POLITECHNIKA POZNAŃSKA
WYDZIAŁ INŻYNIERII TRANSPORTU

Zbigniew Uchman

METODA ANALIZY I OCENY STANU GOTOWOŚCI TECHNICZNEJ WOJSKOWYCH STATKÓW POWIETRZNYCH

Promotor: prof. dr hab. inż. Franciszek Tomaszewski

POZNAŃ 2019

SPIS TREŚCI

Skróty i oznaczenia 9
Definicje pojęć 11
Wykaz tabel i rysunków 13
Abstrakt 15
Abstrakt w języku angielskim 17
1. Wprowadzenie 19
2. Podstawowe uwarunkowania związane z tematem pracy 25
2.1. Analiza stanu zagadnienia będącego przedmiotem pracy 25
2.2. Analiza problemu badawczego 32
2.3. Cel i zakres pracy 34
3. Gotowość statków powietrznych 37
4. Czynniki wpływające na gotowość techniczną statków powietrznych 49
4.1. Wprowadzenie 49
4.2. Własności i właściwości statków powietrznych 51
4.2.1. Nieuszkadzalność 52
4.2.2. Trwałość 57
4.2.3. Żywotność 59
4.2.4. Podatność eksploatacyjna 63
4.2.4.1. Podatność użytkowa 63
4.2.4.2. Podatność na utrzymanie zdatności 65
4.2.5. Bezpieczność 73
4.3. System eksploatacji 74
4.3.1. Podsystem użytkowania 75
4.3.2. Podsystem utrzymania zdatności 76
4.4. Logistyka 81
4.5. Systemy zabezpieczenia operacji lotniczych 84
4.6. Otoczenie statku powietrznego 86
4.6.1. Środowisko naturalne 87
4.6.2. Środowisko bojowe 89
4.7. Czynnik ludzki 91
4.8. Podsumowanie 92
5. Stany eksploatacyjne 97
6. Miary i wskaźniki stanów eksploatacyjnych statków powietrznych 111
6.1. Wprowadzenie 111
6.2. Wskaźniki wykorzystywane do oceny procesu eksploatacji statków powietrznych 112
6.2.1. Wskaźniki dotyczące niezawodności 112
6.2.2. Wskaźniki dotyczące podatności obsługowej 114
6.2.3. Praktyczne wykorzystanie wskaźników do oceny procesu eksploatacji statków powietrznych 115

6.3. Wskaźnik gotowości technicznej ... 119
6.4. Wskaźniki charakteryzujące stany niezdatności ... 121
6.4.1. Wskaźniki niezdatności z powodu obsług technicznych ... 123
6.4.2. Wskaźniki niezdatności z powodu usterek i uszkodzeń ... 126
6.4.3. Wskaźniki niezdatności z powodu odnowy resursu ... 127
6.4.4. Wskaźniki niezdatności z powodu remontu lub modernizacji ... 130
6.4.5. Wskaźniki niezdatności z powodu reklamacji ... 131
6.4.6. Wskaźniki niezdatności z powodu oczekiwania ... 132
6.4.7. Inne wskaźniki niezdatności ... 133
7. Badania gotowości technicznej wybranego typu statku powietrznego ... 135
7.1. Uwarunkowania ogólne ... 135
7.2. Informacja o samolocie MiG–29 ... 136
7.2.1. Informacje ogólne ... 136
7.2.2. Układ aerodynamiczny i konstrukcja ... 138
7.2.3. Zespół napędowy ... 139
7.2.4. Wyposażenie pokładowe ... 140
7.2.5. Uzbrojenie ... 143
7.2.6. Modernizacja samolotów MiG–29 w lotnictwie polskim ... 145
7.3. Metodologia prowadzenia badań ... 146
7.4. Wyniki badań ... 155
7.4.1. Wskaźnik gotowości technicznej ... 156
7.4.2. Wskaźnik niezdatności ... 157
7.4.2.1. Wskaźnik niezdatności z powodu obsług technicznych ... 157
7.4.2.2. Wskaźnik niezdatności z powodu usterek i uszkodzeń ... 160
7.4.2.2.1. Wskaźnik niezdatności z powodu usterek i uszkodzeń wynikających z zawodności statku powietrznego ... 160
7.4.2.2.2. Wskaźnik niezdatności z powodu usterek i uszkodzeń powstałych w wyniku działania personelu ... 161
7.4.2.2.3. Wskaźnik niezdatności z powodu usterek i uszkodzeń powstałych w wyniku oddziaływania środowiska ... 163
7.4.2.3. Wskaźnik niezdatności z powodu odnowy resursu ... 165
7.4.2.4. Wskaźnik niezdatności z powodu remontu ... 166
7.4.2.4.1. Wskaźnik niezdatności z powodu remontu wynikającego z wyczerpania resursu statku powietrznego ... 166
7.4.2.4.2. Wskaźnik niezdatności z powodu naprawy lub remontu wynikającego z uszkodzenia statku powietrznego ... 167
7.4.2.4.3. Wskaźnik niezdatności z powodu modernizacji lub modyfikacji ... 167
7.4.2.5. Wskaźnik niezdatności z powodu reklamacji ... 167
7.4.2.6. Wskaźnik niezdatności z powodu oczekiwania ... 168
7.4.2.7. Wskaźnik niezdatności z powodu innych przyczyn ... 169
7.5. Wnioski ... 170

8. Podsumowanie 175
Literatura 185
Załączniki:
zał. 1 – 12 Raport miesięczny o stanach eksploatacyjnych statków powietrznych
zał. 2.1 – 2.12 Miesięczne zestawienie stanów eksploatacyjnych statków powietrznych
zał. 3.1 – 3.12 Zbiorczy raport o stanach eksploatacyjnych statków powietrznych
zał. 4 Roczne zestawienie wskaźników stanów eksploatacyjnych statków powietrznych

SKRÓTY I OZNACZENIA

BLT – Baza Lotnictwa Taktycznego,
CRM – ang. Crew Resource Management (zarządzanie zasobami załogi),
EL – eskadra lotnicza,
ET – eskadra techniczna,
GPS – ang. Global Positioning System (satelitarny system nawigacji),
IFF – ang. Identification Friend or Foe (system identyfikacji „swój–obcy”),
INS – ang. Inertial Navigation System (bezwładnościowy system nawigacji),
JW – jednostka wojskowa,
KBWL – Komisja Badania Wypadków Lotniczych,
MEL – ang. Minimum Equipment List (lista minimalnego wyposażenia),
MESL – ang. Minimum Essential Subsystem List (minimalna lista funkcjonalna dla systemów i instalacji pokładowych),
MMEL – ang. Master Minimum Equipment List (lista minimalnego wyposażenia opracowana przez producenta SP),
MSD – bazowanie w miejscu stałej dyslokacji,
OEE – ang. Overall Equipment Effectiveness (wskaźnik efektywności eksploatacji urządzenia technicznego),
OPL – obrona przeciwlotnicza,
PLM – pułk lotnictwa myśliwskiego,
PMSD – bazowanie poza miejscem stałej dyslokacji,
PWL – Polowe Warsztaty Lotnicze,
RSBN – radiotechniczny system bliskiej nawigacji,
RWSP – rejestr wojskowych statków powietrznych,
SAR – ang. Search And Rescue (system poszukiwawczo ratowniczy),
SE – system eksploatacji,
SIL – służba inżynieryjno–lotnicza,
SP – statek powietrzny,
SZRP – Siły Zbrojne Rzeczpospolitej Polskiej,
TACAN – ang. Tactical Air Navigation (wojskowy system radionawigacji lotniczej bliskiego zasięgu)
WRE – środki walki radioelektonicznej,
WZL – Wojskowe Zakłady Lotnicze.

DEFINICJE POJĘĆ

Definicje przedstawionych poniżej pojęć uwzględniają terminologię stosowaną w lotnictwie.

Awaria – poważne uszkodzenie statku powietrznego (SP) (jego elementów, instalacji, systemów i urządzeń pokładowych), ograniczające lub uniemożliwiające jego właściwe działanie.
Części składowe – elementy struktury płatowca, zespoły, urządzenia pokładowe SP oraz ich części, które w przypadku zużycia lub uszkodzenia mogą być wymieniane.
Dni techniczne – wyznaczone dni (najczęściej dwa kolejne dni robocze w miesiącu), w które wykonywane są obsługi techniczne eksploatowanych SP i inne prace (wykonywanie przeglądów i obsług profilaktycznych, biuletynów technicznych itp.).
Eksploatacja techniczna – zespół wszystkich działań technicznych i organizacyjnych, mających na celu utrzymanie SP w stanie zdatności.
Materiały eksploatacyjne – środki i materiały techniczne wykorzystywane w procesie eksploatacji do alimentacji i obsługi statków powietrznych (paliwo, oleje, smary, ciecze robocze, gazy techniczne itp.).
Nalot – łączny czas lotu statku powietrznego lub członków załogi w danym okresie.
Naprawa – usunięcie usterki lub uszkodzenia powstałego w procesie eksploatacji, w celu przywrócenia stanu zdatności.
Nieuszkadzalność własna – cecha SP charakteryzująca częstotliwość występowania usterek i uszkodzeń będących wynikiem wyłącznie wad konstrukcyjnych, produkcyjnych lub nadmiernego zużycia, na powstanie których nie miał wpływu personel ani środowisko.
Odnowa trwałości – ogół przedsięwzięć związanych z przywróceniem zdatności, obejmujących obsługi techniczne, naprawy, wymianę części składowych z powodu wyczerpania resursu i przedłużenie resursu statku powietrznego (z wyjątkiem remontu, który ze względu na zakres prac i ich wykonawcę został wyodrębniony).
Przedział czasu – część skali czasu ograniczona dwiema określonymi chwilami.
Potencjał eksploatacyjny – właściwość obiektu charakteryzująca jego zdolność do zachowania wymaganej zdatności użytkowej i obsługowej, w danej chwili lub w określonym czasie.
Remont – zespół czynności, wykonywanych planowo lub awaryjnie, w celu odtworzenia potencjału eksploatacyjnego SP lub poszczególnych jego zespołów i innych części składowych, obejmujący wnikliwą diagnostykę stanu technicznego oraz regenerację bądź wymianę części zużytych fizycznie lub uszkodzonych.
Sprawność techniczna – stan eksploatacyjny, w którym SP jest zdatny do wykonywania zadań, zgodnie ze swoim przeznaczeniem.
Środki materiałowo–techniczne – materiały eksploatacyjne, narzędzia i inne wyposażenie wykorzystywane do obsługi technicznej, naprawy i odnowy resursu statków powietrznych**.**

Stan graniczny – umowny stan, w którym dalsze użytkowanie SP nie jest dozwolone.
Statek powietrzny – pojęcie obejmujące samolot, śmigłowiec, w tym także samoloty i śmigłowce bezzałogowe.
System diagnostyczny – zbiór elementów i relacji między nimi, występujących w procesie diagnozowania.
System ostrzegania i obrony własnej – element wyposażenia bojowych statków powietrznych obejmujący system ostrzegania o opromieniowaniu i niebezpiecznie zbliżających się obiektach oraz aktywny i pasywny system obrony (środki zakłócające, flary i dipole).
Usterka – niewielka niesprawność techniczna niepociągająca za sobą awarii zespołu, instalacji, systemu lub urządzenia w skład którego wchodzą.
Uszkodzenie – zdarzenie powodujące destrukcję konstrukcji lub niesprawność techniczną prowadzącą do awarii zespołu, instalacji, systemu lub urządzenia w skład którego wchodzą.
Wyroby kompletujące – urządzenia stanowiące stałe wyposażenie pokładowe statku powietrznego.

WYKAZ TABEL I RYSUNKÓW

Tabele

- 2.1. Wykaz stanów eksploatacyjnych statków powietrznych obowiązujący w lotnictwie Sił Zbrojnych RP,
- 2.2. Zestawienie stanów eksploatacyjnych statków powietrznych w zbiorczym raporcie dziennym,
- 3.1. Rodzaje gotowości wojskowych statków powietrznych,
- 4.1. Czynniki wpływające na poziom gotowości technicznej statków powietrznych,
- 4.2. Ogólny poziom oddziaływania czynników wpływających na poziom gotowości technicznej statków powietrznych,
- 5.1.Wykaz organizacji odpowiedzialnych za przywracanie stanu zdatności statków powietrznych,
- 5.2. Klasyfikacja stanów eksploatacyjnych statków powietrznych,
- 6.1. Wybrane wskaźniki eksploatacyjne floty samolotów transportowych,
- 7.1. Podstawowe dane taktyczno–techniczne samolotu MiG–29A,
- 7.2. Formularz raportu o stanach eksploatacyjnych statków powietrznych w systemie Samanta,
- 7.3. Raport miesięczny o stanach eksploatacyjnych statków powietrznych (wzór),
- 7.4. Miesięczne zestawienie stanów eksploatacyjnych statków powietrznych (wzór),
- 7.5. Zbiorczy raport o stanach eksploatacyjnych statków powietrznych (wzór),
- 7.6. Roczne zestawienie wskaźników stanów eksploatacyjnych statków powietrznych (wzór),
- 7.7. Zestawienie obsług technicznych samolotu MiG–29 powodujących jego przejście w stan niezdatności,
- 7.8. Wykaz zdarzeń, które spowodowały przejście samolotów MiG–29 w stan niezdatności *UP*,
- 7.9. Wykaz zdarzeń, które spowodowały przejście samolotów MiG–29 w stan niezdatności *US*,
- 7.10. Zmodyfikowany wykaz stanów eksploatacyjnych wojskowych statków powietrznych.

Rysunki

- 1.1. Wskaźniki zdatności samolotów MiG–29 eksploatowanych w lotnictwie SZRP, źródło: *Utrzymanie zdatności samolotów MiG–29*, prezentacja Szefa Szefostwa Techniki Lotniczej, Warszawa, 2018,
- 2.1. Zestawienie wskaźników zdatności i sprawności technicznej samolotów MiG–29,

- 3.1. Samolot bojowy MiG–29 w trakcie osiągania gotowości startowej, źródło: Rich Cooper; COAP Media – Centre of Aviation Photography,
- 4.1. Samoloty F–18 Hornet uszkodzone przez pociski rakietowe podczas misji w ramach operacji Pustynna Burza, źródło: Sienicki K., Zalewski P., *Proces degradacji statku powietrznego po trafieniu pociskiem*. Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa, 2011,
- 4.2. Samolot TS11 Iskra ze zdemontowanymi osłonami silnika i częścią nosową, źródło: Lubelska Unia Fanów Awiacji,
- 7.1. Samolot MiG–29 w barwach lotnictwa polskiego, źródło: http://www.hesja.pl/zdjecie,23147.html,
- 7.2. Wnętrze kabiny zmodernizowanego samolotu MiG–29A, źródło: Roman Nawrocki, st. chor. mar. Arkadiusz Dwulatek,
- 7.3. Wskaźniki niezdatności samolotów MiG–29 z powodu obsług technicznych,
- 7.4. Wskaźniki niezdatności samolotów MiG–29 z powodu usterek i uszkodzeń,
- 7.5. Wskaźniki niezdatności samolotów MiG–29 z powodu oczekiwania,
- 7.6. Wskaźniki niezdatności samolotów MiG–29 z powodu innych przyczyn,
- 7.7. Wskaźnik gotowości technicznej K_g samolotów MiG–29 w poszczególnych miesiącach badanego okresu,
- 7.8. Wskaźnik gotowości technicznej K_g samolotów MiG–29 w poszczególnych bazach lotniczych,
- 7.9. Wskaźniki niezdatności samolotów MiG–29 w badanym okresie,
- 8.1. Ogólna zależność pomiędzy wskaźnikiem gotowości technicznej K_g a nakładami na system eksploatacji statków powietrznych N.

Metoda analizy i oceny gotowości technicznej
wojskowych statków powietrznych

Abstrakt

Jednym z podstawowych kryteriów oceny każdego procesu eksploatacji jest jego efektywność. W przypadku tak specyficznych obiektów technicznych jakimi są wojskowe statki powietrzne efektywność systemu ich eksploatacji jest oceniana przede wszystkim za pomocą wskaźnika gotowości technicznej $K_g(t)$. Określa on gotowość obiektu technicznego lub systemu jego eksploatacji do podjęcia realizacji zadań, zgodnie z przeznaczeniem, w odcinku czasu (t). Celem niniejszej pracy jest opracowanie metody, która umożliwi kompleksową analizę i ocenę gotowości technicznej wojskowych statków powietrznych poprzez identyfikację czynników niekorzystnie na nią wpływających oraz określenie stopnia ich oddziaływania. Jest to niezbędne do podejmowania racjonalnych i skutecznych działań w celu utrzymania wysokiego poziomu gotowości technicznej eksploatowanych samolotów i śmigłowców.

W pierwszej kolejności zdefiniowano podstawowe pojęcia związane z gotowością w lotnictwie wojskowym oraz przeprowadzono wnikliwą analizę potencjalnych czynników, które mogą oddziaływać na gotowość techniczną statków powietrznych. W oparciu o wyniki wspomnianej analizy oraz zdobyte doświadczenia praktyczne, wyselekcjonowane zostały te czynniki, których występowanie w procesie eksploatacji jest najbardziej prawdopodobne. Na ich bazie opracowano nowy system klasyfikacji stanów eksploatacyjnych wojskowych statków powietrznych. Wyróżnia on stany: *zdatny*, *zdatny z ograniczeniami* i *niezdatny*. Ten ostatni obejmuje siedem kategorii niezdatności określających rodzaj jej przyczyny. Wspomniane kategorie stanów niezdatności obejmują obsługi techniczne, usterki i uszkodzenia, wyczerpanie resursu, remonty i modernizacje, reklamacje, oczekiwanie oraz inne przyczyny. Niemal każda z wymienionych kategorii zawiera kilka stanów niezdatności o bardziej zawężonym zakresie. Kolejny etap pracy dotyczył opracowania narzędzi umożliwiających matematyczny opis nowoopracowanych stanów eksploatacyjnych, aby każdy z nich był charakteryzowany przez odpowiedni wskaźnik.

Opracowana w ramach pracy metoda umożliwia nie tylko dość dokładną identyfikację czynników negatywnie wpływających na gotowość techniczną statków powietrznych w lotnictwie wojskowym, ale także ocenę stopnia ich oddziaływania. Przyjęty system ewidencji stanów eksploatacyjnych dodatkowo pozwala na określenie organizacji odpowiedzialnej za przywrócenie stanu zdatności. Przeprowadzone w oparciu o zasymulowane dane badania gotowości technicznej wybranego typu samolotu bojowego, w pełni potwierdziły dużą przydatność praktyczną oraz funkcjonalność opracowanej metody. Po dokonaniu odpowiedniej adaptacji, metoda ta może być zastosowana również do oceny gotowości technicznej systemów eksploatacji innych obiektów.

A method of analysis and assessment
of the technical readiness of military aircraft

Abstract

One of the basic criteria for assessing each operation process is its efficiency. In the case of such specific technical objects as military aircraft, the efficiency of their operation system is assessed primarily using the technical readiness index $K_g(t)$. It determines the readiness of the technical object or its operation system to undertake the implementation of tasks, as intended, in a time period (t). The purpose of this work is to develop a method that will allow to make a comprehensive analysis and assessment of the technical readiness of military aircraft by identifying factors adversely affecting it and determining the degree of their impact. It is necessary to take rational and effective actions in order to maintain a high level of technical readiness of operated airplanes and helicopters.

First, the basic concepts related to military aviation readiness were defined and a thorough analysis of potential factors that could affect the technical readiness of aircraft was carried out. Based on the results of the aforementioned analysis and practical experience, the most probable occurrences have been selected. On their basis, a new classification system of operational states of military aircraft was developed. It distinguishes the states: *fit, fit with limitations* and *unfit*. The latter includes seven categories of failures determining the type of its cause. These failure categories include maintenance, faults and damage, depletion of service, renovations and upgrades, complaints, waiting and other causes. Almost each of these categories contains several deficiencies with a more narrow range. The next stage of work concerned the development of tools enabling a mathematical description of newly developed operational states, so that each of them was characterized by an appropriate indicator.

The method developed as part of the work allows not only fairly accurate identification of factors negatively affecting the technical readiness of aircraft in military aviation, but also an assessment of their impact. The adopted system of records of operational states additionally allows to specify the organization responsible for restoring the airworthiness condition. Carried out on the basis of simulated data, the technical readiness tests of a selected type of combat aircraft fully confirmed the high practicality and functionality of the developed method. After making the appropriate adaptation, this method can also be used to assess the technical readiness of systems for the operation of other facilities.

1. WPROWADZENIE

Jednym z podstawowych kryteriów oceny każdego procesu eksploatacji jest jego efektywność. Dotyczy to zarówno samego obiektu technicznego, jak i systemu jego eksploatacji. Efektywność jest najczęściej rozumiana jako relacja pomiędzy sumaryczną wartością uzyskiwanych korzyści a ponoszonymi na ten cel nakładami. System eksploatacji jest zatem efektywny, gdy uzyskiwane z jego funkcjonowania korzyści przewyższają nakłady ponoszone na jego utrzymanie. Ocena stopnia efektywności wymaga więc przeprowadzenia kompleksowej analizy i oceny wszystkich nakładów związanych z utworzeniem i utrzymaniem danego systemu eksploatacji oraz wartości uzyskiwanych efektów. Do realizacji tego zadania wykorzystywanych jest wiele metod, za pomocą których wyznaczane są odpowiednie wskaźniki. Najczęściej służą one do określania rentowności linii produkcyjnych lub środków transportu. Przykładem tego rodzaju parametru jest wskaźnik OEE (ang. *Overall Equipment Effectiveness*), który określa efektywność zainstalowanego wyposażenia technicznego w przedsiębiorstwie. Wskaźnik ten w sposób kompleksowy opisuje trzy elementy systemu eksploatacji maszyn produkcyjnych: dostępność, efektywność wykorzystania oraz jakość produkowanych wyrobów.

