

PRÓBY ŚMIGŁOWCA PZL-SOKÓŁ

WŁADYSŁAW BUBIEŃ
[wbubien@wp.pl](mailto:wubien@wp.pl)

Streszczenie

Śmigłowiec W-3, któremu nadano polską nazwę PZL-SOKÓŁ, zaprojektowany przez konstruktorów PZL-Świdnik musiał przejść w pełnym zakresie próby certyfikacyjne. Dla załogi Wytwórni Sprzętu Komunikacyjnego w Świdniku produkującej licencyjne śmigłowce SM-1 i Mi-2 takie próby były poważnym wyzwaniem, pomimo merytorycznego wsparcia ze strony Instytutu Lotnictwa. W publikacji przedstawiono problemy techniczne jakie pojawiły się w początkowym etapie badań śmigłowca oraz wyjątkowo szeroki zakres prób na terenie byłego Związku Radzieckiego, prowadzonych nierzadko w ekstremalnych warunkach klimatycznych. Dopełnieniem publikacji jest opis niektórych problemów napotkanych w badaniach wersji uzbrojonych Sokoła.

Słowa kluczowe: Śmigłowiec, Próby, W-3, PZL-SOKÓŁ.

1. WPROWADZENIE

Śmigłowiec Sokół został zaprojektowany od podstaw. Założenia do projektu wstępnego lekkiego wielozadaniowego śmigłowca ustalono w 1972 roku w Moskwie w polsko-rosyjskiej grupie. Projekt wykonany z dominującym udziałem polskich konstruktorów przyjęto w 1975 roku, a w roku następnym wspólna komisja makietowa zatwierdziła podstawowe warunki techniczne. Głównym konstruktorem śmigłowca został mgr inż. Stanisław Kamiński. Dwa pierwsze prototypy śmigłowca typu W-3¹ powstały na przełomie lat 1978-1979. Egzemplarz nr 01 przeznaczono do prób statycznych, a kolejny 02 do prób naziemnych.

Wdrożenie śmigłowca do produkcji musiało być poprzedzone badaniami w pełnym zakresie – poczynając od prób statycznych, laboratoryjnych prób zmęczenia i zużyciowych oraz prób naziemnych i w locie. Wszystkie badania były prowadzone przez specjalistów polskich, z udziałem specjalistów rosyjskich aż do etapu uzyskania certyfikatu wg norm NŁGGW w 1991 roku. Śmigłowiec miał być eksploatowany we wszystkich rejonach byłego Związku Radzieckiego, więc Rosjanie wymagali prób w ekstremalnych warunkach klimatycznych i geograficznych tego kraju. W niniejszej publikacji są przedstawione ważniejsze etapy prób w locie i niektóre wydarzenia z nimi związane. Praktycznie są to jedynie migawki z badań w których uczestniczył jej autor. Rosjanie oceniają, że w próbach fabrycznych i państwowych tylko w latach 1983-1988 na W-3 wylatano ponad 2400 godzin². Główny konstruktor Sokoła inż. Kamiński często podkreślał, że jest to najlepiej przebadany śmigłowiec na świecie. Próby pozwoliły na korektę wielu rozwiązań konstrukcyjnych,

¹ W-3 Wiertolet tretij – zgodnie z chronologią śmigłowców produkowanych seryjnie w PZL-ŚWIDNIK.

² Aviacyonnaja Encyklopedia <http://www.airwar.ru/enc/uh/w3a.html>

dzięki czemu Sokół sprawdził się eksploatacyjnie w różnych rejonach świata. Okazał się sprawnym i niezawodnym śmigłowcem do gaszenia pożarów w Hiszpanii i Portugalii. Zdał egzamin w Birnie oraz na misjach wojskowych w Iraku. Obecnie jest eksploatowany na Filipinach i Algierii.

Opis pionierskiego etapu prób w tej publikacji został rozszerzony o niektóre problemy dotyczące wersji wojskowych.



Rys. 1. Inż. Stanisław Kamiński – główny konstruktor śmigłowca W-3. [4]

2. PIERWSZY ZAWIS

Z początkiem 1979 roku rozpoczęto próby naziemne Sokoła. 16 listopada 1979 r. po sprawdzeniu śmigłowca na rezonans ziemny, zgodnie z sugestią Marata Nikołajewicza Tiszczenzi³ wykonano nieprzewidziany programem zawis. Pilotem doświadczalnym był Wiesław Mercik. W locie uczestniczył też operator aparatury pomiarowej inż. Tomasz Zakrzewski.

Pilot początkowo miał kłopoty z utrzymaniem stabilnego zawisu ze względu na niewłaściwą regulację zaworów upustu powietrza w silnikach. Sytuacja poprawiła się po zwiększeniu wysokości do 5 m, gdy na większym zakresie mocy zawory zadziałały poprawnie. Niestety, nie był to początek prób w locie. Prawdopodobnie u podstaw decyzji o zawisie były względy propagandowe. Należało wykazać, że prace nad śmigłowcem są na tyle zaawansowane by je kontynuować.



Rys. 2. Zawis 26 października 1979 r. W kabinie Wiesław Mercik i Tomasz Zakrzewski. [4]

³ Wówczas szef Biura Konstrukcyjnego Miła, główny konstruktor największego na świecie śmigłowca Mi-26. Przewodził grupie doradców rosyjskich w pracach nad W-3.



Rys. 3. Pilot doświadczalny Wiesław Mercik w seryjnym Sokole. [4]

Na oficjalny oblot trzeba było czekać ponad dwa i pół roku. Trwały poważne przygotowania do prób. W tym celu został zakupiony w Holandii system pomiarowy VFW FOKKER o możliwościach nieporównywalnie większych od rejestratorów używanych wcześniej – wraz z telemetrią zapewniająca przesyłanie informacji ze śmigłowca w czasie rzeczywistym. System umożliwiał jednoczesny zapis 120 sygnałów oraz ich cyfrowe przetwarzanie. Był to najnowocześniejszy system pomiarowy w Polsce, a może nawet w tzw. Krajach Demokracji Ludowej. Przed tym w PZL-ŚWIDNIK stosowano zapisy analogowe, na papierowych taśmach czułych na promienie ultrafioletowe. Opracowanie zapisów odbywało się ręcznie przy pomocy zwykłej, wyskalowanej linijki. Po zakupie systemu pomiarowego w krótkim czasie w Świdniku opracowano programy obróbki cyfrowej zapisów odpowiadające aktualnej wiedzy odnośnie analizy drgań i obciążeń zespołów, a także aerodynamiki i osiągnięć śmigłowca. Na tyle profesjonalnie, że niektóre programy stworzone przez naszych informatyków zostały wkrótce sprzedane dostawcy systemu.



Rys. 4. System pomiarowy VFW-FOKKER w kabinie Sokola. [5]

Zakres prób był ogromny, liczony setkami dokumentów: programów, protokołów i sprawozdań. Wiedza o własnościach śmigłowca była zdobywana stopniowo. Na przykład początkowo na elementach wirnika nośnego naklejono około 300 czujników tensometrycznych by określić miejsca pomiaru przydatne do obliczeń wytrzymałościowych. Na podstawie zapisów można było zredukować liczbę miejsc pomiaru odkształceń do dalszych prób.

