



KONCEPCJA WYKORZYSTANIA SAMOLOTU BEZPILOTOWEGO DO REALIZACJI OBLOTÓW TECHNICZNYCH STACJI NAPROWADZANIA RAKIET

A CONCEPTION FOR USING UNMANNED AIRCRAFT TO TECHNICAL CHECK FLIGHTS OVER MISSILE GUIDANCE STATION

Stanisław GRZYWIŃSKI, Maciej PODCIECHOWSKI, Stanisław ŻYGADŁO

Wojskowa Akademia Techniczna, ul. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa
Military University of Technology, 2 Sylwestra Kaliskiego St., 00-908 Warsaw, Poland

Witold BAUMGART

Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia, ul. Pr. St. Wyszyńskiego 7, 05-220 Zielonka
Military Institute of Armament Technology, 7 Prym. St. Wyszyńskiego St., 05-220 Zielonka, Poland
Author's e-mail address: stanislaw.zygadlo@wat.edu.pl, ORCID: 0000-0003-2019-5872

DOI 10.5604/01.3001.0014.4879

Streszczenie: W artykule przedstawiono koncepcję wykorzystania samolotu bezpilotowego do przeprowadzania oblotów technicznych stacji naprowadzania rakiet przeciwlotniczego zestawu raketowego NEWA S.C. Do potrzeb rozwiązania zaadaptowano elementy stosowanej obecnie aparatury oblotowej, a także opracowano nowe układy.

Słowa kluczowe: samolot bezpilotowy, aparatura oblotowa, stacja naprowadzania rakiet

Abstract: The paper presents a conception for using an unmanned plane to technical check flights over the guidance station of NEWA S.C. antiaircraft missile system. The solution employs some adapted components of check flight instruments which are currently used and some newly developed units.

Keywords: unmanned aircraft, check flight instruments, missile guidance station

1. Wstęp

Istotnym zagadnieniem dla przeciwlotniczego zestawu raketowego (PZR) z dowódczym rodzajem naprowadzania rakiety jest poprawność justowania kanałów śledzenia celu i rakiet stacji naprowadzania rakiet (SNR). Od dokładności zestrojenia tych kanałów zależy w dużym stopniu prawdopodobieństwo zniszczenia celu. Sprawdzenie ju-

1. Introduction

Correctness of calibrations for channels of missile guidance station (MGS) tracking the missiles and targets is an essential question of an antiaircraft missile system (AMS) employing a missile command control system. Probability of target destroying depends significantly on the calibration of these channels. The adjustment of the channels may be

stawiania kanałów można dokonać w warunkach statycznych lub dynamicznych. Statyczne sprawdzenie dokonywane jest między innymi z wykorzystaniem wieży justującej (np. PZR OSA). Dynamiczne sprawdzenie justowania obu kanałów przeprowadzane jest poprzez wykonanie oblotu technicznego (np. PZR NEWA SC).

W trakcie oblotu określone są następujące parametry SNR (MON, 1983; WZE, 2016):

- odległość wykrycia i początek stabilnego, automatycznego śledzenia celu;
- błędy systematyczne i fluktuacyjne pomiaru różnicy współrzędnych celu i rakiety we współrzędnych kątowych i odległości;
- ciągłość transmisji komend kierowania i jednorazowych z SNR do rakiety;
- równoległość osi optycznej kamery telewizyjnej z osią elektryczną anten;
- skuteczność działania układów automatycznej regulacji wzmocnienia (ARW) oraz tłumienia ech stałych (TES) podczas śledzenia celu lecącego na małej wysokości lub w zakłóceniach pasywnych.

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

- błąd zależny od błędów aparaturowych;
- błąd zależny od parametrów celu i rakiety;
- błąd zależny od propagacji fal elektromagnetycznych w przestrzeni.

Wartość rozbieżności położenia celu i rakiety na całej trasie lotu samolotu jest zapisywana przez aparaturę rejestrującą SNR. Analiza otrzymanego w ten sposób procesu stochastycznego pozwala określić błędy fluktuacyjne i systematyczne pomiaru różnicy współrzędnych celu i rakiety. Jej wyniki pozwalają ocenić stan techniczny i

executed at static or dynamic conditions. The static examination may be performed among all by a calibrating tower (e.g. AMS OSA). The dynamic examination of the adjustment of two channels is made by the technical check flight (e.g. AMS NEWA SC).

Following characteristics of the MGS can be established at the check flight (MON, 1983; WZE, 2016):

- Target detection range and the beginning of its permanent automatic tracking;
- Systematic and random measurement errors for angular and distance differences of target and missile coordinates;
- Continuity of transmission for control and singular commands from the MGS to the missile;
- Parallelism of video camera optical axis and antenna electric axis;
- Efficiency of automatic amplification control (AAC) and permanent echo attenuation (PEA) systems for targets flowing at low altitudes or for passive interferences.

Coordinates of target and missile may be measured with the accuracy depending on many factors which can be divided on three groups:

- The error depending on instrument accuracy;
- The error depending on parameters of target and missile;
- The error depending on propagation of electromagnetic waves in the space.

Values of differences in positions of the target and the missile are recorded by recording instruments of the MGS during the plane whole flying path. An analysis of a stochastic process received in this way leads to evaluation of fluctuating and systematic errors for measurement of differences between the coordinates of the target and missile. Its results can be used to evaluate the technical and combat efficiency of the MGS.

przydatność bojową SNR.