Stosowane powszechnie metody oceny efektywności systemów eksploatacji nie są jednak w pełni uniwersalne. Na ogół nie znajdują one zastosowania w sytuacji, gdy pojawiają się problemy z jednoznacznym zdefiniowaniem uzyskiwanych efektów funkcjonowania danego systemu. Dotyczy to przede wszystkim sytuacji, gdy efekty te nie są w pełni wymierne. Przykładem może tu być system ratownictwa medycznego, morskiego lub górniczego, lotnicze pogotowie ratunkowe czy straż pożarna. Cechą wspólna wymienionych systemów jest to, że pozostają one w stałej gotowości do działania na żądanie, a ich efekty nie mogą być szacowane wyłącznie w wartościach materialnych. Jeszcze bardziej złożony problem występuje w przypadku systemów eksploatacji sprzętu wojskowego, a zwłaszcza sprzętu bojowego. Jest on bowiem utrzymywany w stałej gotowości do użycia na wypadek ewentualnego konfliktu zbrojnego. W czasie pokoju jego użytkowanie na ogół ogranicza się do zaspokajania potrzeb szkoleniowych lub wykonywania innych zadań. W lotnictwie i marynarce wojennej dodatkowo pełni on dyżury bojowe.

Efektywność tego rodzaju systemów eksploatacji musi być zatem rozpatrywana według nieco odmiennych kryteriów. W takich przypadkach do jej oceny najczęściej wykorzystywany jest wskaźnik gotowości technicznej *Kg(t)*, który określa gotowość obiektu technicznego do podjęcia realizacji zadań zgodnie z jego przeznaczeniem w odcinku czasu *t*. Wskaźnik ten może być stosowany zarówno w odniesieniu do pojedynczego obiektu technicznego, jak i całego systemu eksploatacji.

Gotowość techniczna obiektu w głównej mierze zależy od poziomu jego niezawodności, która w ujęciu ogólnym jest rozumiana jako *zespół właściwości opisujących gotowość obiektu i wpływające na nią: nieuszkadzalność, obsługiwalność i zapewnienie środków obsługi* [15]. Pojęcie *środki obsługi* obejmuje obsługi techniczne eksploatowanego obiektu, jego naprawy, odnowy trwałości oraz bieżące zaopatrzenie w materiały eksploatacyjne (paliwo, energię elektryczną, oleje i smary, gazy i ciecze robocze itp.). Środki obsługi są zapewniane w ramach funkcjonującego systemu eksploatacji danego zbioru obiektów technicznych. Z tego względu problematyka gotowości technicznej powinna być rozpatrywana zarówno w aspekcie obiektu technicznego, jak i systemu jego eksploatacji. Ten sam rodzaj obiektu technicznego użytkowany w odmiennych systemach eksploatacji może bowiem charakteryzować się różnym poziomem gotowości technicznej.

W literaturze pojawia się czasem teza, że jednym z podstawowych parametrów określających poziom efektywności obiektu technicznego jest stopień jego wykorzystania. Twierdzenie to nie znajduje jednak zastosowania w odniesieniu do obiektów użytkowanych na żądanie, ani też do znacznej części techniki wojskowej. W tym przypadku stopień wykorzystania eksploatowanych obiektów nie jest bowiem parametrem w pełni miarodajnym. Bardziej racjonalnym rozwiązaniem jest ocena stopnia dostępności, czyli gotowości poszczególnych obiektów i systemu ich eksploatacji do wykonywania zleconych zadań, zgodnie z ich przeznaczeniem. Do wspomnianej kategorii zaliczają się m.in. systemy eksploatacji statków powietrznych w lotnictwie wojskowym. Jak już wspomniano, jego głównym zadaniem jest utrzymanie wymaganego potencjału bojowego na wypadek ewentualnego konfliktu zbrojnego. Należy przy tym pamiętać, że lotnictwo wojskowe wykonuje szereg zadań również w czasie pokoju. Zalicza się do nich między innymi: pełnienie dyżurów bojowych i patrolowanie przestrzeni powietrznej (ang. Air Policing), pełnienie dyżurów w ramach systemu poszukiwawczo-ratowniczego (ang. SAR – Search And Rescue) i systemu ratownictwa morskiego, a także wykonywania zadań transportowych i szkolno-treningowych. Dodatkowo, bardzo ważną rolą jest funkcja odstraszania, czyli zdolność do natychmiastowej i skutecznej reakcji na potencjalne zagrożenia ze strony środków napadu powietrznego. To ostatnie zadanie jest realizowane w ramach zintegrowanego systemu obrony przeciwlotniczej. Specyfika lotnictwa wojskowego polega na tym, że znajdujące się w jego wyposażeniu statki powietrzne powinny zachowywać wysoki potencjał operacyjny mimo niezbyt intensywnego użytkowania. W lotnictwie Sił Zbrojnych RP w ciągu roku statki powietrzne osiągają średni nalot około 100 godzin. Wyjątkiem są samoloty transportowe, których nalot jest znacznie wyższy. Z tego powodu stopień wykorzystania statków powietrznych w lotnictwie wojskowym nie jest w pełni miarodajnym parametrem do oceny efektywności systemów ich eksploatacji. Może być on ewentualnie zastosowany w lotnictwie szkolnym, które osiąga relatywnie duży nalot i realizuje przewidywalny i powtarzalny program zadań. Wspomniany potencjał operacyjny statków powietrznych zależy przede wszystkim od poziomu ich gotowości technicznej oraz od własności i właściwości wpływających na zdolności operacyjne.

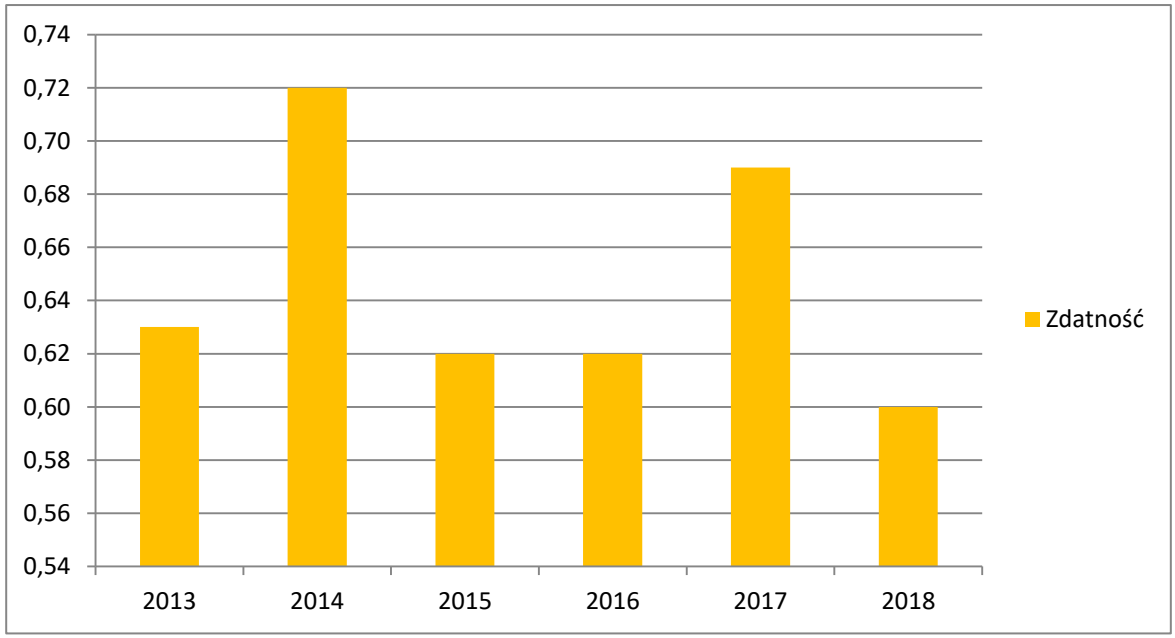
Wyposażenie współczesnego lotnictwa wojskowego stanowią statki powietrzne o znacznej wartości. Jednostkowa cena ich zakupu waha się obecnie od kilku do kilkudziesięciu milionów USD. Poważnych nakładów finansowych wymaga również utworzenie systemu eksploatacji nowo pozyskiwanych samolotów lub śmigłowców. Obejmują one między innymi koszty wyszkolenia personelu latającego i technicznego, utworzenia bazy szkoleniowej, obsługowo-naprawczej i remontowej, systemu zaopatrzenia logistycznego, w tym zapasów części wymiennych, a także adaptacji istniejących lub budowy nowych elementów infrastruktury lotniskowej. Znaczne środki finansowe pochłania również utrzymanie systemu eksploatacji floty statków powietrznych. Przeważającą ich część stanowią koszty stałe związane z utrzymaniem personelu, bazy obsługowo-naprawczej, systemu zabezpieczenia logistycznego, bazy szkoleniowej itp. Drugą kategorię stanowią koszty zmienne, których poziom w dużej mierze jest uzależniony od intensywności użytkowania dysponowanej floty, Obejmują one między innymi koszty materiałów eksploatacyjnych, części składowych statku powietrznego i środków materiałowo-technicznych zużywanych podczas obsług, napraw i prac związanych z odnową trwałości. Do tej kategorii zaliczane są także koszty usług świadczonych przez podmioty znajdujące się poza strukturą systemu eksploatacji, jak np. zakłady produkcyjne czy remontowe. Należy przy tym wspomnieć, że część obsług technicznych oraz remonty, są zazwyczaj wykonywane po upływie określonego okresu eksploatacji, niezależnie od osiągniętego nalotu. Powyższe uwarunkowania sprawiają, że dla racjonalnego wykorzystania nakładów ponoszonych na utworzenie i utrzymywanie systemu eksploatacji statków powietrznych, konieczne jest zapewnienie wysokiego poziomu ich gotowości technicznej. W przeciwnym wypadku wydatkowane na ten cel środki finansowe są marnotrawione.

Zapewnienie wysokiego poziomu gotowości technicznej statków powietrznych stanowiących wyposażenie lotnictwa wojskowego jest więc bardzo istotnym problemem. Jego ranga wzrasta proporcjonalnie do nakładów ponoszonych na pozyskanie i eksploatację danej floty. Z tego powodu nabiera on coraz większego znaczenia. Można jednak odnieść wrażenie, że w wielu krajach problem ten nie jest należycie doceniany. Tematyka ta nie jest także przedmiotem zbyt wielu prac naukowych i analitycznych. Być może przyczynia się do tego złożoność i interdyscyplinarność problematyki związanej z procesem eksploatacji statków powietrznych w lotnictwie wojskowym, jego wyjątkowa specyfika oraz ograniczony dostęp do związanych z tą tematyką informacji. Powyższe względy, ranga omawianego zagadnienia oraz zdobyte w tej mierze wiedza i doświadczenie zawodowe stały się inspiracją do podjęcia niniejszej pracy.

Analiza poziomu zdatności statków powietrznych stanowiących wyposażenie lotnictwa Sił Zbrojnych RP wykazała, że ogólnie kształtuje się on na stosunkowo niskim poziomie. Poziom ten określono na podstawie wskaźnika zdatności, który charakteryzuje stosunek liczby maszyn znajdujących się w stanie zdatności do ogólnej liczby maszyn w danej flocie. W badanym okresie, obejmującym 12 kolejnych miesięcy, średnia wartość

wskaźnika zdatności była zróżnicowana dla poszczególnych typów statków powietrznych i wahała się w granicach od 0,66 do 0,34.

Na rysunku 1.1. przedstawiono zestawienie wskaźników zdatności samolotów bojowych MiG-29 w latach 2013 – 2018. Z przedstawionych danych wynika, że poziom zdatności wymienionych samolotów wahał się w zakresie od 0,6 do 0,72.



Rys. 1.1. Wskaźniki zdatności samolotów MiG-29 eksploatowanych w lotnictwie SZRP

Niski poziom gotowości technicznej wojskowych statków powietrznych jest poważnym problemem nie tylko w Polsce. Z raportu opracowanego w 2015 r. przez niemieckie ministerstwo obrony wynika, że z 93znajdujących się wówczas w wyposażeniu Luftwaffe samolotów bojowych typu Tornado, zaledwie 29 było zdolnych do wykonywania działań operacyjnych. Mimo, że jest to podstawowy samolot uderzeniowy Sił Powietrznych Republiki Federalnej Niemiec, to wskaźnik jego zdatności osiągnął zaledwie poziom 0,31. Warto przy tym wspomnieć, że rok wcześniej w stanie zdatności do działań operacyjnych znajdowało się 38 tego typu maszyn. W chwili pisania raportu eksploatowane w Luftwaffe samoloty typu Tornado miały od 23 do 34 lat. Dla porównania, pełniące służbę w lotnictwie polskim samoloty uderzeniowe typu Su-22 miały w tym czasie od 27 do 31 lat i osiągały znacznie wyższy poziom zdatności. Niewiele korzystniej przedstawiała się sytuacja eksploatowanych w Luftwaffe znacznie nowszych samolotów wielozadaniowych typu Eurofighter 2000. Ich średni wskaźnik zdatności w 2015 r. wyniósł około 0,55. Na realizację planu naprawczego sytuacji powstałej w lotnictwie niemieckim Bundeswehra przeznaczyła dodatkowe środki finansowe w kwocie 5,6 mld Euro w okresie 10 lat.

Zainteresowanie potencjałem operacyjnym lotnictwa wojskowego pojawia się najczęściej w sytuacji zagrożenia lub potrzeby jego użycia. Dobitnym tego przykładem jest opisana

powyżej sytuacja w Luftwaffe. Prawdziwe zainteresowanie wzbudziła ona bowiem dopiero wówczas, gdy rząd Niemiec został zobligowany do wydzielenia sił w ramach międzynarodowej operacji zbrojnej przeciwko Państwu Islamskiemu na terenie Syrii i krajów z nią sąsiadujących. Ostatecznie wydzielono 6 samolotów typu Tornado. Podobna sytuacja wystąpiła w momencie wybuchu konfliktu zbrojnego na Ukrainie, czy też w Egipcie, kiedy to w trakcie przygotowań do operacji antyterrorystycznej na półwyspie Synaj okazało się, że zaledwie ok. 30% śmigłowców transportowych typu Mi-8 i Mi-17 jest zdatnych do wykonywania zadań operacyjnych.

Z analizy procesu eksploatacji statków powietrznych stanowiących wyposażenie lotnictwa Sił Zbrojnych RP wynika, że poziom zaawansowania technicznego danego typu samolotu lub śmigłowca, stopień złożoności jego instalacji, systemów i urządzeń pokładowych, a nawet okres pozostawania w służbie czy intensywność użytkowania, nie zawsze mają decydujący wpływ na poziom zdatności. W badanym okresie zdatność samolotów bojowych typu F-16 i MiG-29 była znacznie wyższa niż śmigłowców wielozadaniowych W-3, a ta z kolei wyższa niż śmigłowców szkolno-treningowych SW-4. Należy przy tym podkreślić, że ostatnie z wymienionych maszyn charakteryzują się najmniej złożoną konstrukcją i dość ubogim wyposażeniem pokładowym oraz najkrótszym okresem służby. Istotne różnice w poziomie zdatności występują nawet w przypadku bardzo zbliżonych typów statków powietrznych. Jako przykład mogą posłużyć eksploatowane w lotnictwie Marynarki Wojennej RP śmigłowce Mi-14. Mimo, że są one użytkowane w trudnych warunkach klimatycznych, to na ogół osiągały wyższy poziom zdatności niż podobnej konstrukcji śmigłowce typu Mi-8, Mi-17 czy Mi-24.

Aby utrzymywać wysoki poziom zdatności eksploatowanych statków powietrznych konieczna jest nie tylko identyfikacja czynników mających negatywny wpływ na ten parametr, ale także określenie stopnia ich oddziaływania. Niezbędne jest zatem opracowanie metody, która umożliwi realizację tego zadania. To właśnie jest podstawowym celem niniejszej pracy.

Specyfika lotnictwa wojskowego i eksploatowanej w nim techniki pociąga za sobą potrzebę stosowania precyzyjnego, zwięzłego i jednoznacznie rozumianego słownictwa. W głównej mierze wynika ono z tradycji lub zapożyczeń z języka francuskiego, rosyjskiego, a ostatnio również z języka angielskiego. Z tego powodu w niektórych przypadkach mogą się pojawiać pewne odstępstwa od nazewnictwa występującego w literaturze. Przykładem może być pojęcie *remont*, które obecnie bardzo często jest zastępowane słowem *naprawa*. W słownictwie lotniczym wymienione pojęcia nie są jednak synonimami, gdyż mają nieco odmienne znaczenie. *Naprawa* oznacza usunięcie usterki lub uszkodzenia i w konsekwencji przywrócenie statku powietrznego do stanu zdatności. Naprawa jest najczęściej wykonywana przez organizację znajdującą się w systemie eksploatacji danego typu samolotu lub śmigłowca. Natomiast *remont* jest rozumiany jako całokształt przedsięwzięć mających na celu odnowę potencjału

eksploatacyjnego utraconego w wyniku wyczerpania ustalonego resursu (trwałości) lub poważnego uszkodzenia (najczęściej struktury konstrukcji). Prace te są realizowane przez uprawniony zakład remontowy lub producenta danego wyrobu. Pochodnymi słowa *remont* są między innymi: resurs do pierwszego remontu, resurs międzyremontowy, dokumentacja remontowa itp. Aby zapewnić jednoznaczne rozumienie stosowanego nazewnictwa opracowano definicje podstawowych pojęć występujących w niniejszej pracy. Problem nazewnictwa dotyczy również jednostek organizacyjnych występujących na poszczególnych poziomach obsługi technicznej. Obecnie ich nazwy są nieco inne w każdym z rodzajów wojsk. Z tego względu użyte w niniejszej pracy nazwy mają charakter uniwersalny.

2. PODSTAWOWE UWARUNKOWANIA ZWIĄZANE Z TEMATEM PRACY

Niniejsza praca dotyczy problematyki związanej z gotowością techniczną statków powietrznych w lotnictwie wojskowym. Gotowość techniczna jest bowiem czynnikiem, który w sposób decydujący wpływa na efektywność ich eksploatacji. Powody, które stały się przyczyną zainteresowania się tą tematyką zostały omówione w poprzednim rozdziale. Jak już wcześniej wspomniano, problematyka ta nie jest przedmiotem zbyt wielu opracowań i analiz, które byłyby oficjalnie publikowane. Z tych względów praktycznie brak jest materiałów, które mogłyby stanowić bazę do dalszych prac naukowych w tej dziedzinie. Publikowane opracowania dotyczą najczęściej wybranych aspektów niezawodności. Niektóre z nich koncentrują się na ocenie efektywności systemów eksploatacji. Dotyczą one zazwyczaj środków transportu lub maszyn produkcyjnych. Przykłady tego typu prac znajdują się w załączonym wykazie literatury. Należą do nich między innymi rozprawa doktorska p. A. Boruckiej na temat: *Metoda analizy procesu eksploatacji pojazdów wojskowych w aspekcie gotowości* czy opracowania p. I. Dziaducha *Ocena efektywności eksploatacji autobusu szynowego* i p. M. Moczarskiego *Podatność obsługowa pojazdów szynowych – istota, znaczenie, metody oceniania*.

Jednym z podstawowych elementów wspomnianych prac jest analiza struktury realizowanych zadań. W dostępnych publikacjach trudno jest jednak znaleźć opracowania poświęcone problematyce gotowości technicznej, tak specyficznych obiektów jakimi są wojskowe statki powietrzne. Z tego powodu podjęte w ramach niniejszej rozprawy prace analityczne i badawcze będą miały charakter nowatorski. Zostaną one przeprowadzone na bazie ogólnych uwarunkowań panujących w lotnictwie Sił Zbrojnych RP. Aby praca zachowała jawny charakter, prowadzone analizy i badania nie mogą być oparte o dane rzeczywiste. Z tego względu opracowana zostanie wirtualna baza danych, która z dużym stopniem podobieństwa będzie symulowała warunki realne.

2.1. Analiza stanu zagadnienia będącego przedmiotem pracy

Analiza sposobu oceny gotowości technicznej wojskowych statków powietrznych zostanie przeprowadzona na przykładzie lotnictwa Sił Zbrojnych RP. Do wspomagania sterowania procesem eksploatacji poszczególnych flot samolotów i śmigłowców, znajdujących się w jego wyposażeniu, wykorzystywany jest informatyczny system *Samanta*. Opracowany i obsługiwany przez Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych system gromadzi dość szczegółowe informacje o każdym z eksploatowanych statków powietrznych. Dotyczą one między innymi: aktualnego miejsca bazowania, podstawowych danych fabrycznych, w tym kompletacji wyposażenia pokładowego, wymiaru wykonanej pracy (nalotu, czasu pracy zespołu napędowego, liczby lądowań itp.), poziomu dysponowanych resursów, rodzaju wykonanych obsług technicznych, przeglądów, napraw, biuletynów technicznych i innych prac, a także rodzajów i terminów wykonania kolejnych obsług technicznych.