3. PRÓBY NAZIEMNE

Próby naziemne należy traktować nie mniej poważnie niż próby w locie. Destrukcja któregoś z elementów śmigłowca może mieć zgubne skutki ze względu na znaczną energię zespołu napędowego. W historii wiroplatów są znane przypadki rezonansu ziemnego, flutteru, czy też uszkodzeń łopat obracającego się wirnika. W 1957 roku w Instytucie Lotnictwa zginął Antoni Śmigiel podczas prób naziemnych prototypowego śmigłowca JK-1 Trzmiel.

Przepisy lotnicze wymagają sprawdzenia przed pierwszym lotem zespołu napędowego i funkcjonalności układu sterowania w granicznych stanach ich pracy. Do tego śmigłowiec musi być odpowiednio zakotwiczony. I tu mogą się pojawić trudności techniczne, gdyż sposób kotwiczenia ma wpływ na poziom i charakter drgań śmigłowca. Taki problem wystąpił w próbach naziemnych śmigłowca SW-4, gdy do obrotów roboczych trzeba było dochodzić przez kilka miesięcy. Z Sokołem nie było z tym trudności. Próby naziemne prowadzono w tzw. „klatce” jaką stanowiła siatka z lin stalowych dokoła płyty postojowej, oraz na drugim, otwartym stoisku. Zaprojektowane kotwiczenie w trakcie prób należało dodatkowo wzmocnić masztem przejmującym ciąg śmigła ogonowego tak, by nie przeciążać belki ogonowej i struktury kadłuba. Niezależnie od tego w „klatce” przeprowadzono część prób śmigła ogonowego wraz z układem transmisji jego mocy na specjalnym stoisku napędzanym silnikiem elektrycznym.



Rys. 5. Egzemplarz prototypu nr 02 w klatce do prób naziemnych. [6]



Rys. 6. Stoisko otwarte do prób naziemnych – egzemplarz prototypu nr 03 wycofanego po próbach w locie. [6]

Przed tym nastąpiło wydarzenie, które jest przykładem nieprzewidzianych sytuacji. Ekipa instalująca w hali montażowej wyposażenie pomiarowe – w niedzielę przed południem – zeszła ze śmigłowca na przerwę śniadaniową. Po pewnym czasie przybiegł pracownik ochrony zakładowej z okrzykiem „Panowie! Śmigłowiec wam się zawalił!” Bez impulsów zewnętrznych, pod wpływem grawitacji złamała się goleń podwozia głównego. Śmigłowiec stał przechylony na bok. Jak się później okazało przyczyną była korozja międzykrystaliczna stali maragingowej z jakiej wykonano podwozie. Po tym wydarzeniu trzeba było zmienić rodzaj stali w konstrukcji podwozia. Można sobie wyobrazić skutki opisanego defektu przy pracującym na ziemi zespole napędowym.

4. OBLÓT

Program oblotu przewidywał wykonanie 4 lotów z podglądem telemetrycznym. Załoga – Wiesław Mercik i Zbigniew Dąbski – przygotowywała się wcześniej do tego na wojskowym śmigłowcu Mi-8⁴ w Łęczycy, oraz częściowo w Moskwie.

Lot pierwszy obejmujący zawis i manewry w zawisie przebiegł poprawnie, zgodnie z oczekiwaniami. W drugim trzeba było wykonać krąg nadlotniskowy, lecz już przy rozpędzaniu ze wznoszeniem pojawiły się niepokojąco duże obciążenia zmienne śmigła ogonowego. Lot został przerwany. Analiza zjawiska wykazała, że ustąpi ono przy większych prędkościach lotu, co też potwierdziło się w locie trzecim.



Rys. 7. Prawdziwy początek prób w locie. 6 maja 1982 r.
Egzemplarz nr 03 o znakach SP-PSB w powietrzu. [6]

Przebieg lotu czwartego był dramatyczny. Dla zakończenia pełnego programu oblotu należało stopniowo dojść do prędkości 150 km/h. Jednak powyżej 100 km/h gwałtownie rosły obciążenia i drgania konstrukcji, co było kontrolowane dzięki teledetrii. Potwierdzeniem tego była korespondencja radiowa, jaką prowadził pilot. Jego głos rwał się tak niepokojąco, że nietrudno było sobie wyobrazić poziom drgań w kabinie. Lot został skrócony, przed dojściem do prędkości określonej w programie prób. Analiza zapisów po locie wykazała znaczne przekroczenia (nawet kilkakrotnie) poziomu dopuszczonych dla prób obciążeń zmiennych w elementach piasty wirnika nośnego. Kontynuowanie próby mogło mieć groźne skutki.

Rozwiązanie problemu zajęło kilkanaście miesięcy. Główną przyczyną był rezonans tzw. „pylonu” (określenie doradców rosyjskich dla zespołu konstrukcyjnego nad kadłubem obejmującego przekładnię z wałem głównym, piastę i łopaty wirnika nośnego), a także – w pewnym stopniu –

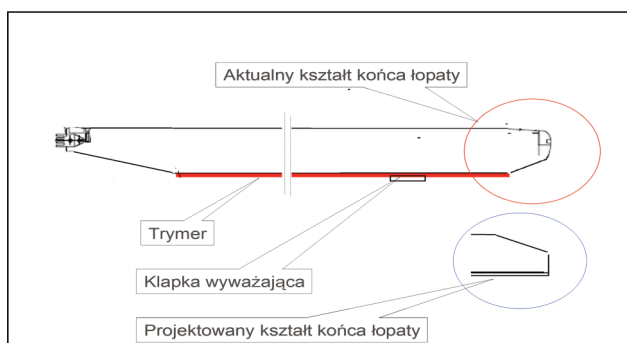
⁴ Mi=8, gdyż należało opanować zasady współpracy dwuosobowej załogi – szczególnie w sytuacjach awaryjnych.

łopaty wirnika. Lot 4. był ostatnim z udziałem Wiesława Mercika. Został zwolniony z pracy ze względów politycznych. Jako dyrektor ZBR⁵ przed stanem wojennym rozważał m.in. możliwość współpracy z firmami zachodnimi.

Kolejne próby kontynuował Zbigniew Dąbski wraz z mechanikiem pokładowym Mieczysławem Małkowskim. Wobec decyzji o zwolnieniu Wieśka byliśmy bezradni. Problem polegał na tym, że nie mogliśmy się temu w jakiś sposób przeciwstawić. Był początek stanu wojennego.

5. WALKA Z DRGANIAMI

Wysoki poziom drgań częściowo był związany z konstrukcją i własnościami aerodynamicznymi łopat wirnika nośnego. Wykonane z kompozytu wykazywały stosunkowo małą sztywność na skręcanie. Wartości sił w układzie sterowania odbiegały od założonych – były większe. Szukano rozwiązań korygując profil łopat, przez dodanie na krawędziach splywu trymerów. Niezależnie od tego, po zmianie kształtu końców łopat zdecydowanie poprawiła ich aerodynamika. Wybór ostatecznej konfiguracji był poprzedzony długimi i uciążliwymi badaniami na ziemi i w powietrzu wielu (ponad 20) kombinacji obejmujących długość trymerów, ich szerokość (20 do 40 mm), rozmieszczenie wzdłuż krawędzi natarcia oraz kąty odgięcia w stosunku do cięciwy profilu (w zakresie $\pm 5^\circ$). W konfiguracji docelowej na krawędziach splywu znajdują się stałe trymery o szerokości 20 mm na całej długości łopat będące przedłużeniem cięciwy aerodynamicznej profilu.