Oblot techniczny SNR realizowany jest w trzech zasadniczych etapach (MON, 1983; WZE, 2016):

- 1) przygotowanie oblotu;
- 2) oblot - samolot z zestawem aparatury oblotowej (ZAO) porusza się po określonej trasie o następujących parametrach:
 - wysokość lotu - 3 km,
 - kąt zakrycia dla SNR – 1° na odległości 15 km i wysokości 3km,
 - 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, minimalne zachmurzenie, minimalne zakłócenia;
- 3) analiza zapisanych przez aparaturę SNR błędów systematycznych i fluktuacyjnych. Wynik oblotu SNR oceniany jest na podstawie co najmniej 3 załotów samolotu.

2. Koncepcja wykorzystania samolotu bezpilotowego od oblotów technicznych SNR

Dotychczas do oblotów SNR używano dwóch samolotów TS-11 ISKRA, na pokładzie których montowano zestaw aparatury oblotowej. W jej skład wchodziły oryginalny blok radiokierowania UR-20 i zespół anten (wymontowane z rakiety 5W27) oraz przetwornica napięcia i elementy sterowania zestawem ZAO (ITWL, 2012a; ITWL, 2012b). Konieczność zastosowania nowego samolotu do przeprowadzania oblotów technicznych wynika z zakończenia resursu obu samolotów TS-11 ISKRA.

W latach 2015÷2016 podjęto próbę zaadaptowania samolotu SONEX LL do oblotów SNR PZR NEWA SC. Na Centralnym

The technical check flight of the MGS is performed in three main stages (MON, 1983; WZE, 2016):

- 1) Preparation of the check flight;
- 2) The check flight – the plane with all check flight instruments (CFI) covers a specified path with following characteristics:
 - Flight altitude - 3 km,
 - Angle of screening for the MGS - 1° at the range of 15 km and altitude 3km,
 - Investigated section - $35 \div 5$ km for approaching the MGS,
 - Section for recording the errors - $25 \div 5$ km,
 - The velocity of approach - ca. 100 m/s,
 - Flight conditions: good visibility, minimal clouding and interferences.
- 3) The analysis of fluctuating and systematic errors recorded by instruments of the MGS. The result of the MGS check flight is evaluated on the basis of at least 3 flights of the plane.

2. Conception for Using Unmanned Plane to Technical Check Flights of MGS

Up to now the check flights of MGS were made by two TS-11 ISKRA planes having integrated onboard the system of check flight instruments comprising the original radio-control unit UR-20 and system of antennas (taken out from missile 5W27), and a voltage converter, and components for controlling the system ZAO (ITWL, 2012a; ITWL, 2012b). The need for using a new plane for carrying out the technical flight checks arises from termination of service life for two TS-11 ISKRA planes.

In 2015÷2016 an attempt was taken to adapt SONEX LL plane for check flights

Poligonie Sił Powietrznych Ustka dokonano oblotów porównawczych SNR NEWA dla samolotów TS-11 ISKRA oraz SONEX LL (Podciechowski i in., 2017; Żygadło, 2019). Wyniki oblotów potwierdziły poprawność przyjętego rozwiązania i możliwość wykorzystania samolotu SONEX LL do wykonywania oblotów technicznych. W praktyce okazało się jednak, że z realizacją zadania wiązały się pewne problemy techniczne. Jednak główną przeszkodą okazały się warunki pogodowe, które utrudniały wyloty samolotu i pełną realizację zaplanowanych oblotów SNR.

Po tych doświadczeniach opracowano koncepcję wykonania oblotu technicznego SNR z wykorzystaniem samolotu bezpilotowego. Z uwagi na konieczność oszacowania poprawności przyjętego rozwiązania wykorzystano rejestrację sygnału echa samolotu bezpilotowego MJ7 SZOGUN (rys.1÷2) w trakcie śledzenia przez SNR na poligonie. Za takim wyborem przemawia fakt, że obecnie samolot ten wykorzystywany jest jako imitator celu powietrznego, do którego wykonywane są strzelania bojowe z użyciem praktycznie wszystkich przeciwlotniczych zestawów rakietowych będących na wyposażeniu SZ RP. A więc określenie i korekcja błędów występujących podczas oblotów dla takiego celu wydaje się racjonalne. Ponadto, zaletą takiego rozwiązania jest pewne uniezależnienie się od warunków pogodowych.

Samolot bezpilotowy MJ7 SZOGUN cechują następujące parametry techniczne (Eurotech):

- rozpiętość skrzydeł - 3,16 m
- długość - 1,97 m,
- masa własna - 23 kg,
- masa ładunku użytecznego - 6 kg,
- zakres prędkości - 100÷250 km/h,
- prędkość maksymalna:
 - 60 m/s z podwoziem kołowym (start z ziemi),
 - 75 m/s bez podwozia (start z wyrzutni),

of MGS of the AMS NEWA SC. The comparative check flights over NEWA AMS were carried out for planes TS-11 ISKRA and SONEX LL (Podciechowski and others., 2017; Żygadło, 2019) at the Air Forces Central Testing Range in Ustka. The results of check flights have confirmed the correctness of the accepted solution and possibility of using SONEX LL plane for check flights. In reality some technical problems appeared for the project. But the weather conditions have proved to be a main obstacle preventing the scheduled take-offs of the plane for check flights of the MGS.

