



Dariusz KARCZMARZ¹ ORCID 0000-0002-3583-2195,
dariusz.karczmarz@itwl.pl – corresponding author
Przemysław MAŁDRZYCKI¹ ORCID 0000-0002-6672-5325,
przemyslaw.madrzycki@itwl.pl
Henryk SZKUDLARZ¹ ORCID 0000-0001-8735-9961, henryk.szukdlarz@itwl.pl
Stanisław GRZYWIŃSKI² ORCID 0000-0002-3061-608X,
stanislaw.grzywinski@wat.edu.pl
Maciej PODCIECHOWSKI² ORCID 0000-0001-5632-0626,
maciej.podciechowski@wat.edu.pl
Stanisław ŻYGADŁO² ORCID 0000-0003-2019-5872, stanislaw.zygadlo@wat.edu.pl
¹Air Force Institute of Technology (Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych), Poland
²Military University of Technology (Wojskowa Akademia Techniczna), Poland

WYKORZYSTANIE ZMODERNIZOWANEJ APARATURY OBLOTU TECHNICZNEGO ZAINSTALOWANEJ NA SAMOLOCIE SONEX LL DO OBLOTU STACJI NAPROWADZANIA RAKIET SYSTEMU NEWA

Use of modernized flight test equipment onboard of SONEX LL aircraft to fly the Newa Missile Guidance System

Streszczenie: W artykule omówiono modernizację aparatury do przeprowadzania oblotów technicznych Przeciwlotniczego Zestawu Raketowego NEWA SC (SA-3 Goa – kod NATO) polegającą na zastąpieniu samolotu TS-11 Iskra samolotem SONEX LL oraz przystosowaniu zestawu aparatury oblotowej montowanej dotychczas na TS-11 Iskra do nowego samolotu-nosiciela. Przeprowadzono badania porównawcze w warunkach poligonowych, które potwierdziły poprawność przyjętych rozwiązań technicznych.

Słowa kluczowe: aparatura oblotu technicznego, stacja naprowadzania rakiet, dynamiczna kontrola parametrów technicznych SNR



Abstract: *The article discusses the modernization of the Anti-Aircraft Missile System NEWA SC (SA-3 Goa – NATO code) flight test equipment, consisting in replacing the TS-11 Iskra aircraft with the SONEX LL aircraft and adapting the set of flight test equipment previously mounted on the TS-11 Iskra to the new carrier aircraft. Comparative tests were carried out in field conditions, which confirmed the correctness of the adopted technical solutions.*

Keywords: technical flight equipment, guidance station, dynamic control of missile guidance station technical parameters

Received: October 16, 2023/ Revised: October 23, 2023/ Accepted: November 10, 2023/ Published: December 28, 2023

1. Wprowadzenie

Głównym celem pracy przedstawionej w niniejszym artykule było rozwiązanie problemu kontynuacji oblotów technicznych stacji naprowadzania rakiet (SNR), związanego z wyczerpaniem dotychczasowej formuły ich prowadzenia (m.in. związanych z zakończeniem eksploatacji samolotów TS-11 Iskra dostosowanych do oblotów SNR). Problem został podjęty przez zespół zadaniowy złożony ze specjalistów wojsk opl (obrony przeciwlotniczej), ITWL i WAT. Celem pracy zespołu było przeprowadzenie analizy dostępnych do wykorzystania platform powietrznych do przenoszenia aparatury pomiarowej oraz opracowanie wymagań funkcjonalnych dla nowej aparatury, umożliwiającej rejestrację dodatkowych parametrów technicznych. Efektem wdrożeniowym pracy było opracowanie kompletnego systemu do prowadzenia oblotów technicznych SNR, bazującego na lekkim samolocie klasy GA (General Aviation) krótkiego startu i lądowania oraz zmodernizowanej aparatury kontrolno-pomiarowej.

Oblot techniczny SNR Przeciwlotniczego Zestawu Rakietowego (PZR) NEWA SC jest przeznaczony do dynamicznej kontroli parametrów technicznych i oceny jej przydatności do pracy bojowej. Do oblotów SNR wykorzystuje się samolot z zamontowanym na pokładzie zestawem aparatury oblotowej (ZAO), która składa się z bloku radiokierowania UR-20, zespołu anten rakiety 5W27 [3], przetwornicy napięcia i elementów sterowania.

W czasie lotu na kursie zbliżeniowym SNR wprowadza się w tryb automatycznego śledzenia sygnału odbitego od celu (samolotu). Ponieważ samolot i rakietka znajdują się w tym samym punkcie przestrzeni powietrznej, współrzędne celu i rakiety w każdej płaszczyźnie pomiarowej powinny się pokrywać, a więc wyznaczone przez SNR współrzędne celu i rakiety powinny być identyczne. Ze względu na fakt, że proces pomiaru współrzędnych w radiolokacji jest procesem stochastycznym (losowym) oraz ze względu na [5]:

- metodę pomiaru współrzędnych kątowych – metoda szybkiego przeszukiwania przestrzeni,

- różne tory przetwarzania sygnału w kanale celu i rakiety,
- różne algorytmy określania współrzędnych celu i rakiety,

może powstać rozbieżność (błąd) w określaniu współrzędnych. Zadaniem oblotu jest skorygowanie składowej systematycznej tego błędu oraz sprawdzenie wielkości losowej (odchylenia standardowego) rozbieżności pomiaru współrzędnych celu i rakiety.