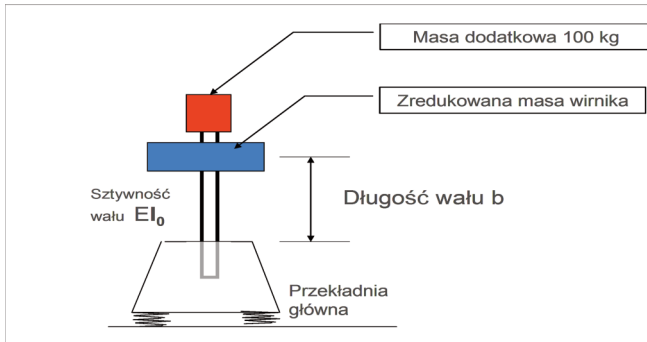


Rys. 8. Docelowa konfiguracja łopaty wirnika nośnego. [5]

Podstawowy problem dotyczył jednak rezonansu pylonu śmigłowca. Obliczenia wskazywały na to, że jedna z częstotliwości drgań własnych pylonu jest bliska 3. harmonicznej obrotów wirnika nośnego – (3 x liczba obrotów wirnika na sekundę, czyli około 13.5 Hz), a więc w okolicach mechanicznego rezonansu. Odstrojenie układu od tej częstotliwości można było uzyskać dwójako: przez zmianę wymiarów przekroju poprzecznego wału wirnika nośnego, lub zmianę długości wału. Ze względów konstrukcyjnych obydwa rozwiązania były kłopotliwe.

Rezonansowy charakter drgań został potwierdzony prostym eksperymentem. Na końcu wału wirnika nośnego zabudowano metalowy walec o masie 100 kg, co obniżyło częstotliwość drgań własnych układu o około 2 Hz (Rys. 10). Masa została zabudowana nad kolektorem systemu pomiarowego widocznym np. na fotografiach 2 i 7. Z takim walcem – zwanym eufemistycznie przez konstruktorów „antywibratorem biernym” – zgodnie z oczekiwaniami śmigłowiec bez trudu przekroczył prędkość 200 km/h.

⁵ ZBR – Zakład Badawczo-Rozwojowy w WSK ŚWIDNIK



Rys. 9. Schemat dynamiczny pylonu. [5]

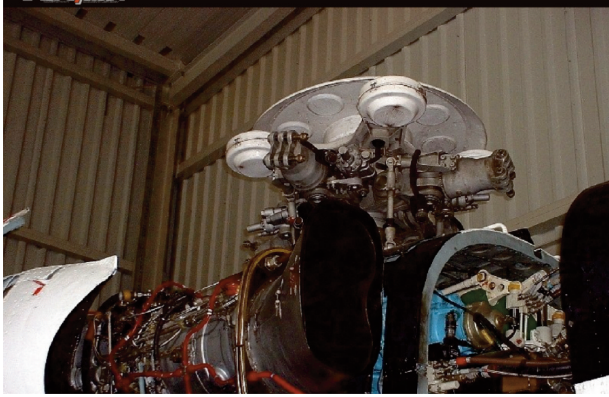
Po tym eksperymencie został skonstruowany antywibrator rolkowy którego działanie polega na tym, że ruchome rolki umieszczone w ramionach prostopadłych do osi wału głównego śmigłowca przeciwstawiają się jego drganiom. Ponadto sam antywibrator o masie 56 kg w pewnym stopniu też obniża częstotliwość drgań własnych całego pylonu.



Rys. 10. Masa 100 kg na wale wirnika nośnego obniżająca częstotliwość drgań własnych pylonu. [6]



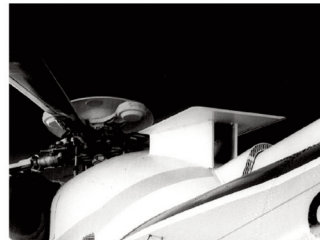
Rys. 11. Antywibrator rolkowy. [6]



Rys. 12. Antywibrator rolkowy po zabudowie na śmigłowcu. [6]

Przez odpowiednią konfigurację łopatek wirnika nośnego i zastosowanie antywibratora obniżono skutecznie poziom drgań generowanych przez wirnik nośny. Pomimo tego w pewnych zakresach prędkości lotu występowały nieregularne, uciążliwe dla załogi drgania kadłuba. Jak się okazało, pojawiały się przy turbulentnym opływie śmigła ogonowego.

Patrząc na fotografie pierwszych śmigłowców W-3 widzimy na osłonie przekładni głównej dziwną konstrukcję w kształcie stołka. Było to rozwiązanie doraźne dla uporządkowania strug spływających z wirnika.



DEFLEKTOR

Rys. 13. Deflektor dla uporządkowania strug spływających z wirnika głównego. [6]



Rys. 14. Śmigłowiec W-3A z deflektorem wkomponowanym w osłonę przekładni głównej. [6]

Później taką rolę spełniała osłona nad antywibratorem, a w śmigłowcach W-3A pojawił się pod wirnikiem nośnym deflektor widoczny na rysunku 14 w wyniku odpowiedniego wyprofilowania osłony przekładni głównej. Zmiana kształtu osłony wynikała z potrzeby uzyskania pod nią miejsca na rozbudowaną w stosunku do wersji W-3 instalację hydrauliczną. Problem drgań praktycznie i w miarę poprawnie został rozwiązany, a dzisiaj Sokół pod tym względem nie jest gorszy od innych współczesnych mu śmigłowców.

6. SOKÓŁ JUŻ LATA POPRAWNIE

Po długich zmaganiach z problemami technicznymi można było rozpocząć próby obejmujące stany lotu właściwe dla śmigłowców. Były to pomiary w locie obciążeń i drgań zespołów dla wstępnego określenia bezpiecznego okresu ich eksploatacji, badanie własności aerodynamicznych, ocena pracy systemów oraz instalacji pokładowych. Oczywiście pojawiały się różnego rodzaju niespodzianki techniczne, ale nie blokowały zasadniczo przebiegu prób. Pierwszym lotom Sokoła towarzyszył śmigłowiec Mi-2 z lekarzem i ekipą ratowniczą na pokładzie – na przypadek przymusowego lądowania poza lotniskiem. Taka praktyka była powszechnie stosowana w Rosji a wynikała z ich doświadczenia. Na szczęście w naszych próbach takie okoliczności nie wystąpiły.

Równoległe z próbami w locie kontynuowano długotrwałe (kilkaset godzin) próby naziemne na śmigłowcu zakotwiczonym.



Rys. 15. Pierwszy prototyp W-3 (nr fabryczny 30.01.03) przeznaczony do prób w locie – nad Zalewem Zemborzyckim koło Lublina. [6]

7. PRÓBY NA TERENIE BYŁEGO ZWIĄZKU RADZIECKIEGO

Obowiązujące w tamtych latach rosyjskie przepisy lotnicze określały, że śmigłowiec może być przekazany do prób państwowych po minimum 150 godzinach lotów doświadczalnych. Gdy Sokół tam leciał, nalot jego prototypowych egzemplarzy znacznie przewyższał 1000 godzin.

