ruchu oraz możliwość zarządzania tym ruchem, jest badany dla:

- a) pojedynczych statków powietrznych i pojazdów znajdujących się w ruchu, monitorowanych z:
 - mobilnego naziemnego stanowiska kierowania lub
 - stacjonarnego,
- b) wielu statków powietrznych znajdujących się w ruchu, monitorowanych z naziemnego stanowiska kierowania, z których jeden spełnia funkcje retranslatora.

Zasięg badano na wybranych wysokościach lotu: 150 m, 300 m, 500 m i 900 m.

2. BADANIE HISTEREZY ZASIĘGU MONITOROWANIA RUCHU STATKU POWIETRZNEGO

Poszczególne zadania zrealizowano przez rozwiązywanie 3 oddzielnych bloków problemowych. Te bloki problemowe to:

- badanie histerezy zasięgu monitorowania,
- badanie zasięgu monitorowania ruchu statku powietrznego,
- badania dokładności, dostępności, ciągłości oraz wiarygodności systemu monitorowania ruchu statków powietrznych.

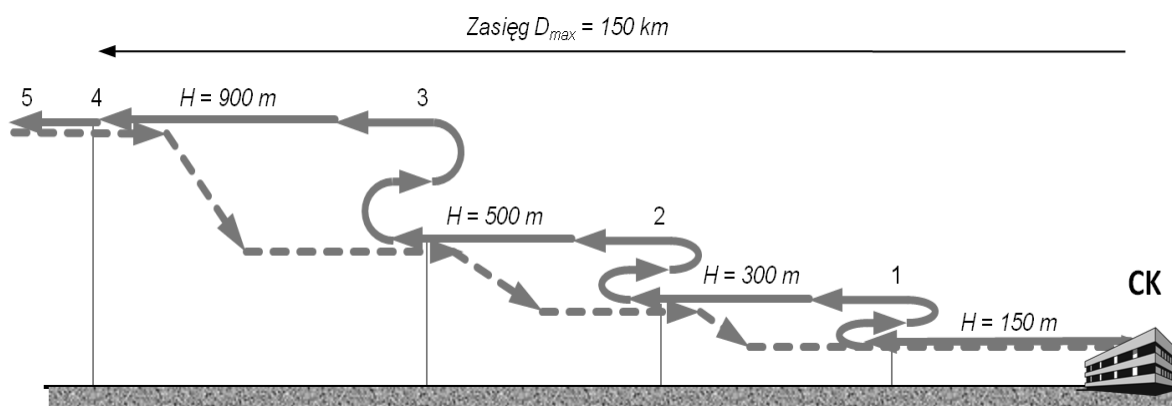
Badanie histerezy zasięgu monitorowania ruchu statku powietrznego przeprowadzono w locie o zmiennym profilu. Przyjęto prędkość przelotową statku powietrznego – 240 km/godz. i maksymalny zasięg 100 km, wysokość lotu od 0 do 900 m.

Uwarunkowania szczegółowe testu:

1. Po oszacowaniu czasu lotu (80 min.) przyjęto prędkość przelotową statku powietrznego – 240 km/godz. i maksymalny zasięg 100 km. Przy innych wartościach prędkości i zasięgu, czas lotu może różnić się od podanej wartości.
2. Lot może być wykonany z wykorzystaniem DGPS i (lub) bez DGPS – odpowiednio do potrzeb.
3. W wypadku zmiany miejsca zabudowy anteny urządzeń podsystemu transmisji danych lub istotnej zmiany właściwości anteny, zadanie należy wykonać ponownie.