Istotną funkcją systemu *Samanta* jest ewidencjonowanie stanów eksploatacyjnych statków powietrznych. Informacja o aktualnym stanie eksploatacyjnym każdego samolotu lub śmigłowca znajdującego się w wyposażeniu danej jednostki wojskowej, jest zawarta w sporządzanym przez nią meldunku dziennym. Meldunki te są podstawą do oceny poziomu zdatności danej floty.

W obowiązującym obecnie systemie ewidencji występują trzy kategorie stanów eksploatacyjnych: *zdatny, zdatny z ograniczeniami* i *niezdatny*. Obejmują one łącznie 21 stanów eksploatacyjnych, przy czym 3 z nich występują podwójnie, zarówno w kategorii *zdatny z ograniczeniami* jak i w kategorii *niezdatny*. W ogólnym podziale 3 stany zaliczane są do kategorii *zdatny,* 8 do kategorii *zdatny z ograniczeniami,* a pozostałe 13 do kategorii *niezdatny*. Wykaz poszczególnych stanów eksploatacyjnych, ich oznaczenia i definicje zawiera tabela nr 2.1.

Tabela 2.1. Wykaz stanów eksploatacyjnych statków powietrznych obowiązujący w lotnictwie SZRP

Stan eksploatacyjny	**Definicja**
1	2
Zdatny	
G	SP jest w pełni ukompletowany, posiada zapas resursu i został wydzielony do pełnienia dyżuru bojowego.
L	SP jest w pełni ukompletowany, posiada zapas resursu i wykonuje loty.
T	SP jest w pełni ukompletowany, posiada zapas resursu i wykonywane są punkty z obsług bieżących, specjalnych lub dni technicznych. (*W opisie należy określić rodzaj wykonywanej obsługi.*)
Zdatny z ograniczeniami	
B	SP jest w pełni ukompletowany, posiada zapas resursu i wykryto niesprawność instalacji, systemu, podsystemu lub agregatu, która nie ma wpływu na wykonanie określonego lotu (misji) oraz nie wpływa negatywnie na poziom bezpieczeństwa lotu. (*Stan ten dotyczy SP bez MEL i MESL, dla których została wydana zgoda na podstawie instrukcji SIL*.)
D	SP jest w pełni ukompletowany, posiada zapas resursu i oczekuje na usunięcie wykrytej na nim niesprawności instalacji, systemu, podsystemu lub agregatu. Agregat jest w zasobach ZLT, a maksymalny czas usunięcia defektu do końca dnia pracy. Do czasu usunięcia defektu SP nie wykonuje lotu.
E	SP jest w pełni ukompletowany oraz oczekuje na przebazowanie lotem do remontu / naprawy / modernizacji / modyfikacji / obsługi.

1	2
I	SP jest w pełni ukompletowany, posiada zapas resursu i wykryto niesprawność instalacji, systemu, podsystemu lub agregatu, zgodnie z zapisami MEL i MESL.
J	SP jest w pełni ukompletowany i oczekuje na zatwierdzenie protokołu przedłużenia resursu.
K	SP jest w pełni ukompletowany, posiada zapas resursu, nie wykryto na nim niesprawności i oczekuje na dostarczenie wyposażenia obsługowego do wykonania sprawdzeń (np. profilaktycznych lub na dni techniczne, specjalne itp.) i została wydana zgoda na podstawie instrukcji SIL.
O	SP jest w pełni ukompletowany, posiada zapas resursu, nie wykryto na nim niesprawności i oczekuje na wykonanie obsługi.
U	SP jest w pełni ukompletowany, posiada zapas resursu, nie wykryto na nim niesprawności i oczekuje na wykonanie lotu próbnego.
Niezdatny	
A	SP jest niesprawny z przyczyn, których nie obejmują pozostałe stany niezdatności.
B	SP jest w pełni ukompletowany, posiada zapas resursu i wykryto niesprawność instalacji, systemu, podsystemu lub agregatu, która nie ma wpływu na wykonanie określonego lotu (misji) oraz nie wpływa negatywnie na poziom bezpieczeństwa lotu. (*Stan ten dotyczy SP bez MEL i MESL, dla których została wydana zgoda na podstawie instrukcji SIL.*)
C	SP jest skasowany (posiada zatwierdzony protokół / decyzję) oraz jest przechowywany w JW i nie został wykreślony z RWSP.
D	SP jest w pełni ukompletowany, posiada zapas resursu i oczekuje na usunięcie wykrytej na nim niesprawności instalacji, systemu, podsystemu lub agregatu. Agregat jest w zasobach ZLT, a maksymalny czas usunięcia defektu do końca dnia pracy. Do czasu usunięcia defektu SP nie wykonuje lotu.
F	SP jest wstrzymany od użytkowania (posiada zatwierdzony protokół) – koniec resursu: np. czeka na modernizację, modyfikację, remont, nie został wykreślony z RWSP.
K	SP jest w pełni ukompletowany, posiada zapas resursu, nie wykryto na nim niesprawności i oczekuje na dostarczenie wyposażenia obsługowego do wykonania sprawdzeń (np. profilaktycznych lub na dni techniczne, specjalne itp.) i została wydana zgoda na podstawie instrukcji SIL.

1	2
P	SP jest w trakcie wykonywania biuletynów technicznych, obsług okresowych i specjalnych w JW.
Q	SP został przekazany do Gospodarki Narodowej (zakłady produkcyjne lub remontowe) na modernizację / remont / naprawę / modyfikację / obsługi / biuletyny techniczne.
R	SP jest rozkompletowany i oczekuje na wykonanie obsługi, biuletynu technicznego lub przedłużenie resursu.
V	SP jest w trakcie wykonywania biuletynów technicznych, obsług okresowych i specjalnych w PWL.
X	SP jest poddany badaniom przyczyn zdarzeń lotniczych przez KBWL.
Y	SP jest wstrzymany od użytkowania (nie posiada zatwierdzonego protokołu) – koniec resursu: np. czeka na modernizację, modyfikację, remont lub wycofanie z eksploatacji i nie został wykreślony z RWSP.
Z	SP jest w trakcie procesu reklamacyjnego do Gospodarki Narodowej.
Dodatkowe oznaczenia	
H	SP znajduje się poza MSD
?	Brak stanu

Z przedstawionego w tabeli 2.1. wykazu wynika, że do kategorii *zdatny* zaliczany jest między innymi stan *T* obejmujący statki powietrzne, które w danym dniu są niezdatne do lotu z powodu wykonywania obsług bieżących, specjalnych lub prac w ramach tzw. dni technicznych. Należy przy tym zauważyć, że *dni techniczne* są zazwyczaj planowane na dwa kolejne dni robocze. Kategoria *zdatny z ograniczeniami* z kolei obejmuje nie tylko stany dopuszczające warunkowe użytkowanie statków powietrznych (stany *B, I, K*), ale także te, które w pokojowych (nie wojennych) warunkach eksploatacji, oznaczają brak możliwości wykonywania lotów operacyjnych. W praktyce powinny więc one zaliczać się do kategorii *niezdatne*. Dotyczy to stanów *D, E, J, O i U*. Zaliczanie stanów kategorii *niezdatny* do kategorii *zdatny* lub *zdatny z ograniczeniami* powoduje bezpodstawne zawyżenie rzeczywistego poziomu zdatności eksploatowanych statków powietrznych.

Kategoria *niezdatny* obejmuje łącznie 13 stanów eksploatacyjnych, z czego 3 (*B, D* i *K*) występują równocześnie jako zdatne z ograniczeniami. Stany niezdatności można podzielić na następujące kategorie:

- niesprawność techniczna statku powietrznego (stany *B* i *D*),
- oczekiwanie na przywrócenie stanu zdatności (stany *F, K, R* i *Y*),
- wykonywanie obsług okresowych i innych prac (stany *P* i *V*),
- remont lub modernizacja (stan *Q*),
- reklamacje pod adresem przedsiębiorstw „Gospodarki Narodowej” (stan *Z*),

- wycofanie statku powietrznego z eksploatacji (stan *C*),
- badanie przyczyn zdarzenia lotniczego (stan *X*),
- inne przyczyny niezdatności (stan *A*).

Niezdatność z powodu wystąpienia usterki lub uszkodzenia określają stany *B* i *D*. Zgodnie z przyjętą definicją stan *B* obejmuje tylko statki powietrzne bez MEL, MESL, których uszkodzenia nie mają wpływu na wykonanie określonego zadania lotniczego i nie zagrażają bezpieczeństwu lotów. Z kolei, stan *D* dotyczy sytuacji, w której powstałe uszkodzenie będzie usunięte do końca dnia pracy. Wprawdzie w definicji tego stanu występuje sformułowanie „(…) oczekuje na usunięcie niesprawności (…)", ale jest ono prawdopodobnie wynikiem nieprecyzyjnego zapisu. Stan *D* nie kwalifikuje się bowiem do kategorii *oczekiwanie*. Niezrozumiałe jest również zakwalifikowanie stanów *B* i *D* w niezmienionej postaci, równocześnie do kategorii *zdatny z ograniczeniami* i *niezdatny*. Ponadto należy zauważyć, że obydwa wymienione stany obejmują tylko część przypadków niezdatności powstałych z powodu usterek i uszkodzeń.

Niezdatność statków powietrznych z powodu wykonywania obsług okresowych, specjalnych oraz biuletynów technicznych obejmuje stan *P* (gdy są one wykonywane w jednostce wojskowej) lub stan *V* (gdy ich wykonawcą są Polowe Warsztaty Lotnicze). Wymienione stany nie obejmują natomiast przypadków, gdy wykonawcą wspomnianych prac jest inna organizacja np. firma outsourcingowa.

Fazy oczekiwania na przywrócenie zdatności dotyczą czterech stanów eksploatacyjnych, które obejmują:

- oczekiwanie statku powietrznego z wyczerpanym resursem na remont, modernizację lub modyfikację (stan *F* gdy zatwierdzono protokół z decyzją o dalszym działaniu lub stan *Y* gdy brak wspomnianego protokołu),
- oczekiwanie na dostarczenie wyposażenia obsługowego do wykonania sprawdzeń (stan *K*),
- oczekiwanie statku powietrznego w stanie „rozkompletowanym" na wykonanie obsługi, biuletynu technicznego lub na przedłużenie resursu (stan *R*).

Z powyższego zestawienia wynika, że obowiązujące obecnie stany eksploatacyjne nie uwzględniają wielu istotnych przypadków niezdatności statku powietrznego, zaliczanych do fazy oczekiwania. Należy do nich między innymi oczekiwanie na usunięcie usterki, czy naprawę uszkodzenia, wykonanie obsługi technicznej lub innych prac, gdy statek powietrzny nie jest „rozkompletowany", a ich czas wykonania przekroczy jedną dobę, albo też oczekiwanie na dostawę części niezbędnych do przywrócenia stanu zdatności. Z drugiej strony stany *F* i *Y* dotyczą tego samego przypadku, a różnią się jedynie stopniem zaawansowania procedury biurokratycznej, która nie ma istotnego znaczenia praktycznego dla oceny gotowości technicznej.

Stan eksploatacyjny *Q* informuje o przekazaniu statku powietrznego do zakładu remontowego lub produkcyjnego w celu wykonania remontu, modernizacji, modyfikacji, naprawy, obsługi lub biuletynów technicznych. W konsekwencji stan ten nie pozwala na określenie konkretnej przyczyny niezdatności, ani też wykonawcy zleconych prac. Z kolei stan *Z* jest związany z procedurą reklamacji dostarczonych wyrobów lub wykonanych usług przez przedsiębiorstwa „Gospodarki Narodowej". Stan ten dotyczy zatem wyłącznie reklamacji kierowanych pod adresem zakładów remontowych i produkcyjnych, pomijając pozostałych usługodawców (np. Polowe Warsztaty Lotnicze czy firmy outsourcingowe). Nie są również jednoznacznie sprecyzowane zasady kwalifikowania statków powietrznych do stanu *Z*. Pojawia się bowiem wątpliwość, czy stan ten rozpoczyna się w chwili wykrycia uszkodzenia podlegającego reklamacji, czy też dopiero w momencie przyjęcia jej do realizacji. Należy bowiem zauważyć, że w przypadku nie uznania zgłoszonej reklamacji okres jej rozpatrywania jest obecnie zaliczany do stanu *Z*.

Informacja o aktualnym stanie eksploatacyjnym każdego statku powietrznego znajdującego się w wyposażeniu lotnictwa Sił Zbrojnych RP jest zawarta w meldunku dziennym sporządzanym przez poszczególne jednostki organizacyjne. Na ich podstawie powstaje raport zbiorczy o stanach eksploatacyjnych statków powietrznych, który zawiera następujące dane:

- typ statku powietrznego,
- ogólną liczbę danego typu statków powietrznych znajdujących się w RWSP,
- liczbę danego typu statków powietrznych znajdujących się w poszczególnych grupach stanów eksploatacyjnych.

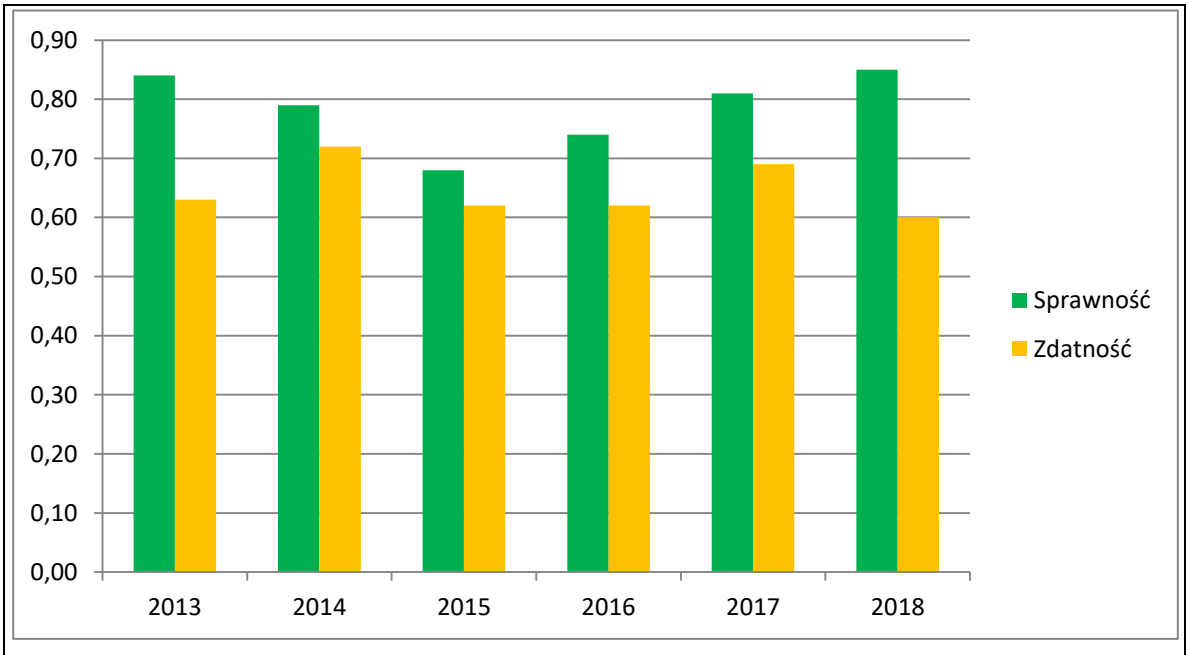
Zaszeregowanie stanów eksploatacyjnych do poszczególnych kategorii występujących w raporcie dziennym, przedstawia tabela nr 2.2.

Tabela 2.2. Zestawienie stanów eksploatacyjnych statków powietrznych w zbiorczym raporcie dziennym

Kategorie stanów eksploatacyjnych	**Oznaczenia stanów eksploatacyjnych**
Zdatny	*L+G+T+B+D+E+I+J+K+O+U*
Braki	*B*
Obsługi MSD	*P*
Obsługi PMSD	*Q+V*
Niesprawny	*A+D+K+R+X*
Reklamacja	*Z*
KRT i KRM	*C*
Remont i modernizacja	*F+Y*

Zgodnie z przyjętym w raporcie dziennym podziałem, do kategorii *zdatny* zaliczane są zarówno statki powietrzne znajdujące się w stanie *zdatny* (*G, L, T*), jak i w stanie *zdatny z ograniczeniami* (*B, D, E, I, J, K, O, U*). W konsekwencji, do wspomnianej kategorii zaliczane są statki powietrzne pozostające w stanach *D, J* i *U*, które w normalnych (nie wojennych) warunkach eksploatacji nie mogą być użytkowane. Podobna sytuacja dotyczy stanów *E* i *O*, o ile pozostające w nich samoloty lub śmigłowce nie mają wystarczającego zapasu resursu umożliwiającego ich wykorzystanie operacyjne. Powyższe uwagi nie mają zastosowania w warunkach wojennych.

Na podstawie zbiorczych raportów dziennych o stanach eksploatacyjnych statków powietrznych, prowadzone są różnego rodzaju analizy i zestawienia. Podstawowymi parametrami, które podlegają monitorowaniu są *zdatność* i *sprawność techniczna*. Bazą do wyznaczania wskaźnika zdatności jest ogólna liczba statków powietrznych danej floty pomniejszona o samoloty lub śmigłowce znajdujące się w stanach *C* (skasowany) oraz *F* (wstrzymany od użytkowania). W przypadku wskaźnika sprawności technicznej oprócz wymienionych stanów do bazy dodatkowo nie jest wliczany stan *Q* (przekazany do zakładu remontowego lub produkcyjnego). Z tego powodu poziom wskaźnika zdatności i wskaźnika sprawności technicznej jest różny mimo, że w praktyce pojęcia *zdatny* i *sprawny technicznie* są tożsame. Na rys. 2.1. przedstawiono zestawienie obydwóch wymienionych wskaźników dla samolotów typu MiG-29 w wybranym okresie ich eksploatacji.



Rys. 2.1. Zestawienie wskaźników zdatności i sprawności technicznej samolotów MiG-29

Oprócz meldunków dziennych i powstających na ich podstawie raportów miesięcznych oraz zbiorczych raportów dziennych o stanach eksploatacyjnych, informatyczny system *Samanta* nie generuje automatycznie żadnych innych dokumentów, które mogłyby stanowić podstawę do prowadzenia analizy procesu eksploatacji poszczególnych flot statków powietrznych. Zasadniczym powodem ograniczającym możliwość dokonywania tego typu analiz jest obowiązujący obecnie w lotnictwie Sił Zbrojnych RP system ewidencji stanów eksploatacyjnych. Nie uwzględnia on bowiem wielu istotnych przypadków jakie występują w praktyce. Przykładowo, żaden z trzech stanów zdatności (*G, L, T*) nie dotyczy sytuacji, gdy w pełni sprawny technicznie statek powietrzny oczekuje w stanie gotowości do wykonywania zadań operacyjnych. Nie jest również zidentyfikowanych wiele istotnych przyczyn niezdatności. Należą do nich między innymi: wymiana części składowych z powodu wyczerpania ich resursu, czy oczekiwanie na dostawę części niezbędnych do przywrócenia stanu zdatności. Niezbyt precyzyjnie zdefiniowane zostały również kryteria klasyfikacji do poszczególnych stanów eksploatacyjnych, a niektóre z nich dotyczą zbyt szerokiego zakresu przypadków. Przykładem jest chociażby stan Q, który obejmuje statki powietrzne przekazane do zakładu remontowego, albo produkcyjnego w celu wykonania remontu, modernizacji, modyfikacji, naprawy, obsługi lub biuletynów technicznych. W konsekwencji ustalenie rodzaju realizowanych prac oraz ich wykonawcy wymaga każdorazowo zapoznania się z dokumentacją obsługową danego samolotu lub śmigłowca.

Wymienione uwarunkowania sprawiają, że wykorzystywany obecnie w lotnictwie Sił Zbrojnych RP system ewidencji stanów eksploatacyjnych, w znacznym stopniu ogranicza możliwości prowadzenia kompleksowej analizy czynników, oddziałujących na gotowość techniczną użytkowanych statków powietrznych. Dostępne za jego pośrednictwem dane nie są bowiem pełne ani też jednoznaczne. Z tego względu konieczne staje się opracowanie nowego systemu klasyfikacji stanów eksploatacyjnych, który umożliwi realizację tego zadania. W tym celu niezbędne jest również opracowanie i zastosowanie nowych narzędzi do matematycznego opisu poszczególnych stanów eksploatacyjnych.