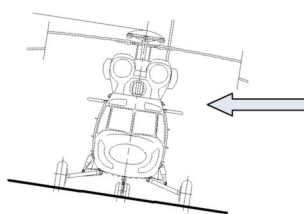
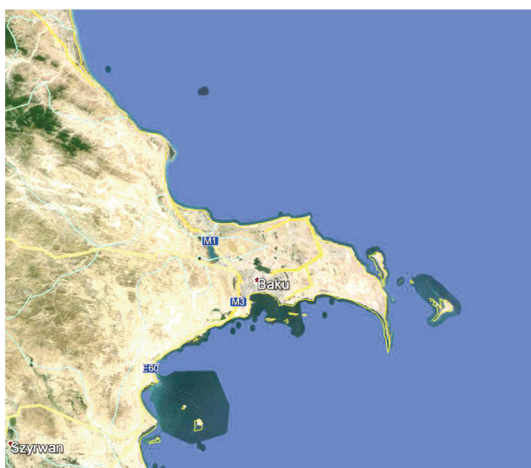
Wstępna ocena własności śmigłowca odbyła się w Moskwie na lotnisku Szeremietiewo 2 z udziałem pilotów rosyjskich. W Polsce loty doświadczalne wykonywano tylko w składzie naszej dwuosobowej załogi oraz operatora aparatury pomiarowej. W Rosji załogę Sokoła stanowili: pilot polski jako dowódca statku powietrznego oraz doświadczalny pilot rosyjski. A poza tym technicy różnych specjalności, często bez potrzeby, co było normą praktycznie tam stosowaną. Na przykład w jednym locie często uczestniczyli inżynierowie prób od aerodynamiki, wytrzymałości, silników, instalacji hydraulicznej, a nawet lekarz sprawdzający skład powietrza w kabinie. My odnosiliśmy się do tego krytycznie. Jednak później, w Kraju, uznaliśmy potrzebę włączenia do załogi śmigłowca inżyniera prób w locie realizującego odpowiedni program.

W pierwszej fazie prób w byłym ZSRR stosowano ciężkie rosyjskie systemy pomiarowe z analogowymi zapisami na światłoczułych taśmach fotograficznych. W Polsce trwał stan wojenny i na nowoczesne systemy z krajów zachodnich było embargo. Z czasem te formalności udało się obejść. Pozyskano z Zachodu dwa kolejne systemy, które umożliwiły bardziej efektywne prowadzenie prób – także w ZSRR – z zachowaniem większego bezpieczeństwa lotów.

Główne etapy badań realizowano na terenie Związku Radzieckiego w skrajnych warunkach klimatycznych, po wstępnej ocenie śmigłowca w Moskwie na początku 1985 roku. Później próby były prowadzone w niżej wymienionych miejscowościach tego kraju na kilku prototypowych egzemplarzach Sokoła:

- Baku (1985 r.) – ocena możliwości startów i lądowań śmigłowca na stokach o zmiennym nachyleniu przy silnym wietrze.
- Duszanbe (1985 r.) – pomiary obciążeń i drgań, badania własności aerodynamicznych oraz próby funkcjonalne zespołów śmigłowca w warunkach wysokogórskich przy podwyższonych temperaturach otoczenia.
- Jakuck (początek 1986 r.) – badania w niskich temperaturach otoczenia.
- Workuta (1988 r.) – dokończenie prób w niskich temperaturach.
- Uchta (1986 r.), Wilno (1987 r.), Uchta (1989 r.) – próby w warunkach oblodzenia.
- Kaługa (1988 r.) – próby państwowe
- Aszchabad (1990 r.) – próby w warunkach wysokich temperatur na skraju pustyni Kara-Kum.
- Duszanbe (1990 r.) – próby w warunkach wysokogórskich (góry Pamiru) śmigłowca w kategorii B i A.

Z Moskwy Sokół poleciał do Baku dla potwierdzenia ograniczeń prędkości wiatru i nachylenia płaszczyzny lądowania.



Rys. 16. Baku. Pierwszy etap prób w ekstremalnych warunkach [5]. Opis w tekście.

Program obejmował starty, lądowania oraz manewry w zawisie śmigłowca przy różnych prędkościach i kierunkach wiatru. Celem prób było określenie zapasów sterowania oraz rejestracja obciążeń zespołów śmigłowca, szczególnie belki końcowej i śmigła ogonowego z transmisją jego mocy w tych warunkach. Przy silnym wietrze od Morza Kaspijskiego śmigłowiec mógł startować i lądować na wysokim nabrzeżu o zmiennych kątach nachylenia zbocza.

Następny etap to Duszanbe⁶ w Republice Tadżykistanu. Sokół o znakach rejestracyjnych SP-PSE dotarł tam na pokładzie samolotu transportowego IŁ-76 pod koniec sierpnia 1985 roku. Lotnisko komunikacyjne w tym mieście jest położone na wysokości około 800 m nad poziomem morza (podobnie jak w Zakopanem lądowisko TOPR– 810 m). Loty odbywały się przy temperaturach powietrza w przedziale 28°-33°C. Próby były prowadzone w zakresie własności aerodynamicznych, pomiarów wytrzymałościowych, oraz funkcjonalności zespołów w typowych dla śmigłowców stanach lotu.

Z Duszanbe zorganizowano wypad w góry Pamiru. Bazą było lądowisko Dżyrgital – znajdujące się około 200 km na północny wschód od Duszanbe. Sokół poleciał z samą załogą, a ekipa badawcza zabrała się samolotem Aeroflotu An-2. Czasem przelatywaliśmy kilkadziesiąt metrów nad pasmem brunatno-czerwonych gór o wysokości wierzchołków przekraczającej 3000 m. Podziwialiśmy surowy, bezludny krajobraz. Wydawało się, że w te strony nawet komunizm dociera z trudem. Jakież było nasze zdziwienie, gdy po wylądowaniu zobaczyliśmy ogromny napis z kamieni ułożonych na zboczu masywu górskiego „Sława KPSS”⁷. Miejscowi poinformowali nas, że to dzieło komsomolców, którzy układali napis z narażeniem życia. Mówiono, że wiązały się z tym ofiary śmiertelne.



Rys. 17. „Wieża kontroli lotów” na lądowisku Dżyrgital. [5]



Rys. 18. Samolot Aeroflotu którym przyleciała do Dżyrgitalu ekipa badawcza. [5]

⁶ W pewnym okresie zwane Stalinabadem

⁷ Rosyjski skrót „Komunistycznej Partii Związku Radzieckiego”

Na lądowisku znajdującym się na wysokości 1700 m nad poziomem morza temperatura powietrza wynosiła 25°C, to jest o 20°C powyżej warunków atmosfery wzorcowej. W pewnym sensie był to dzień polski. Samolot An-2, wyprodukowano w Mielcu, a oprócz Sokoła przyleciał na próby też mielecki prototyp samolotu An-28.

Nasze loty obejmowały starty z rozbiegiem, lądowania awaryjne oraz określenie wysokości zawisu z wpływem i bez wpływu ziemi. Powtórzono to w wyższych partiach gór Pamiru sprawdzając możliwość lądowania śmigłowca na wysokości ponad 4000 m w warunkach podwyższonych temperatur otoczenia.