After that a conception was developed of using an unmanned plane for technical check flights over the MGS. Correctness of accepted solution was assessed by recording echo signal from MJ7 SZOGUN unmanned plane (rys.1÷2) which was tracked by the MGS on the proving range. The decision is backed by the fact that this plane is currently used as an imitator of aerial target for live firings conducted in practice by each anti-aircraft missile system being in the inventory of the Polish Armed Forces. Therefore, it seems to be reasonable to determine and correct the errors occurring at check flights for such a target. Moreover, the solution is less dependent on the weather conditions.

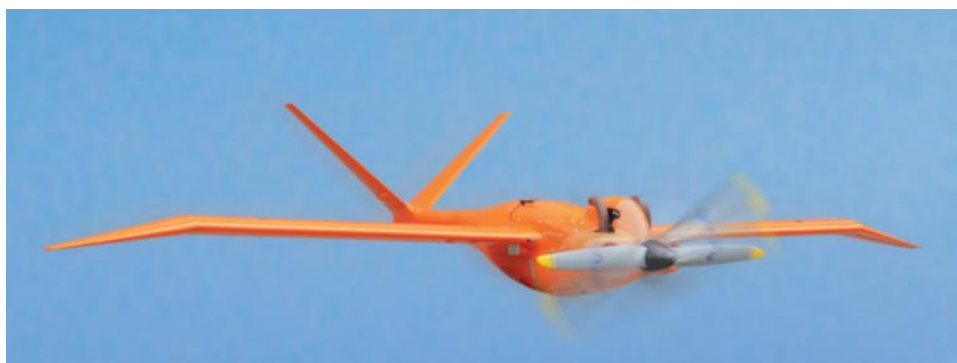
The unmanned plane MJ7 SZOGUN has following performance (Eurotech):

- Wing span – 3.16 m;
- Length – 1.97 m;
- Fixed weight - 23 kg;
- Weight of carried load - 6 kg;
- Range of velocities - 100÷250 km/h;
- Maximal velocities:
 - 60 m/s with wheel carriage (ground take-off),
 - 75 m/s without carriage (take-off from the launcher);

- długotrwałość lotu - 1 godzina,
- skuteczna powierzchnia odbicia radiolokacyjnego - $> 1\text{m}^2$.
- Flying time - 1 hour;
- Radar cross section - $> 1\text{m}^2$.



Rys. 1. Samolot bezpilotowy MJ-7 SZOGUN na platformie startowej (Eurotech)
Fig. 1. MJ-7 SZOGUN unmanned airplane on the launch platform (Eurotech)



Rys. 2. Samolot bezpilotowy MJ-7 SZOGUN w locie (Eurotech)
Fig. 2. MJ-7 SZOGUN unmanned aerial vehicle in flight (Eurotech)

Istotnym problemem przy adaptacji samolotu bezpilotowego MJ7 SZOGUN do oblotu SNR jest odpowiedź na pytanie, jaki wpływ na błędy oblotu będzie miała skuteczna powierzchnia odbicia (RCS). Sygnał echa w radarze zależy między innymi od takich parametrów radaru jak moc nadajnika i czułość odbiornika oraz od parametrów obiektu reprezentowanych przez powierzchnię skuteczną odbicia (zgodnie z równaniem zasięgu radaru). Dla ustalonych parametrów radaru amplituda sygnału echa na wyjściu odbiornika jest miarą powierzchni skutecznej odbicia celu, zaś parametrem odwrotnie pro-

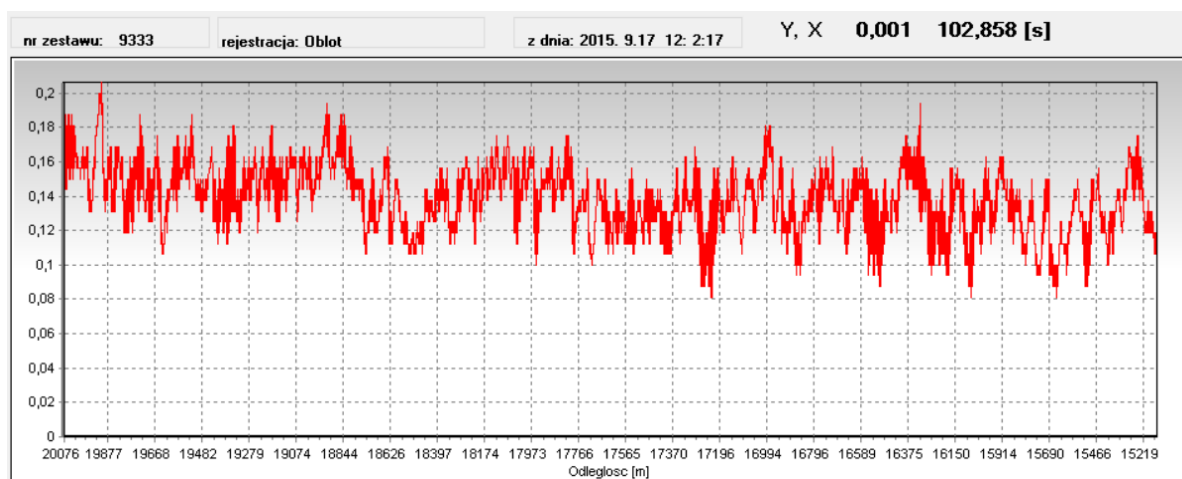
The influence of radar cross section (RCS) into the check flight errors is an essential question for adaptation of the unmanned plane MJ7 SZOGUN for the MGS check flights. The radar echo signal depends among all on such characteristics of the radar as the power of transmitter, the sensitivity of receiver, and on characteristics of the object represented by the efficient cross section of reflection (according to the equation of radar range). For settled characteristics of the radar the echo signal amplitude in the output of the receiver measures the target radar cross section, whereas the level of re-

