

SARNOWSKI Witold¹

ASPEKTY EKSPLOATACYJNE SILNIKÓW PZL-10W

W artykule omówiono niektóre aspekty eksploatacyjne silników PZL-10W. Scharakteryzowano podstawowy układ regulacji paliwa silnika oraz zmodernizowany. Przedstawiono sposób zabezpieczenia silnika przed uszkodzeniami (przecieki, niestabilna praca) oraz ustalenia rewersowe i trwałościowe silnika. Omówiono także wybrane problemy i usterki występujące podczas użytkowania silnika.

ENGINES PZL-10W - ASPECTS OF MAINTENANCE

The article discussed some aspects of maintenance PZL-10W engines. Characterized the primary engine fuel control system and modernized. Presented how to protect the engine from damage (leaks, unstable work) and the findings of the resources and the durability of the engine. Also discussed some problems and faults that occur during using the engine.

1. WSTĘP

Turbośmigłowy silnik PZL-10W stanowi podstawę zespołu napędowego śmigłowca W-3 „Sokół”. Śmigłowiec ten jest szeroko użytkowany – zarówno w wersjach wojskowych jak i cywilnych. Silnik PZL-10W, jako dostosowana do śmigłowca wersja samolotowego silnika TWD-10B, jest eksploatowany już od 1986 roku, kiedy to w Rzeszowie została uruchomiona produkcja seryjna. Lata doświadczeń pozwoliły dobrze poznać tę konstrukcję, rozwijać i modernizować, co prawdopodobnie pozwoli na jeszcze wiele lat eksploatacji.

Cała populacja śmigłowych silników turbinowych PZL-10W może zostać umownie podzielona na kilka etapów konstrukcyjnych i wiążących się z tym sposobów eksploatacji.

Pierwsza grupa silników seria 1 i 2, wprowadzona do eksploatacji w początkowym okresie eksploatacji śmigłowca, posiadała czasowo ograniczony godzinowy rewers eksploatacyjny – 750godz./1125cykli, sukcesywnie wydłużany po realizacji kolejnych biuletynów do 1000godz./1500cykli i 1500godz./2250cykli. Rewers kalendarzowy początkowo 5 lat, również był wydłużany do 6, 7 i 8 lat eksploatacji i przechowywania.

Druga grupa silników – seria 3, produkowana od 1997 roku, spełniająca wymagania przepisów FAR-33, określana potocznie jako silniki „farowskie”, została poddana szeregowi modernizacji i uzyskała okres międzyprawczy 3000godz./4500cykli

¹Wyższa Szkoła Oficerska Sił Powietrznych, Wydział Lotnictwa, 08-521 Dęblin; ul. Szkoły Podchorążych Lotnictwa 4. Tel: + 48 81 551-74-28, Fax: + 48 81 551-74-15, E-mail: witold_sarnowski@o2.pl

z obowiązkowymi przeglądami po 1000godz./1500cykli, 1500godz./2250cykli, 2000godz./3000cykli i 2500godz./3750cykli, w zależności co wcześniej osiągnie (Tab. 1). Resurs kalendarzowy ustalony został na 8 lat eksploatacji i przechowywania, choć istnieje możliwość przedłużenia wybranym silnikom kalendarzowego okresu eksploatacji do maksymalnie 10 lat.

Tab. 1. Zestawienie resursów dla silników PZL-10W

Seria silnika	Resurs godzinowy [godz./cykle]	Resurs kalendarzowy (eksploatacji i przechowywania)	Uwagi
1 i 2	750godz./1125cykli* 1000godz./1500cykli* 1500godz./2250cykli*	5 lat 6, 7 i 8 lat*	*po wykonaniu koniecznych biuletynów
3	3000godz./4500cykli**	8 lat	**obowiązkowe przeglądy po: 1000godz./1500cykli, 1500godz./2250cykli, 2000godz./3000cykli, 2500godz./3750cykli, w zależności co wcześniej osiągnie

Opracowanie własne.