Dokładność pomiaru współrzędnych celu i rakiety zależy od wielu czynników, które można podzielić na trzy grupy [5]:

1. Błąd zależny od błędów aparaturowych, takich jak:
 - a) szумы własne urządzeń (np.: odbiornika, układu nadążnego),
 - b) niestabilność parametrów elementów i zespołów stacji (np.: przenoszenia amplitudy i fazy przez układy torów mikrofalowych oraz tory p.cz),
 - c) dyskretność informacji,
 - d) luzy napędów mechanicznych,
 - e) opory mechaniczne w układach napędowych,
 - f) dokładność przetworników informacji kątowej;
2. Błąd zależny od parametrów celu i rakiet:
 - a) błąd dynamiczny (niedoskonałość układu śledzącego),
 - b) fluktuacja amplitudy sygnałów echa,
 - c) fluktuacja kąta;
3. Błąd zależny od propagacji fal:
 - a) odbicia od chmur i powierzchni Ziemi,
 - b) niejednorodność ośrodka propagacji (dyfrakcja, refrakcja fal).

Wartość rozbieżności położenia celu i rakiety na całej długości lotu samolotu jest zapisywana przez aparaturę rejestrującą SNR. Analiza otrzymanego w ten sposób procesu stochastycznego pozwala określić błędy fluktuacyjne oraz systematyczne pomiaru różnicy współrzędnych celu i rakiety. Analiza przebiegu tego procesu oraz wartości błędów systematycznych i fluktuacyjnych pozwala ocenić stan techniczny SNR i jej przydatność bojową.

2. Modernizacja aparatury do przeprowadzenia oblotów technicznych PZR NEWA SC

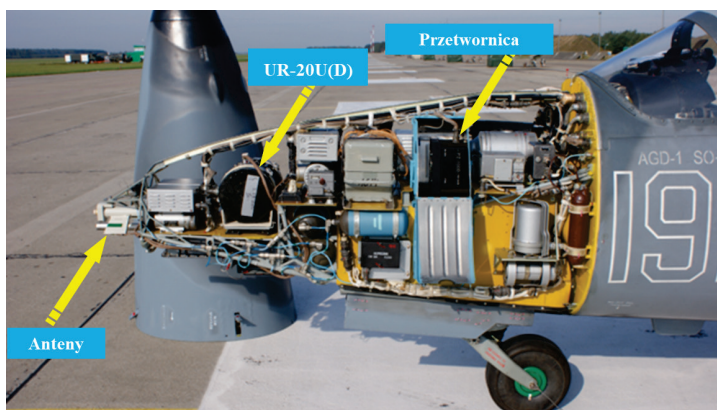
Przed oblotem, na lotnisku, za pomocą ruchomej stacji kontrolno-pomiarowej (RSKP) sprawdza się aparaturę oblotową montowaną na pokładzie samolotu. Sprawdzenie to wykonuje obsługa RSKP z jednostki realizującej zadania poligonowe. Pozytywny wynik badania umożliwia rozpoczęcie oblotu technicznego stacji naprowadzania rakiet.

2.1. Zestaw aparatury stosowanej do oblotów technicznych

Aparatura stosowana dotychczas do oblotów technicznych SNR była przystosowana do instalacji w kadłubie samolotu TS-11 Iskra. Na rys. 1 pokazano wybrane bloki aparatury ZAO (zestaw aparatury oblotowej) wraz z przetwornicą napięcia, natomiast na rys. 2 przedstawiono schemat rozmieszczenia zasadniczych podzespołów ZAO na kratownicy kadłuba samolotu TS-11 Iskra [6].



Rys. 1. Widok aparatury ZAO [1]



Rys. 2. Rozmieszczenie zasadniczych podzespołów ZAO na kratownicy kadłuba samolotu TS-11 Iskra [fot. ITWL]

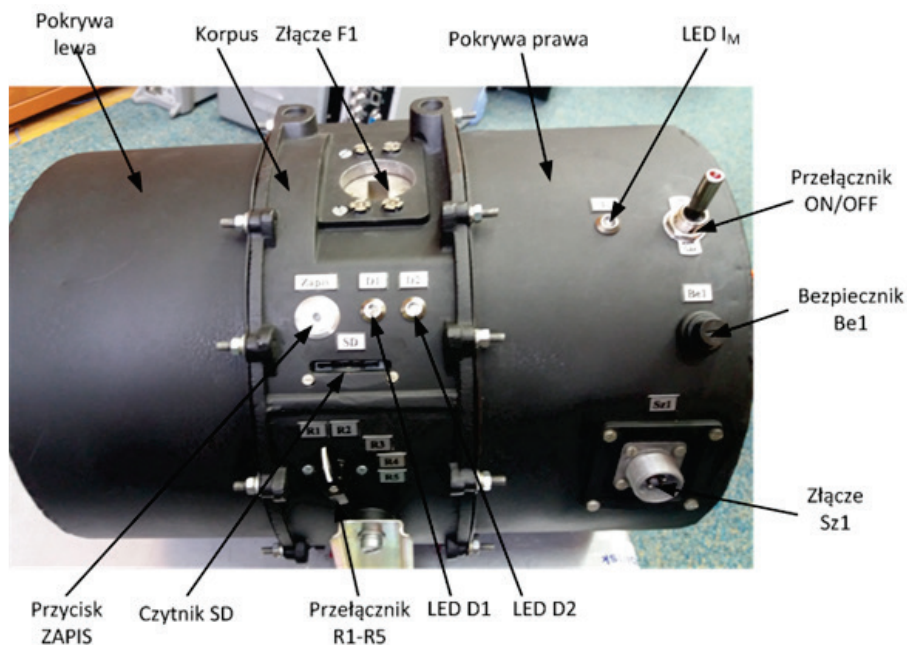
W celu uruchomienia ZAO na pokładzie samolotu należy włączyć, na pulpicie sterowania i sygnalizacji, przełącznik podający napięcie pokładowe +27V do przetwornicy napięcia, która zamienia je na napięcie zmienne ~115V, 1000 Hz niezbędne do zasilania urządzenia ZAO. Z wyjścia przetwornicy napięcie to podawane jest do bloku UR20

znajdującego się w części przedniej kadłuba. Po upływie ok. 30 s z układu zwłoki do bloku UR20 podawane jest napięcie +27V włączające napięcia anodowe lamp tego bloku. Gdy samolot znajdzie się w strefie zasięgu radionadajnika komend przeciwlotniczego zestawu raketowego NEWA SC, antena odbiorcza UR-2K bloku UR20 odbiera sygnały zapytania. Sygnały te są przekazywane do bloku UR20, w którym uruchamiają nadajnik impulsów odzewowych. Impulsy mocy w.cz., poprzez antenę nadawczą UR-1KW, wysyłane są w kierunku stacji zapytującej. Wyłączenia ZAO należy dokonać w odwrotnej kolejności [7].