porcjonalnym do wielkości sygnału echa jest poziom napięcia automatycznej regulacji wzmocnienia toru odbiorczego.

Na rys. 3 przedstawiono przebieg napięcia ARW dla samolotu SONEX LL (pełny zakres zmian napięcia ARW wynosi $0\div 1V$), natomiast na rys. 4 - podobny przebieg dla samolotu MJ7 SZOGUN (Podciechowski i in., 2017; Żygadło, 2019).

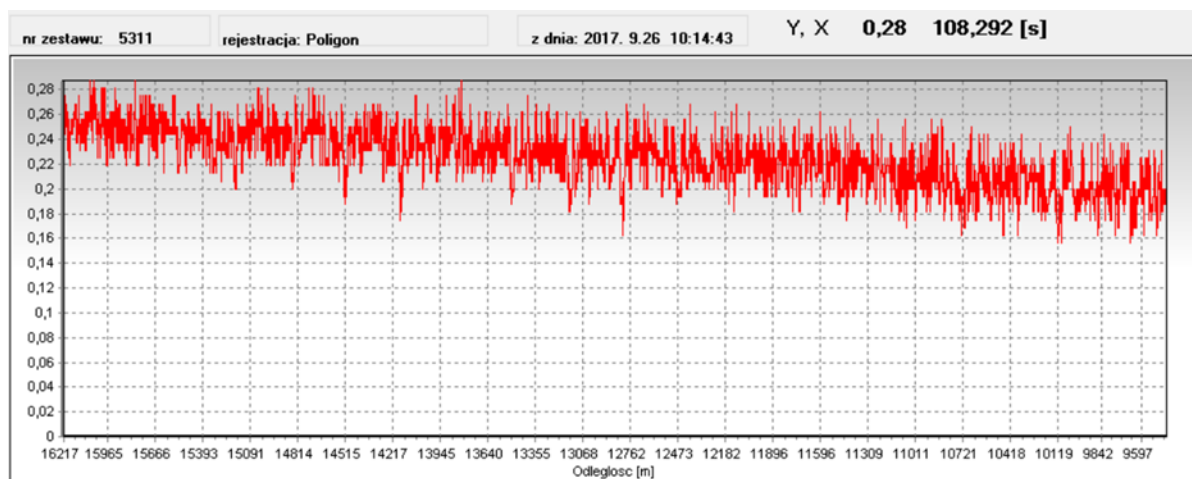
ceiver automatic amplification control (AAC) voltage is reversely proportional to the echo signal amplitude.

Fig. 3 shows AAC voltage signal for plane SONEX LL (overall range of changes for AAC voltage is $0\div 1V$), and Fig. 4 presents similar signal for plane MJ7 SZOGUN (Podciechowski and others, 2017; Żygadło, 2019).



Rys. 3. Przebieg napięcia ARW przy śledzeniu SONEX LL – zakres odległości $20\div 15$ km

Fig. 3. AAC voltage course when tracking SONEX LL aircraft - distance range $20\div 15$ km



Rys. 4. Przebieg napięcia ARW przy śledzeniu MJ7 SZOGUN - zakres odległości $16\div 10$ km

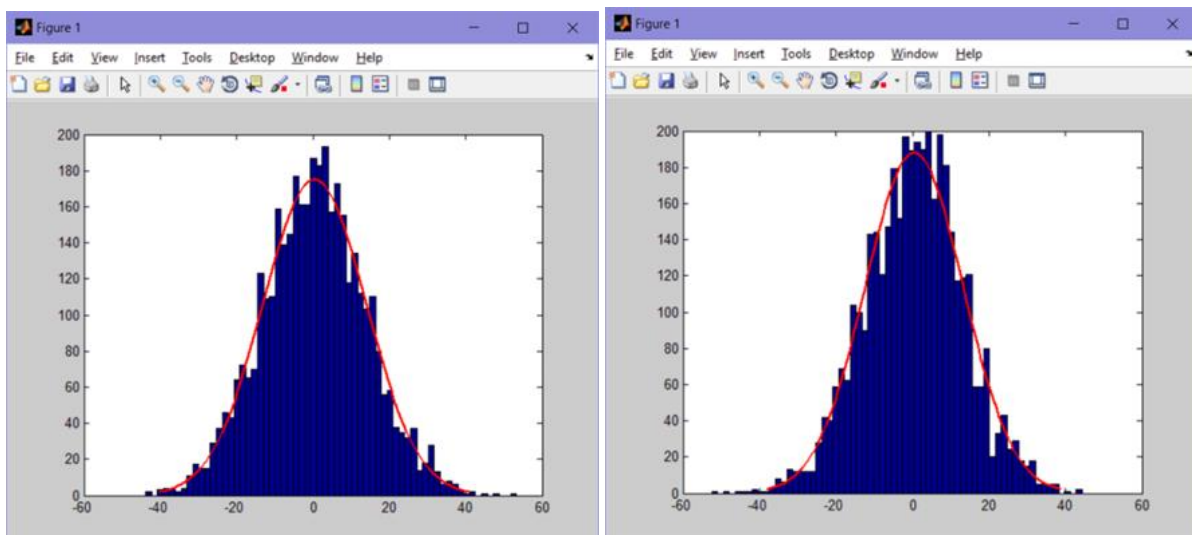
Fig. 4. AAC voltage at tracking MJ7 SZOGUN - distance range $16\div 10$ km