Obie grupy silników posiadają odrębną dokumentację eksploatacyjną, aktualizowaną niezależnie od siebie. Dodatkowo zarówno użytkownik cywilny jak i wojskowy otrzymuje oddzielnie uaktualnienia dla obu dokumentów (Tab. 2). Taka sytuacja dotyczy również biuletynów, uaktualnień i poprawek do instrukcji.

Tab. 2. Zestawienie obowiązującej dokumentacji technicznej silnika

Seria silnika	Tytuł dokumentu	Numer dokumentu	Uwagi
1 i 2	Instrukcja Użytkowania i Obsługi Technicznej – SILNIK TURBINOWY PZL-10W	19.0.208	
3	Instrukcja Obsługi Technicznej – SILNIK TURBINOWY PZL-10W	19.0.400	zgodne z przepisami FAR-33

Opracowanie własne.

W początkowym okresie eksploatacji silniki miały inaczej określone zakresy mocy niż silniki 3 serii. Zakres nominalny i bojowy, występujący w silnikach 1 i 2 serii, zastąpiony został jednym zakresem maksymalnej mocy ciągłej.

Silnik 3 serii ma następujące zakresy mocy (bez prędkości względem powietrza, na poziomie morza, w warunkach ISA, N2=105%):

- moc 2,5-minutowa OEI - 846 kW / 1150 KM,
- moc 30-minutowa OEI - 736 kW / 1000 KM,
- moc startowa - 662 kW / 900 KM,
- maksymalna moc ciągła - 574 kW / 780 KM.

Nominalna prędkość obrotowa wału napędowego (turbiny napędowej) **N2** wynosi 22490 obr./min.

W artykule podjęto próbę przedstawienia kilku wybranych aspektów eksploatacyjnych silników PZL-10W.

2. ASPEKTY EKSPLOATACJI SILNIKÓW

2.1 Układ paliwowo-regulacyjny

Układ paliwowo-regulacyjny silnika jest układem sterującym pracą silnika (poprzez sterowanie paliwem) i ma do spełnienia dwa główne zadania:

- dostarczyć do komory spalania paliwo podawane przez układ paliwowy płatowca,
- zapewnić bezpieczny i sprawny sposób sterowania mocą silnika.

Układ ten pozwala pilotowi w pełni wykorzystać osiągi silnika przy minimalnym zaangażowaniu jego uwagi. Dodatkowo układ paliwowo-regulacyjny chroni silnik przed przeciążeniem. W czasie przyśpieszania (akceleracji) i zwalniania (deceleracji) układ zabezpiecza silnik przed uszkodzeniami i/lub zgaśnięciem silnika z powodu nagłych zmian obciążenia.

Eksploatowany od początku wprowadzenia silników PZL-10W jako podstawowych w zespole napędowym śmigłowca W-3 „Sokół”, układ sterowania paliwem jest typu hybrydowego, elektroniczno-hydromechanicznym.

Układ sterowania paliwem może pracować w trybie automatycznego sterowania pracą silnika lub ręcznego sterowania pracą silnika, oraz w trybie PRACA AWARYJNA.

W skład układu sterowania silnikami wchodzi układy paliwowo-regulacyjne silników i organa sterowania silnikami.

Do organów sterowania silnikami należą sterownice umieszczone w kabinie: dźwignia rodzaju pracy (DRP) i dźwignia skoku ogólnego (DSO). Dźwignie rodzaju pracy silników (po jednej dla każdego silnika) umieszczone na pulpicie środkowym są połączone z elementami silnikowych układów regulacyjnych za pośrednictwem cięgieł. Dźwignie skoku ogólnego nie sterują bezpośrednio silnikami, ale poprzez zmianę obciążania wirnika wpływają na pracę silników.