Rys. 19. Przygotowanie do prób na lądowisku Dżyrgital. W tle pasące się na polu wzlotów zwierzęta. [5]



Rys. 20. Sokół startujący w obłokach kurzu obok drogi startowej. Nawierzchnia utwardzona była w gorszym stanie. [5]

Syberia to kolejny etap prób w warunkach ekstremalnych. Do Jakucka Sokoła dostarczono w styczniu 1986 r. też samolotem transportowym Il-76. Pisząc programy próbowaliśmy zdobyć informacje o warunkach klimatycznych tego rejonu, szczególnie dotyczące temperatury powietrza. Rzeczywistość była inna od naszych wyobrażeń. Przekonaliśmy się, że anomalie temperaturowe występują głównie w pobliżu ziemi. Wraz z wysokością temperatury dość prędko zbliżają się do warunków Atmosfery Wzorcowej. A na wysokości 10 000 m temperatury powietrza nad równikiem i nad biegunami są podobne.

W Jakucji temperatury przy ziemi spadały w dzień poniżej -40°C . Ale była silna inwersja. Na wysokości 1000 m STD wzrastały do -25°C . (i na odwrót, nad pustynią Kara-kum, gdzie byliśmy z Sokółem kilka lat później trzeba było latać nisko, poniżej 100 m dla sprawdzenia jego własności w temperaturach wysokich).

W Jakucku zderzyliśmy się z problemami dotyczącymi eksploatacji Sokola. Przy temperaturach zbliżonych do -50°C z kół przedniego podwozia zeszło w nocy powietrze i ogumienie pozostało w stanie odkształconym. Przeciekały przewody instalacji hydraulicznej w miejscach połączeń. Zdarzyło się, że po wymontowaniu ze śmigłowca gumowy przewód z oplotem przy zginaniu został złamany w rękach.

Na lotnisku w Jakucku ze względu na jego położenie często występuje mgła i samoloty są kierowane na odległe o 20 km lotnisko Magan. Z tego względu tam prowadzono próby. Warunki były bardzo trudne, szczególnie dla mechaników. Niewielki hangar udostępniano nam sporadycznie.



Rys. 21. Sokół na lotnisku Magan koło Jakucka. [5]

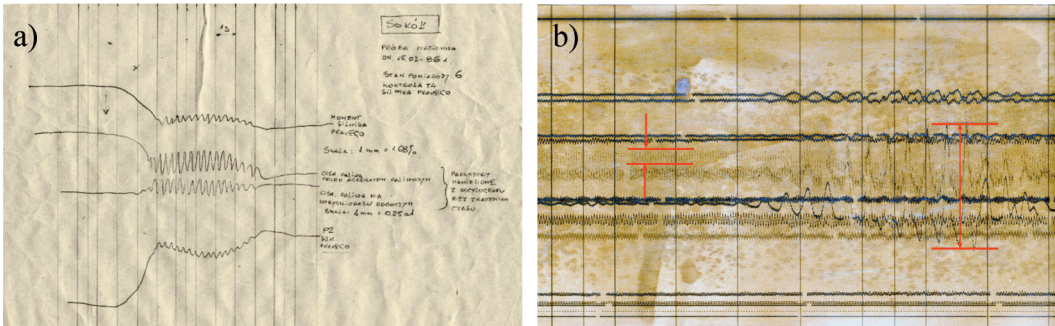


Rys. 22. Spacer po ulicach Jakucka. Cała polska ekipa była wyposażona w puchową odzież. Czapki „uszatki” i buty „unty” dostarczyli nam Rosjanie. Bez tego było by ciężko wytrwać w surowym klimacie. [5]

Przygotowanie śmigłowca i większość prac obsługowych trzeba było prowadzić na otwartym powietrzu. Umożliwiały to proste nagrzewnice opalane naftą lotniczą, z których grubymi przewodami gorące powietrze było dostarczane do określonego miejsca na śmigłowcu. Dzięki temu mechanicy mogli pracować bez rękawic, ale twarz była narażona na odmrożenie. W pobliżu stojanek stały drewniane skrzynie, w których kiedyś dostarczano produkowane w Świdniku śmigłowce Mi-2. Na rosyjskich lotniskach te opakowania powszechnie wykorzystywano jako pomieszczenia socjalne. W nich chroniliśmy się przed mrozem.

Na początku prób pojawiła się niespodzianka techniczna. Po uruchomieniu śmigłowca, przy przechodzeniu na obroty robocze występowały intensywne drgania belki ogonowej wraz z belką końcową. Zjawisko miało charakter rezonansowych drgań skrętnych w całym układzie napędowym śmigłowca – od silników do śmigła ogonowego. Trudno jest sobie wyobrazić, że ten sztywny układ

poruszał się niczym ogon ryby wyjętej z wody. Pociągało to za sobą znaczne obciążenia zmienne układu transmisji śmigła ogonowego i jego piasty. Do tego stopnia, że czekaliśmy na decyzję ze Świdnika via Moskwa o kontynuowaniu prób po teoretycznej ocenie wytrzymałości przeciążonych zespołów. W zapisach dominowała częstotliwość 3.5 Hz, której wcześniej nie było. Wydawało się, że jest to związane ze zmianami w niskich temperaturach charakterystyk elektronicznych układów sterujących pracą silników. Podjęte działania dotyczyły głównie elementów elektroniki w blokach ograniczeń zespołu napędowego. Wreszcie, jak się później okazało w sposób przypadkowy, intensywność drgań spadła do akceptowalnego poziomu. Przyczynę drgań skrętnych zespołu napędowego wyjaśniono później w Polsce. Była związana z instalacją paliwową.



Rys. 23. Zapisy wielkości rejestrowanych podczas drgań skrętnych zespołu napędowego śmigłowca: a) parametry pracy prawego silnika: moment na wale i ciśnienia paliwa, b) wzrost obciążeń piasty śmigła ogonowego przy zwiększaniu obrotów – zakres wielkości zaznaczony czerwonym kolorem [5]

Rysunek 23 ukazuje oryginalne, prymitywne zapisy na światłoczułej taśmie. Po 30. latach mocno wyblakłe. W zapisach zwraca uwagę pulsacja parametrów pracy silnika w stanie rezonansu. W Jakucji były stosowane rosyjskie systemy pomiarowe. Po każdym locie czekaliśmy na wyschnięcie wywoływanych na mokro taśm fotograficznych o długości dziesiątków metrów. A później pracownicy wypełnialiśmy ręcznie tabelki z wartościami rejestrowanych wielkości.



Rys. 24. Lotnisko Magan. Prace biurowe. Od lewej inżynierowie prób w locie: Andrzej Kwiecień, Zbigniew Kazulo i Zbigniew Kamiński. [5]

Pierwszy lot Sokola był obserwowany z uwagą przez personel lotniska Magan. Pracownicy lotniska mówili, że kierowane tu na próby statki powietrzne w pierwszym sezonie zimowym na ogół

nie są zdolne do lotu. A nam się udało w tamtych warunkach klimatycznych zrealizować program prób w 70%.

Rozwiązania wdrożone po próbach w Jakucji zostały sprawdzone w Workucie. Wprawdzie za kołem polarnym, lecz w warunkach bardziej łagodnych niż na Syberii. Temperatury otoczenia oscylowały wokół wartości -35°C . Tu w badaniach niespodzianek nie było.