2.2. Analiza problemu badawczego

Jak już wspomniano we wprowadzeniu, wskaźnik gotowości technicznej K_g jest jednym z podstawowych wyznaczników efektywności systemów eksploatacji, których rezultatem funkcjonowania są wartości niematerialne. Analiza gotowości technicznej nie ogranicza się jedynie do oceny poziomu wskaźnika K_g. Powinna ona obejmować poszczególne elementy wchodzące w skład danego systemu eksploatacji oraz czynniki wywierające wpływ na gotowość techniczną poszczególnych obiektów, jak i całego systemu. W tym celu niezbędne staje się utworzenie i stałe aktualizowanie odpowiedniej bazy danych zawierającej wszystkie niezbędne informacje. W przypadku systemu eksploatacji statków powietrznych w lotnictwie wojskowym dane te będą obejmowały przede wszystkim zbiory

poszczególnych typów samolotów i śmigłowców, zbiór baz lotniczych oraz organizacji odpowiedzialnych za wykonywanie obsług technicznych i odnów statków powietrznych, a także zbiór czynników, które wywierają niekorzystny wpływ na gotowość techniczną. Czynniki te wyrażane są w postaci odpowiadających im stanów eksploatacyjnych. Utworzona baza danych powinna więc zawierać:

- zbiór typów statków powietrznych,
- zbiór statków powietrznych typu *i*,
- zbiór baz lotniczych eksploatujących *i-tego* typu statki powietrzne,
- zbiór organizacji wykonujących obsługi techniczne, naprawy, remonty i modernizacje oraz dostawy statków powietrznych i ich części składowych,
- zbiór *i-tego* typu statków powietrznych pozostających w *n-tym* stanie eksploatacyjnym,
- zbiór *i-tego* typu statków powietrznych pozostających w stanie gotowości technicznej.

Kolejnym problemem wymagającym rozwiązania jest określenie parametrów, które będą charakteryzowały czynniki mające znaczenie dla oceny gotowości technicznej statków powietrznych. Do oceny procesu eksploatacji obiektów technicznych wykorzystywanych jest wiele parametrów, które najczęściej przybierają postać wskaźników. Te z nich, które są związane z eksploatacją techniki lotniczej, zostały omówione w rozdziale 6. Gotowość techniczną charakteryzuje wskaźnik $K_g(t)$, który określa gotowość obiektu technicznego lub systemu jego eksploatacji do podjęcia realizacji zadań, zgodnie z przeznaczeniem, w odcinku czasu(*t*). Ogólnie jest on określany za pomocą następującego wzoru:

$$K_g(t) = \frac{E(T)}{E(T) + E(\theta)} \tag{2.1}$$

gdzie:

E (T) – wartość oczekiwana zmiennej losowej czasu zdatności obiektu,

E (Θ) – wartość oczekiwana zmiennej losowej czasu niezdatności obiektu.

W obowiązującym obecnie w lotnictwie Sił Zbrojnych RP systemie oceny procesu eksploatacji statków powietrznych wskaźnik K_g nie jest wykorzystywany. Stosowany jest natomiast wskaźnik zdatności oraz wskaźnik sprawności technicznej. Wskaźniki te różnią się przyjmowaną do obliczeń podstawą. Różnice pomiędzy nimi zostały opisane w rozdziale 2.1. W praktyce obydwa wymienione wskaźniki dają jedynie ogólną informację o relacji pomiędzy liczbą statków powietrznych znajdujących się w stanach eksploatacyjnych zaliczanych do kategorii *zdatny* a przyjętą do obliczeń podstawą. Natomiast nie są stosowane inne parametry, które umożliwiałyby określenie podstawowych przyczyn stanów niezdatności oraz stopnia ich oddziaływania. Z tego względu konieczne jest przyjęcie takich wartości fizycznych, które pozwolą na realizację tego zadania.

Określenie parametrów charakteryzujących poszczególne czynniki oddziałujące na gotowość techniczną, wymaga zastosowania odpowiednich narzędzi matematycznych, które obiektywnie i dość precyzyjnie określą poziom mierzonych wartości. Najbardziej racjonalnym rozwiązaniem wydaje się określenie wskaźników charakteryzujących poszczególne stany eksploatacyjne. Umożliwią one określenie stopnia oddziaływania poszczególnych czynników na poziom gotowości technicznej.

Opracowana metoda kompleksowej analizy i oceny gotowości technicznej wojskowych statków powietrznych powinna zostać zweryfikowana w badaniach, które potwierdzą słuszność przyjętych założeń i zastosowanych modeli matematycznych. Z tego względu jednym z etapów niniejszej pracy, będą badania pilotażowe wybranego typu statku powietrznego.

2.3. Cel i zakres pracy

Podstawowym celem niniejszej pracy jest opracowanie metody, która umożliwi kompleksową analizę i obiektywną ocenę gotowości technicznej wojskowych statków powietrznych. Jak już wspomniano na wstępie, poziom gotowości technicznej samolotów i śmigłowców stanowiących wyposażenie lotnictwa wojskowego wielu państw, kształtuje się na stosunkowo niskim poziomie. Dzieje się tak pomimo znacznych nakładów finansowych ponoszonych na utrzymanie systemów ich eksploatacji. Opracowana metoda powinna umożliwiać identyfikację wszystkich potencjalnych czynników będących przyczyną stanu niezdatności oraz ocenę stopnia ich oddziaływania. Zapewni to wiarygodne dane do prowadzenia analizy procesu eksploatacji oraz podejmowania skutecznych i efektywnych działań, w celu ograniczenia wpływu niekorzystnych zjawisk, a w konsekwencji, podniesienia poziomu gotowości technicznej.

Tematyka pracy koncentruje się na systemie eksploatacji wojskowych statków powietrznych ze względu na jego wyjątkową specyfikę. Opracowana metoda będzie jednak miała charakter uniwersalny, co po odpowiedniej adaptacji umożliwi jej zastosowanie do oceny procesu eksploatacji także innych obiektów technicznych. Osiągnięcie wyznaczonego celu wymaga jednak realizacji kilku istotnych zadań. Do najważniejszych z nich należą:

- identyfikacja czynników mających niepożądany wpływ na gotowość techniczną statków powietrznych w lotnictwie wojskowym,
- opracowanie systemu klasyfikacji stanów eksploatacyjnych statków powietrznych uwzględniającego najbardziej prawdopodobne przyczyny stanu niezdatności,
- określenie parametrów charakteryzujących poszczególne stany eksploatacyjne oraz metod ich wyznaczania,
- przeprowadzenie badań pilotażowych gotowości technicznej wybranego typu statku powietrznego, z wykorzystaniem opracowanej metody w celu jej weryfikacji.

Ważną kwestią w każdym opracowaniu jest jednoznaczne rozumienie używanego w nim słownictwa. Z tego względu niezbędne jest zdefiniowanie występujących w pracy specjalistycznych pojęć, a zwłaszcza tych, które związane są z eksploatacją techniki lotniczej i problematyką gotowości w lotnictwie wojskowym.

Pierwszym etapem pracy będzie przeprowadzenie wnikliwej analizy wszystkich czynników, które potencjalnie mogą oddziaływać na gotowość techniczną eksploatowanych statków powietrznych. Czynniki te nie są związane wyłącznie z własnościami i właściwościami danego typu samolotu lub śmigłowca, ale również z systemem jego eksploatacji i systemami z nim współpracującymi oraz z otoczeniem (środowiskiem). Ze zbioru zidentyfikowanych czynników wyselekcjonowane zostaną te, których wystąpienie w procesie eksploatacji jest najbardziej prawdopodobne, a ich stopień oddziaływania może być znaczący. Na tej podstawie oraz na bazie zdobytych doświadczeń praktycznych opracowany zostanie nowy system klasyfikacji stanów eksploatacyjnych wojskowych statków powietrznych. Wspomniany system powinien zawierać takie rodzaje stanów, aby umożliwiły one dość precyzyjne określenie przyczyny powstałej niezdatności. Pożądane jest również, aby zastosowane symbole zapewniały identyfikację organizacji, która w danym przypadku jest odpowiedzialna za przywrócenie stanu zdatności.

Aby umożliwić ocenę stopnia oddziaływania poszczególnych stanów eksploatacyjnych na gotowość techniczną, konieczne jest określenie parametrów, które w obiektywny i wiarygodny sposób będą je charakteryzowały. Wymaga to przeprowadzenia analizy miar i wskaźników wykorzystywanych do oceny procesu eksploatacji obiektów technicznych, a zwłaszcza statków powietrznych, oraz wyznaczenie nowych parametrów, które we właściwy sposób scharakteryzują poszczególne stany eksploatacyjne. W tym celu konieczne będzie opracowanie odpowiednich modeli matematycznych, przy pomocy których wyznaczane będą nowoopracowane wskaźniki.

Końcowym etapem pracy będzie przeprowadzenie badania pilotażowego w celu sprawdzenia praktycznego wykorzystania opracowanej metody do prowadzenia kompleksowej analizy i oceny gotowości technicznej statków powietrznych. Badanie to zostanie przeprowadzone na przykładzie wybranego typu samolotu lub śmigłowca eksploatowanego w lotnictwie Sił Zbrojnych RP. Aby niniejsza praca zachowała jawny charakter, wspomniane badanie musi zostać wykonane z wykorzystaniem wirtualnej bazy danych. Będzie ona opracowana w taki sposób, aby z dużym podobieństwem odwzorowywała warunki rzeczywiste. Uzyskane wyniki przeprowadzonego badania pozwolą na wykrycie ewentualnych błędów lub niedopracowań w przyjętej metodologii i tym samym na ich wyeliminowanie.

3. GOTOWOŚĆ STATKÓW POWIETRZNYCH

Jednym z bardzo istotnych czynników wpływających bezpośrednio na poziom efektywności procesu eksploatacji każdego obiektu technicznego jest jego gotowość. Ogólnie przyjmuje się, że gotowość, nazywana także dyspozycyjnością obiektu technicznego, jest właściwością odnoszącą się do zdolności bycia zdatnym, gdy występuje potrzeba jego użytkowania, w celu wypełniania określonych funkcji, przy zapewnieniu zasilania tego obiektu. Jest to również nazwa statystycznego wskaźnika udziału czasu zdatności obiektu technicznego w okresie jego eksploatacji, bądź udziału liczby pomyślnych prób zdatności (np. uruchomień pojazdów) w liczbie podjętych prób. [5, 34]

Przytoczona powyżej definicja gotowości znajduje zastosowanie zarówno w odniesieniu do samego obiektu technicznego, jak i całego systemu jego eksploatacji. Ma ona jednak charakter ogólny i z tego względu, w celu jednoznacznej interpretacji, w odniesieniu do poszczególnych kategorii obiektów technicznych, wymaga dostosowania do specyfiki ich budowy i eksploatacji. W lotnictwie występuje kilka pojęć związanych z gotowością. Zazwyczaj jest ona określana dla poszczególnych struktur organizacyjnych zaangażowanych w proces eksploatacji techniki lotniczej. W literaturze można spotkać różne podejście do tego zagadnienia. Z tego względu w niniejszej pracy przyjęto założenie, że problematyka gotowości w lotnictwie wojskowym powinna być rozpatrywana na następujących poziomach:

- statek powietrzny,
- podstawowa jednostka eksploatacyjna,
- system eksploatacji statków powietrznych,
- system zabezpieczenia logistycznego,
- systemy zabezpieczenia operacji lotniczych,
- pion operacji lotniczych.

Statek powietrzny – pojęcie to obejmuje znajdujący się w systemie eksploatacji samolot lub śmigłowiec (w tym także samolot i wiropłat bezzałogowy) wraz z wyposażeniem towarzyszącym ,w skład którego wchodzą między innymi: narzędzia, aparatura kontrolno–pomiarowa, system diagnostyczny, system planowania misji (o ile istnieje), a także sprzęt lotniskowo–hangarowy (wodzidła do holowania i sterowania ręcznego, podstawki do blokowania kół podwozia, drabinka, osłony zabezpieczające, pokrowce itp.).

Podstawowa jednostka eksploatacyjna – obejmuje statek powietrzny, jego bezpośrednią obsługę techniczną oraz załogę. Jednostka ta jest podstawowym elementem systemu eksploatacji, posiadającym zdolność do wykonywania zadań lotniczych.

System eksploatacji statków powietrznych – obejmuje samoloty i śmigłowce (w tym również bezzałogowe) wraz z wyposażeniem towarzyszącym oraz podsystemy

ich użytkowania i utrzymywania zdatności. W skład podsystemu użytkowania wchodzą załogi (jedno – lub wieloosobowe) i komponenty pionu operacyjnego odpowiedzialnego za planowanie, organizację, kierowanie (dowodzenie) operacjami lotniczymi. Nieodzownym elementem podsystemu użytkowania jest również organizacja odpowiedzialna za szkolenie lotnicze personelu latającego, zarówno w zakresie podstawowym (szkoły lotnicze) jak i zaawansowanym (instruktorzy, inspektorzy, kursy specjalistyczne, ośrodki szkolenia symulatorowego). Należy przy tym podkreślić, że poziom wyszkolenia i związane z tym uprawnienia każdego czynnego członka personelu latającego wymagają okresowego potwierdzania. Dodatkowym komponentem omawianego podsystemu jest organizacja odpowiedzialna za bezpieczeństwo latania.

Z kolei, głównymi elementami podsystemu utrzymywania zdatności są: służba inżynieryjno–lotnicza oraz zaplecze obsługowo–naprawcze. Służba inżynieryjno–lotnicza odpowiada za planowanie, organizację i realizację procesu eksploatacji. W jej skład wchodzi personel kierowniczy, personel obsługi bezpośredniej oraz obsług i napraw wyższego rzędu. Obsługa bezpośrednia realizowana jest na poziomie eskadry lotniczej (dywizjonu lotniczego), a obsługi i naprawy wyższego rzędu, na poziomie eskadry technicznej lub Polowych Warsztatów Lotniczych. W ostatnich latach w lotnictwie Sił Zbrojnych RP pojawia się tendencja do zlecania obsług wyższego rzędu firmom zewnętrznym. W głównej mierze dotyczy to śmigłowców.

Poza pracami realizowanymi przez personel służby inżynieryjno–lotniczej statki powietrzne lub ich zespoły, podzespoły i agregaty są poddawane remontowi, który czasem nazywany jest naprawą lub przeglądem głównym. Są one wykonywane przez wyspecjalizowane zakłady remontowe (np. Wojskowe Zakłady Lotnicze) lub zakłady produkcyjne. Zazwyczaj przedsiębiorstwa te znajdują się poza strukturą organizacyjną służby inżynieryjno–lotniczej.

Nieodzownym elementem podsystemu obsługi jest zaplecze techniczne, w skład którego wchodzą między innymi specjalistyczne narzędzia, aparatura kontrolno–pomiarowa, systemy diagnostyczne i deszyfracji danych, a także sprzęt lotniskowo–hangarowy (podnośniki, drabinki, trapy itp.). Do tej kategorii zalicza się także sprzęt mobilny taki jak cysterny do tankowania, dystrybutory gazów technicznych, urządzenia zasilania energetycznego i pojazdy specjalistyczne. Bardzo istotnym elementem omawianego podsystemu jest szkolenie personelu technicznego. Najczęściej zadanie to jest realizowane w ramach kursów organizowanych przez ośrodki szkoleniowe, które kształcą specjalistów w zakresie obsługi i odnowy poszczególnych typów statków powietrznych i nadają im wymagane uprawnienia.

Logistyka – jest elementem niezbędnym do funkcjonowania każdego systemu eksploatacji. Podstawowym jej zadaniem jest zapewnienie strumienia dostaw zaopatrzenia materiałowo – technicznego i energetycznego. W lotnictwie ma to szczególne znaczenie

ze względu na konieczność zapewnienia terminowych dostaw dużej ilości paliw, olejów i płynów eksploatacyjnych, gazów technicznych (azotu, tlenu i sprężonego powietrza), a także szerokiego asortymentu części wymiennych i materiałów technicznych. W okresie prowadzenia działań bojowych, lotnictwo wojskowe wymaga dodatkowo zaopatrzenia w środki uzbrojenia i środki obrony własnej (flary, dipole itp.). W niektórych opracowaniach, logistyka jest przedstawiana jako komponent systemu eksploatacji, a w innych jako oddzielna organizacja nie wchodząca bezpośrednio w skład jego struktury, chociaż ściśle z nią powiązana. Różnorodne poglądy na temat usytuowania logistyki w strukturze organizacyjnej wynikają zapewne z różnic charakteru i specyfiki rozpatrywanych systemów eksploatacji. W przypadku statków powietrznych sytuacja w tej mierze nie jest jednoznaczna i zależy od przyjętej struktury organizacyjnej. W sytuacji, gdy pion logistyki jest równocześnie odpowiedzialny za zabezpieczenie kilku różnych systemów eksploatacji to zazwyczaj występuje on jako oddzielna organizacja. Mając na uwadze obowiązującą obecnie w Siłach Zbrojnych RP strukturę organizacyjną, w niniejszej pracy przyjęto, że logistyka stanowi oddzielną organizację, której struktury na poszczególnych poziomach przenikają się z odpowiednimi strukturami systemu eksploatacji statków powietrznych. Należy przy tym zaznaczyć, że każda wojskowa jednostka lotnicza dysponuje określonymi zapasami operacyjnymi paliwa, płynów eksploatacyjnych, gazów technicznych, środków uzbrojenia i części wymiennych, które umożliwiają prowadzenie działań w zakładanym wymiarze.

Systemy zabezpieczenia operacji lotniczych – umożliwiają funkcjonowanie podsystemu użytkowania statków powietrznych, obejmują one między innymi:

- infrastrukturę lotniskową (pasy startowe, drogi kołowania, płaszczyznę przygotowania samolotów wraz ze stanowiskami tankowania oraz zasilania energetycznego i gazami technicznymi, schrono–hangary, hangary, wieżę kontroli lotów, a także budynki gospodarcze),
- sprzęt lotniskowy (maszyny do czyszczenia i odśnieżania nawierzchni lotniskowych, urządzenia do odladzania statków powietrznych itp.),
- system ubezpieczenia lotów (system nawigacji lotniskowej, radiolatarnie prowadzące, systemy łączności, stacjonarne i mobilne oświetlenie lotniska, systemy lądowania według przyrządów),
- systemy nawigacji naziemnej i satelitarnej,
- osłonę radiolokacyjną,
- nadzór ruchu lotniczego,
- system kierowania lotami (dowodzenia operacjami lotniczymi).

Pion operacji lotniczych – jest organizacją odpowiedzialną za realizację zadań związanych z planowaniem, organizowaniem i kierowaniem działaniami (dowodzeniem) lotnictwa wojskowego. Działania te mogą mieć charakter planowy lub doraźny. Pierwszą grupę stanowią przede wszystkim loty związane ze szkoleniem lotniczym, realizacją zadań stałych (np. patrolowanie, usługi transportowe, pełnienie dyżurów bojowych i ratowniczych) oraz loty usługowe na rzecz innych odbiorców (rodzajów wojsk). Natomiast zadania doraźne realizowane są zazwyczaj podczas ćwiczeń, prowadzenia akcji poszukiwawczo–ratowniczych lub działań bojowych.

Pion operacji lotniczych, podobnie jak system zabezpieczenia logistycznego, trudno jest umiejscowić w strukturach konkretnej organizacji. Jego główny ośrodek decyzyjny (centrum dowodzenia) często znajduje się bowiem poza strukturami systemu eksploatacji. Kluczowe zadania dla lotnictwa wojskowego zazwyczaj wypracowywane są na szczeblu zjednoczonego dowództwa, sztabu generalnego lub dowództw rodzajów sił zbrojnych. W strukturach systemu eksploatacji, a zwłaszcza podsystemu użytkowania, znajdują się komórki organizacyjne, których zadaniem jest planowanie i organizacja zlecanych zadań oraz kierowanie (dowodzenie) ich wykonaniem. Komórki te są również odpowiedzialne za realizację programów szkolenia lotniczego.

Funkcjonowanie systemu eksploatacji statków powietrznych, a zwłaszcza jego podsystemu użytkowania, wymaga więc zaangażowania pionu operacyjnego, logistyki oraz wielu systemów zabezpieczenia operacji lotniczych. Zakres wykorzystywania tych systemów jest uzależniony od rodzaju i skali prowadzonej operacji. Zdolność do jej realizacji wymaga więc osiągnięcia określonego poziomu gotowości nie tylko przez system eksploatacji, ale również przez wszystkie pozostałe systemy zaangażowane do wykonania postawionego zadania.