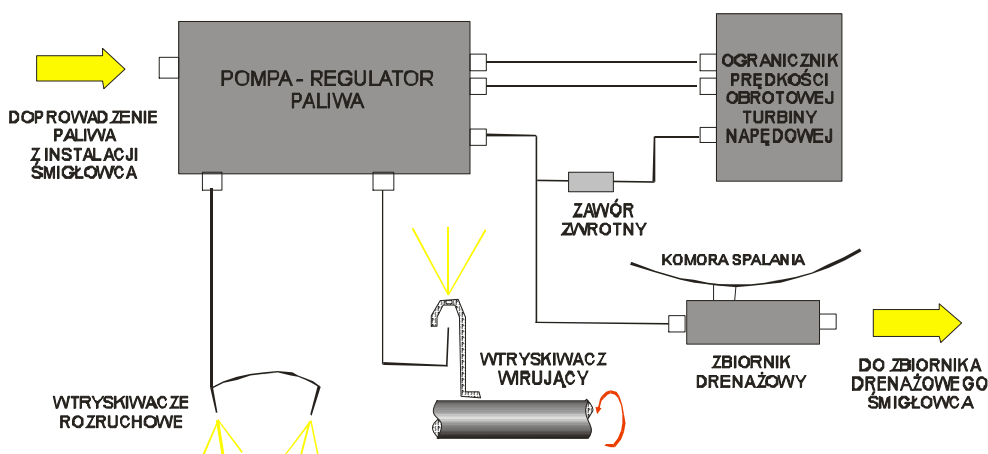
Elektrohydromechaniczne układy paliwowo-regulacyjne (hydromechaniczne z elektronicznymi ogranicznikami parametrów silników) sterują mocą silników, zapewniają synchronizację momentów obrotowych obu silników zapobiegają przekroczeniu dopuszczalnych wartości parametrów pracy silników (momentu obrotowego **TQ**, prędkości obrotowej turbosprężarki **N1**, temperatury gazów **TOT**), sterują pracą zaworów upustu powietrza ze sprężarek i awaryjnym zatrzymaniem silnika. Układy utrzymują prędkość obrotową turbiny napędowej **N2** na poziomie ustalonym przez pilota, wyrównują momenty obrotowe na wyjściowych wałach silników, sterują rozruchem silników i umożliwiają przejście silnika do pracy na wyższych zakresach mocy – 30-minutowej OEI (przejście automatyczne, dokonywane w przypadku awarii jednego silnika) lub 2,5-minutowej OEI (przejście dokonywane przez pilota).

Cześć elektroniczna układu sterowania obejmuje blok elektronicznych ograniczników ALAE-2 i nadajniki następujących parametrów:

- momentu obrotowego na wale wyjściowym silnika TQ (momentomierz fazowy),
- prędkości obrotowej turbiny sprężarki N1 (przetwornik indukcyjny),
- prędkości obrotowej turbiny napędowej N2 (przetwornik indukcyjny),
- prędkości obrotowej turbiny napędowej w torze awaryjnego ograniczenia N2_{AWAR} (przetwornik indukcyjny),
- temperatury gazów za turbiną sprężarki TOT (termopary),
- i temperatury otoczenia (sonda oporowa).

Elementem wykonawczym jest zawór wykonawczy elektrohydrauliczny w zespole pompy-regulatora paliwa.

Cześć hydromechaniczna (Rys. 1) składa się z pompy-regulatora paliwa, ogranicznika prędkości obrotowej turbiny napędowej, wtryskiwacza wirującego paliwa roboczego, dwóch wtryskiwaczy rozruchowych (urządzenia zapłonowe), zaworu zwrotnego, zbiornika drenażowego, przewodów łączących paliwowych i powietrznych.



Rys. 1. Schemat połączeń części hydromechanicznej układu paliwowo-regulacyjnego

Opracowanie własne na podstawie [6,7]

W skład układu paliwowo-regulacyjnego wchodzi następujące zespoły, elementy główne (Rys. 2):

- pompa-regulator paliwa ALRP-5,
- awaryjny regulator turbiny napędowej ALRT-2 (A lub B),
- blok elektronicznych ograniczników ALAE-2 (PB lub PC).