Rys. 25. Sokół nr 05 SP-PSD na lotnisku w Workucie. [5]



Rys. 26. Pierwszy śmigłowiec który przyleciał przed laty do Workuty: Mi-4 przed portem lotniczym. Obok instalacja artystyczna na 67 równoleżniku stanowiącym koło polarne. [5]

8. PRÓBY W WARUNKACH OBLODZENIA

Loty w oblodzeniu niewątpliwie należały do najtrudniejszych i najbardziej niebezpiecznych. Początkowo prowadzono je wspólnie z Rosjanami w Uchcie (republika Komi), Wilnie, a także w Świdniku. Instalacja przeciwooblodzeniowa Sokola obejmuje ogrzewanie wlotów silników, dajników ciśnienia, łopaty wirnika nośnego i śmigła ogonowego a także szyb przednich. Dla W-3

jako kryterium oblodzenia stosowano tempo narastania lodu na wskaźniku przy oknie pilota. W ramach prób certyfikacyjnych śmigłowca W-3A należało badania powtórzyć i przeprowadzić je zgodnie z wymaganiami amerykańskiego nadzoru FAA. Problem polegał na tym, że wyniki prób muszą być odniesione do warunków zewnętrznych: temperatury powietrza, statystycznego rozkładu średnicy kropeł wody oraz zawartości wody w chmurze, które mogą się zmieniać z minuty na minutę podczas lotu. Do badań była potrzebna specjalistyczna aparatura. Dostarczyli i obsługiwali ją Amerykanie. Próby prowadzono na północy Norwegii w Tromsø. Tam też wystąpiły poważne problemy techniczne. Głównie dotyczyły ogrzewania wlotów silników. Początkowo zaprojektowane ogrzewanie elektryczne okazało się zawodne. Z tego względu przebadano wersję alternatywną – ogrzewanie wlotów gorącym olejem z silników. Trudno jest pobieżnie omówić przebieg prób. Prowadzono je na granicy bezpieczeństwa. Tam wystąpiła jedna z groźniejszych sytuacji. Śmigłowiec z włączoną wcześniej instalacją przeciwozlodzeniową na wysokości 2800 m wszedł z boku do wypiętrzonych chmury Cb przy temperaturze otaczającego powietrza minus 18°C. Nieoczekiwanie wewnątrz chmury napotkał wodę, która natychmiast oblodziła cały płatowiec, z łopatomi wirnika nośnego włącznie. Pilot – Waldemar Jaworski – przeszedł do ekonomicznej prędkości lotu, lecz pomimo tego śmigłowiec na mocy startowej leciał z opadaniem 3m/s. Oblodzenie zmieniło aerodynamikę wirnika w takim stopniu, że została też przekroczona wydolność instalacji hydraulicznej układu sterowania. Szczęśliwie załodze udało się wyjść z tak niebezpiecznego położenia. Jest to przykładem, że anomalie meteorologiczne nie są przewidywalne i mogą stanowić poważne zagrożenie nawet przy sprawnej instalacji przeciwozlodzeniowej.



Rys. 27. Próby w warunkach oblodzenia. W górnej części fotografii wskaźnik oblodzenia z lewej strony kabiny pilotów. [5]

9. WYPADKI

Badania statków powietrznych zawsze niosą ze sobą element ryzyka. W historii PZL-ŚWIDNIK miały miejsce wydarzenia lotnicze podczas prób śmigłowców, jednak bez ofiar. Jedni przypisują to Opatrzności, inni szczęściu. Ale nie da się zaprzeczyć, że decydujący wpływ miała odpowiednia metodyka badań. Wypadki naszych śmigłowców ze skutkami tragicznymi nie były związane z próbami.

Pierwsza poważna sytuacja wystąpiła na lotnisku w Świdniku 12 września 1986 roku. Podczas lotów dla wypracowania techniki lądowania po awarii jednego silnika doszło do wypadku. Gdy lądujący śmigłowiec znalazł się na wysokości 20 m nad ziemią obydwa silniki nieoczekiwanie i jednocześnie zeszyły na moc biegu jałowego, chociaż na tablicy przyrządów pojawiła się informacja o przekroczeniu mocy startowej: czerwone lampki sygnalizujące wysokie wartości momentów

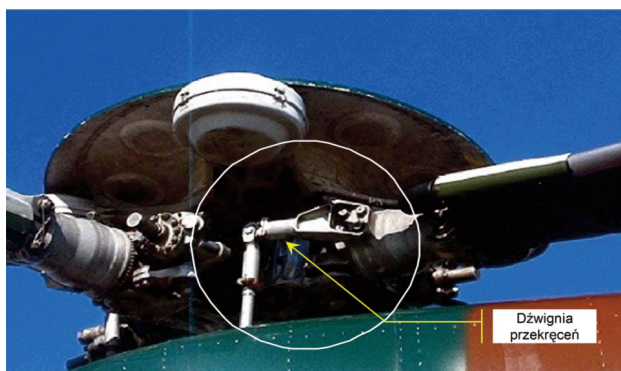
silnikowych. Po 4 sekundach śmigłowiec w locie postępowym zderzył się z ziemią. W następstwie oddzieliła się belka końcowa wraz ze śmigłem ogonowym. Pilot – Zbigniew Dąbski – zdołał utrzymać śmigłowiec na kołach, zapobiegając poważniejszym skutkom wydarzenia. Bezpośrednią przyczyną wypadku był fałszywy sygnał elektryczny do bloków sterujących pracą silników powodujący automatyczną, redukcję mocy zespołu napędowego. W trakcie badania wypadku pojawiły się nieuzasadnione zarzuty o spóźnionej reakcji załogi – w okolicznościach, których nie można było wcześniej przewidzieć. W tej sytuacji zdecydowanie i skutecznie w obronie pilotów wystąpili piloci doświadczalni z Instytutu Lotnictwa: Ryszard Witkowski, Stanisław Wielgus i Jerzy Bereżański.

W tym czasie, równolegle w Rosji, prowadzono próby największego na świecie śmigłowca jednowirnikowego Mi-26, którego głównym konstruktorem wspomniany na wstępie Marat Nikołajewicz Tiszczenko. I właśnie podczas realizacji podobnego zadania – symulowanej awarii silnika przy lądowaniu – nastąpił wypadek, w którym zginęło 5 osób.

Po kilku latach 23 lipca 1991 roku, gdy Sokół już był w miarę sprawdzony, z tymczasowym polskim certyfikatem, dowiedzieliśmy się o wypadku w rejonie Jakucka. Trzy śmigłowce były przebazowywane z Kremieńczuka na Kamczatkę. Jeden z nich podczas przelotu spadł z wysokości 2000 m grzebiąc 5 osób.

Przyczyną było złamanie dźwigni sterowania jednej z łopat wirnika nośnego. Sprawę należało traktować bardzo poważnie, bo pierwsze sugestie dotyczyły błędu konstrukcyjnego. Na potrzeby komisji rosyjskiej badającej wypadek przeprowadzono wiele prób w celu zweryfikowania kilku hipotez. Sprawa się wyjaśniła po przeanalizowaniu zapisów katastroficznego rejestratora danych z całej trasy przelotu. Wykazaliśmy, że na każdym etapie przebazowania ciężar startowy tego śmigłowca przekraczał ciężar dopuszczalny nawet o ponad tonę. Można to było obliczyć na podstawie zapisów parametrów lotu oraz parametrów pracy zespołu napędowego. Na domiar złego pilot nie przestrzegał ograniczeń prędkości lotu. Na wysokości 2100 m (FL 70) przekraczał prędkość dopuszczalną nawet o 50 km/h.