Jak już wcześniej wspomniano, gotowość obiektu technicznego jest ogólnie rozumiana jako zdatność do wypełniania określonych funkcji zgodnie z jego przeznaczeniem, przy zapewnieniu wymaganego zasilania. Przy rozpatrywaniu problematyki dotyczącej gotowości, konieczne jest uwzględnienie specyfiki budowy i eksploatacji danego obiektu technicznego i przyjęcie właściwych dla niego definicji. W odniesieniu do wojskowych statków powietrznych występuje kilka kategorii gotowości. W literaturze są one różnie definiowane. Dla przykładu, prof. Jerzy Lewitowicz w swoich publikacjach przywołuje następujące rodzaje gotowości:

- ***gotowość techniczna*** *statku powietrznego zawiera zbiór takich stanów eksploatacyjnych, w których w danej chwili jest on zdatny pod względem niezawodności, ma niezbędne do działania zasoby materiałowe, energetyczne i informacyjne oraz znajduje się w wyznaczonym miejscu. Do stanów gotowości technicznej zalicza się te stany eksploatacyjne, w których potencjał użytkowy nie przekroczył wartości granicznych umożliwiających poprawne działanie,*

- ***gotowość zadaniowa*** *statku powietrznego zawiera zbiór stanów eksploatacyjnych, w których statek w danej chwili jest zdatny pod względem niezawodności ma zapas resursu oraz zasobów materiałowych, energetycznych i informacyjnych w ilości wystarczającej do wykonania zadania lub ma zapewniony odpowiedni strumień dopływu tych zasobów oraz znajduje się w wyznaczonym miejscu Można stwierdzić, że statek powietrzny jest w stanie gotowości zadaniowej wówczas, gdy oszacowany zasób potencjału użytkowego statku wystarczy na wykonanie zadania,*
- ***gotowość początkowa*** *statku powietrznego do wykonania danego zadania lotniczego dla ustalonej rezerwy czasowej, jest takim zbiorem stanów eksploatacyjnych, w których statek jest w pełni zdatny i dostatecznie zaopatrzony, lub też zostało określone zadanie obsługowe wprowadzające statek w stan gotowości funkcjonalnej i prognozuje się, że uruchomienie stanowiska obsługi oraz wykonanie zadania obsługowego nie przekroczy ustalonej rezerwy czasowej,*
- ***gotowość potencjalna*** *statku powietrznego do wykonania danego zadania lotniczego dla ustalonej rezerwy czasowej, podobnie jak stan gotowości początkowej, zawiera się w zbiorze stanów zdatności lub niezdatności albo w zbiorze stanów o niewystarczającym potencjale użytkowym do poprawnego działania w przedmiocie zadania i prognozuje się, że w ramach rezerwy czasowej zostanie uruchomione stanowisko obsługi oraz będzie wykonana obsługa wprowadzająca statek w stan zdatności do wykonania danego zadania lotniczego.*

Przytoczona definicja gotowości technicznej nie jest jednak przydatna do oceny poziomu zdatności statków powietrznych. Wynika z niej bowiem, że obejmuje ona samoloty i śmigłowce, które nie tylko pozostają w stanie zdatności, ale dodatkowo zostały już przygotowane do wykonania konkretnego zadania. Oznacza to, że znajdują się w wyznaczonym miejscu i zostały wyposażone w np.: środki uzbrojenia, zasobniki z wyposażeniem specjalnym, ładunki do systemów obrony własnej, dodatkowe zbiorniki paliwa.

Niezależnie od pojęć spotykanych w dostępnej literaturze, w lotnictwie wojskowym występują określone poziomy gotowości bojowej. Poziom najwyższy wymaga, aby statek powietrzny znajdował się w wyznaczonym miejscu oraz był gotowy do natychmiastowego uruchomienia zespołu napędowego i rozpoczęcia procedury startu w celu realizacji zleconego zadania (misji). Oznacza to, że załoga zajęła miejsca w kabinie, a systemy zasilania energetycznego (o ile są wymagane) są aktywne i podłączone.

Kryteria definiujące poszczególne poziomy gotowości bojowej, również nie pozwalają na ich bezpośrednie wykorzystanie do analizy zdatności. Z tych względów, aby umożliwić realizację założonego w niniejszej pracy zadania, zaproponowano następujące rodzaje i definicje gotowości wojskowych statków powietrznych:

- gotowość techniczna,

- gotowość zadaniowa,
- gotowość operacyjna,
- gotowość startowa,
- gotowość mobilizacyjna.

Nazwy proponowanych rodzajów gotowości statków powietrznych w niektórych przypadkach pokrywają się z określeniami przywołanymi wcześniej z literatury, ale przedstawione poniżej ich definicje różnią się w sposób zasadniczy.

Gotowość techniczna

Stan gotowości technicznej statku powietrznego zawiera zbiór takich stanów eksploatacyjnych, w których jest on zdatny pod względem niezawodności i trwałości do wykonywania zadań zgodnie z ogólnym przeznaczeniem i znajduje się w miejscu stałego lub czasowego bazowania. Oznacza to, że samolot lub śmigłowiec jest sprawny technicznie, posiada wystarczający resurs i zazwyczaj znajduje się w konfiguracji gładkiej (bez podwieszeń i wyposażenia dodatkowego). W celu osiągnięcia gotowości do lotu konieczne jest jego zaholowanie na płaszczyznę przygotowania samolotów (o ile zachodzi taka potrzeba), przygotowanie wymaganej konfiguracji samolotu lub śmigłowca (podwieszenie dodatkowych zbiorników paliwa, środków uzbrojenia lub zasobników z wyposażeniem specjalnym, ewentualne uzupełnienie paliwa, płynów eksploatacyjnych i gazów technicznych) i wykonanie obsługi przedlotowej. W stanie gotowości technicznej znajdują się więc te statki powietrzne, które w danej chwili są sprawne technicznie, posiadają wystarczającą trwałość (resurs) i po stosunkowo krótkim okresie przygotowania i wykonaniu wymaganej obsługi, są gotowe do realizacji zleconego zadania lotniczego. Przy określaniu minimalnego poziomu trwałości wymaganej dla statku powietrznego, pozostającego w stanie gotowości technicznej, należy uwzględniać resurs potrzebny do wykonania co najmniej kilku lotów, w tym również przebazowania, o ile będzie ono konieczne w celu wykonania obsług okresowych lub remontu.

Gotowość zadaniowa

Gotowość zadaniowa określa zdatność statku powietrznego do wykonywania określonej kategorii zadań (misji) lotniczych. W tym przypadku kluczowym kryterium oceny jest odpowiedniość, czyli właściwość przystosowania go do wykonania określonego zadania operacyjnego z uwzględnieniem zewnętrznych czynników destrukcyjnych. [12]

Stan gotowości zadaniowej statku powietrznego zawiera zbiór takich stanów eksploatacyjnych, w których jest on zdatny do wykonania określonej kategorii zadań lotniczych, nie tylko pod względem niezdatności i trwałości, ale również odpowiedniości. Warunkiem rozpoczęcia realizacji zleconej misji jest więc odpowiednie przygotowanie konfiguracji statku powietrznego do jej wykonania.

Dawniej typ samolotu lub śmigłowca dość jednoznacznie określał jego przeznaczenie. Wersje przystosowane do wykonywania ściśle określonych zadań (np. prowadzenia rozpoznania powietrznego, zwalczania okrętów podwodnych czy przenoszenia broni jądrowej) były wyróżniane dodatkowym oznaczeniem. Obecnie sytuacja jest nieco bardziej złożona. Współczesne samoloty i śmigłowce wielozadaniowe są zdolne do wykonywania różnych rodzajów misji i z tego względu występują w wielu wersjach wyposażenia. Szczególnie dotyczy to sytuacji, gdy nowe warianty wyposażenia, zwiększające dotychczasowe zdolności operacyjne, powstają w wyniku modernizacji lub modyfikacji. Nie zawsze bowiem wprowadzane są wówczas odmienne oznaczenia.

Odpowiedniość nie jest więc właściwością o charakterze stałym. Statek powietrzny może zarówno zdobywać jak i tracić tą cechę do wykonywania określonej kategorii zadań. Drugi z wymienionych przypadków jest najczęściej efektem zmiany wymagań operacyjnych lub degeneracji technicznej statku powietrznego. Przykładem ilustrującym tego typu sytuację są eksploatowane w lotnictwie Sił Zbrojnych RP śmigłowce bojowe typu Mi–24. Jednym z ich podstawowych zadań realizowanych w ramach bezpośredniego wsparcia na polu walki, było zwalczanie czołgów i celów opancerzonych. Od pewnego czasu śmigłowce te utraciły zdolność do wykonywania tego rodzaju misji ze względu na wycofanie z asortymentu ich uzbrojenia przeciwpancernych pocisków kierowanych.

Omawiając problematykę odpowiedniości należy podkreślić, że cecha ta nie jest funkcją dwuwartościową. Do wykonania określonego zadania jeden statek powietrzny może być bardziej odpowiedni niż inny, np. ze względu na lepsze charakterystyki lotno–taktyczne, właściwości pilotażowe, korzystniejsze wyposażenie pokładowe, efektywniejsze systemy uzbrojenia i obrony własnej itp. Przykładem takiej sytuacji są śmigłowce transportowe typu Mi–17, z których część została poddana procesowi modernizacji. Obejmował on między innymi zabudowę nowoczesnego systemu ostrzegania i obrony własnej, a także rozpraszaczy gazów wylotowych i dodatkowego opancerzenia, które w zależności od potrzeb może być montowane lub demontowane. Nie ulega wątpliwości, że do realizacji zadań bojowych w strefie zagrożenia ogniowego bardziej odpowiednie będą śmigłowce zmodernizowane.

Ocena odpowiedniości statku powietrznego do realizacji określonego rodzaju zadań jest zagadnieniem dość złożonym i wymaga indywidualnej analizy. Na jej podstawie, wypracowywana jest bowiem decyzja o wyborze typu i wersji samolotu lub śmigłowca, jego konfiguracji (kompletacji dodatkowego wyposażenia specjalnego i uzbrojenia), a także liczbie maszyn biorących udział w planowanej operacji. Dokonanie ogólnej oceny gotowości zadaniowej statku powietrznego wymaga więc zdefiniowania potencjalnych zadań, do których może być on wykorzystywany. W tym celu pomocne jest opracowanie wykazu obejmującego wszystkie potencjalne operacje lotnicze, do realizacji których mogą być wykorzystane poszczególne samoloty

i śmigłowce z podziałem na określone kategorie i rodzaje planowanych zadań. Dodatkowo, do każdego wyspecyfikowanego zadania lotniczego, powinien być określony minimalny wymagany poziom odpowiedniości, który będzie warunkiem zakwalifikowania do stanu gotowości zadaniowej.

Gotowość operacyjna

Gotowość operacyjna określa stan przygotowania statku powietrznego do realizacji zleconej misji lotniczej, który umożliwia jej rozpoczęcie w ciągu kilku minut. Oznacza to, że samolot lub śmigłowiec jest zdatny pod względem niezawodności, trwałości i odpowiedniości, został odpowiednio skonfigurowany w zakresie podwieszeń i wyposażenia dodatkowego, ma wykonaną obsługę przedlotową i znajduje się we wskazanym miejscu. Równolegle w pełnej gotowości do działania pozostaje jego załoga i personel obsługi technicznej. Gotowość załogi oznacza, że posiada ona odpowiednie kwalifikacje i uprawnienia do wykonania postawionego zadania lotniczego, pozostaje w dobrym stanie zdrowia, zakończyła przygotowanie przedlotowe, zaktualizowała system planowania misji (o ile istnieje), a także ma na sobie odpowiedni ubiór (kombinezon), pobrała wymagane wyposażenie osobiste (np. hełmofon, maska tlenowa, radiostacja ratownicza, kamizelka ratunkowa) oraz znajduje się w pobliżu statku powietrznego, na którym ma wykonać powierzone zadanie.

Przejście statku powietrznego (statków powietrznych) w stan gotowości operacyjnej, pociąga za sobą konieczność osiągnięcia gotowości także przez pion operacyjny odpowiedzialny za planowanie, organizację i kierowanie operacją lotniczą oraz przez zaangażowane w jego wykonanie komponenty systemu zabezpieczenia operacji lotniczych.

Czas pozostawania statku powietrznego w stanie gotowości operacyjnej jest ograniczony. Zazwyczaj nie trwa on dłużej niż kilka godzin. Wyjątkiem są dyżury bojowe lub ratownicze, które na ogół są pełnione przez całą dobę. Z poziomu gotowości operacyjnej statek powietrzny przechodzi w stan gotowości startowej lub powraca do stanu gotowości technicznej. W sytuacji, gdy wykryta zostanie usterka lub uszkodzenie, którego usunięcie nie jest możliwe w krótkim czasie to wówczas przechodzi on w stan niezdatności. Niekiedy zdarza się, że w czasie pozostawania w gotowości operacyjnej, pion operacyjny zmienia wymagania dotyczące konfiguracji samolotu lub śmigłowca np. w zakresie wariantu podwieszonego uzbrojenia. W takim przypadku gotowość operacyjna zostaje zawieszona do czasu ponownego jej odtworzenia.

Gotowość startowa

Gotowość startowa określa stan, w którym statek powietrzny jest przygotowany do natychmiastowego rozpoczęcia realizacji zleconego zadania. Oznacza to, że jest on zdatny pod względem niezawodności, trwałości i odpowiedniości, został właściwie skonfigurowany w zakresie wyposażenia dodatkowego i podwieszeń, ma wykonaną obsługę startową, znajduje się we wskazanym miejscu, a załoga zajęła miejsca w kabinie, wykonała czynności w ramach procedury przedlotowej i oczekuje na komendę uruchomienia zespołu napędowego. Jeśli jest to konieczne, do statku powietrznego podłączone jest zewnętrzne źródło zasilania energetycznego.

Równolegle do gotowości startowej statku powietrznego, w pełnej gotowości do działania pozostaje personel obsługi technicznej oraz zaangażowane w realizację operacji lotniczej komponenty pionu operacyjnego i systemu zabezpieczenia operacji lotniczych. Czas pozostawania w stanie gotowości operacyjnej jest ograniczony, ze względu na zmęczenie załóg. Z tego powodu jest on ściśle uzależniony od panujących warunków atmosferycznych.



Rys. 3.1. Samolot bojowy MiG–29 w trakcie osiągania gotowości startowej

Gotowość mobilizacyjna

Stan gotowości mobilizacyjnej statku powietrznego stanowi zbiór takich stanów eksploatacyjnych, w których jest on czasowo niezdatny pod względem niezawodności lub trwałości, albo z powodu obsługi technicznej. W niektórych przypadkach, przyczyną niezdatności może być również odpowiedniość. Sytuacja ta ma miejsce wówczas, gdy statek jest wprawdzie zdatny pod względem niezawodności i trwałości, ale ze względu na potrzeby operacyjne musi być on poddany modernizacji w celu osiągnięcia wymaganego poziomu gotowości zadaniowej. Czas niezbędny do przywrócenia stanu zdatności zależy głównie od zakresu koniecznych do wykonania prac, potencjału dysponowanego zaplecza obsługowego i dostępności części wymiennych.

Zróżnicowany czas przywracania statku powietrznego do stanu zdatności, rodzi potrzebę utworzenia kilku poziomów gotowości mobilizacyjnej. Mogą to być poziomy dobowe (np. 24, 48, 72 godz. itp.). Stan gotowości mobilizacyjnej poziomu 24 zawiera więc zbiór statków powietrznych, które z różnych przyczyn są aktualnie niezdatne, a orientacyjny czas przywrócenia im stanu zdatności nie powinien przekroczyć jednej doby. Podział gotowości mobilizacyjnej na poszczególne poziomy umożliwia organom pionu operacyjnego pozyskiwanie informacji o potencjalnych zasobach możliwych do pozyskania w ciągu kolejnych dni. Należy przy tym pamiętać, że kwalifikowanie statków powietrznych do poszczególnych poziomów gotowości mobilizacyjnej dokonywane jest na podstawie przyjętych założeń i dlatego oczekiwane czasy przywrócenia stanu zdatności muszą być traktowane w kategoriach prawdopodobieństwa.

Omówione powyżej stany gotowości statków powietrznych w lotnictwie wojskowym zostały przedstawione w tabeli nr 3.1. Oprócz nazwy poszczególnych rodzajów gotowości zawiera ona także ich ogólną charakterystykę.

Tabela 3.1. Rodzaje gotowości wojskowych statków powietrznych

Rodzaj gotowości	Zdatność			Aktywność			
	N	T	O	Personel techniczny	Załoga	Pion operacji lotniczych	Zabezpieczenie operacji lotniczych
techniczna	tak	tak	tak/nie	nie	nie	nie	nie
zadaniowa [1]	tak	tak	tak	nie	nie	nie	nie
operacyjna	tak	tak	tak	tak	tak [3]	tak	tak
startowa	tak	tak	tak	tak	tak [4]	tak	tak
mobilizacyjna [2]	tak/nie	tak/nie	tak/nie	nie	nie	nie	nie

Objaśnienia:

N – niezawodność,
T – trwałość,
O – odpowiedniość,
1 – podział na rodzaje zadań,
2 – podział na poziomy czasowe,
3 – załoga w gotowości do lotu (poza statkiem powietrznym),
4 – załoga w kabinie statku powietrznego,
tak/nie – stan zdatny lub niezdatny.

Przedstawiona powyżej klasyfikacja rodzajów gotowości w lotnictwie wojskowym została opracowana na podstawie analizy rzeczywistych uwarunkowań związanych z eksploatacją statków powietrznych. Z tych względów ma ona bardzo praktyczny wymiar. Wprawdzie przedmiotem niniejszej pracy jest analiza i ocena gotowości technicznej, ale wskazane wydaje się przedstawienie również pozostałych rodzajów gotowości. Pozwala to bowiem lepiej poznać i zrozumieć rolę i znaczenie gotowości technicznej w systemie eksploatacji wojskowych statków powietrznych.

4. CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA GOTOWOŚĆ TECHNICZNĄ STATKÓW POWIETRZNYCH

4.1. Wprowadzenie

Jednym z podstawowych kryteriów oceny funkcjonowania systemu eksploatacji każdego obiektu technicznego jest jego efektywność, rozumiana jako skuteczność lub sprawność. Ogólnie wyraża ona relacje pomiędzy stopniem realizacji zadań eksploatacyjnych, a ponoszonymi na ten cel nakładami. Stanowi ona łączną cechę systemu oraz procesu eksploatacji i może być rozpatrywana na różnych płaszczyznach, np. operacyjnej, technicznej lub ekonomicznej. Efektywność systemu eksploatacji zależy w głównej mierze od jego gotowości, odpowiedniości oraz sprawności funkcjonowania systemu zabezpieczenia materiałowo–technicznego. Pojęcie odpowiedniości zostało wyjaśnione w poprzednim rozdziale przy okazji omawiania gotowości zadaniowej. Ze względu na przyjęty zakres tematyczny pracy, przeprowadzona w dalszej części analiza będzie się koncentrowała na problematyce związanej z gotowością techniczną.

Na poziom gotowości technicznej statku powietrznego w procesie jego eksploatacji wpływa szereg czynników, z których jednym z najbardziej istotnych jest niezawodność. W międzynarodowej normie terminologicznej PN–93/N–50191 niezawodność jest zdefiniowana jako *zespół właściwości, które opisują gotowość obiektu i wpływające na nią nieuszkadzalność, obsługiwalność i zapewnienie środków obsługi.* Termin *niezawodność* jest używany tylko do ogólnego nieliczbowego opisu. Z definicji tej wynika, że problem niezawodności powinien być rozpatrywany nie tylko w aspekcie pojedynczego obiektu, ale całego systemu eksploatacji.

Niezawodność systemu eksploatacji jest to zatem zespół właściwości charakteryzujących jego zdolność do realizacji zadań, zgodnie z przeznaczeniem, w określonych warunkach i w określonym czasie. Jej zasadniczym wskaźnikiem jest prawdopodobieństwo sprawnego działania w założonym przedziale czasu. Pojęcie niezawodności systemu eksploatacji jest więc ściśle związane z utrzymaniem zdatności poszczególnych obiektów technicznych wchodzących w jego skład. Należy przy tym podkreślić, że zarówno problematyka niezawodności jak i zdatności może być rozpatrywana w różnych aspektach, w zależności od konkretnych potrzeb praktycznych i opisów matematycznych.

Powstające w trakcie eksploatacji usterki i uszkodzenia powodują zmianę poziomu niezawodności. Ze względu na losowość ich występowania w funkcji wybranego parametru (np. czasu, liczby cykli itp.) niezawodność definiuje się zazwyczaj w kategoriach prawdopodobieństwa. W ujęciu ilościowym niezawodność jest oceniana za pomocą miar i wskaźników definiowanych i wyznaczanych z uwzględnieniem właściwości i własności danego obiektu technicznego oraz specyfiki i warunków jego

eksploatacji. Zgodnie z ogólnie przyjętymi definicjami miarą niezawodności określonej charakterystyki niezawodnościowej jest wielkość przyjęta za jednostkę porównawczą przy opisie i pomiarach wielkości tego samego rodzaju. Z kolei, wskaźnik niezawodności to liczba w przyjętych jednostkach, wyrażająca stosunek rozpatrywanej cechy do przyjętej podstawy. [12] Charakterystyki niezawodnościowe najczęściej definiuje się w odniesieniu do tych własności i właściwości danego obiektu technicznego, które odgrywają istotną rolę w procesie jego eksploatacji.

Niezawodność statku powietrznego jest kształtowana już na etapie formułowania wymagań taktyczno–technicznych, a następnie w fazie projektowania, konstruowania i wytwarzania, a także w procesie jego eksploatacji. Założone wymagania niezawodnościowe w istotnym stopniu decydują nie tylko o wyborze strategii projektowania i wytwarzania, w tym o zastosowanych materiałach i technologiach, ale także o kształcie systemu utrzymania zdatności technicznej, obejmującego między innymi programy obsług bieżących, okresowych i specjalnych oraz napraw i remontów. Programy te określają zakres i częstotliwość oraz technologię wykonywania poszczególnych rodzajów prac. Ważnym elementem w procesie stałego podnoszenia poziomu niezawodności są wyniki prowadzonych w tej dziedzinie badań naukowych i programów badawczo–rozwojowych, a także doświadczenia zdobywane w procesie eksploatacji. Na ich podstawie opracowywane są ciągłe zmiany konstrukcyjne i technologiczne, które następnie zostają wdrożone zarówno w procesie bieżącej produkcji, jak i na sprzęcie już eksploatowanym w postaci różnego rodzaju modernizacji, modyfikacji i biuletynów technicznych. Z tych względów producenci techniki lotniczej odgrywają tak ważną rolę przez cały okres jej użytkowania.