Rys. 2. Elementy głównego układu paliwowo-regulacyjnego

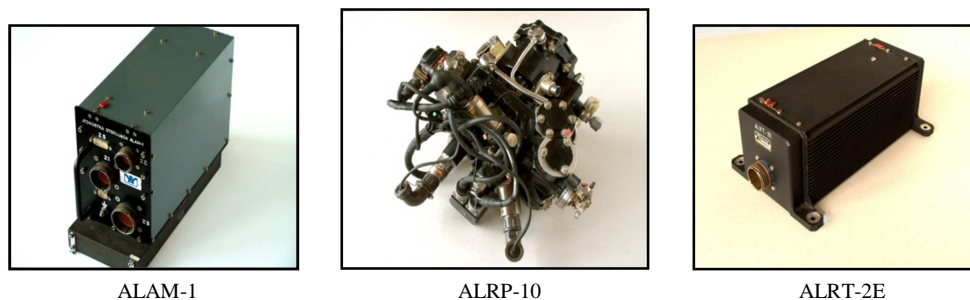
Źródło: materiały szkoleniowe Kombinat „PZL-Hydrał” S.A. Wrocław

W skład zmodernizowanego układu sterowania silnikami wchodzi, identycznie jak wcześniejszego układu: układ paliwowo-regulacyjny silników oraz organa sterowania silnikami, lecz jest on inny konstrukcyjnie.

Układ paliwowo-regulacyjny silników jest pełnozakresowym mikroprocesorowym układem typu FADEC (Full Authority Digital Electronic Control). Zapewnia on zasilanie silników paliwem podczas rozruchu i na wszystkich zakresach jego pracy pozwalając pilotowi w pełni wykorzystać osiągi silnika przy minimalnym zaangażowaniu jego uwagi.

W skład układu paliwowo-regulacyjnego wchodzi następujące zespoły (Rys. 3):

- elektroniczne (mikroprocesorowe) bloki sterowania silnikami ALAM-1, stanowiące podstawowy układ paliwowo-regulacyjny;
- rezerwowe elektroniczne bloki sterowania silnikami ALRT-2E stanowiące rezerwowy układ paliwowo-regulacyjny;
- hydromechaniczne bloki dozowania paliwa ALRP-10 z zaworami wykonawczymi dla bloków ALAM-1 (silniki krokowe z resolverami) oraz z elektrohydraulicznymi zaworami wykonawczymi (wzmacniaczami) dla bloków ALRT-2E;
- zawory sterowania upustem powietrza ALUP-1;
- czujniki;
- elementy sterowania i sygnalizacji w kabinie załogi.



Rys. 3. Elementy głównego układu paliwowo-regulacyjnego typu FADEC

Źródło: materiały szkoleniowe Kombinat „PZL-Hydral” S.A. Wrocław

Bloki ALAM-1, będąc podstawową częścią układu sterowania silnikami zapewniają, w połączeniu z rezerwowymi elektronicznymi blokami ALRT-2E, pełną kontrolę nad pracą silników w trybach podstawowym i rezerwowym.

Jednocześnie poprzez wymianę informacji między blokami obu silników, zapewniona jest synchronizacja ich mocy. Układ synchronizacji zwiększa parametry silnika, którego moment jest mniejszy. Wydaje elektryczny sygnał sterujący do silnika krokowego, powodując zwiększenie wydatku paliwa, zachowując jednocześnie parametry silnika z wyższym momentem. W przypadku wystąpienia usterki w torze pomiaru momentu, układ samoczynnie przechodzi na synchronizację wg obrotów N1.

W trybie sterowania podstawowego, przy pojawianiu się nadmiernych różnic parametrów między silnikami, układ można przełączyć na synchronizację wg obrotów N1 przełącznikiem.

Wystąpienie usterki któregośkolwiek z czujników współpracujących z blokiem sterowania podstawowego sygnalizowane jest świeceniem lampki.

W takiej sytuacji podstawowy układ regulacji paliwa funkcjonuje nadal w oparciu o sygnały zastępcze zgodne z algorytmami reakcji na usterki rozpoznawane przez ALAM-1.