Skuteczna powierzchnia odbicia samolotu bezpilotowego MJ7 SZOGUN jest mniejsza od powierzchni odbicia samolotu SONEX LL. Przykładowo wartość średnia napięcia ARW na odległości 16 km wynosi odpowiednio 0,25V dla samolotu MJ7 SZOGUN i 0,14V dla SONEX LL. Dla wyników oblotu istotne znaczenie ma jednak nie wielkość RCS, a jej fluktuacje. Na podstawie zarejestrowanych przebiegów napięcia ARW przy śledzeniu samolotów SONEX LL i MJ7 SZOGUN wyznaczono (z wykorzystaniem programu MATLAB) rozkład fluktuacji RCS, który pokazano na rys. 5.

Jak widać na wykresach, dynamika i charakter zmian nie są porównywalne. RCS obiektów o większych wymiarach charakteryzuje się bardziej „ulistkowioną” charakterystyką i większymi zmianami poziomu odbitego sygnału przy niewielkich zmianach kąta ich obserwacji. Wiarygodną ocenę wpływu na błędy można będzie uzyskać po przeprowadzeniu badań porównawczych z użyciem obu środków powietrznych.

The radar cross section of the unmanned plane MJ7 SZOGUN is lower than the cross section of SONEX LL plane. For instance, the average value of AAC voltage at the range of 16 km is respectively 0.25V for plane MJ7 SZOGUN and 0.14V for SONEX LL. But it is not the absolute value of RCS but its fluctuations that matters for the results of check flights. On the basis of AAC voltages recorded at tracking SONEX LL and MJ7 SZOGUN planes the distribution of RCS fluctuations was established (using MATLAB computer code) and is shown in Fig. 5.

It may be seen that the dynamics and character of changes are different. The RCS pattern of greater objects has more lobes and the levels of reflected signals change in greater degree at small changes of observation angles. Any reliable evaluation of its influence into the errors may be made after the comparable tests employing both planes.



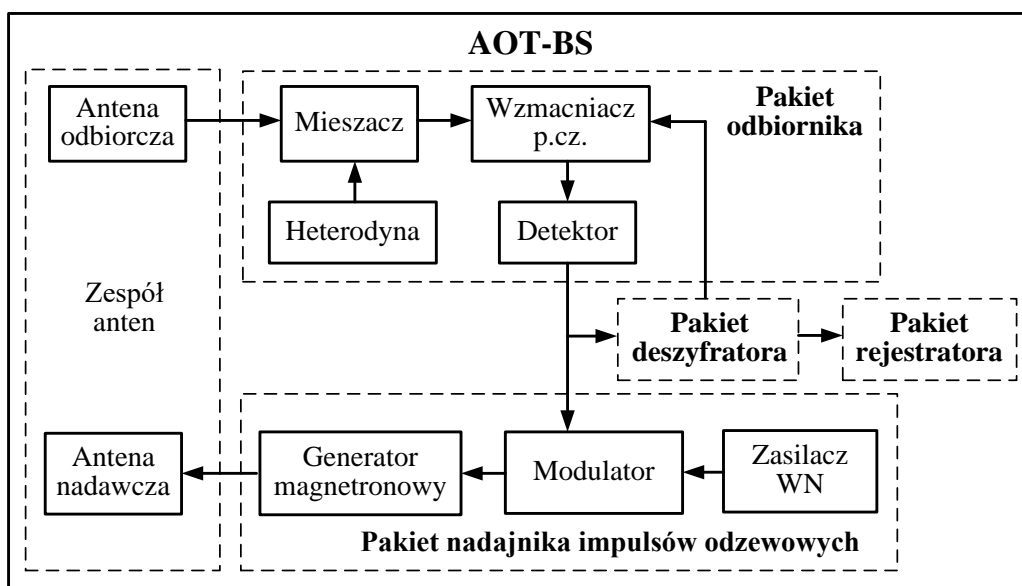
Rys. 5. Rozkład fluktuacji RCS dla samolotów a) SONEX LL, b) MJ7 SZOGUN
Fig. 5. RCS fluctuation pattern for airplanes a) SONEX LL, b) MJ7 SZOGUN

3. Koncepcja aparatury oblotów technicznych montowanej na samolocie bezpilotowym

Schemat blokowy aparatury oblotów technicznych przeznaczonej do zamontowania na samolocie bezpilotowym (AOT-BS) pokazano na rys. 6. Wysyłany przez radionadajnik komend SNR zmodulowany sygnał wysokiej częstotliwości (w.cz.) jest odbierany przez antenę odbiorczą i przekazywany do wejścia pakietu odbiornika zbudowanego w układzie typowego odbiornika superheterodynowego. Sygnał wyjściowy pakietu odbiornika, zawierający informację o komendach kierowania oraz impulsach zapytujących, jest podawany do pakietu nadajnika impulsów odzewowych oraz pakietu deszyfratora.