Rosjanie badający wypadek nie wierzyli, że tak ciężki Sokół może wystartować i kontynuować lot. W Świdniku takie możliwości potwierdziliśmy. Śmigłowiec z przekroczonym ciężarem startowym bez trudu osiągnął wysokość 2100 m, jednak przy zwiększaniu prędkości lotu obciążenia zmienne układu sterowania wirnikiem nośnym rosły gwałtownie do niebezpiecznego poziomu. Przy telemetrycznej kontroli sygnałów próba została przerwana.



Rys. 28. Element piasty wirnika nośnego, którego pęknięcie było przyczyną wypadku śmigłowca W-3 w Jakucji. [5]

W przebazowywanym śmigłowcu dźwignia sterowania łopatą pękła z powodu zmęczenia materiału. Pęknięcie rozwijało się przez kilka godzin. Wykazały to badania przeprowadzone w jednym z instytutów metalurgicznych w Moskwie.

10. NIESPODZIANKI W PRÓBACH WERSJI UZBROJONYCH

Pierwszej wersji uzbrojonego Sokoła z oznaczeniem W-3U nadano nazwę Salamandra. Już na początku przy strzelaniu z działka GSz-23 zabudowanego na lewej burcie śmigłowca została wyszana dolna szyba kabiny pilotów. Z tego względu w niektórych wersjach szyby ze szkła organicznego zaślepiono metalową blachą.



Ostona metalowa w miejsce szyby od strony działka GSz-23

Rys. 29. Śmigłowiec W-3U Salamandra. [6]

Groźniej wyglądały skutki odpalenia pocisku raketowego SZTURM z belki uzbrojenia tego śmigłowca, gdyż pofalowało się poszycie tylnej części kadłuba. Były poważne obawy, czy strugi gazów za startującym pociskiem nie wpadają w śmigło ogonowe wywołując dodatkowe obciążenia belki, które są przekazywane dalej, na strukturę kadłuba. Mogło to mieć niebezpieczne skutki szczególnie ze względu na obciążenia śmigła i transmisji jego mocy. Dla wyjaśnienia sytuacji na piaście i łopatach śmigła, belce końcowej i belce ogonowej zainstalowano czujniki odkształceń, a na poszyciu kadłuba czujniki ciśnienia. Dzięki temu można było wykazać, że przyczyną deformacji poszycia są lokalne zmiany ciśnienia podczas odpalania pocisku. Wzmocnienie poszycia w tej części kadłuba rozwiązało problem.

Ta wiedza okazała się przydatna podczas prób śmigłowca W-3K (wersja „Kentron”) w RPA w 1993 roku. Tam był badany Sokół wyposażony w uzbrojenie zabudowane wg koncepcji południowoafrykańskiego koncernu zbrojeniowego DENEL. Naszą bazą były koszary w północnej części Republiki, w pobliżu miejscowości Luis Trichardt. Loty odbywały się na poligonie odległym o kilkadziesiąt kilometrów na południe od koszar. Każdorazowo w drodze na poligon i z powrotem śmigłowiec przekraczał zwrotnik Koziorożca. W wersji W-3K na belkach uzbrojenia znajdowały się wyrzutnie przeciwczołgowych pocisków raketowych ZT-3. Uwzględniając problemy z pociskami raketowymi SZTURM, śmigłowiec jeszcze w Polsce odpowiednio wyposażono w układy pomiarowe. W lotach były odpalane pociski raketowe ze strony lewej, później z prawej, a na końcu przy takim ustawieniu wyrzutni, by jej oś przecinała się z osią obrotu śmigła ogonowego. Miejscowi specjaliści patrzyli na to z niepokojem. My natomiast sukcesywnie kontrolowaliśmy wyniki pomiarów. Po odpaleniu ostatniego pocisku ZT-3 wystarczyła godzina na analizę zapisów, by wrócić śmigłowcem do koszar.

Największe jednak problemy w RPA wiązały się z działkiem GA-1 (kaliber 20 mm) zabudowanym na nosie kadłuba. Było wrażliwe na kurz wzniesiony przy starcie. Specjaliści od uzbrojenia walczyli z tym do ostatniego dnia, w którym śmigłowiec miał być demonstrowany przedstawicielom polskiego wojska.



Rys. 30. W-3K (Kentron) na poligonie w RPA. [5]

W przeddzień rusznikarze działko rozebrali, przesmarowali wszystkie jego części, a po złożeniu zabezpieczyli pokrowcem z folii. Na poligonie, tuż przed startem folia została zdjęta. Pomimo tego już w pierwszym locie działko się zacięło z pociskiem w lufie. I w tym przypadku szczęśliwie nie doszło do wypadku. Dopiero po zmianie przeterminowanej amunicji działko już poprawnie i komandor Zbigniew Smolarek, oceniający śmigłowiec pod kątem przydatności dla polskich sił zbrojnych celnie atakował na poligonie wraki samochodu i czołgu. Oglądaliśmy to z wieży obserwacyjnej.



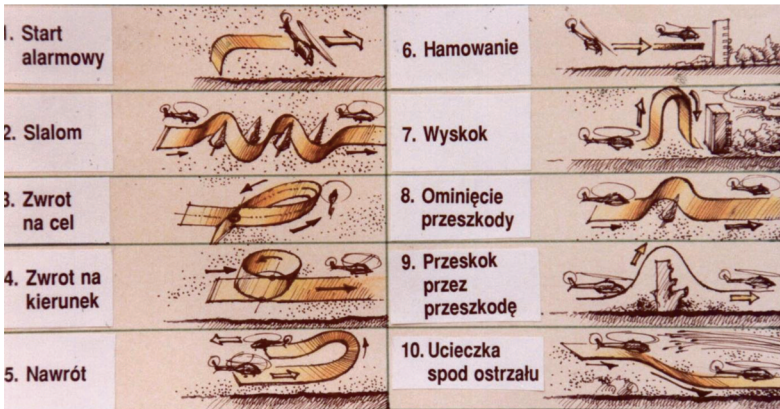
Rys. 31. Widok z wieży obserwacyjnej na poligonie w RPA. Ogień prowadzi kmdr Zbigniew Smolarek. [5]



Rys. 32. Komandor Zbigniew Smolarek – kilka lat później kontradmirał – z autorem publikacji. [5]

Zasługi ówczesnego komandora Zbigniewa Smolarka dla polskiego przemysłu śmigłowcowego są bezsporne. Wbrew wielu przeciwnościom, dzięki jego determinacji Sokoly trafiły do Polskiego Wojska. Trudno jest przecenić wpływ Komandora, awansowanego później na kontradmirała na kierunku modernizacji tych śmigłowców, szczególnie dla ratownictwa morskiego.