W przypadku wystąpienia usterki w sprzęcie lub oprogramowaniu, które uniemożliwiają poprawną pracę podstawowego układu paliwowo-regulacyjnego następuje automatyczne przełączenie ze sterowania podstawowego realizowanego przez blok ALAM-1 na sterowanie rezerwowe, realizowane przez blok ALRT-2E.

Przełączenie na sterowanie rezerwowe sygnalizowane jest świeceniem lampki sygnalizacyjnej.

Blok ALRT-2E utrzymuje stałe obroty wirnika nośnego na poziomie 104%, ogranicza obroty turbosprężarki na poziomie 97% przy pracujących dwóch silnikach i 102% przy pracującym jednym silniku, zapewnia synchronizację obrotów N1 i steruje pracą zaworów upustu powietrza.

W przypadku awarii sterowania podstawowego i rezerwowego istnieje możliwość ręcznego sterowania pracą silników poprzez zmianę położenia DRP w zakresie pomiędzy położeniami MOC MIN. i MOC MAKS. Nie ma wówczas automatycznej synchronizacji współpracujących silników. Ograniczenia parametrów pracy podtrzymywane przez ALAM-1 i ALRT-2E również nie funkcjonują. Prawidłowo zasilany blok ALAM-1 zapewnia jedynie wyłączenie silnika w przypadku nadobrotów turbiny napędowej.

Mikroprocesorowy układ paliwowo-regulacyjny typu FADEC spełnia następujące funkcje:

- umożliwia pracę silników w trybach podstawowym i rezerwowym;
- steruje procesem rozruchu silników na ziemi i w locie;
- reguluje i ogranicza maksymalne wartości parametrów pracy silnika: N1 i N2 w trybie podstawowym i rezerwowym oraz temperatury TOT i momentu TQ w trybie podstawowym;
- ogranicza minimalne zredukowane obroty $N1_{ZR}$;
- ogranicza minimalne obroty N1;
- zapewnia awaryjne wyłączenie silników przy wystąpieniu nadobrotów $N2_{AWAR}$ w każdym trybie pracy silnika;
- zapewnia synchronizację pracy dwóch silników według momentów TQ lub prędkości N1 w trybie podstawowym i według prędkości N1 w trybie rezerwowym;

- w przypadku awarii jednego z silników w trybie podstawowym i rezerwowym zapewnia automatycznie dostępność nadzwyczajnych zakresów mocy;
- steruje, w trybie podstawowym i rezerwowym, pracą przeciwpompażowego zaworu upustu powietrza;
- w przypadku awarii sterowania podstawowego i rezerwowego zapewnia możliwość ręcznego sterowania wydajnością paliwa w całym zakresie od MGZ do mocy maksymalnej;
- zapewnia, w każdym trybie pracy, zatrzymanie silnika w każdej fazie pracy;
- posiada obwód samokontroli i elementy zapewniające sprawdzenie poprawności działania, regulacji i strojenia;
- posiada tryb SZKOLENIE umożliwiający przeszkolenie pilota na wypadek awarii jednego silnika.

Rezerwowy układ paliwowo-regulacyjny z blokami ALRT-2E współpracuje z hydromechanicznym blokiem dozowania paliwa i elektronicznym blokiem sterowania podstawowego.

Układ rezerwowy realizuje następujące funkcje:

- ogranicza maksymalne obroty turbiny napędowej N2,
- ogranicza maksymalne obroty turbosprężarki N1,
- ogranicza akcelerację i decelerację turbosprężarki,
- synchronizuje pracę silników według N1,
- ogranicza minimalne obroty turbosprężarki N1,
- steruje pracą zaworu upustu powietrza.

2.2. Resurs i trwałość części

Informacje resursowe dotyczące okresów użytkowania do pierwszej naprawy głównej i po naprawie głównej całej populacji silników zawarte zostały w Biuletynie eksploatacyjnym nr S/5205/E-19W138/2009. Znajdują się tam również informacje dotyczące wymaganych prac i koniecznych przeglądów, umożliwiających zdjęcie czasowych ograniczeń eksploatacyjnych. Wykaz obejmuje zestawienie numerowe eksploatowanych silników (także serii próbnej) i zestawienie możliwych do zrealizowania przeglądów i prac, o które powinien występować użytkownik do producenta silników.