Opis realizacji zadania

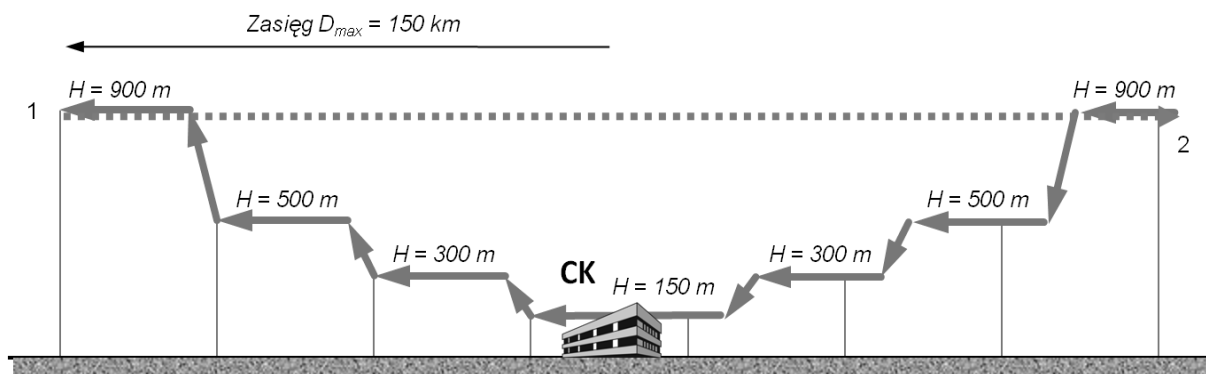
Po starcie statek powietrzny należy wyprowadzić nad punkt przy CK, w którym znajduje się antena podsystemu transmisji danych i przelecieć go z kursem odpowiadającym kierunkowi, na którym badany będzie zasięg monitorowania pozycji statku powietrznego i zasięg transmisji danych zarządzania ruchem tego statku w locie. Kryterium wyboru kierunku stanowi możliwość wykonania lotu na pełny zasięg ze zmianami wysokości od 150 m do 900 m.



Rys. 1. Schemat profilu lotu statku powietrznego SP1 w locie od CK (linia ciągła) i do CK (linia przerywana)

Statek powietrzny nad anteną podsystemu transmisji danych powinien mieć wysokość 150 m od poziomu terenu, na którym ona jest umieszczona. Lot należy wykonywać po prostoliniowej trasie od punktu CK w kierunku punktu 1 (w pierwszym locie, w kolejnych odpowiednio do punktu 3 lub 5 lub 7) do momentu stwierdzenia utraty transmisji danych o pozycji statku powietrznego lub utraty transmisji danych do zarządzania ruchem tego statku (zależnie od tego, która utrata wystąpi wcześniej). Od pozycji utraty transmisji danych na wysokości 150 m należy rozpocząć procedurę z nawrotem i dwoma zakrętami po 180°, z jednoczesnym naborem wysokości do 300 m. Czas lotu na kursie przeciwnym – 2 min. Po powrocie na pozycję utraty transmisji danych, teraz z wysokością 300 m, i po upewnieniu się o wznowieniu transmisji, kontynuować lot prostoliniowy w kierunku punktu 1 na tej wysokości do momentu stwierdzenia utraty transmisji danych o pozycji statku powietrznego lub utraty transmisji danych do zarządzania ruchem tego statku (zależnie od tego, która utrata wystąpi wcześniej). Od pozycji utraty transmisji danych na wysokości 300 m należy rozpocząć następną procedurę z nawrotem i dwoma zakrętami po 180°, z jednoczesnym naborem wysokości do 500 m. Czas lotu na kursie przeciwnym – 2 min. Po powrocie na pozycję utraty transmisji danych, teraz z wysokością 500 m, i po upewnieniu się o wznowieniu transmisji, kontynuować lot prostoliniowy w kierunku punktu 1 na tej wysokości, do momentu stwierdzenia utraty transmisji danych o pozycji statku powietrznego