3. Concept of Instruments for Technical Check Flights Integrated Onboard the Unmanned Plane

The block diagram of technical check flights instruments to be put onboard the unmanned plane (AOT-BS) is shown in Fig. 6. The high frequency (HF) modulated signal is sent out by the MGS command radio-transmitter to be picked up by the receiving antenna and sent to the input of the receiving channel designed as a typical superheterodyne receiver. From the receiver output the signal comprising the information about the control commands and interrogating pulses is sent to the unit of the responding pulses transmitter and the decoder unit.



Rys. 6. Schemat blokowy AOT-BS

Fig.6. AOT-BS block diagram

Antena odbiorcza – receiving antenna

Zespół anten – antenna assembly

Antena nadawcza – transmitting antenna

Mieszacz – mixer

Wzmacniacz p.cz. – intermediate frequency amplifier

Pakiet odbiornika – receiving channel

Heterodyna – heterodyne

Detektor – detector

Pakiet deszyfratora – decoding unit

Pakiet rejestratora – *recording unit*

Pakiet nadajnika impulsów odzewowych – *response pulses transmitting unit*

Generator magnetronowy – *magnetron generator*

Modulator – *modulator*

Zasilacz WN – *high voltage supply*

W pakiecie deszyfratora z tego sygnału wydzielane są komendy kierowania lotem rakiety K1 i K2 oraz komendy jednorazowe K3 i K6, sterujące pracą zapalnika radiowego. Sygnały te są następnie rejestrowane i zapisywane do pamięci SD w pakiecie rejestratora. W pakiecie deszyfratora wytwarzany jest sygnał automatycznej regulacji wzmocnienia, który podawany jest do pakietu odbiornika sterując wzmocnieniem wzmacniacza pośredniej częstotliwości.

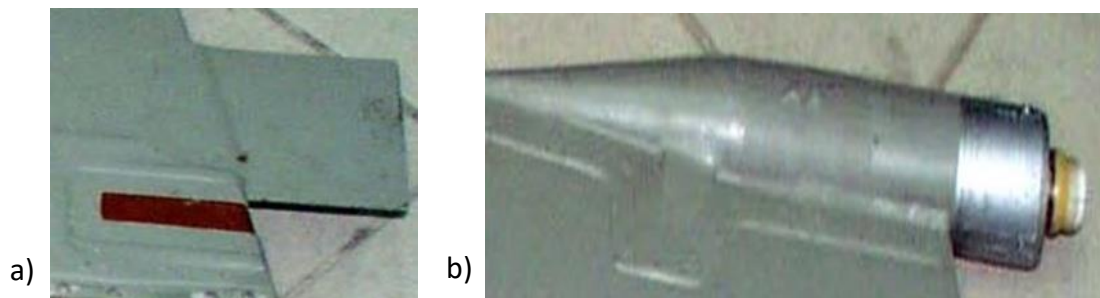
Nadajnik impulsów odzewowych służy do wypracowania impulsu mocy w.cz., który poprzez antenę nadawczą jest przekazywany w kierunku SNR. Właściwy poziom mocy impulsów odzewowych zapewnia zasilacz wysokiego napięcia podawanego na magnetron, natomiast za jego parametry czasowe odpowiada modulator.

W skład zespołu anten wchodzi antena odbiorcza i antena nadawcza (rys.7). Szczelinowa antena odbiorcza (rys.7a) służy do odbioru sygnałów kierowania i impulsów zapytujących wypromieniowywanych przez antenę radionadajnika komend. Układ szczelinowy antena-krawędź tworzy wibrator z ramionami o różnej długości. Antenę z pakietem w.cz. łączy kabel o niskim tłumieniu. Tubowa antena nadawcza (rys.7b) jest przeznaczona do wypromieniowywania sygnałów w.cz. wytwarzanych przez generator magnetronowy. Antena jest wykonana z odcinka falowodu kołowego z zamocowanym reflektorem w postaci metalowej tarczy. Konstrukcja taka daje charakterystykę promieniowania anteny o polaryzacji eliptycznej. Sygnał w.cz. doprowadzany jest z generatora magnetronowego do anteny przez kabel w.cz. o niskim tłumieniu.

The commands K1 and K2 controlling the flight of missile and the single commands K3 and K6 controlling the radio-detonator are worked out in the decoding unit. In the next step these signals are recorded and stored in the SD memory of the recording unit. The decoding unit provides the signal of amplification automatic control which is sent to the receiving channel to control the amplification rate of the intermediate frequency amplifier.

The transmitter of responding pulses produces a high frequency power pulse which is sent to the MGS via the transmitting antenna. Required level of power for responding pulses is provided by the high voltage supplying the magnetron, whereas the time characteristics are formed by the modulator.