Ustalony okres międzynaprawczy dla produkowanych obecnie silników 3 serii to 3000godz./4500cykli pracy z kalendarzowym okresem 8 lat eksploatacji i przechowywania. Istnieje możliwość przedłużenia wybranym silnikom kalendarzowego okresu eksploatacji do maksymalnie 10 lat w oparciu o Biuletyn eksploatacyjny nr S/4422/E-19W095/2000 z zastosowaniem wskazanej tam specjalistycznej Procedury.

Okres międzynaprawczy (resurs) jest to okres użytkowania, po osiągnięciu którego eksploatacja silnika zostaje przerwana, niezależnie od jego stanu technicznego. Okres użytkowania silnika ograniczony jest ze względu na:

- ilość cykli eksploatacyjnych „rozruch – zatrzymanie”;
- czasy pracy silnika;
- i kalendarzowy okres użytkowania.

Ograniczenia okresu międzynaprawczego (resursu) silnika i jego agregatów podane są w odpowiednich biuletynach eksploatacyjnych oraz w Książce Silnikowej, w której dla danego egzemplarza silnika wyszczególniono:

- Dopuszczalny, sumaryczny czas pracy silnika od rozpoczęcia do zakończenia eksploatacji zarówno na ziemi jak i w locie.
- Dopuszczalna ilość cykli eksploatacyjnych „rozruch – zatrzymanie”. Ilość zrealizowanych cykli eksploatacyjnych utożsamiona jest z ilością wykonanych rozruchów silnika, bez wliczania rozruchów nieudanych, rzekomych i zimnych pokręceń.
- Dopuszczalny, maksymalny sumaryczny czas pracy na zakresie STARTOWY.
- Dopuszczalny, maksymalny sumaryczny czas pracy na zakresie NADZWYCZAJNY 30 min.
- Dopuszczalny, maksymalny sumaryczny czas pracy na zakresie NADZWYCZAJNY 2,5 min.
- Dopuszczalny, maksymalny kalendarzowy okres eksploatacji i przechowywania silnika. Jest to okres liczony od daty wpisanej w książce silnika do zakończenia eksploatacji, jako suma okresów eksploatacji i okresów przechowywania.

Ograniczenia zdatości do eksploatacji normuje zamieszczona w Instrukcji Silnika **Tabela 3 Wykaz ważnych zespołów i części silnika podlegających ograniczeniu zdatości do eksploatacji**, zawierająca wykaz ważnych zespołów i części silnika, które podlegają ograniczeniom zdatości do eksploatacji. Za ważne zespoły i części uznaje się te elementy silnika, dla których zmiany konstrukcyjne lub technologiczne dotyczące wytrzymałości muszą być sprawdzone odpowiednimi badaniami. Przy większej, niż jednym ograniczeniu zdatości do eksploatacji dla elementu silnika, decydującym jest to ograniczenie, które wystąpi wcześniej. O dopuszczeniu elementu silnika do dalszego użytkowania decyduje stan techniczny i zgodność z ograniczeniem zdatości do eksploatacji. Części i zespoły silnika nie ujęte w Tabeli 3 nie mają ograniczeń zdatości do lotu a ich okres międzynaprawczy (resurs) jest równy okresowi międzynaprawczemu (resursowi) silnika zamieszczonemu w książce silnikowej.

Większość zamieszczonych w tabeli zespołów (części) ma dopuszczalny czas pracy 3000 godz./4500 cykli. Wyjątki to np.:

- wał przedni sprężarki 2000 (3000);
- łożysko kulkowe sprężarki 2000 (3000);
- aparat kierujący I st. turbiny 1500 (2250);
- kadłub zewnętrzny turbiny napędowej 1000¹ (1500) (¹kadłub może być dopuszczony do dalszej eksploatacji powyżej 1000 godzin po przeglądzie wg procedury zamieszczonej w biuletynie nr E-1956/96);
- pakiet turbiny napędowej 2000 (3000);
- stożek mocujący turbiny napędowej 0² (²obowiązuje biuletyn Nr E-1954/95 na pomiar luzów w stożku);
- łożysko kulkowe turbiny napędowej 2000 (3000).