lub utraty transmisji danych do zarządzania ruchem tego statku (zależnie od tego, która utrata wystąpi wcześniej). Od pozycji utraty transmisji danych na wysokości 500 m należy rozpocząć kolejną procedurę z nawrotem i dwoma zakrętami po 180°, z jednoczesnym naborem wysokości do 900 m. Czas lotu na kursie przeciwnym – 2 min. Po powrocie na pozycję utraty transmisji danych, teraz z wysokością 900 m, i po upewnieniu się o wznowieniu transmisji, kontynuować lot prostoliniowy w kierunku punktu 1 na tej wysokości, do momentu stwierdzenia utraty transmisji danych o pozycji statku powietrznego lub utraty transmisji danych do zarządzania ruchem tego statku (zależnie od tego, która utrata wystąpi wcześniej). Jeśli w czasie 3 min lotu od tego momentu (bez zmiany warunków lotu) nie nastąpi wznowienie transmisji danych, wykonać zakręt w kierunku punktu 2, bez zmiany wysokości. Po wykonaniu tego zakrętu kontynuować lot na wysokości 900 m po trasie do punktu 2.



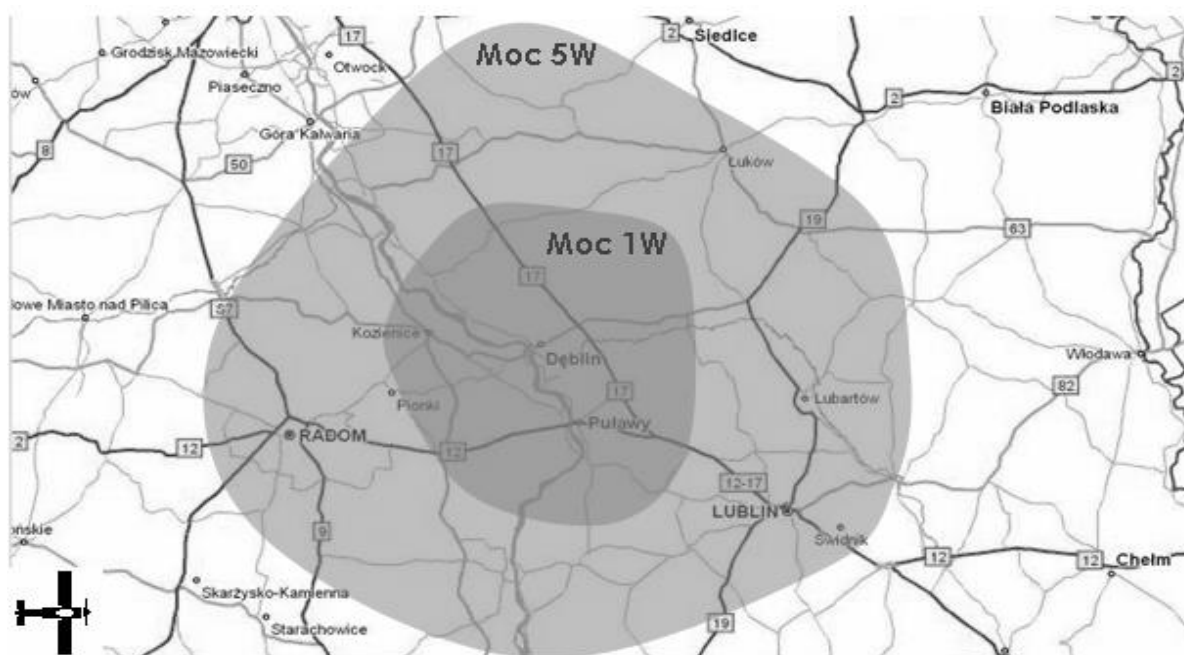
Rys. 2. Schemat profilu lotu statku powietrznego SP1

Przed punktem 2 wykonać zakręt na odcinek trasy od punktu 2 do punktu CK i upewnić się o braku transmisji danych. Po wznowieniu transmisji danych na tej wysokości i ustabilizowaniu tej transmisji, zmniejszyć energicznie wysokość do 500 m i upewnić się o utracie transmisji. Kontynuować lot na wysokości 500 m po trasie z kursem do CK. Po wznowieniu transmisji danych na tej wysokości i ustabilizowaniu tej transmisji, zmniejszyć energicznie wysokość do 300 m i upewnić się o utracie transmisji. Kontynuować lot na wysokości 300 m po trasie z kursem do CK. Po wznowieniu transmisji danych na tej wysokości i ustabilizowaniu tej transmisji, zmniejszyć energicznie wysokość do 150 m i upewnić się o utracie transmisji. Kontynuować lot na wysokości 150 m z kursem do CK. Po wznowieniu transmisji danych na tej wysokości i ustabilizowaniu tej transmisji można rozpocząć manewrowanie do zakończenia lotu.