The antenna assembly contains the receiving and transmitting antennas (Fig.7). The slotted receiving antenna (Fig.7a) is used for picking up control signals and interrogating pulses sent out by the command radio-transmitter. The slotted assembly of edge-antenna creates a vibrator with arms of different length. The antenna is connected to the high frequency unit via a cable of low attenuation. The horn transmitting antenna (Fig. 7b) is designed to radiate HF signals produced by the magnetron generator. The antenna is made of a section of a cylindrical waveguide with a metal disk reflector. The design provides an elliptical polarisation of antenna radiating pattern. The HF signal is sent out from the magnetron generator to the antenna via a cable of low attenuation.



Rys. 7. Widok anten – a) odbiorcza, b) nadawcza
Fig. 7. View of antennas - a) receiving, b) transmitting

Schemat ideowy pakietu odbiornika wykonany w programie ALTIUM DESIGNER pokazano na rys. 8. W jego skład wchodzi mieszacz, heterodyna, wzmacniacz p.cz. i detektor.

Sygnal w.cz. z anteny odbiorczej podawany jest do wejścia mieszacza U1. Jest to podwójnie zrównoważony mieszacz pasywny o dużej liniowości, dobrej izolacji oraz małym współczynniku szumów. Do drugiego wejścia mieszacza podawany jest sygnał z heterodyny zbudowanej na układzie U2, zawierającym szeregową pętlę synchronizacji fazowej PLL oraz wbudowany generator VCO. Za generację odpowiedniej wartości częstotliwości, większej od wartości częstotliwości odbieranej z radionadajnika SNR o częstotliwość pośrednią, odpowiada procesor, który steruje układem U2 poprzez linie CLK, DATA oraz LE. Na częstotliwości tej pracuje wzmacniacz p.cz. zbudowany na wzmacniaczach operacyjnych U3 i U4 rozdzielonych filtrem p.cz.. Każdy z układów posiada pętlę regulacji wzmocnienia, co wystarcza do uzyskania dynamicznej regulacji wzmocnienia całego wzmacniacza p.cz., napięciem ARW podawanym z pakietu deszyfratora w zakresie 0÷80 dB. Wyjściowy sygnał wzmacniacza p.cz. przekazywany jest do detektora, z którego wyjścia zdemodulowany sygnał zawierający informację o komendach sterowania podawany jest do pakietu deszyfratora, natomiast sygnał zawierający informację o impulsie zapytania podawany jest do pakietu nadajnika.

The wiring diagram of receiver package was prepared by ALTIUM DESIGNER computer code and is shown in Fig. 8. It contains the mixer, heterodyne, IF amplifier and detector.

HF signal is sent from receiving antenna into the input of mixer U1. It is a double-balanced passive mixer with a high linearity and low noise level. The second input of the mixer accepts the signal from heterodyne designed in U2 configuration containing a series loop of phase synchronisation (PLL) and integrated VCO generator. Processor controlling the U2 unit via the lines CLK, DATA and LE is responsible for generation of a suitable frequency which is greater than frequency picked up from the MGS by the intermediate frequency. The IF amplifier is built from operational amplifiers U3 and U4 separated by IF filter operating on this frequency. Each unit has an amplification control loop what is sufficient to get the dynamic control of amplification for the whole IF amplifier on the range of 0÷80 dB by the AAC voltage provided from the decoder package. The output signal of the IF amplifier is sent out to the detector and next from its output the decoded signal comprising the information about control commands is sent to the decoder package, whereas the signal containing the information about the interrogating pulse is sent to the transmitter package.

W pakiecie deszyfratora następuje wydzielenie komend sterowania, które przekazywane są do pakietu rejestratora, gdzie są zapisywane w pamięci wymiennej SD. Zaimplementowany w pamięci procesora algorytm konfiguruje na karcie SD system plików FAT32 oraz tworzy plik, którego nazwa zawiera bieżącą datę uzyskiwaną z zegara czasu rzeczywistego.

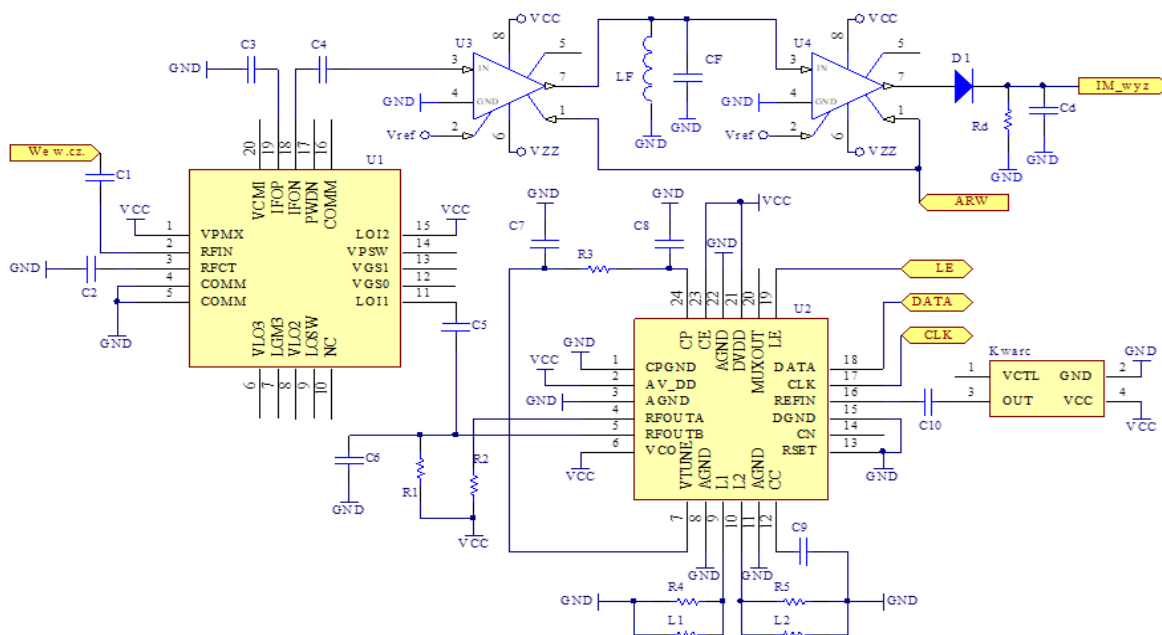
Schemat ideowy pakietu nadajnika impulsów odzewowych wykonany w programie ALTIUM DESIGNER pokazano na rys. 9. W jego skład wchodzi zasilacz wysokiego napięcia, modulator oraz magnetron.