2.2. Aparatura oblotu technicznego (modernizacja ZAO)

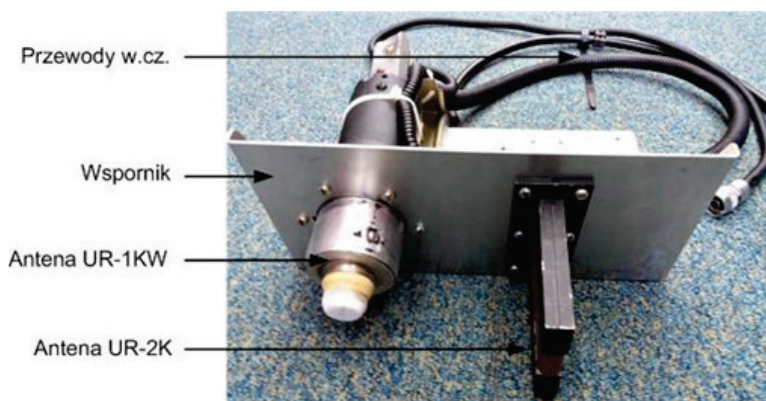
Problematyka poprawy warunków oblotów SNR była analizowana i monitorowana przez specjalistów z ITWL. Dostrzegając ryzyko związane z utrzymaniem zdolności do realizacji oblotów technicznych, podjęto prace badawcze mające na celu modernizację ZAO celem dostosowania jej do instalacji na pokładzie nowej platformy powietrznej.

W wyniku prac zrealizowanych w latach 2015–2017 przez zespół ITWL i firmę MG-Electronic opracowano nową aparaturę, którą poddano badaniom w locie z wykorzystaniem samolotu SONEX LL („Latające Laboratorium”) na Centralnym Poligonie Sił Powietrznych (CPSP) USTKA.



Rys. 3. Widok bloku AOT [fot. ITWL]

Konstrukcja mechaniczna bloku aparatury oblotu technicznego (AOT) wykonana jest w oparciu o oryginalną obudowę bloku UR20 (rys. 3). W skład bloku wchodzi korpus, wewnątrz którego znajdują się pakiety aparatury, magnetron, czytnik SD, przełącznik częstotliwości pracy AOT, przycisk ZAPIS oraz diody LED D1 i D2. Korpus przykryty jest pokrywami. W prawej pokrywie korpusu umieszczono złącze zasilania Sz1, przełącznik zasilania ON/OFF, bezpiecznik oraz diodę LED IM. Konstrukcję zespołu anten również oparto na oryginalnych antenach: odbiorczej UR-2K i nadawczej UR-1KW zamocowanych na wspólnym wsporniku (rys. 4).

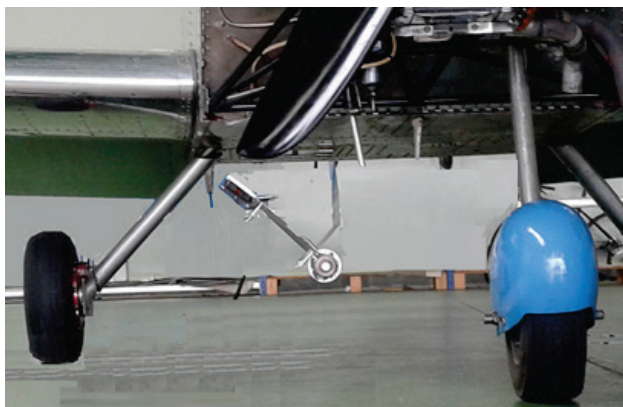


Rys. 4. Elementy zespołu anten [fot. ITWL]

Sposób zabudowy aparatury i anten na pokładzie samolotu przedstawiają rys. 5 i 6.



Rys. 5. Zabudowa bloku AOT w kokpicie samolotu SONEX LL [fot. ITWL]



Rys. 6. Zespół anten zabudowanych pod kadłubem samolotu [fot. ITWL]

Samolot ze zmodernizowaną aparaturą oblotową umieszczoną na pokładzie umożliwia:

- określanie jego współrzędnych przez aparaturę odbiorczą SNR na podstawie parametrów impulsów odbitych od samolotu:
 - odległość wykrycia samolotu z AOT,
 - odległość stabilnego automatycznego śledzenia samolotu z AOT,
 - równoległość osi optycznej kamery telewizyjnej (głowicy optoelektronicznej) z osią elektryczną anteny UW10,
 - błędy systematyczne i fluktuacyjne wzajemnego położenia AOT i samolotu w płaszczyznach ϕ_1 , ϕ_2 oraz odległości D do samolotu i rakiety;
- odbiór impulsów zapytujących z SNR i generowanie impulsów odzewowych w.cz., które są przekazywane w kierunku stacji naprowadzania raket w celu określania współrzędnych rakiety (AOT);
- sprawdzenie ciągłości przechodzenia komend sterowania (komendy kierowania i komendy jednorazowe) z SNR do rakiety (AOT) w dwóch kanałach sterowania, (jedna stacja może jednocześnie kierować dwiema raketami naprowadzanymi do jednego celu). Kierowanie każdą raketą według kursu i pochylenia odbywa się jednocześnie za pomocą komend K1 i K2. Wartość i znak komendy określa się stosunkiem czasu przekazywania każdej częstotliwości w okresie powtarzania. Komendy jednorazowe K3 i K6 są przekazywane na częstotliwości, którą są modulowane częstotliwości komend K1 i K2. Impulsy zapytujące są przekazywane na tej samej częstotliwości, co komendy kierowania w czasie przerw sygnału ciągłego komend kierowania;
- sprawdzenie AOT za pomocą aparatury kontrolnej 5R43 zamontowanej na ruchomej stacji kontrolno-pomiarowej (RSKP). Aparatura ta imituje tor odbiorczy SNR dla sygnału odzewowego oraz radiowy nadajnik komend.