O zaletach bojowych śmigłowca stanowią własności związane z jego statecznością, sterownością i manewrowością. Nie można skonstruować latającego czołgu. Pożądaną cechą współczesnych śmigłowców jest możliwość działań przy wykorzystaniu warunków terenowych. Takie wymagania są ujęte w normach ADS-33D dla armii USA. Głównie dotyczy to lotów na małych wysokościach określanych jako loty NOE (Nap of Earth) w lotniczym żargonie zwanych „czesaniem ziemi”. Przykładem typowych manewrów jest tzw. delfinowanie albo slalom przy pokonywaniu przeszkód, nagle zmiana kierunku z pogwałceniem poprawnej techniki pilotażu, wyskok w zawisie dla odpalenia rakiety, itp. – w sumie kilkadziesiąt manewrów. Takie próby zostały przeprowadzone wspólnie z Instytutem Lotnictwa [1]. Wyniki dowodzą, że pod tym względem Sokół nie tylko spełnia wymogi norm amerykańskich, ale plasuje się w czołówce śmigłowców o przeznaczeniu wojskowym [2]. Na podstawie prób zostały opracowane zasady nietypowej techniki pilotażu oraz określono wpływ agresywnych manewrów na trwałość eksploatacyjną zespołów śmigłowca [3].



Rys. 33. Przykłady manewrów NOE (Nap of Earth) (J. Kończak 1995)



Rys. 34. Loty NOE: start alarmowy i hamowanie przed przeszkodą. Waldemar Jaworski demonstruje możliwości śmigłowca W-3K na lotnisku Okęcie. [6]

11. PILOCI DOŚWIADCZALNI W PRÓBACH SOKOŁA

Jak przedstawiono na wstępie publikacji, pierwszym pilotem, który na Sokole oderwał się od ziemi był Wiesław Mercik. Później wykonał jeszcze cztery loty ze Zbigniewem Dąbskim przed zwolnieniem z pracy na początku stanu wojennego w 1982 r. Próby kontynuował Z. Dąbski. Później do Działu Prób w Locie został przyjęty Jerzy Dyczkowski. W obliczu ogromnego zakresu prób w 1984 roku zorganizowano w Instytucie Lotnictwa kurs śmigłowcowych pilotów doświadczalnych. Instruktorem na tym kursie był znany, doświadczony pilot Instytutu Stanisław Wielgus. Kurs ukończyli m.in. piloci zatrudnieni w PZL Świdnik: Krzysztof Ruciński, Wojciech Walski, Jerzy Petruczyński oraz Waldemar Jaworski – pilot-instruktor szybowcowy, samolotowy i śmigłowcowy. Później do tego grona dołączyli piloci młodszego pokolenia: Leszek Koc, Leszek Pawuła, a w końcu konstruktor lotniczy Jan Cieśla – także wszechstronny pilot z uprawnieniami instruktorskimi we wszystkich wymienionych dyscyplinach.

12. PAMIĘCI KOLEGÓW

W lotach doświadczalnych prowadzonych w PZL-ŚWIDNIK uniknęliśmy wydarzeń pociągających za sobą ofiary. Jednak w dwóch tragicznych wypadkach straciliśmy kolegów pilotów doświadczalnych Działu Prób w Locie.

W 1990 roku 14-go lipca Wojciech Walski będący na kontrakcie w Sierra Leone zaginął na śmigłowcu PZL-Kania podczas przelotu nad zatoką, ze znajdującego się na półwyspie lotniska. Był to wyjątkowo zagadkowy wypadek, gdyż nie znaleziono pilota, i będącego na pokładzie attendenta, ani też głównych zespołów śmigłowca. Poszukiwania prowadziła marynarka Stanów Zjednoczonych. Przyczyna katastrofy pozostaje nieznana.

Drugi wypadek wydarzył się 18 stycznia 2003 roku w Korei Południowej w trakcie przekazywaniu śmigłowca W-3A po zabudowie czterokanałowego autopilota. Podchodząc do zawisu nad sztucznym jeziorem Chabchon pod zachodzące słońce przy lustrzanej powierzchni wody załoga niewłaściwie oceniła wysokość lotu. W ostatniej fazie podejścia śmigłowiec wpadł do wody i wkrótce utonął. Polski pilot Krzysztof Ruciński i koreański Byung-Wook Yoo nie dopłynęli do brzegu. Pięć pozostałych osób będących na pokładzie śmigłowca uratowało się.

W siedzibie Działu Prób w Locie są tablice, które upamiętniają naszych kolegów.



Rys. 35. Tablice w siedzibie Działu Prób Locie poświęcone pamięci pilotów doświadczalnych którzy zginęli w wypadkach śmigłowców. [5]

13. ZAKOŃCZENIE

W 60-cio letniej historii przemysłu śmigłowcowego w próbach w locie zrealizowano setki programów w tysiącach wylatanych godzin unikając – poza wyżej omówionymi – poważnych wydarzeń lotniczych. Można mówić o szczęściu, ale za tym kryje się też współpraca konstruktorów, inżynierów z Biura Obliczeniowego, lotniczych specjalistów a także kontrolerów jakości i kooperantów. Szczególne zasługi w zakresie bezpieczeństwa mają mechanicy wykonujący swą pracę często w skrajnych warunkach atmosferycznych, z dala od zaplecza technicznego. Oni często musieli doraźnie rozwiązywać bieżące problemy dotyczące sprawności śmigłowców. W Dziale Prób w Locie przepracowałem 30 lat i nie przypominam sobie zagrożenia związanego z niewłaściwą obsługą techniczną badanych śmigłowców. Wielkim dla nas komplementem była wypowiedź francuskiego operatora uzbrojenia, który uczestniczył w próbach pocisków raketowych HOT VIVIANE. Powiedział, że początkowo miał obawy dotyczące bezpieczeństwa lotów, ale szybko się zorientował, że technika i metodyka naszych badań nie odbiega od poziomu prób w EUROKOPTERZE. Jestem przekonany, że taki stan rzeczy jest aktualny też dzisiaj.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Projekt badawczy KBN Nr 9T12004713 pt. „Określenie granicznych warunków eksploatacji śmigłowca PZL SOKÓŁ w kontekście wymogów zastosowań specjalnych”. Instytut Lotnictwa.
- [2] Kazulo Z., 2000, „Ocena możliwości manewrowych śmigłowca PZL Sokół podczas wykonywania elementów misji specjalnych typu NOE w świetle kryteriów zawartych w normach armii amerykańskiej ADS-33”, Prace Instytutu Lotnictwa, 160.
- [3] Bubiń W., 2000, „Wpływ lotów NOE na żywotność eksploatacyjną śmigłowca PZL-SOKÓŁ”. Prace Instytutu Lotnictwa, 160.

FOTOGRAFIE

- [4] Fotografia ze zbiorów własnych Wiesława Mercika.
- [5] Fotografia ze zbiorów własnych Autora.
- [6] Fotografia z archiwum PZL-ŚWIDNIK.

PZL-SOKÓŁ HELICOPTER TRIALS

Abstract

W-3 helicopter which was given the Polish name PZL-SOKÓŁ, designed in PZL-Świdnik, had to pass a full range of certification trials. For the crew of PZL-Świdnik that manufactured under license the SM-1 and Mi-2 helicopters under license, such trials were a major challenge, despite substantial support from the Institute of Aviation. The paper presents technical issues which arose in the initial stage of helicopter tests and an extremely wide range of trials in the former Soviet Union, often conducted in extreme climatic conditions. A supplement to the paper is a description of some of the problems encountered during the tests of the armed version of PZL-SOKÓŁ.

Keywords: helicopter, trials, W-3, PZL-SOKÓŁ.