Niezależnie od etapu projektowania i produkcji, bardzo istotny wpływ na kształtowanie ostatecznego poziomu niezawodności wywiera faza eksploatacji. System eksploatacji statków powietrznych jest dość rozbudowanym systemem antropotechnicznym (SAT) obejmującym personel odpowiedzialny za funkcjonowanie poszczególnych komórek struktury organizacyjnej, technikę lotniczą wraz z systemami wspomagającymi oraz otoczenie. Podczas analizy systemów antropotechnicznych, tak zwany czynnik ludzki występuje pod pojęciem *decydenta systemu* i *operatora obiektu technicznego*. System eksploatacji statków powietrznych, w porównaniu z innymi rodzajami obiektów technicznych jest o wiele bardziej skomplikowany i charakteryzuje się szczególnymi wymaganiami w zakresie bezpieczeństwa. Z tych względów wymaga indywidualnego omówienia.

Przystępując do analizy czynników wywierających wpływ na gotowość techniczną, można stosować różne kryteria ich klasyfikacji. W niniejszej pracy podzielono je na pięć kategorii:

- własności i właściwości statku powietrznego,
- system jego eksploatacji,

- logistyka,
- systemy zabezpieczenia operacji lotniczych,
- otoczenie (środowisko).

Zestawienie czynników, wpływających w znaczącym stopniu na poziom gotowości technicznej, przedstawiono w tabeli nr 4.1.

Tabela 4.1. Czynniki wpływające na poziom gotowości technicznej statków powietrznych

Własności i właściwości	System eksploatacji	Logistyka	Systemy zabezpieczenia operacji lotniczych	Otoczenie
➢ Podatność eksploatacyjna: – użytkowa, – obsługowa, – na odnowę, – remontowa. ➢ Nieuszkadzalność. ➢ Trwałość (resurs): – całkowita, – do pierwszego remontu, – międzyremontowa. ➢ Żywotność: – odporność na uszkodzenia, – odporność na działanie otoczenia. ➢ Bezpieczność: – użytkowa, – obsługowa.	➢ Struktura organizacyjna. ➢ Zarządzanie. ➢ Model systemu eksploatacji. ➢ Personel: – kierowniczy, – latający, – techniczny. ➢ Dokumentacja: – formalno–prawna, – techniczna. ➢ Wyposażenie obsługowo–diagnostyczne. ➢ Baza obsługowo–remontowa.	➢ System zaopatrzenia materiałowo–technicznego: – planowanie zapotrzebowania, – zamówienia, – dostawy, – magazynowanie, – dystrybucja.	➢ Infrastruktura lotniskowa. ➢ Wyposażenie techniczne. ➢ Personel.	➢ Środowisko naturalne: – klimat, – wilgotność, zapylenie i zasolenie, – skupiska ptactwa. ➢ Środowisko bojowe: – środki ogniowe, – środki WRE.

4.2. Własności i właściwości statków powietrznych

Każdy obiekt techniczny charakteryzuje się pewnymi cechami zwanymi własnościami i właściwościami. Terminem własności określane są cechy wspólne dla danej klasy (grupy) obiektów technicznych. Są one nadawane w procesie projektowania, konstruowania i wytwarzania, a wyrażają się zazwyczaj w postaci wielkości fizycznych.

Do najbardziej istotnych własności statku powietrznego zalicza się takie cechy jak [12]:

- funkcja lotna, czyli zespół cech decydujących o możliwościach lotnych statku powietrznego,
- potencjał eksploatacyjny,
- potencjał utrzymania w stanie zdatności,
- parametry takie jak wymiary, masy (masa własna, startowa, użyteczna, maksymalna), pojemność zbiorników paliwa, liczba silników itp.,

- wytrzymałość na procesy zmęczeniowe,
- sterowalność,
- przywracalność zdatności.

Własności obiektu technicznego stanowią jego cechy trwałe i na ogół nie ulegają zmianom w procesie eksploatacji. Jednak w przypadku statków powietrznych, a zwłaszcza tych typów, które są eksploatowane przez długi okres czasu (często kilkadziesiąt lat) ich własności mogą ulegać zmianom w wyniku prowadzonych modernizacji i modyfikacji.

Z kolei mianem właściwości określane są te cechy obiektu technicznego, które pozwalają odróżnić go od innych w danej grupie. Obejmują one przede wszystkim cechy decydujące o funkcjonalności. Właściwości mają charakter względny i mogą ulegać zmianom pod wpływem określonych działań, podejmowanych w trakcie procesu eksploatacji lub w wyniku procesu starzenia. W przypadku statku powietrznego podstawowymi jego właściwościami są [12]:

- funkcjonalność użytkowa i obsługowa,
- gotowość (techniczna, zadaniowa, operacyjna i mobilizacyjna),
- nieuszkadzalność,
- trwałość: techniczna, operacyjna, ekonomiczna,
- żywotność (odporność na oddziaływanie: warunków otoczenia, uszkodzenia, zużycie i korozję oraz zmęczenie materiałów),
- podatność eksploatacyjna: użytkowa, obsługowa, diagnostyczna, naprawcza (naprawialność), remontowa, modernizacyjna, technologiczna, na odnowę (odnawialność), magazynowa, transportowa, przebazowaniowa, ergonomiczna, profilaktyczna, likwidacyjna,
- bezpieczność,
- przechowywalność,
- ergonomiczność,
- efektywność,
- odpowiedniość,
- wartość.

Znaczna część cech stanowiących własności i właściwości statku powietrznego ma bezpośredni lub pośredni wpływ na poziom gotowości technicznej. Stopień ich oddziaływania jest zróżnicowany, przy czym największe znaczenie mają: nieuszkadzalność, podatność eksploatacyjna, trwałość, żywotność i bezpieczność.

4.2.1. Nieuszkadzalność

Zgodnie z polską normą PN–93/N–50191 nieuszkadzalność to zdolność obiektu do wypełnienia wymaganych funkcji, w danych warunkach, w danym przedziale czasu. Nieuszkadzalność jest zatem rozumiana jako zdolność obiektu technicznego

do poprawnego działania nieprzerwanego uszkodzeniem. W sensie ilościowym nieuszkadzalność może być wyrażona np. jako prawdopodobieństwo, że obiekt będzie działał bez uszkodzenia w określony sposób, w określonych warunkach i w określonym przedziale czasu.

Przytoczona definicja nieuszkadzalności obejmuje więc wszystkie rodzaje uszkodzeń powodujących przerwanie poprawnego działania obiektu bez względu na przyczynę ich powstania. Takie ujęcie problematyki nieuszkadzalności jest mało przydatne do prowadzenia analiz dotyczących gotowości technicznej. W procesie eksploatacji występuje bowiem wiele różnych źródeł uszkodzeń statków powietrznych. Aby umożliwić ocenę udziału poszczególnych kategorii przyczyn w ogólnej liczbie uszkodzeń, konieczna jest ich identyfikacja. W tym celu, do dalszych analiz przyjęto następujący podział kategorii przyczyn usterek i uszkodzeń statków powietrznych:

- nieuszkadzalność własna obiektu technicznego (statku powietrznego),
- trwałość,
- użytkowanie,
- obsługi techniczne i odnowa,
- remont,
- system logistyczny,
- system zabezpieczenia operacji lotniczych,
- otoczenie (środowisko).

Przy doborze kryteriów decydujących o powyższej klasyfikacji brano pod uwagę przede wszystkim doświadczenia eksploatacyjne i względy praktyczne. Wprowadzono między innymi pojęcie *nieuszkadzalność własna*. Jest ona zdefiniowana jako właściwość obiektu technicznego, charakteryzująca jego podatność na uszkodzenia powstające z przyczyn produkcyjnych, a więc konstrukcyjnych i związanych z procesem wytwarzania.

Wprowadzenie pojęcia *nieuszkadzalność własna* pozwoli wyodrębnić te usterki i uszkodzenia, których źródłem jest sam statek powietrzny. Z tego zbioru wyłączone zostały przyczyny związane z *trwałością*. Mimo, że trwałość jest cechą zaliczaną do właściwości, to na etapie eksploatacji o jej poziomie czasem decyduje nie tylko producent, ale także inna uprawniona organizacja. Z tego względu dla tej grupy przyczyn wyodrębniono nową kategorię.

Zarówno w literaturze jak i w powszechnym rozumieniu dość często zdarza się, że pojęcie nieuszkadzalności jest uważane za synonim niezawodności. Należy jednak zauważyć, że takie podejście jest niewłaściwe, gdyż niezawodność jest pojęciem znacznie szerszym i oprócz nieuszkadzalności obejmuje szereg innych właściwości.

Usterki i uszkodzenia statków powietrznych generalnie można podzielić na trzy kategorie:

- usterki i uszkodzenia nie mające wpływu na zakres wykonywanych zadań lotniczych (stan zdatny),
- usterki i uszkodzenia ograniczające zakres wykonywanych zadań (stan zdatny z ograniczeniami),
- usterki i uszkodzenia uniemożliwiające wykonywanie lotów (stan niezdatny).

Do pierwszej kategorii zalicza się te usterki i uszkodzenia, które nie pociągają za sobą żadnych ograniczeń zakresu użytkowania, dzięki czemu statek powietrzny nadal pozostaje w stanie zdatności. Przykładem takiej sytuacji jest uszkodzenie powłoki lakierniczej lub dopuszczalne pęknięcie pokrycia płatowca.

Drugą kategorię stanowią usterki i uszkodzenia, które uniemożliwiają wykonywanie określonych misji przy jednoczesnym zachowaniu zdatności do realizacji pozostałych rodzajów zadań lotniczych. W takim przypadku statek powietrzny przechodzi do stanu *zdatny z ograniczeniami*. Jako przykład może posłużyć samolot bojowy z niesprawnym technicznie systemem sterowania uzbrojeniem bombardierskim. Jest on wówczas zdolny do wykonywania wszystkich rodzajów zadań, z wyjątkiem zwalczania celów naziemnych.

Z kolei trzecią kategorię stanowią usterki i uszkodzenia, które uniemożliwiają wykonywanie jakichkolwiek lotów i powodują przejście statku powietrznego w stan *niezdatności*. Do niej zaliczane są również te, które stwarzają bezpośrednie zagrożenie dla bezpieczeństwa lotów.

Powstałe usterki i uszkodzenia statków powietrznych powinny być wykrywane przede wszystkim podczas przeglądów i obsług technicznych. W praktyce eksploatacyjnej zdarza się jednak, że pojawiają się one w trakcie lotu. W zależności od wywoływanych przez nie skutków i wpływu na bezpieczeństwo lotu, załoga może wówczas kontynuować zadanie, przerwać je i powrócić do bazy, albo, jeżeli sytuacja tego wymaga, wykonać awaryjne lądowanie. Czasem zdarza się jednak, że konieczne jest awaryjne opuszczenie samolotu w powietrzu. Nowoczesne statki powietrzne są wyposażone w pokładowe systemy diagnostyczne, które w znakomity sposób ułatwiają i znacznie przyspieszają proces wykrywania niesprawności technicznych we wczesnej fazie ich powstawania. Współczesne systemy monitorujące parametry lotu oraz pracę poszczególnych zespołów, instalacji i systemów pokładowych, nie tylko umożliwiają pozyskanie zarejestrowanych danych wraz z ich wstępną analizą po zakończonym locie, ale dodatkowo w czasie rzeczywistym generują dla załogi komunikaty o pojawiających się nieprawidłowościach.

Powstające w procesie eksploatacji statków powietrznych usterki i uszkodzenia mają różne kategorie przyczyn. Aby ułatwić ich analizę zostały one usystematyzowane zgodnie z klasyfikacją przedstawioną w tabeli nr 4.2. Z prowadzonych statystyk wynika, że powstające w trakcie eksploatacji usterki i uszkodzenia najczęściej mają związek

z cechą, nazwaną wcześniej *nieuszkadzalnością własną*. Są one bowiem następstwem nieprawidłowości popełnianych w fazie:

- projektowania,
- konstruowania, w tym obliczeń dotyczących wytrzymałości i trwałości,
- prób dowodowych (naziemnych i w locie),
- procesu produkcji (materiały, wykonanie, technologie, montaż),
- działalności producenta w okresie eksploatacji (biuletyny techniczne, modernizacje
  i modyfikacje).

Niewłaściwe założenia i rozwiązania oraz błędy popełniane w fazie projektowania i konstruowania mają charakter powszechny, tzn. dotyczą całej populacji wyrobów wyprodukowanych do czasu wprowadzenia ewentualnych zmian. Czasem zdarza się, że wady konstrukcyjne ujawniają się dopiero po wielu latach użytkowania. Przykładem takiej sytuacji jest awaria myśliwca MiG–21, która wydarzyła się po ponad dwudziestu latach eksploatacji tego typu samolotów. W wyniku niewłaściwego rozwiązania konstrukcyjnego, destrukcja łożyska podczas startu doprowadziła do zsunięcia się koła podwozia głównego z osi. W konsekwencji, zmusiło to załogę do awaryjnego opuszczenia samolotu, przy użyciu foteli katapultowych. W nowoczesnych statkach powietrznych czasem pojawia się problem z oprogramowaniem komputerów pokładowych, które mogą doprowadzić do poważnych awarii. Najczęściej pojawiają się one w przypadku wystąpienia podczas lotu szczególnej sytuacji, której wcześniej nie przewidywano.

Awarie i uszkodzenia z powodu niewystarczającej wytrzymałości lub trwałości najczęściej wynikają z przyjęcia błędnych założeń dotyczących modelu obciążeń albo niewłaściwej oceny oddziaływania środowiska. Niekiedy dochodzi do nieodpowiedniego modelowania prób długotrwałych stanowiących podstawę do prognozowania trwałości i nieuszkadzalności.

Przykładem niewłaściwej oceny rzeczywistych obciążeń eksploatacyjnych struktury płatowca, jest samolot F–16. Wytrzymałość zmęczeniowa niektórych elementów przenoszących znaczne obciążenia (wręgi siłowe, węzły mocowania silnika i skrzydeł) okazała się niewystarczająca. W efekcie konstrukcja tych elementów musiała zostać wzmocniona, a samoloty początkowych serii produkcyjnych zostały wycofane z eksploatacji lub skierowane do naprawy głównej, mimo wykorzystania zaledwie około połowy resursu.

Tabela 4.2. Czynniki wpływające na powstawanie uszkodzeń i usterek statków powietrznych

Własności i właściwości		System eksploatacji	Logistyka	Systemy zabezpieczenia operacji lotniczych	Otoczenie
Nieuszkadzalność	Trwałość				
➢ Podatność eksploatacyjna: – obsługiwalność, – diagnostyczność, – naprawialność, – odnawialność trwałości, – remontowalność, – modernizacyjność, – testowalność, – profilaktyczność. ➢ Żywotność. ➢ Bezpieczność.		➢ Podsystem użytkowania. ➢ Podsystem utrzymania zdatności: – obsługi, – odnowa, – remont.	➢ Planowanie. ➢ Zamówienia. ➢ Dostawy. ➢ Magazynowanie. ➢ Dystrybucja.		➢ Środowisko naturalne. ➢ Środowisko bojowe.

Wady produkcyjne (fabryczne) są najczęściej wynikiem zastosowania w procesie wytwarzania niewłaściwych materiałów lub nieprzestrzegania obowiązującej technologii, a zwłaszcza obróbki mechanicznej, chemicznej i termicznej. Tego typu przypadki występują stosunkowo rzadko ze względu na stosowanie wnikliwej kontroli na poszczególnych etapach wytwarzania, zarówno u producenta finalnego, jak i u poddostawców. Niezależnie od tego, dodatkową kontrolę nad jakością procesu produkcji lotniczej sprawuje wojskowy lub cywilny organ nadzoru. Mimo tak zaawansowanej kontroli, czasem zdarza się, że do eksploatacji dopuszczony zostaje wyrób z ukrytą wadą. Przykładem takiej sytuacji jest zdarzenie z udziałem samolotu typu Lim 6 bis, kiedy to z powodu awarii silnika pilot podjął decyzję o katapultowaniu. Po uruchomieniu mechanizmu zrzutu osłony kabiny, została ona zablokowana w położeniu pośrednim, co uniemożliwiło katapultowanie i zmusiło pilota do lądowania w terenie przygodnym. Przeprowadzone badania wykazały, że przyczyną awarii systemu katapultowania było niewłaściwe określenie w dokumentacji technicznej łańcucha tolerancji montażu cięgien w układzie zrzutu osłony kabiny. Warto wspomnieć, że dokumentacja ta obowiązywała w niezmienionej postaci od ponad trzydziestu lat przed wystąpieniem przytoczonego zdarzenia, mimo wielu przypadków awaryjnego opuszczania tego typu samolotu, nigdy nie doszło do podobnej awarii.

Do kategorii usterek i uszkodzeń związanych z nieuszkadzalnością należą również te, których źródłem jest przeprowadzona modernizacja, modyfikacja lub wykonane biuletyny techniczne. Ich przyczyny również wynikają głównie z błędów i nieprawidłowości występujących na etapie projektowania, konstruowania i produkcji, lub też wykonywania

obowiązującego zakresu prac, w tym integracji modernizowanych urządzeń i systemów z pozostałymi systemami statku powietrznego.

Nieuszkadzalność jest opisywana poprzez charakterystyki niezawodnościowe określające bezawaryjny czas działania, czyli czas do wystąpienia uszkodzenia. Typowym ich przykładem są:

- MTTF – (ang. mean time to failure) średni czas do wystąpienia uszkodzenia,
- MTBF – (ang. mean time between failure) średni przedział czasu pomiędzy kolejnymi uszkodzeniami.

Wszystkie usterki i uszkodzenia, obniżające poziom gotowości technicznej powinny być jak najszybciej zlokalizowane i usunięte. Niezwykle ważne jest przy tym, aby została ustalona i usunięta przyczyna ich powstania. W przeciwnym razie istnieje bowiem duże prawdopodobieństwo ponownego ich wystąpienia. Szczególnie wnikliwej analizie powinny być poddane przyczyny usterek i uszkodzeń często powtarzających się, a także tych, które stanowią zagrożenie dla bezpieczeństwa lotów. Pozwoli to bowiem na podejmowanie systemowych działań mających na celu skuteczne eliminowanie tego rodzaju przypadków.

4.2.2. Trwałość

Trwałość eksploatacyjna, zgodnie z normą PN–93/N–50191, jest to właściwość obiektu charakteryzująca jego zdolność do zachowania wymaganej zdatności użytkowej i obsługowej do chwili osiągnięcia umownego stanu granicznego. Jest to więc zdolność obiektu do wypełniania wymaganych funkcji, w danych warunkach użytkowania i obsługiwania, aż do osiągnięcia stanu granicznego. Stan graniczny może być określony przez zakończenie czasu użyteczności, nieprzydatność do dalszego użytkowania z przyczyn ekonomicznych, technicznych lub z powodu innych istotnych czynników.

Trwałość statku powietrznego i jego zespołów jest więc rozumiana jako zdolność do zachowania zdatności, czyli dozwolonego okresu ich użytkowania, w którym zachowują one cechy i parametry techniczne zgodne z obowiązującymi wymaganiami i normami, w założonym przedziale czasu, wyrażonym w godzinach lotu (pracy) lub okresie kalendarzowym. Statek powietrzny, w tym każdy z jego zespołów i innych części składowych ma określoną trwałość, czyli resurs do pierwszego remontu (naprawy), między kolejnymi remontami oraz resurs całkowity.

W przypadku elementów nienaprawialnych, takich jak gumowe zbiorniki paliwa i przewody elastyczne, ich trwałość oznacza jednocześnie przydatność do użycia. Natomiast części ulegające stosunkowo szybkiemu zużyciu, takie jak tarcze hamulcowe czy ogumienie, mają określone normy dopuszczalnego zużycia.

Resurs techniki lotniczej jest określany w godzinach lotu lub godzinach pracy (np. zespołu napędowego), a także w cyklach (np. liczbie lądowań, a w przypadku uzbrojenia liczbie wystrzałów lub odpaleń pocisków rakietowych). Innym parametrem określającym trwałość jest dopuszczalny okres użytkowania do remontu lub do wycofania z eksploatacji, nazywany resursem kalendarzowym. Często zdarza się, że resurs statku powietrznego lub jego części składowych jest określany równocześnie zarówno w godzinach lotu (pracy), jak i w latach (miesiącach) eksploatacji. W lotnictwie wojskowym najczęściej czynnikiem decydującym o wyczerpaniu dopuszczalnej trwałości jest okres eksploatacji, czyli resurs kalendarzowy. Dynamiczny rozwój nowoczesnych metod i systemów diagnostycznych umożliwił wprowadzenie nowego modelu eksploatacji nazwanego eksploatacją według stanu technicznego. Polega on na stałym monitorowaniu stanu i parametrów technicznych eksploatowanego obiektu lub urządzenia.