2.3. Narzędzia wspierające prowadzenia analiz danych z oblotu SNR

Wartość rozbieżności położenia samolotu i AOT na całej długości lotu jest zapisywana przez aparaturę rejestrującą SNR w plikach *.rbn, w bloku naprowadzania. Analiza odtworzonego procesu stochastycznego pozwala określić błędy fluktuacyjne i systematyczne pomiaru różnicy współrzędnych samolotu i AOT przez SNR. Uzyskane wartości błędów systematycznych i fluktuacyjnych pozwalają ocenić stan techniczny i przydatność bojową SNR. Dodatkowo można sprawdzić skuteczności działania układów obróbki sygnałów i tłumienia ech stałych (TES) podczas śledzenia samolotu w warunkach zakłóceń pasywnych (np. odbić od chmur).

Na karcie SD wkładanej do czytnika AOT zapisane są komendy kierowania odebrane przez AOT, co umożliwia ich odtworzenie po wylądowaniu samolotu oraz porównanie komend odbieranych przez aparaturę z komendami wysyłanymi przez SNR. Sprawdzenie to może być pomocne do określenia poprawności pracy SNR w zakresie wytwarzania i transmisji komend sterowania na pokład rakiety [10].

Na podstawie uzyskanych wyników zapisu przez aparaturę SNR błędów systematycznych i fluktuacyjnych podejmuje się na bieżąco (podczas lotu samolotu z AOT) decyzję o ich wstępnej korekcy i kontynuacji oblotu celem korekcy ostatecznej. W sytuacji wystąpienia niesprawności SNR (stwierdzonej na bieżąco lub po wylądowaniu samolotu, z odczytu danych zarejestrowanych przez AOT), przerywa się oblot i przystępuje do jej strojenia.

Końcowe wyniki obliczone są w arkuszu kalkulacyjnym, poprzez wprowadzanie wyników z pięciokilometrowych odcinków, z trzech zająć samolotów, odczytanych z plików *.rbn, zapisywanych w bloku naprowadzania stacji (BN). Są to błędy systematyczne i fluktuacyjne w płaszczyznach ϕ_1 oraz ϕ_2 . Do ich ewentualnej korekcy służą wyniki uzyskane z karty SD czytnika AOT.

3. Wykorzystanie samolotu SONEX LL do oblotu stacji naprowadzania rakiet NEWA SC

3.1. Charakterystyka samolotu SONEX LL

Samolot Sonex LL został opracowany w wyniku prac badawczych mających na celu osiągnięcie przez Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych zdolności do prowadzenia badań w locie, zgodnie z przepisami lotnictwa cywilnego. Samolot spełnia wszelkie przepisy lotnictwa cywilnego i jest zgodnie z nimi eksploatowany (rys. 7).

Samolot Sonex LL, o numerze fabrycznym 1213 i znakach SP-YWL, został zbudowany z zestawu (KIT) przygotowanego przez amerykańską wytwórnię Sonex

Aircraft LLC. Samolot spełnia wymagania przepisów amerykańskiej klasy LSA – Light Sport Aircraft (F 2245 – Standard Specification for Design and Performance of a Light Sport Airplane) zdefiniowanych w oparciu o przepisy FAR-23 przez stowarzyszenie ASTM International.

Konstrukcja samolotu została zmodyfikowana do potrzeb prowadzenia badań w locie. Zmiany konstrukcyjne przystosowujące standardową wersję samolotu do roli platformy badawczej opracowało biuro konstrukcyjne Polskich Zakładów Lotniczych w Mielcu.

Samolot jest certyfikowany przez Urząd Lotnictwa Cywilnego w kategorii SPECIAL. Utrzymywany jest w ciągłej zdadności do lotu przez certyfikowaną Organizację Kompleksowej Zdadności do Lotu (Combined Airworthiness Organisation – CAO) WZL 2 S.A. Bydgoszcz.



Rys. 7. Samolot SONEX LL „Latające Laboratorium” na lądowisku Wicko Morskie na terenie CPSP USTKA [fot. ITWL]

Podstawowe parametry lotu samolotu:

- | | |
|---|----------------|
| – Prędkość maksymalna V_{MAX} | 270 km/h; |
| – Prędkość przelotowa | 210 km/h; |
| – Zasięg | > 600 km; |
| – Długość lotu | > 2,5 godziny; |
| – Przeciężenia dopuszczalne - n_G | > +4/-2; |
| – Masa aparatury badawczej | do 190 kg; |
| – Maksymalna masa startowa | 600 kg; |
| – Prędkość wznoszenie (na poziomie morza z MTOW, ISA) | > 5,5 m/s; |
| – Maksymalna wysokość lotu H | 5000 m. |

3.2. Instalacja elektryczna samolotu

Samolot wyposażony jest w elektryczną instalację do rozruchu, zasilania urządzeń radiowych, oświetlenia i wyposażenia kabiny. Silniki Jabiru 3300 posiadają alternator z zespołem prostowniczo-regulacyjnym. Parametry nominalne alternatora: napięcie 13,9 V–14,2 V, moc 300 W (prąd 20 A). Akumulator rozruchowy: kwasowy, szczelny, o napięciu 12 V. Na potrzeby badań w locie samolot został wyposażony w dodatkowy (galwanicznie oddzielony od sieci pokładowej) układ zasilania elektrycznego o napięciu 24 V. Układ zasilania badanych urządzeń składa się z dwóch akumulatorów 24 V/ 17 Ah każdy i alternatora 750 W (24 V/ 30 A). Akumulatory zasilające system badawczy umieszczone są za oparciem prawego fotela. Alternator 24 V/ 750 W napędzany przez silnik znajduje się w przegrodzie silnikowej.