Wykaz obowiązujących biuletynów eksploatacyjnych zamieszczony jest na stronie WSK „PZL-Rzeszów” S.A. <http://www.wskrz.com>, Zakład Napędów Lotniczych, dotyczy całej populacji silników eksploatowanych przez użytkowników cywilnych i wojskowych.

Wykaz ten obejmuje wszystkie wydane biuletyny wprowadzające zmiany do dokumentu nr **19.0.400** „Instrukcja Obsługi Technicznej – SILNIK TURBINOWY Typ PZL-10W”, jak i dokumentu nr **19.0.208** „Instrukcja Użytkowania i Obsługi Technicznej – SILNIK TURBINOWY PZL-10W”. Ujęte w wykazie biuletyny są w polskiej wersji językowej uzgadniane z polskim organem nadzoru lotniczego.

2.3. Usterki silnika podczas eksploatacji

Usterkowość silników, jak chyba każdej konstrukcji w początkowym okresie eksploatacji tj. lata 90-te była dość duża. Oprócz „normalnych”, eksploatacyjnych, pojedynczych przypadków niesprawności można było wyróżnić pewną prawidłowość. Dotyczyło to układu paliwowo-regulacyjnego. Bloki elektronicznych ograniczników ALAE-2PB sprawiały dość dużo kłopotów i właściwie nie było lotów, żeby nie nastąpiła usterka w tych blokach. Zmiana konstrukcyjna gniazda podłączenia do instalacji śmigłowej – z wielokołkowego złącza „podłużnego” w blokach serii PB na wielokołkowe „okrągłe” w serii PC wyraźnie wpłynęła dodatnio na pracę całego układu paliwowo-regulacyjnego.

Niesprawność bloku ALAE-2 – nieprawidłowe sygnały sterujące wysyłane do silnika (-ów), wymuszała odłączenie go od sterowania (normalna procedura), czyli przełączenie z pracy automatycznej na pracę awaryjną. Oznacza to ręczne sterowanie częścią hydromechaniczną z pominięciem elektroniki, wtedy uwidacznia się nieprecyzyjność i duża czułość układu paliwowo-regulacyjnego na sygnały sterujące. Dodatkowo część hydromechaniczna była bardzo kłopotliwa w regulacji i często wielogodzinne próby regulacyjne wymuszały konieczność wielu uruchomień silnika w celu sprawdzenia efektów regulacyjnych.

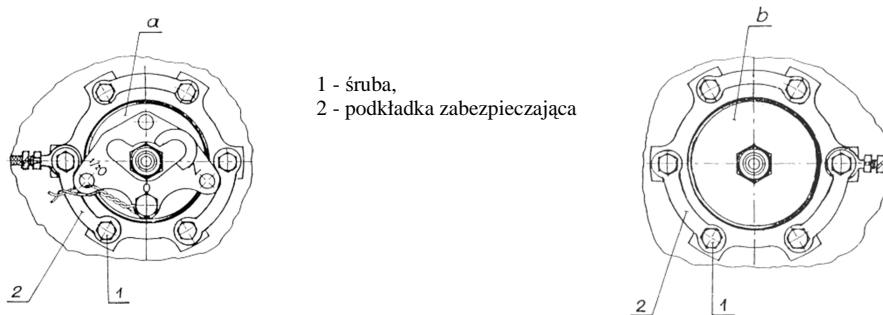
Drugim agregatem sprawiającym kłopoty eksploatacyjne był (jest?) hydromechaniczny ogranicznik prędkości obrotowej turbiny napędowej ALRT-2 – początkowo serii A, obecnie serii B. Główne niesprawności dotyczyły nieszczelności wewnętrznej agregatu – przecieki między częścią „suchą” a wypełnioną paliwem. Kilka lat temu przeprowadzone było sprawdzenie wszystkich ALRT-2 i wymiana uszczelnień zgodnie z zaleceniami biuletynu eksploatacyjnego. W układzie paliwowo-regulacyjnym typu FADEC nie ma tego agregatu – zastąpił go elektroniczny blok ALRT-2E.