Resurs jest zazwyczaj nadawany przez wytwórcę samolotu lub śmigłowca, albo przez wytwórców poszczególnych wyrobów kompletujących (np. silnika, podwozia itp.). Podstawą do określenia trwałości całkowitej i międzyremontowej są wyniki przeprowadzonych obliczeń, badań i prób dowodowych oraz doświadczeń eksploatacyjnych. W lotnictwie wojskowym, czasem zdarza się jednak, że z inicjatywy użytkownika ustalony przez producenta resurs jest przedłużany przez inną uprawnioną organizację. W Polsce, w tym trybie już od wielu lat systematycznie przedłużany jest resurs kalendarzowy niemal wszystkich eksploatowanych samolotów i śmigłowców produkcji rosyjskiej (radzieckiej) przez Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych przy udziale Wojskowych Zakładów Lotniczych, wybranych placówek naukowo–badawczych oraz użytkownika. Ze względu na to, że za określenie resursu może być odpowiedzialny nie tylko producent, ale również inne organizacje, w tabeli nr 4.2. cecha *trwałość* została wyłączona z kategorii *własności i właściwości* i umieszczona w oddzielnej kolumnie.

Trwałość jest cechą stanowiącą właściwość statku powietrznego. W głównej mierze zależy ona od rozwiązań konstrukcyjnych, wytrzymałości zmęczeniowej, zużywania się elementów węzłów tribologicznych, korozji metali, delaminacji kompozytów czy destrukcji materiałów niemetalicznych. [12]

Zarówno resursy całkowite jak i międzyremontowe są weryfikowane w trakcie procesu eksploatacji i na podstawie wyników prowadzonych badań mogą być wydłużane, a w pewnych przypadkach również skracane. Czasem zdarza się bowiem, że ze względu na szczególne warunki eksploatacji (np. w środowisku pustynnym lub morskim) dla tego samego typu sprzętu lotniczego obowiązują różne wartości resursów.

Czasem o wymiarze resursu decydują także inne czynniki jak np. stosowane płyny eksploatacyjne. Przykładem tego były silniki typu GTD–350 (śmigłowiec Mi–2), ASz–62IR (samolot An–2) i AI–14 (samolot PZL–104 Wilga), u których stosowanie olejów typu Shell zwiększało resurs międzyremontowy o około 50 procent w stosunku

do silników eksploatowanych na olejach produkcji radzieckiej, ze względu na nadmierne ich nagarowanie.

Większa trwałość powoduje przede wszystkim ograniczenie kosztów eksploatacji, a ponadto korzystnie wpływa również na gotowość techniczną. Ta bowiem jest zależna od czasu przebywania statku powietrznego w stanie niezdatności. Kluczowym problemem jest więc częstotliwość oraz czas trwania realizacji prac związanych z odnawianiem trwałości. Z tego względu pożądane jest, aby trwałość statków powietrznych była jak największa, a resurs ich wyrobów kompletujących w miarę możliwości pokrywał się z resursem międzyremontowym danego typu samolotu lub śmigłowca. Dzięki temu statek powietrzny nie przechodzi w stan niezdatności z powodu wyczerpania resursu przez jego części składowe, gdyż wówczas są one wymieniane w trakcie remontu.

Remont (naprawa główna) z powodu wyczerpania resursu międzyremontowego wywiera bardzo istotny wpływ na gotowość techniczną statku powietrznego, gdyż powoduje jego przejście w stan niezdatności na kilka, a czasem nawet na kilkanaście miesięcy. Z tego powodu wszelkie działania mające na celu skrócenie okresu trwania remontu przyczyniają się do zwiększenia gotowości technicznej.

4.2.3. Żywotność

Żywotność statku powietrznego jest rozumiana jako właściwość charakteryzująca jego odporność na działanie czynników destrukcyjnych, które mogą prowadzić do powstania uszkodzeń i w konsekwencji utraty zdolności do wykonania powierzonego zadania lotniczego, a w skrajnym przypadku uniemożliwić kontynuowanie lotu. Przyczyną destrukcji mogą być zarówno czynniki wewnętrzne jak i zewnętrzne.

Żywotność jest mierzona prawdopodobieństwem zachowania własności lotnych, lub czasem w jakim możliwa jest kontynuacja lotu, liczonym od momentu powstania uszkodzenia.

Do pierwszej grupy zaliczane są te rodzaje zagrożeń, których źródłem jest sam statek powietrzny, tzn. jego zespoły, instalacje i systemy lub urządzenia pokładowe. Przykładem tego rodzaju przypadków jest wrażliwość korpusu silnika, a w konsekwencji struktury płatowca oraz instalacji i systemów pokładowych na destrukcję elementów wirujących, takich jak łopatki i tarcze sprężarki lub turbiny.

Drugą grupę stanowią zagrożenia, których źródłem jest oddziałujące na statek powietrzny otoczenie, czyli środowisko naturalne lub bojowe. Zagrożenie ze strony środowiska naturalnego stanowią przede wszystkim niekorzystne zjawiska atmosferyczne takie jak: intensywne opady deszczu lub gradu, oblodzenie, wyładowania atmosferyczne lub niebezpieczne uskoki wiatru. Przykładem skutków tego typu zjawisk są uszkodzenia

powłoki lakierniczej, a nawet elementów płatowca w trakcie przelotu przez strefę intensywnych opadów gradu, czy też uszkodzenie elektronicznych systemów pokładowych w wyniku uderzenia pioruna. Istotnym problemem są też zderzenia z ptakami, które w szczególnych przypadkach mogą doprowadzić do uszkodzenia silnika, a w konsekwencji do jego wyłączenia. Innym rodzajem zagrożeń dla silników lotniczych jest zjawisko zasysania przez nie ciał obcych i pyłów. Występuje ono przede wszystkim podczas startu i kołowania, kiedy to do wlotu powietrza silników odrzutowych mogą dostać się drobne kamyki, odłamki betonu lub lodu, a nawet takie przedmioty jak nity, nakrętki, śruby czy podkładki, które chociaż nie powinny, to jednak czasem znajdują się na płycie lotniska. Zasysanie pyłów dotyczy w głównej mierze śmigłowców i ma miejsce podczas startu i lądowania w terenie przygodnym, a zwłaszcza pustynnym oraz wykonywania zawisu na bardzo małej wysokości.

Wrażliwość statku powietrznego na zasysanie ciał obcych i pyłów jest dobrym przykładem do omówienia problematyki dotyczącej żywotności. Cecha ta zależy przede wszystkim od usytuowania i rozwiązań konstrukcyjnych wlotów powietrza do silnika, a także odporności łopatek sprężarki na tego typu zdarzenia, w tym dopuszczalnych ich mikrouszkodzeń. Porównanie samolotów bojowych F–16 i MiG–29 ilustruje różny poziom ich żywotności w tym zakresie. Samolot F–16 ma wlot powietrza umieszczony centralnie pod kadłubem. Z tego powodu znajduje się w stosunkowo niewielkiej odległości od nawierzchni lotniska. Ponadto, usytuowanie przedniej goleni podwozia sprawia, że znajdujące się na pasie startowym i drogach kołowania ewentualne zanieczyszczenia są podrzucane przez koło i wpadają bezpośrednio do wlotu. Zassanie ciała obcego podczas startu lub wpadnięcie ptaka może poważnie zakłócić pracę silnika i w konsekwencji stworzyć zagrożenie dla bezpieczeństwa lotu. Z tego powodu, w bazach gdzie stacjonują samoloty F–16, obowiązują bardzo rygorystyczne zasady utrzymania czystości nawierzchni roboczych. W praktyce, ogranicza to operowanie wspomnianych maszyn z lotnisk, które nie spełniają wymaganych standardów, a tym bardziej z drogowych odcinków lotniskowych.

W odróżnieniu od konstrukcji opisanej powyżej, dwusilnikowy samolot MiG–29 wloty powietrza ma umiejscowione bezpośrednio pod skrzydłami, po obydwóch stronach kadłuba. Znajdują się więc one na wyższym poziomie niż w samolocie F–16, a ponadto nie leżą w śladzie kół podwozia. W celu dodatkowego zabezpieczenia silników przed zasysaniem ciał obcych, wloty powietrza są podczas rozbiegu przysłaniane. Powietrze jest wówczas zasysane do kanału wlotowego poprzez specjalne dyfuzory, znajdujące się na górnej powierzchni skrzydeł. Dzięki takiej konstrukcji samolot może operować nawet z lotnisk o nawierzchni gruntowej. Dodatkowym atutem samolotu MiG–29 jest jego dwusilnikowy zespół napędowy, który umożliwia bezpieczne kontynuowanie lotu nawet, gdy jeden z nich uległ awarii. Z powyższego porównania wynika, że samolot typu F–16 jest o wiele bardziej podatny na zasysane do kanału wlotowego silnika ciał obcych, niż MiG–29 i z tego powodu jego żywotność w tej kategorii jest niższa.

Poza czynnikami związanymi ze środowiskiem naturalnym, źródłem destrukcji mogą być też inne czynniki zewnętrzne. W tej kategorii największe zagrożenie dla bezpieczeństwa lotów stwarzają zderzenia w powietrzu z innymi obiektami, w tym z bezzałogowymi statkami powietrznymi. Czasem do kolizji z innym statkiem powietrznym lub pojazdem, dochodzi również na płycie lotniska.

Dla wojskowych statków powietrznych dodatkowe źródło zagrożeń zewnętrznych stanowią loty poligonowe i misje bojowe. Podczas szkolenia z użyciem środków uzbrojenia zdarzają się bowiem przypadki uszkodzenia przez nie statku powietrznego, a nawet jego zniszczenia. Natomiast w trakcie wykonywania misji bojowych, głównym źródłem zagrożeń są środki ogniowe nieprzyjaciela, a czasem również wojsk własnych, oraz systemy zakłóceń radioelektromagnetycznych. Poziom ryzyka uszkodzenia lub całkowitej utraty statku powietrznego podczas działań bojowych w głównej mierze zależy od jego wrażliwości na zagrożenia związane z daną misją, a także rodzajów i nasycenia środków obrony przeciwlotniczej przeciwnika oraz skuteczności ich użycia. Poważne niebezpieczeństwo może również stanowić lotnictwo nieprzyjaciela.

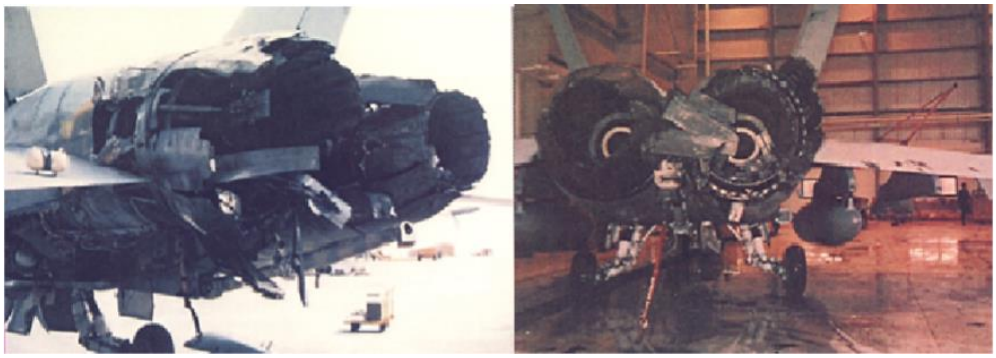
Odporność na zagrożenia związane z działaniami podczas konfliktów zbrojnych nazwane zostały żywotnością bojową. W przypadku statku powietrznego o jej poziomie decyduje szereg czynników takich jak manewrowość, niektóre osiągi (np. prędkość maksymalna, dopuszczalne przeciążenia, maksymalna prędkość wznoszenia) oraz zastosowane rozwiązania konstrukcyjne i technologiczne decydujące o wrażliwości na zagrożenia podczas wykonywania misji bojowych. Przykładem tego typu rozwiązań jest dwusilnikowy zespół napędowy, zwielokrotnione systemy sterowania czy samouszczelniające się i antywybuchowe zbiorniki paliwa. Niezależnie od rozwiązań ograniczających skutki ewentualnych uszkodzeń, stosowany jest szereg sposobów mających na celu ograniczenie prawdopodobieństwa ich wystąpienia, czyli rażenia samolotu lub śmigłowca przez środki ogniowe. Należą do nich między innymi:

- systemy wykrywania zagrożeń (ostrzeganie o opromieniowaniu promieniami elektromagnetycznymi lub laserowymi),
- systemy obrony własnej (flary, dipole, urządzenia emitujące zakłócenia elektromagnetyczne),
- opancerzenie (stałe lub demontowalne) kabiny załogi, zespołu napędowego lub innych newralgicznych elementów statku powietrznego,
- wyposażenie ograniczające ślad termiczny (np. rozpraszacze gazów wylotowych z silnika),
- środki ograniczające wykrywalność przez systemy radiolokacyjne (odpowiednie materiały konstrukcyjne, powłoki pochłaniające promieniowanie radiolokacyjne, technologia stealth polegającej na ograniczeniu skutecznej powierzchni odbicia),
- środki ograniczające emisję hałasu podczas lotu.

Podstawowe cechy statku powietrznego decydujące o jego żywotności są kształtowane w fazie projektowania, konstruowania i produkcji. W procesie eksploatacji użytkownik może jednak również wpływać na tą właściwość, zwłaszcza na żywotność bojową. Najczęściej odbywa się to poprzez ciągłą modernizację systemów ostrzegania i obrony własnej, wdrażanie zmian konstrukcyjnych lub wprowadzających nowe elementy wyposażenia. Przykładem takich działań jest program modernizacji śmigłowców typu Mi–17 i Mi–24 biorących udział w operacji polskiego kontyngentu wojskowego w Afganistanie. Wspomniany pakiet modernizacyjny został opracowany na bazie doświadczeń z wcześniejszych działań bojowych i obejmował między innymi: modernizację systemu ostrzegania i obrony własnej, a także zabudowę demontowalnych elementów opancerzenia, filtrów wlotów powietrza do silników i rozpraszaczy gazów wylotowych.

W lotnictwie wojskowym żywotność statków powietrznych ma niezwykle istotny wpływ na efektywność systemu ich eksploatacji. Potwierdzeniem tego są doświadczenia z współczesnych konfliktów zbrojnych, zwłaszcza gdy przeciwnik dysponuje silną obroną przeciwlotniczą. Przykładem mogą być doświadczenia lotnictwa ukraińskiego, które z powodu wysokich strat poniesionych w pierwszej fazie konfliktu z separatystami, zmuszone zostało do czasowego zawieszenia operacji i przystąpienia do modernizacji eksploatowanych samolotów i śmigłowców pod kątem zwiększenia ich żywotności bojowej. Podobna sytuacja miała miejsce podczas działań śmigłowców lotnictwa egipskiego przeciwko separatystom na Synaju.

Cechy związane z żywotnością statku powietrznego wywierają bardzo istotny wpływ na jego gotowość techniczną, zwłaszcza podczas działań bojowych. To one decydują bowiem o odporności danego samolotu czy śmigłowca na działanie czynników destrukcyjnych. Z jednej strony stwarzają szanse na uniknięcie uszkodzeń w sytuacji zagrożenia, a z drugiej, gdy już dojdzie do ich powstania, ograniczają ich skalę i skutki. W skrajnym przypadku to od nich w dużej mierze zależy, czy uszkodzony statek powietrzny powróci z wykonywanej misji, czy też ulegnie całkowitemu zniszczeniu. Znanych jest bowiem szereg przypadków kiedy dwusilnikowe samoloty typu Su–24, Su–25 czy F–18, mimo bardzo poważnych uszkodzeń spowodowanych bezpośrednim trafieniem samonaprowadzającym się pociskiem rakietowym, szczęśliwie powróciły do bazy i po dokonaniu naprawy (remontu) kontynuowały służbę w powietrzu. Przedstawione poniżej fotografie (rys. 4.1.) prezentują samoloty F–18 Hornet w czasie operacji Pustynna Burza, które powróciły do bazy mimo całkowitego zniszczenia jednego z silników przez pocisk rakietowy.



Rys. 4.1. Samoloty F–18 Hornet uszkodzone przez pociski rakietowe podczas misji w ramach operacji Pustynna Burza

Rodzaj i wymiar doznanych uszkodzeń wpływa na zakres wymaganej naprawy (remontu), a to z kolei na czas niezbędny na jej wykonanie, a tym samym na termin powrotu statku powietrznego do stanu zdatności. Z tego względu związek pomiędzy żywotnością a gotowością techniczną jest oczywisty. W procesie eksploatacji cechy związane z żywotnością nabierają znaczenia dopiero w momencie powstania zagrożenia ze strony wewnętrznych lub zewnętrznych czynników destrukcyjnych, które występują głównie podczas operacji bojowych. Z tego powodu, w okresie pokoju cechy decydujące o żywotności bojowej danego typu samolotu czy śmigłowca nie odgrywają pierwszoplanowej roli w kształtowaniu poziomu ich gotowości technicznej i dlatego na ogół nie są należycie doceniane.

4.2.4. Podatność eksploatacyjna

Podatność eksploatacyjna obiektu technicznego jest to zbiór takich właściwości (cech), które określają jego przystosowanie do eksploatacji w zadanych warunkach. W powszechnym rozumieniu podatność eksploatacyjna jest więc zbiorem właściwości charakteryzujących stopień złożoności procesu użytkowania i utrzymania (w tym odtwarzania) zdatności eksploatowanego obiektu technicznego, a także związanych z tym uwarunkowań. W pewnym sensie dotyczy ona relacji pomiędzy człowiekiem a maszyną, zarówno podczas użytkowania, jak i utrzymania jej zdatności. Podatność eksploatacyjna obejmuje między innymi takie właściwości jak: funkcjonalność, ergonomiczność i bezpieczność. W ramach podatności eksploatacyjnej można wyróżnić podatność użytkową oraz podatność na utrzymanie zdatności.

4.2.4.1. Podatność użytkowa

Podatność użytkowa statku powietrznego jest bezpośrednio związana z jego eksploatacją w trakcie wykonywanych zadań lotniczych. Bez wątpienia najważniejszym jej elementem jest bezpieczność. Na podatność użytkową wpływa szereg czynników, do których zaliczają się między innymi:

- niezbyt wymagające i zarazem bezpieczne charakterystyki pilotażowe samolotu lub śmigłowca,
- ergonomia architektury kabiny załogi oraz kabiny transportowej, o ile występuje,
- środki zapewniające bezpieczeństwo podczas awaryjnego opuszczania statku powietrznego przez załogę,
- poziom obciążenia załogi podczas wykonywania zadania lotniczego.

Charakterystyki pilotażowe i niektóre własności lotne, w istotnym stopniu decydują o poziomie trudności pilotowania danego typu samolotu lub śmigłowca, a w konsekwencji także i o bezpieczeństwie jego użytkowania. Dotyczy to głównie takich cech jak: łatwość niezamierzonego przeciągnięcia (przekroczenia krytycznych kątów natarcia) lub wprowadzenia w korkociąg, brak ostrzeżeń o przeciągnięciu, albo samoczynne pogłębianie przeciążenia. Przykładem samolotu o stosunkowo wysokich wymaganiach w zakresie techniki pilotowania, ze względu na duże jednostkowe obciążenie skrzydła, był myśliwiec przechwytujący F–104 Starfighter. Błędy popełniane przez pilotów, zwłaszcza podczas lotu na małej wysokości, były przyczyną wielu katastrof tych maszyn. Pilotowanie współczesnych samolotów i śmigłowców jest nieco łatwiejsze, dzięki wprowadzeniu komputerowych systemów sterowania. Czasem ich oprogramowanie może jednak stanowić pewne zagrożenie, zwłaszcza w przypadku zaistnienia nietypowej i trudnej do przewidzenia sytuacji. Problemem, zwłaszcza dla załóg jednoosobowych, staje się zbyt intensywny strumień napływających informacji, ich właściwa selekcja i wykorzystywanie.

Innym ważnym czynnikiem kształtującym podatność użytkową jest ergonomia architektury kabiny załogi, czyli rozmieszczenie organów sterowania, wskaźników i przyrządów, dźwigni, przycisków i przełączników, a także urządzeń awaryjnych. Istotne znaczenie ma również forma zobrazowania informacji na zintegrowanych wskaźnikach wielofunkcyjnych oraz sposób ich obsługi. Właściwie zaprojektowana architektura kabiny ułatwia prawidłowe rozłożenie uwagi podczas lotu, a także sterowanie zarówno samym samolotem jak i jego instalacjami, systemami i urządzeniami pokładowymi. Zmniejsza też ryzyko ewentualnych błędów w działaniach załogi np. pomylenia przycisków lub niezamierzonego ich włączenia. Aby ułatwić pilotowi koncentrację i właściwe rozłożenie uwagi, współczesne samoloty i śmigłowce wyposażane są w przezierny wyświetlacz HUD (ang. Head up Display) umożliwiający śledzenie sztucznego horyzontu i podstawowych parametrów lotu, bez konieczności przenoszenia wzroku na tablicę przyrządów, a także w system HOTAS (ang. Hands on Throttle and Stick), który umożliwia sterowanie wybranymi systemami pokładowymi (np. radarem czy uzbrojeniem) bez konieczności odrywania rąk od drążka sterowego (joysticka) i dźwigni sterowania zespołem napędowym.