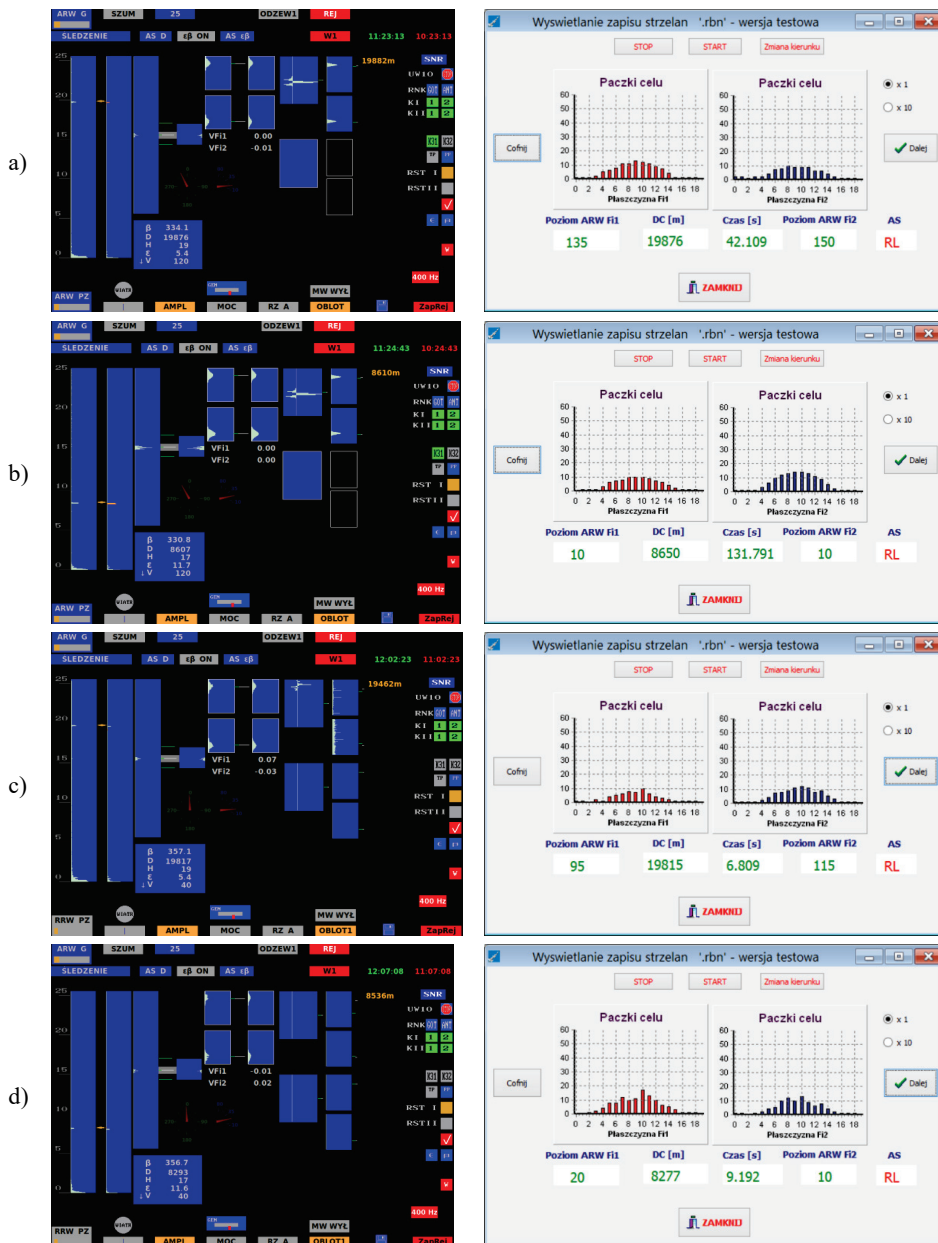
Zasilanie badanych urządzeń z sieci 24 V odbywa się za pośrednictwem złącza elektrycznego zabudowanego za prawym fotelem. Samolot został wyposażony w złącza zasilania lotniskowego służące do rozruchu samolotu (12 V) i zasilania aparatury badawczej w trakcie postoju (24 V).

3.3. Porównanie wyników oblotów SNR NEWA SC samolotem TS-11 Iskra i SONEX LL

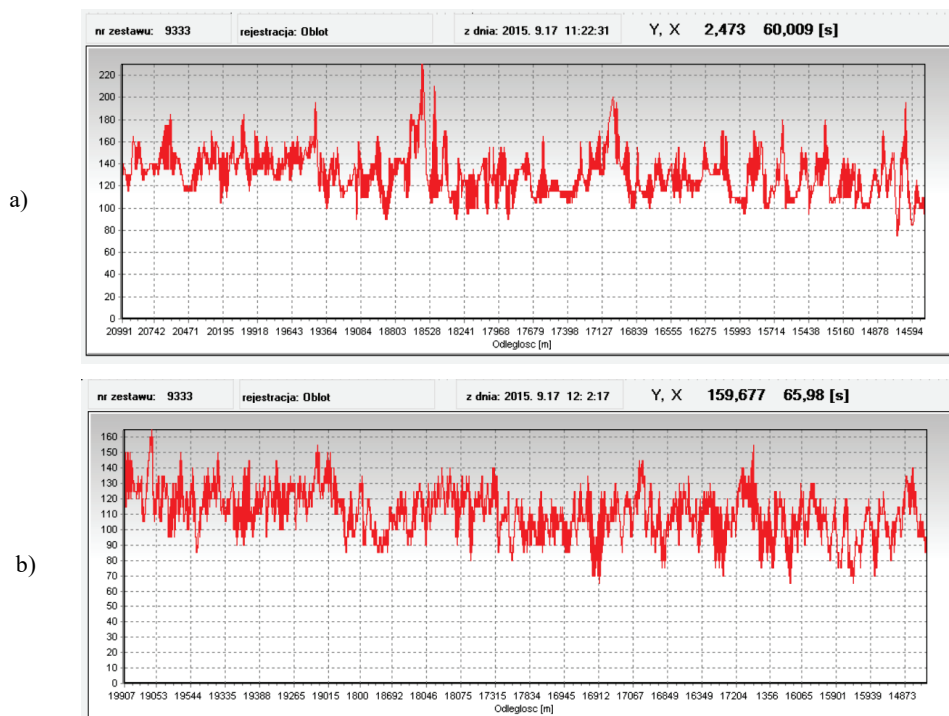
Obloty porównawcze SNR NEWA SC nr 9333 z 33dr OP przeprowadzono w trybie pracy OBLOT TECHNICZNY do samolotu TS-11 Iskra i samolotu SONEX LL. Oblot wykonano 17 września 2015 r. na Centralnym Poligonie Sił Powietrznych Ustka. Zarejestrowane na SNR NEWA SC sygnały echa do samolotu TS-11 Iskra i samolotu SONEX LL zapisano w plikach: TS-11 Iskra – 09171122.RBN; SONEX LL – 09171202.RBN i 09171206.RBN.