Transformator Tr1 wraz z przetwornicą PN1 DC/AC dostarczają napięcie żarzenia do magnetronu. Zasilacz wysokiego napięcia tworzą przetwornica PN2 DC/AC, transformator Tr2, wysokonapięciowe diody D1 i D2 oraz C2 i R2. Do wejścia modulatora doprowadzane są z pakietu odbiornika impulsy wyzwalające IM_{wyz} . W przypadku braku tych impulsów następuje ładowanie pojemności C1 przez R1, R3 i R4 do napięcia U_{wn} dostarczanego z zasilacza wysokiego napięcia.

Decoder package works out the controlling commands which are sent to the recording package to be stored in the replaceable memory SD. An algorithm used in the processor memory configures a system of FAT32 files in the SD card and creates a file containing the current time provided by a real time clock.

The ideal diagram of the response pulses transmitter package was prepared by ALTIUM DESIGNER computer code and is shown in Fig. 9. It consists of the high voltage supply, modulator and magnetron.

Transformer Tr1 with converter PN1 DC/AC provide a filament voltage for the magnetron. The high voltage supply consists of PN2 DC/AC converter, transformer Tr2, high voltage diodes D1 and D2, and C2 and R2. The input of modulator accepts triggering pulses IM_{wyz} coming out from the receiver package. When these pulses are not present the capacity C1 is loaded via R1, R3 and R4 to voltage U_{wn} provided from the high voltage supply.



Rys. 8. Schemat ideowy pakietu odbiornika (altium.com)

Fig. 8. Ideal scheme of the receiver package (altium.com)

braku możliwości obiektywnej oceny jakości wykonanej modernizacji jest to przedsięwzięcie bardzo ryzykowne i kosztowne. Sposobem minimalizującym ryzyko i koszty jest wykonanie oblotów technicznych przy wykorzystaniu aparatury oblotowej dedykowanej dla danego PZR montowanej np. na samolocie bezpilotowym. Na bazie uzyskanych wyników będzie można określić poziom sprawności technicznej SNR jak też określić możliwość przedłużenia resursu kalendarzowego.

in the case when the performed upgrading cannot be assessed objectively it is a risky and costly way. The performance of technical check flights by using an assembly of check flight instruments dedicated for a specific AMS and integrated for instance onboard an unmanned plane seems to be a good way to minimise the risk and costs. On the grounds of received results the technical efficiency of the MGS may be assessed both with the chances for extension of its service life.

Literatura / Literature

- [1] Ministerstwo Obrony Narodowej (MON). (1983). Zasady organizacji i przeprowadzenia oblotów stacji naprowadzania rakiet typu RSNA-75N, RSN-75W, SNR-125M. Sygn. OPK 935/83. Warszawa: Ministerstwo Obrony Narodowej.
- [2] Wojskowe Zakłady Elektroniczne S.A. (WZE). (2016). Metodyka wykonywania oblotów technicznych. Stacja naprowadzania rakiet przeciwlotniczego zestawu rakietowego Newa S.C. Zielonka: Wojskowe Zakłady Elektroniczne S.A.
- [3] Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych (ITWL). (2012b). Biuletyn Eksploatacyjny nr P/O/R/U/5256/E/12 z aneksem 2. , Warszawa.
- [4] Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych (ITWL). (2012a). Biuletyn Konstrukcyjny nr P/O/R/U/5102/K/09 z aneksem 3. Warszawa.
- [5] Podciechowski, M., Rodzik, D., Żygadło, S., Karczmarz, D., Szkudlarz H. (2017). Modernizacja aparatury do przeprowadzania oblotów technicznych PZR NEWA S.C. W: Cywiński A., Milewski, S., Żak, A. (red.) Obrona powietrzna. Przegląd osiągnięć. Gdynia: Akademia Marynarki Wojennej.
- [6] Żygadło, S., Miernik, J., Podciechowski, M. (2019). Wybrane rozwiązania sprzętowo-programowe aparatury do oblotów technicznych stacji naprowadzania rakiet. Problemy Techniki Uzbrojenia, Nr 150, 95-104. DOI: 10.5604/01.3001.0013.5899.
- [7] Eurotech, Wielosamolotowy system imitatorów celów powietrznych. (Pobrane 03.03.2020 r. z www.eurotech.com.pl).
- [8] www.altium.com