Po cyklu badań z CK przeprowadzono badania z MCK. W tym przypadku po starcie statek powietrzny należy wyprowadzić nad MCK, w którym znajduje się antena podsystemu transmisji danych i przelecieć go z kursem odpowiadającym kierunkowi, na którym badany będzie zasięg monitorowania pozycji statku powietrznego i zasięg transmisji danych zarządzania ruchem tego statku w locie. Opracowane do realizacji badań urządzenia wraz z ich oprogramowaniem pozwoliły na przeprowadzenie badań i zgromadzenie materiałów do weryfikacji przyjętych założeń. Jeden z trudniejszych elementów do rozwiązania stanowiła kwestia transmisji danych pomiędzy użytkownikami systemu. Niezawodność, odpowiedni zasięg stanowią o użyteczności i przydatności badanego systemu.

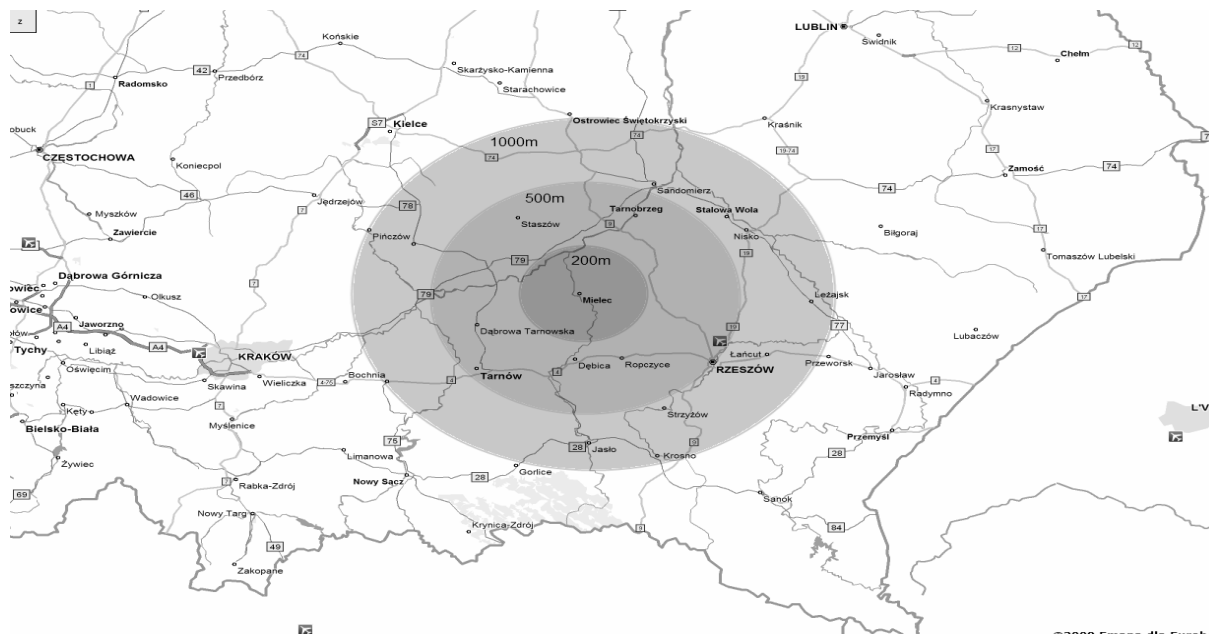
3. BADANIA ZASIĘGU PRZESYŁANIA DANYCH

Zgodnie z przyjętymi założeniami, przeprowadzono badania zasięgu przesyłania danych za pomocą różnych rodzajów mediów. Warunek suwerenności mediów zdecydował o przyjęciu do transmisji danych łączności radiowej w zakresie fal UHF. Telefonię GSM potraktowano jako zapasową (awaryjną). W czasie testów użyto standardowych modemów UHF Satellite na częstotliwości transmisji 460 MHz i mocy regulowanej od 1 do 10 W. Modemy te zamontowano zarówno w samolotach, jak i w samochodach. Następnie wykonano wiele jazd i lotów testowych w celu określenia zasięgu poprawnej transmisji danych zgodnie z opracowanym programem lotów testowych. Poniższe schematy przedstawiają zarejestrowane zasięgi dla nadajników o mocach 1W i 10 W.



Rys. 3. Zasięg transmisji danych w relacji samolot-stacja naziemna, moc 1 i 5 W
(wysokość lotu – 300 m)

Loty testowe wykonano na wysokościach od 100 do 1000 m. Wybór tego przedziału wysokości argumentowano faktem najczęstszego wykonywania lotów przez lotnictwo ogólne i przez lotnictwo służb porządku publicznego. Lotnictwo liniowe, poza elementem podejść końcowych i procedur odlotowych na ogół z tych przedziałów wysokości nie korzysta. Nie ma więc kolizji interesów pomiędzy poszczególnymi użytkownikami przestrzeni powietrznej. Ponadto należy zwrócić uwagę, że właśnie na tych wysokościach najtrudniej o wsparcie systemów radionawigacyjnych, a nawet systemów satelitarnych (szczególnie poza linią Wisły). Fakt ten będzie utrudniał monitoring obiektów oraz możliwość zarządzania ruchem większej liczby obiektów w tym rejonie.