Na rys. 8 przedstawiono zrzuty ekranowe oraz parametry zarejestrowanego sygnału echa – paczki kątowe dla dwóch wybranych odległości.

Oblot stacji wykonywany był w tych samych warunkach. Parametrem pozwalającym ocenić wielkość sygnału echa, a zatem skuteczną powierzchnię odbicia RCS (ang. Radar Cross Section) obu obiektów jest poziom napięcia automatycznej regulacji wzmocnienia (ARW) w kanale głównym celu. Na rys. 9 przedstawiono przebieg napięcia ARW (umowne wartości liczbowe z zakresu 0÷800, co odpowiada napięciu ARW z zakresu 0÷1V).



Rys. 8. Zobrazowanie sygnału echa w czasie oblotu:
 - dla samolotu TS11 Iskra na odległości 20 km (a) i 8 km (b);
 - dla samolotu SONEX LL na odległości 20 km (c) i 8 km (d) [fot. MG Electronic]



Rys. 9. Przebieg napięcia ARW śledzenia samolotu w zakresie odległości 20÷15 km: a) TS-11 Iskra; b) SONEX LL [fot. MG Electronic]

Średnie wartości napięcia ARW zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Średnia wartość poziomu napięcia ARW

Odległość [km]	Średnia wartość poziomu napięcia ARW	
	TS-11 Iskra	SONEX LL
20	140	130
15	110	100
10	50	25
7	20	0
5	0	0

Z przeprowadzonych pomiarów porównawczych wynika, że RCS samolotów TS-11 Iskra oraz SONEX LL są porównywalne i nie wpłyną na wyznaczone w trakcie oblotów wielkości błędów systematycznych i fluktuacyjnych.

4. Przygotowanie i przebieg oblotu technicznego

Przygotowanie i przeprowadzenie oblotu z wykorzystaniem cywilnego statku powietrznego jest złożonym organizacyjnie i technicznie procesem. Wiąże się z realizacją wielu czynności wynikających z przepisów wojskowych i przepisów lotnictwa cywilnego. Należy podkreślić, że wykonywanie oblotów z wykorzystaniem samolotu cywilnego jest traktowane przez Urząd Lotnictwa Cywilnego nadzorującego samolot jako Operacja Lotnicza Wysokiego Ryzyka (SPO – HR). W związku z powyższym wszystkie procesy związane z zabudową aparatury oraz wykonywanie z nią lotów są ściśle nadzorowane przez certyfikowane organizacje lotnicze.

Celem oblotów technicznych jest określenie parametrów użytkowych stacji naprowadzania rakiet przy wykorzystaniu aparatury oblotowej (AOT) zamontowanej na pokładzie samolotu-nosiciela.

Badania i pomiary wykonane w locie pokazowym mają na celu uzyskanie pewności co do jakości pracy aparatury i przydatności do pracy w różnych warunkach środowiskowych, w tym skutecznej powierzchni odbicia, jakości generowanego sygnału odzewowego przez AOT oraz rozróżnialnego zakresu prędkości samolotu-nosiciela.

Warunki lotu (zasięg, prędkość, wysokość) w oblotach technicznych określa prowadzący próby (ITWL) w porozumieniu ze służbami Ruchu Lotniczego Poligonu, przedstawicielami gestora oraz dowódcami stacji naprowadzania rakiet.

Łącznie z oceną zdolności SNR do wykrywania i śledzenia samolotu-nosiciela AOT, ocenie podlegają również warunki lotu: wysokość i prędkość lotu, kąt obserwacji, odległość do obiektu, wielkość błędów systematycznych i przypadkowych określania współrzędnych samolotu i rakiety (sygnału generowanego przez AOT).

4.1. Przebieg oblotu technicznego

Oblot techniczny SNR realizowany jest w trzech zasadniczych etapach [4]:

4.1.1. Przygotowanie oblotu

Warunkiem podstawowym i koniecznym dopuszczenia do startu samolotu z aparaturą AOT na pokładzie są:

- pozytywne wyniki sprawdzeń aparatury przed oblotem,
- brak objawów nieprawidłowej pracy stacji naprowadzania rakiet,
- dobre warunki atmosferyczne.