Inny problem dotyczący usterkowości silników dotyczył sposobu sterowania pracą sprężarki. Dla zapewnienia statecznej pracy sprężarki podczas rozruchu i pracy na zakresach nieustalonych, silnik jest wyposażony w jeden zawór upustu powietrza z za VI stopnia sprężarki (ZUP) i dwa zawory upustu powietrza z za sprężarki umieszczone na kadłubie komory spalania (ZUP na KS).

ZUP z za VI stopnia sprężarki (zawór upustu międzystopniowego) sterowany jest sygnałem zależnym od obrotów zredukowanych turbosprężarki i szybkości narastania tych obrotów w czasie. Kontrolę nad wydawaniem sygnałów sterujących pełni podczas całego czasu pracy silnika blok elektronicznych ograniczników ALAE-2 (ALAM-1). Otwarcie zaworu sygnalizowane jest lampką sygnalizacyjną w kabinie pilota.

ZUP-y na KS reagują na wielkość ciśnienia powietrza za sprężarką. Początkowo zawory te, powodowały trudności w uruchomieniu silnika, w związku ze zmianą charakterystyki sprężyn, ale także ze zmianą warunków atmosferycznych. Stosowano zawory o różnych charakterystykach sprężyn - tzw. „zawory letnie” i „zawory zimowe”, po

jednym na każdym silniku. Producent silników opracował konstrukcję zaworu regulowanego, trójpołożeniowego (Rys. 4), który pozwalał dopasować jego ustawienie zależnie od potrzeb i indywidualnych cech silnika. Na silniku powinien być zabudowany jeden zawór regulowany i jeden nieregulowany, ale regulowany musi znajdować się na zewnątrz tzn. na lewym silniku z lewej strony, na prawym z prawej strony.



Rys. 4. Zawory upustu powietrza zza sprężarkina komorze spalania
a) regulowany b) nieregulowany

Bibliografia [3,4]

3. WNIOSKI

Autor zdaje sobie sprawę, że artykuł przedstawia jedynie niektóre problemy, a omówione zagadnienia nie wyczerpują tematyki. Podane przykłady są jedynie rozpatrywaniem wybranych aspektów eksploatacji silników PZL-10W. Ich analiza pozwala ocenić możliwości, wskazać kierunki rozwoju i sposoby udoskonalania konstrukcji w celu poprawienia eksploatacji. Wskazano również na współpracę producent – użytkownik, gdzie zdobyta wiedza eksploatacyjna wpłynęła na udoskonalenie konstrukcji, a co za tym idzie na polepszenie eksploatacji silników PZL-10W.

4. BIBLIOGRAFIA

- [1] Śmigłowiec PZL W-3PL. Instrukcja użytkowania w locie płatowca, „PZL – Świdnik” S.A., Świdnik
- [2] Śmigłowiec PZL W-3A. Instrukcja użytkowania w locie płatowca, „PZL – Świdnik” S.A., Świdnik
- [3] Śmigłowiec PZL W-3PL. Instrukcja obsługi technicznej, „PZL – Świdnik” S.A., Świdnik 2007
- [4] Śmigłowiec PZL W-3A. Instrukcja obsługi technicznej, „PZL – Świdnik” S.A., Świdnik 1997
- [5] PZL W-3A. Instrukcja szkoleniowa dla pilotów, „PZL – Świdnik” S.A.
- [6] „Instrukcja Użytkowania i Obsługi Technicznej – Silnik Turbinowy PZL-10W”. WSK „PZL-Rzeszów” S.A., Rzeszów 1992.
- [7] „Instrukcja Obsługi Technicznej – Silnik Turbinowy typ PZL-10W”. WSK „PZL-Rzeszów” S.A., Rzeszów 1995.