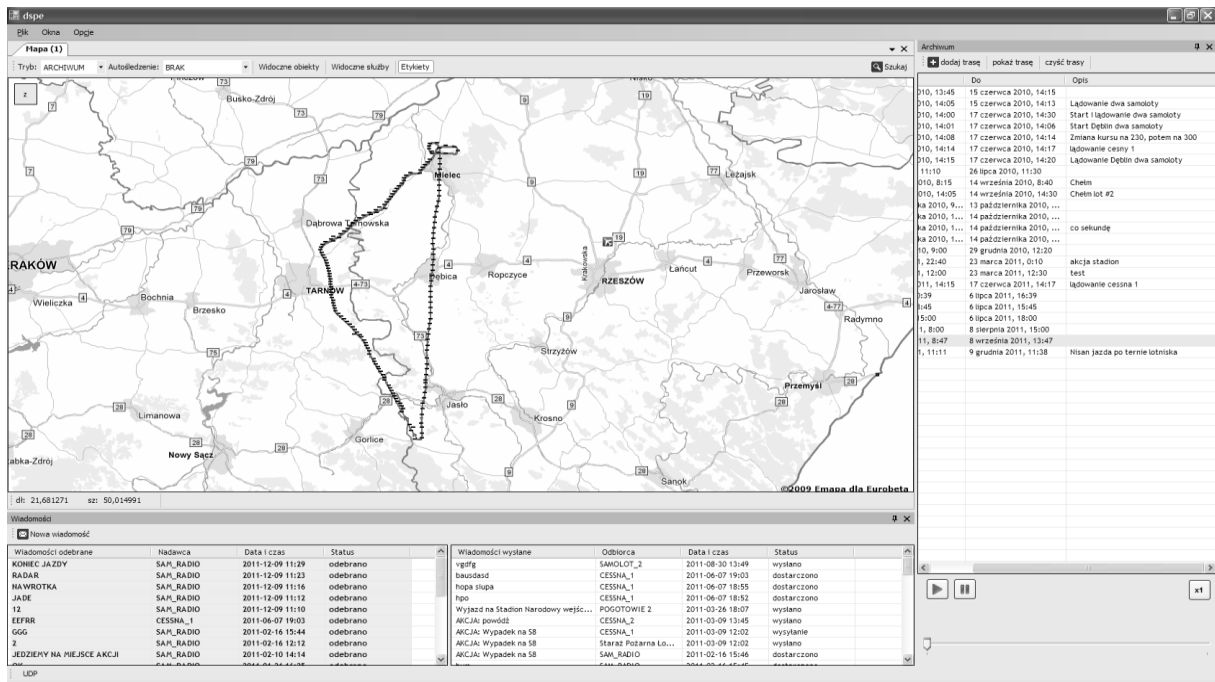


Rys. 4. Zasięg transmisji danych w relacji samolot – stacja naziemna, moc 10 W

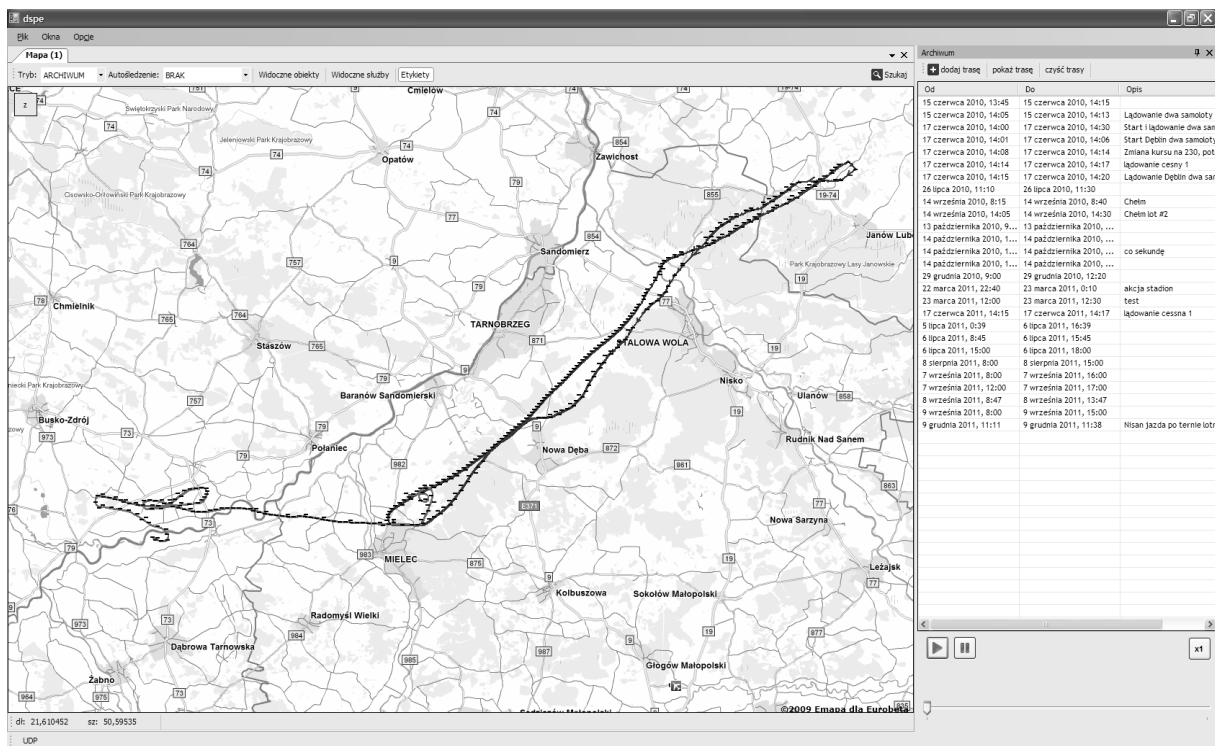
Uzyskane wykresy zasięgów odnoszą się do tego typu rejonów. Prezentowane na rysunkach 5 i 6 zasięgi zostały obliczone dla samolotu Cessna 172, samolotu Piper Seneca PA34-200T oraz samochodu Nissan Pathfinder, przy prędkości transmisji 19200 bps. W testach wykorzystano modulację FSK, pasmo 25 kHz, typ emisji F1D. Z rysunków widać, że zasięg systemu monitorowania ruchu obiektów z wykorzystaniem GNSS-u jest w miarę równy we wszystkich kierunkach, zarówno dla samolotów, jak i samochodów, i wynosi odpowiednio dla samolotu przy mocy równej 1W – około 20-25 km, dla mocy równej 5 W – około 50-60 km, natomiast dla samochodu przy mocy równej 1W – około 10-12 km, dla mocy równej 5 W – około 17-20 km. Po zwiększeniu mocy nadajnika do 10 W uzyskano zasięgi odpowiednio na wysokości 200 m – 40 km, na wysokości 500 m – 60 km oraz na wysokości 1000 m około 80 km. Reasumując, otrzymane zasięgi mogą być satysfakcjonujące dla samolotu, natomiast w przypadku samochodu należy wykorzystać retlanslator lub GPRS.