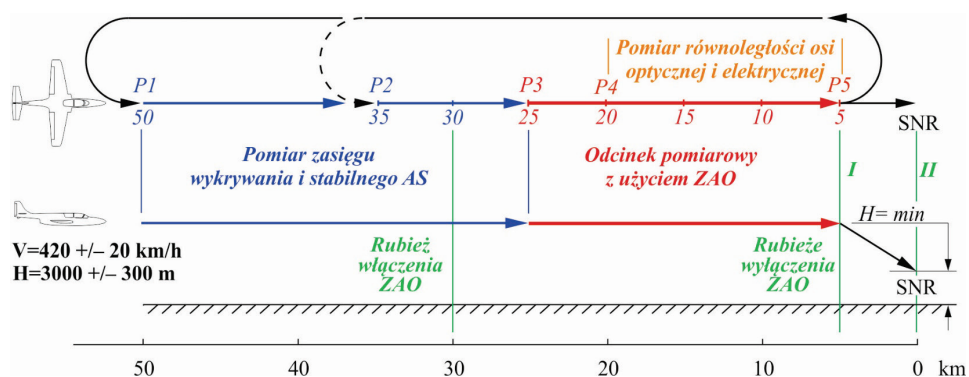
W razie jakichkolwiek odchyień parametrów od normy lub objawów nieprawidłowej pracy SNR zabrania się kierownikowi oblotów wydawania zezwolenia na start samolotu.

4.1.2. Oblot

Samolot z aparaturą AOT porusza się po ściśle określonej trasie, którą pokazano przykładowo na rys. 10. Podstawowe parametry trasy i lotu są następujące [10]:

- wysokość lotu 3 km,
- kąt zakrycia dla SNR 1° na odległości 15 km i wysokości 3 km,
- odcinek badany ($35 \div 5$) km na zbliżaniu do SNR,
- odcinek zapisu błędów ($25 \div 5$) km,
- prędkość zbliżania ok. 100 m/s,
- warunki lotu: dobra widoczność, min. zachmurzenie, min. zakłócenia.

Samolot powinien poruszać się lotem poziomym na stałej wysokości, szczególnie na odcinku zapisu przez aparaturę SNR. Gwałtowne przechylenia samolotu powodują dużą fluktuację sygnałów odbitych, co może być powodem większych wartości błędów fluktuacyjnych różnicy pomiaru współrzędnych celu i rakiety.



Rys. 10. Przykładowa trasa lotu samolotu podczas oblotu SNR [5]

4.1.3. Analiza wyników

Na podstawie uzyskanych wyników, zapisanych przez aparaturę SNR błędów systematycznych i fluktuacyjnych, podejmuje się decyzję o kontynuacji oblotu celem ich korekcji lub przystępuje do strojenia SNR. Powtórny oblot niesprawnej SNR może nastąpić po wykryciu i usunięciu przyczyn, które miały wpływ na niewłaściwe wyniki oblotu. Zwolnienie SNR z oblotu może nastąpić dopiero po uzyskaniu pozytywnych wyników z co najmniej sześciu załotów samolotu [11].

4.1.4. Warunki wykonania oblotów technicznych SNR na CPSP USTKA

Realizacja oblotów technicznych SNR zakłada operowanie samolotu z lotniska CPSP Ustka (Wicko Morskie). Lotnisko to zostało przystosowane przez zespół ITWL do wykonywania operacji lotniczych przez samolot SONEX LL. Było ono wykorzystywane w latach 2015–2023 w trakcie prowadzonych badań opracowanej AOT oraz podczas oblotów SNR. Przed rozpoczęciem realizacji oblotów konieczne jest wykonanie rekonesansu w celu potwierdzenia możliwości operowania samolotu z pasa lotniska.

Wraz z samolotem na lotnisko przebazowane jest wyposażenie hangarowe, niezbędne narzędzia oraz sprzęt i środki zabezpieczenia lotów umożliwiające odtwarzanie gotowości i usuwanie drobnych usterek.

Na zdjęciach poniżej lotnisko CPSP (rys. 11) oraz sprzęt i zabezpieczenie lotów wykorzystywane w trakcie lotów badawczych (rys. 12).



Rys. 11. Widok pasa startowego na CPSP USTKA [fot. ITWL]



Rys. 12. Sprzęt zabezpieczenia i obsługi lotów [fot. ITWL]

4.1.5. Realizacja oblotu technicznego SNR

Obloty techniczne są realizowane według planu skorygowanego po oblocie pokazowym. Regułą jest wykonanie dwóch lotów po cztery zaloty na każdą SNR na wysokości i z prędkością pożądaną przez zespół odpowiedzialny za sprawdzenie SNR [12]. W trakcie lotu możliwa jest zmiana parametrów lotu oraz częstotliwości pracy AOT poprzez przekazywanie pilotowi polecenia przez służby kierowania lotami na częstotliwościach łączności lotniczej. W trakcie oblotu technicznego pozyskane dane umożliwiają:

- sprawdzenie bieżącej dokładności określania współrzędnych samolotu przez aparaturę odbiorczą SNR na podstawie parametrów impulsów odbitych od samolotu,
- sprawdzenie bieżącej dokładności określania współrzędnych rakiety na podstawie parametrów impulsów odbieranych od nadajnika impulsów odzewowych AOT,
- sprawdzenie bieżącej wartości błędów fluktuacyjnych i systematycznych pomiaru różnicy współrzędnych samolotu i AOT przez SNR.

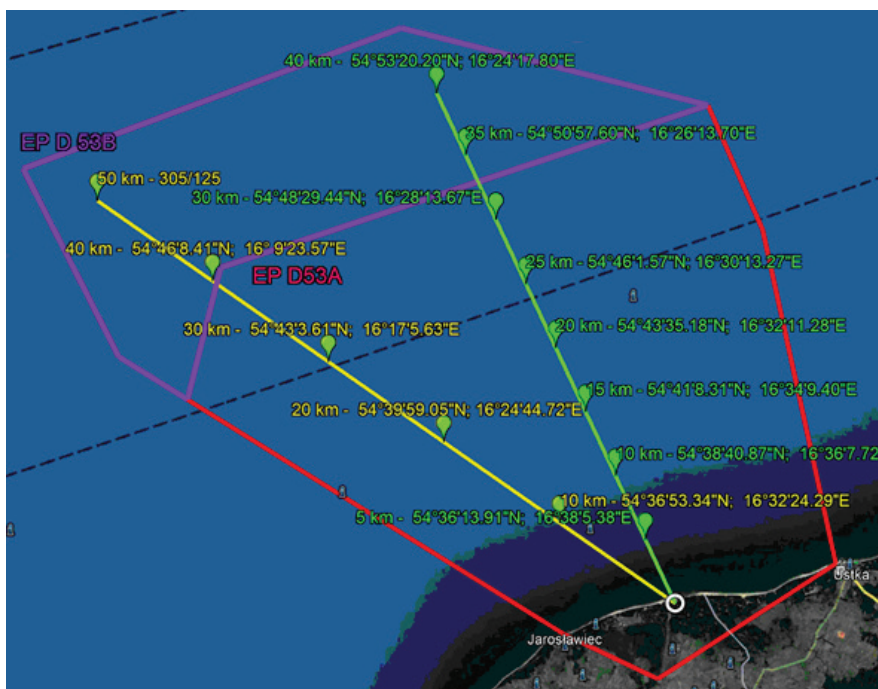
Obszar oblotów technicznych znajduje się nad pełnym morzem w odległości do 50 km od linii brzegowej, w strefach oznaczonych jako D – niebezpieczne (Danger Areas), rys. 13.



Rys. 13. Strefy EPD 53A i EPD 53B wydzielone na potrzeby działań CPSP [10]

W strefach D obowiązuje zakaz wykonywania lotu statku powietrznego innego niż wykonujący zadania. Obszar oblotu położony jest w granicach stref oznaczonych w polskiej przestrzeni powietrznej jako: EPD 53A i EPD 53B wydzielonych na potrzeby działań CPSP. Zasięg tych stref wykracza poza obszar polskich wód terytorialnych.

Dla zasadniczej fazy oblotu technicznego opracowano dwie trasy nalotu w kierunku na SNR. Początek tras wyznaczono w odległości 40 km i 50 km od linii brzegowej. Obie wyznaczone trasy mogą być wykorzystywane do oblotów zamiennie, stosownie do decyzji zespołu realizującego obloty SNR (rys. 14).



Rys. 14. Trasy lotów pomiarowych wykorzystywane w oblotach SNR na CPSP USTKA [10]

5. Wnioski i podsumowanie

Wyniki zrealizowanych lotów badawczych potwierdziły możliwość wykorzystania samolotu SONEX LL do wykonywania oblotów technicznych SNR NEWA SC [10].

1. Pomiar porównawczy, uzyskany z lotów badawczych wykazały, że RCS jest porównywalny dla obu typów samolotów TS-11 Iskra oraz SONEX LL.
2. Nie stwierdzono istotnych różnic w wyznaczanych w trakcie oblotów wielkościach błędów systematycznych i fluktuacyjnych. Zostało to potwierdzone wynikami uzyskanymi na podstawie zapisu błędów przez aparaturę SNR dla obydwu typów samolotów.
3. Uzyskano nowe funkcjonalności w ocenie oblotu technicznego SNR obejmujące zapis odbieranych przez AOT komend kierowania i komend jednorazowych,

możliwość weryfikacji prawidłowości procesu sterowania lotem rakiety w obu płaszczyznach (komendy kierowania), kontrolę procesu sterowania radiozapalnikami rakiety (komendy jednorazowe) oraz możliwość analizy komend pod względem ich poprawności w funkcji odległości samolotu z AOT od SNR, a także porównanie komend zapisanych na SNR.

6. Literatura

1. M. Podciechowski, K. Sienicki, D. Rodzik, S. Żygadło, *Kierunki rozwoju aparatury pokładowej rakiety 5W27U PZR NEWA*, VI Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „CRASS 2005”, Kraków 2005.
2. M. Podciechowski, K. Sienicki, S. Żygadło, *Koncepcja modernizacji aparatury pokładowej systemu transmisji komend sterowania PZR NEWA SC*, IX Krajowa Konferencja Naukowo-Dydaktyczna „Automatyzacja i eksploatacja systemów sterowania i łączności”, Gdynia 2003.
3. *Opis techniczny rakiety 5W27U*. OPK 1977;
4. *Zasady organizacji i przeprowadzenia oblotów stacji naprowadzania rakiet typu RSNA-75N, RSN-75W i SNR-125M*, sygn. OPK 935/83.
5. *Metodyka wykonywania oblotów technicznych Stacja Naprowadzania Rakiet Przeciwlotniczego Zestawu Rakietowego Nawa SC*, WZE SA, Zielonka 2016.
6. *Biuletyn Konstrukcyjny nr P/O/R/U/5102/K/09 z aneksem 3*, Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Warszawa 2012.
7. *Biuletyn Eksploatacyjny nr P/O/R/U/5256/E/12 z aneksem 2*, Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Warszawa 2012.
8. K. Butlewski, B. Czechowicz, P. Mądrzycki, S. Żygadło, *Zastosowanie bezpilotowego statku powietrznego do kontroli parametrów stacji naprowadzania rakiet*, IV Konferencja „Metody i Technika Badań Statków Powietrznych w Locie”, Mrągowo 2004.
9. D. Karczmarz, H. Szkudlarz, M. Podciechowski, D. Rodzik, S. Żygadło, *Modernizacja aparatury do przeprowadzenia oblotów technicznych PZR Nawa SC*, Obrona Powietrzna - Przegląd Osiągnięć, Akademia Marynarki Wojennej, 2017.
10. *Dokumentacja do przeprowadzenia i oceny oblotu technicznego stacji naprowadzania rakiet przeciwlotniczego zestawu rakietowego (PZR) NEWA SC na CPSP USTKA*, oprac. wewn., Biblioteka ITWL nr 11603/50, Warszawa 2020.
11. *Wyniki oblotu technicznego*, oprac. wewn., Biblioteka ITWL nr 12712/50, Warszawa 2023.
12. *Dokumentacja operacyjna lotów badawczych*, oprac. wewn., Biblioteka ITWL nr 12711/50, Warszawa 2023.