4. WNIOSKI

Wykonanie lotów i jazd testowych pozwoliło całościowo sprawdzić łącza radiowe w wyznaczaniu dokładności, ciągłości i dostępności tworzonego systemu. Podczas prac badawczych zarejestrowano trajektorie lotów samolotów oraz trasy jazd samochodu nanosząc je na podkład mapowy na bazie siatki WGS84. Uzyskane w ten sposób charakterystyki posłużyły do analiz dokładnościowych systemu monitorowania ruchu statków powietrznych i pojazdów. Loty testowe wykonano z różnych lotnisk zlokalizowanych w terenie nizinnym (Dęblin, Chełm, Mielec) i górzystym (Nowy Targ).



Rys. 5. Rejestracja trasy lotu samolotu Piper Seneca PA34-200T (badanie zasięgu transmisji danych)



Rys. 6. Rejestracja trasy lotu samolotu Piper Seneca PA34-200T (badanie zasięgu transmisji danych)

References

1. Ciećko A., G. Grunwald, R. Kaźmierczak, S. Oszczak, M. Grzegorzewski, J. Ćwiklak. 2011. „Wykorzystanie oprogramowania RTKLIB do badania dokładności systemu EGNOS”. [In Polish: “The use of software RTKLIB to audit the accuracy of EGNOS”]. *Logistyka* 6: 503-511.
2. Ciećko A., S. Oszczak, M. Grzegorzewski, J. Ćwiklak. 2011. „Wyznaczenie pozycji statku powietrznego oraz dokładności z wykorzystaniem systemu EGNOS w Polsce wschodniej”. [In Polish: “Determination of the position of the aircraft and accuracy with the use of EGNOS in eastern Poland”]. *Logistyka* 6: 617-624.
3. Ćwiklak J. 2010. „Monitorowanie ruchu statków powietrznych i pojazdów służb porządku publicznego z wykorzystaniem GNSS - cz. I. [In Polish: „Monitoring the movement of aircraft and vehicles to law and order with the use of GNSS – part I]. *Logistyka* 6: 601-610.
4. Ćwiklak J., A. Ciećko, S. Oszczak, M. Grzegorzewski, H. Jafernik. 2011. „Wykorzystanie systemu EGNOS na potrzeby nawigacji lotniczej w Polsce wschodniej”. [In Polish: “The use of EGNOS for the purpose of air navigation services in Eastern Poland”]. *Problemy eksploatacji* 1: 57-64.
5. Grunwald G., R. Kaźmierczak, S. Oszczak, A. Ciećko, M. Grzegorzewski, J. Ćwiklak. 2011. „Wykorzystanie systemu EGNOS w nawigacji lotniczej w aspekcie uruchomienia serwisu Safety-Of-Life”. [In Polish: „The use of EGNOS in air navigation services in the context of commissioning Safety-Of-Life”]. *ABID* 16: 133-142.
6. Spits J. “Total Electron Content reconstruction using triple frequency GNSS signals”. Dissertation thesis. Université de Liège, Belgium, 2011.
7. IGS Central Bureau. Available at: <ftp://igsb.jpl.nasa.gov/igsb/product/>.

Received 23.07.2015; accepted in revised form 29.12.2015



Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License