Jednym z kryteriów oceny podatności użytkowej jest poziom obciążenia załogi obowiązkami, zwłaszcza podczas newralgicznych faz lotu jak start, lądowanie, atakowanie

celów czy wykonywanie manewrów obronnych. Nadmierne obciążenie załogi jest bowiem źródłem stresu i przemęczenia, co w konsekwencji zwiększa ryzyko niewłaściwej oceny sytuacji i popełniania błędów. Przykładem tego typu jest rosyjski śmigłowiec bojowy typu Ka–50, którego projekt powstał na bazie doświadczeń wynikających z działań wojennych w Afganistanie. Posiadał on szereg nowatorskich rozwiązań konstrukcyjnych. Między innymi był pierwszym śmigłowcem wyposażonym w fotel katapultowy. Aby skrócić procedurę awaryjnego opuszczania śmigłowca, załogę tej maszyny zredukowano tylko do jednego pilota, rezygnując z pilota–operatora. Późniejsze doświadczenia wykazały jednak, że jednoczesne pilotowanie, zwłaszcza na małej i bardzo małej wysokości, śledzenie pola walki i ocena związanych z nim zagrożeń oraz operowanie systemami uzbrojenia i systemami obrony własnej, przekracza możliwości jednego członka załogi. Z tego powodu, powrócono do koncepcji załogi dwuosobowej i wprowadzono do produkcji nową wersję wspomnianego śmigłowca.

Pozornie może się wydawać, że brak jest bezpośrednich relacji pomiędzy podatnością użytkową a gotowością techniczną. Świadomość istniejącej pomiędzy nimi zależności pojawia się bowiem dopiero wówczas, gdy dochodzi do uszkodzenia, a w skrajnym przypadku nawet do całkowitego zniszczenia statku powietrznego, z powodu nieprawidłowego działania załogi, które ma związek z podatnością użytkową. Przykładem takiej sytuacji jest wypadek samolotu typu MiG–21, który lądując podczas silnego opadu deszczu wypadł z pasa startowego i został zatrzymany przez zaporę linową, doznając przy tym uszkodzeń płatowca. Przyczyną zdarzenia było nieprawidłowe działanie pilota polegające na niezamierzonym otwarciu zaczepu liny spadochronu hamującego przed jego wypuszczeniem. W konsekwencji spowodowało to oddzielenie spadochronu od samolotu i tym samym uniemożliwiło jego użycie. Błąd działającego w stresującej sytuacji pilota, polegał na pomyleniu przycisków wypuszczenia i zrzutu spadochronu hamującego. W znacznej mierze przyczynił się do tego różny sposób rozmieszczenia wspomnianych przycisków w kolejnych seriach produkcyjnych samolotu. W efekcie na pulpicie uszkodzonego egzemplarza przycisk zrzutu spadochronu został umiejscowiony przed przełącznikiem jego wypuszczenia. W następstwie przytoczonego zdarzenia, samolot został na wiele miesięcy wyłączony z użytkowania.

Przytoczony przykład dowodzi, że dokonanie oceny stopnia oddziaływania podatności użytkowej statku powietrznego na jego gotowość techniczną, wymaga wnikliwej analizy rzeczywistych i potencjalnych zagrożeń, których pierwotnym źródłem są cechy związane z tą właściwością. Należy przy tym podkreślić, że czasem jest to zadanie dość trudne.

4.2.4.2. Podatność na utrzymanie zdatności

Podatność na utrzymanie zdatności jest zbiorem właściwości, które w znacznej mierze determinują jakość procesu eksploatacji technicznej obiektu. Właściwość ta jest czasem różnie rozumiana, a dotyczące jej definicje nie zawsze są wystarczająco precyzyjne.

W praktyce, charakteryzuje ona te cechy konstrukcyjne i technologiczne obiektu technicznego, które bezpośrednio oddziałują na techniczną i ekonomiczną efektywność procesu utrzymania jego zdatności. Dotyczy to zatem właściwości wpływających na zakres i poziom sił i środków, wymaganych do utrzymania stanu zdatności eksploatowanego obiektu oraz na jakość przebiegu tego procesu.

Mając na uwadze problematykę gotowości technicznej statków powietrznych, przyjęto następujący podział podatności na utrzymanie zdatności:

- podatność obsługowa,
- podatność diagnostyczna,
- podatność naprawcza,
- podatność na odnowę trwałości,
- podatność remontowa,
- podatność modernizacyjna,
- podatność na testy,
- podatność profilaktyczna.

Zarówno w literaturze, jak i w powszechnym rozumieniu, podatność na utrzymanie zdatności dość często jest utożsamiana z podatnością obsługową. Takie podejście nie jest właściwe, gdyż obsługi są tylko jednym z elementów składowych systemu utrzymania zdatności.

Jak już wcześniej wspomniano, podatność eksploatacyjna, a tym samym podatność na utrzymanie zdatności, jest ściśle związana z funkcjonalnością, ergonomią i bezpiecznością. Właściwości determinujące podatność na utrzymanie zdatności statku powietrznego są w głównej mierze kształtowane w fazie opracowywania wymagań taktyczno–technicznych oraz jego projektowania i konstruowania. W mniejszym stopniu wpływa na nie proces produkcji i eksploatacji, chociaż one również nie pozostają bez znaczenia. Na bazie zdobywanej wiedzy i doświadczeń eksploatacyjnych, wprowadzane są bowiem liczne zmiany konstrukcyjne i technologiczne, w celu poprawy właściwości wpływających na ten rodzaj podatności.

O poziomie podatności statku powietrznego na utrzymanie zdatności, decyduje wiele cech takich jak: dostępność, diagnozowalność, łatwość demontażu i montażu, regulacji, pomiarów parametrów, kontroli itp. Zostaną one przybliżone przy omawianiu poszczególnych rodzajów podatności.

Podatność obsługowa (obsługiwalność) statku powietrznego jest charakteryzowana stopniem dostosowania jego cech konstrukcyjnych i technologicznych do efektywnego wykonywania czynności związanych z alimentacją oraz bieżącymi, okresowymi i specjalnymi obsługami technicznymi, w określonych warunkach eksploatacji z wykorzystaniem obowiązujących metod, procedur, i narzędzi. Zarówno obsługi

alimentacyjne jak i bieżące, zasadniczo nie wpływają na poziom gotowości technicznej statku powietrznego i z tego powodu w dalszej części nie będą analizowane. Natomiast, w przypadku pozostałych rodzajów obsług, istotne znaczenie ma dostęp do miejsc podlegających kontroli, regulacji, uzupełnianiu cieczy i gazów roboczych (np. w amortyzatorach i zasobnikach hydraulicznych), smarowaniu, czyszczeniu lub innym pracom obsługowym. Zależy on przede wszystkim od rozmiarów i umiejscowienia luków inspekcyjnych i sposobu mocowania ich pokryw, a także rozwiązań umożliwiających kontrolę newralgicznych elementów struktury płatowca lub silnika (np. sprężarki i turbiny). Przykładem rozwiązań konstrukcyjnych w tym zakresie, jest samolot szkolno–treningowy TS–11 Iskra, w którym zsuwana osłona przedniej części kadłuba zapewnia nieograniczony dostęp do niemal wszystkich urządzeń pokładowych. Z kolei, łatwo demontowalne osłony tylne odsłaniają cały silnik wraz z jego wyposażeniem.



Rys. 4.2. Samolot TS11 Iskra ze zdemontowanymi osłonami silnika i częścią nosową

Zakres prac objętych obsługami okresowymi, zwłaszcza wyższego rzędu, wymaga między innymi demontażu niektórych agregatów i urządzeń (np. pomp, filtrów paliwowych i hydraulicznych). Ważne jest zatem, aby czynność ta była możliwie jak najprostsza i nie wymagała zbyt skomplikowanych narzędzi, a także aby w możliwie najwyższym stopniu ograniczone było prawdopodobieństwo nieprawidłowego montażu po wykonaniu czynności obsługowych. Pożądane jest również takie rozmieszczenie agregatów, urządzeń i elementów podlegających obsłudze, aby umożliwiało to równoczesną pracę różnych specjalistów.

Podatność diagnostyczna (diagnostyczność) jest właściwością charakteryzującą przystosowanie statku powietrznego do realizacji procesu diagnostycznego. Ma ona bardzo duże znaczenie, gdyż bezpośrednio decyduje o zakresie, dokładności i wiarygodności możliwych do przeprowadzenia w danych warunkach eksploatacji, bezinwazyjnych badań stanu technicznego poszczególnych zespołów, instalacji, systemów i urządzeń pokładowych, a nawet samej struktury płatowca. Od tej właściwości zależy również czas wykonania przewidzianego zakresu diagnostyki, wymagane do tego środki oraz czas i forma otrzymywanych danych. Warto przy tym podkreślić, że pozyskane informacje służą nie tylko do oceny aktualnego stanu technicznego, ale również do jego

prognozowania z uwzględnieniem profilu i specyfiki dalszej eksploatacji oraz wpływu otoczenia.

W porównaniu z generacjami poprzednimi, nowoczesne statki powietrzne charakteryzują się znacznie większą podatnością diagnostyczną. Jest to konsekwencją szerokiego zastosowania elektroniki i rozbudowanych systemów informatycznych. Umożliwiają one stałe rejestrowanie, monitorowanie i analizowanie bardzo wielu parametrów decydujących o stanie technicznym danego samolotu lub śmigłowca, a tym samym o bezpieczeństwie jego użytkowania. Informacje te są pozyskiwane bezpośrednio po zakończeniu lotu. Natomiast ostrzeżenia o nieprawidłowościach w pracy poszczególnych instalacji, systemów i urządzeń pokładowych, a zwłaszcza o awariach zagrażających bezpieczeństwu lotu, są wyświetlane w czasie rzeczywistym na ekranach wskaźników w kabinie załogi. Niezależnie od systemów pokładowych wykorzystywane są również diagnostyczne stanowiska i urządzenia naziemne, które służą do prowadzenia bardziej zaawansowanych badań. Nowoczesne systemy diagnostyczne nie tylko umożliwiają analizę i ocenę stanu technicznego statku powietrznego, ale są również bardzo przydatne do szybkiej lokalizacji powstałych usterek i uszkodzeń oraz ustalania ich pierwotnych przyczyn. Niewłaściwa diagnoza prowadzi bowiem do powstawania kolejnych usterek i uszkodzeń, a czasem do nieuzasadnionej wymiany części sprawnych technicznie.

Podatność diagnostyczna ma więc istotny wpływ na gotowość techniczną statku powietrznego. Decyduje bowiem o możliwości prowadzenia badań diagnostycznych w danych warunkach eksploatacji, o ich zakresie, pracochłonności i czasie realizacji oraz dokładności i wiarygodności uzyskiwanych wyników. W konsekwencji umożliwia zapobieganie powstawaniu usterek i uszkodzeń, a gdy te się już pojawią, pozwala na szybką ich lokalizację i ustalenie pierwotnej przyczyny, a tym samym skrócenie czasu naprawy. Najczęściej badania diagnostyczne mają charakter profilaktyczny, a ich nadrzędnym celem jest zapobieganie powstawaniu uszkodzeń i awarii. Z tych powodów trudno jest oszacować potencjalne skutki zdarzeń, których udało się uniknąć dzięki wysokiej podatności diagnostycznej danego typu statku powietrznego.

Podatność naprawcza (naprawialność) jest oceniana poprzez poziom wartości cech dotyczących możliwości realizacji prac mających na celu usunięcie powstałych usterek i uszkodzeń, w celu przywrócenia stanu zdatności. Jest ona ściśle powiązana z podatnością diagnostyczną. Ta bowiem w znacznym stopniu pozwala zwiększyć prawdopodobieństwo zapobiegania powstawania usterek i uszkodzeń. Podobnie jak w przypadku podatności obsługowej, podatność naprawcza jest w głównej mierze uzależniona od dostępu do uszkodzonych części, łatwości ich demontażu i montażu, rodzaju stosowanych zabezpieczeń przed samoczynnym poluzowywaniem się połączeń, a także od zakresu regulacji i testów kontrolnych, wymaganych po wykonaniu naprawy.

Cechą konstrukcyjną, która wywiera bardzo istotny wpływ na podatność naprawczą jest modułowa budowa poszczególnych zespołów i systemów statku powietrznego. Takie rozwiązanie umożliwia szybką wymianę uszkodzonego bloku na sprawny technicznie. Dzięki temu czas naprawy, a tym samym przebywania w stanie niezdatności jest znacznie krótszy. Inną, bardzo pożądaną cechą jest ograniczona możliwość nieprawidłowego montażu naprawionych lub nowych części (np. filtrów, zaworów jednokierunkowych itp.), a także zwiększona odporność na nadmierne zużycie lub uszkodzenie często rozłączanych złącz i połączeń.

Podatność naprawcza wywiera znaczący wpływ zarówno na czas, jak i koszty naprawy powstających usterek i uszkodzeń. Czasem jednak dążenie do redukcji kosztów eksploatacji powoduje ograniczenie asortymentu i liczby części wymiennych. Konsekwencją takiej polityki jest pozostawanie statku powietrznego w stanie niezdatności aż do czasu naprawy uszkodzonej części.

Podatność na odnowę trwałości charakteryzuje przystosowanie obiektu technicznego do odtwarzania lub przedłużania jego resursu. Odtwarzanie trwałości statku powietrznego odbywa się poprzez jego remont, nazywany czasem naprawą główną. Zespoły, inne części składowe oraz wyroby kompletujące, które wyczerpały swój resurs w okresie pomiędzy kolejnymi remontami, są wymieniane na wyroby nowe lub wyremontowane. W procesie eksploatacji zdarza się również, że resurs statku powietrznego lub jego części składowych jest przedłużany przez producenta lub organizację do tego uprawnioną. Najczęściej procedura ta dotyczy resursu kalendarzowego. Jest ona ściśle związana z podatnością diagnostyczną, gdyż ta w istotnym stopniu decyduje o przebiegu procesu oceny stanu technicznego badanego obiektu.

W przypadku wymiany części składowych z powodu wyczerpania ich resursu w okresie pomiędzy kolejnymi remontami, kluczową rolę odgrywają cechy związane z podatnością naprawczą, czyli dostępność, łatwość demontażu i montażu, regulacja i testy kontrolne. Bardzo duże znaczenie ma również obowiązujący wymiar resursu międzyremontowego zespołów, innych części składowych oraz wyrobów kompletujących. Wskazane jest bowiem, aby resurs ten, w miarę możliwości, pokrywał się z resursem międzyremontowym statku powietrznego. Dzięki temu czas przebywania w stanie niezdatności z powodu odnowy trwałości w okresie pomiędzy kolejnymi remontami, zostaje ograniczony do niezbędnego minimum.

Przykładem rozwiązania konstrukcyjnego, które wpływa niekorzystnie na podatność na odnowę resursu, było umiejscowienie głównego zbiornika paliwa samolotu szkolno–treningowego I–22 Iryda. Wymiana jego wkładu gumowego wymagała bowiem demontażu skrzydła, co znakomicie komplikowało tę operację i znacznie zwiększało jej pracochłonność. Dodatkową konsekwencją była konieczność wykonania oblotu technicznego po zakończeniu prac montażowych.

Podatność remontowa (remontowalność) jest właściwością charakteryzująca stopień przystosowania obiektu technicznego do remontu (naprawy głównej). Jego celem jest odtworzenie trwałości lub naprawa powstałych uszkodzeń, których usunięcie przekracza możliwości użytkownika. Remont jest zazwyczaj wykonywany przez wyspecjalizowaną jednostkę organizacyjną lub przez producenta. Podatność remontowa statku powietrznego jest determinowana zarówno przez jego cechy konstrukcyjne jak i technologiczne. Decydują one bowiem o zakresie, metodach i technologiach wykorzystywanych do regeneracji wyrobów podlegających remontowi. Rozwój technologii stwarza nowe możliwości regeneracji zużytych części, co często przyczynia się do wzrostu ich trwałości i nieuszkadzalności. Z kolei, rozwiązania konstrukcyjne, a zwłaszcza zastosowanie budowy modułowej, znacznie ułatwia naprawę poważnych uszkodzeń, zarówno samej struktury, jak i instalacji i systemów pokładowych. Ważną rolę w procesie weryfikacji odgrywa podatność diagnostyczna, chociaż wykonywanie badań kontrolnych w warunkach całkowitego rozkompletowania statku powietrznego jest nieco łatwiejsze niż w trakcie jego użytkowania.

Podatność remontowa wpływa bezpośrednio na efektywność prowadzonego remontu, zarówno w kategoriach technicznych jak i ekonomicznych. Trudno jest jednak w sposób jednoznaczny ocenić jej oddziaływanie na gotowość techniczną statku powietrznego. Rozszerzanie zakresu regeneracji zużytych części na ogół prowadzi do obniżenia kosztów remontu w porównaniu z sytuacją, gdy są one zastępowane nowymi. Konsekwencją tego jest jednak wydłużenie czasu trwania remontu, co z kolei niekorzystnie wpływa na gotowość techniczną. Podobny problem z oceną stwarzają te przedsięwzięcia, które mają na celu podnoszenie jakości remontu. Wprawdzie często przyczyniają się one do wydłużenia terminu jego zakończenia, ale równocześnie zwiększają niezawodność remontowanych wyrobów.

Podatność modernizacyjna (modernizacyjność) jest właściwością charakteryzującą stopień przystosowania obiektu technicznego do wprowadzania różnego rodzaju modernizacji i modyfikacji. Współczesne statki powietrzne są eksploatowane przez co najmniej kilkadziesiąt lat. Tak długi okres użytkowania wymusza konieczność modernizowania zespołu napędowego oraz poszczególnych systemów i urządzeń pokładowych. Dynamiczny rozwój techniki lotniczej sprawia bowiem, że wojskowe statki powietrzne, zwłaszcza bojowe, po pewnym czasie przestają spełniać wymagania wynikające z potrzeb operacyjnych. Dotyczy to przede wszystkim systemów nawigacyjno–celowniczych, łączności, sterowania uzbrojeniem oraz systemów ostrzegania i obrony własnej, a także wyposażenia specjalnego (np. urządzeń do prowadzenia rozpoznania).

Na podatność modernizacyjną statku powietrznego kluczowy wpływ wywiera modułowa architektura instalacji i systemów pokładowych, możliwość zabudowy nowych bloków elektronicznych i urządzeń, poprowadzenia dodatkowych wiązek elektrycznych itp. Bardzo istotna jest również możliwość pokrycia dodatkowego zapotrzebowania na energię

elektryczną, a także dysponowanie zapasem wolnej mocy obliczeniowej i pojemności komputerów pokładowych. Czasem modyfikacji podlega jedynie oprogramowanie systemów komputerowych. Taki przypadek ma między innymi miejsce, gdy samolot lub śmigłowiec jest wyposażany w nowe środki uzbrojenia. Przykładem kompleksowej modernizacji był program dotyczący samolotów F–16 A/B, który w znacznym stopniu unifikował ich wyposażenie z ówczesną wersją F–16 C/D.

Stopień oddziaływania podatności modernizacyjnej na gotowość techniczną statku powietrznego zależy w głównej mierze od programu prowadzonej modernizacji lub modyfikacji. Nawet, gdy dotyczy on własności użytkowych i pozornie nie ma związku z gotowością techniczną, to jednak może na nią wpływać drogą pośrednią poprzez oddziaływanie na pozostałe rodzaje podatności.

Podatność na testy (testowalność) jest właściwością określającą stopień przystosowania statku powietrznego, jego zespołów, instalacji, systemów i urządzeń pokładowych do wykonywania badań, prób i testów kontrolnych, w celu określenia lub potwierdzenia ich aktualnego stanu technicznego. Ocena jest dokonywana na podstawie wyników pomiaru parametrów zarówno na ziemi jak i w locie. Badania, próby i różnego rodzaju testy kontrolne są nieodzownym elementem nie tylko budowy prototypów czy produkcji seryjnej, ale także procesu eksploatacji statków powietrznych. Najczęściej są one wymagane po wykonaniu remontu, modernizacji, prac okresowych wyższego rzędu, wymianie zespołów i innych części składowych lub wyrobów kompletujących, a także po wykonaniu określonych rodzajów napraw i regulacji. Rodzaj i zakres wymaganych prób i testów, sposób i okoliczności ich wykonywania, określa dokumentacja techniczna danego typu statku powietrznego, zależnie od stopnia zaawansowania technologicznego danej konstrukcji. Przykładem różnych wymagań w zakresie prób i testów może być wymiana zespołu napędowego. Zazwyczaj po zabudowie nowego silnika wymagany jest oblot techniczny. W przypadku niektórych typów statków powietrznych, (np. samolotu bojowego F–18) podstawą dopuszczenia do użytkowania w powietrzu są tylko pozytywne wyniki próby naziemnej.

O poziomie podatności statku powietrznego na testy decyduje przede wszystkim stopień przystosowania jego instalacji, systemów i urządzeń do pomiaru parametrów ich pracy, liczba i dostęp do punktów pomiarowych, łatwość montażu i demontażu urządzeń pomiarowych, dokładność, wiarygodność i stopień trudności dokonywanych prób i testów, a także liczba i precyzja zapisu parametrów przez rejestratory pokładowe.

Testowalność statku powietrznego wpływa na czas i nakłady związane z wykonaniem wymaganych badań, prób i testów. Do najbardziej czasochłonnych, a zarazem dość złożonych w realizacji, należą badania w locie. Wymagają one bowiem dodatkowych uprawnień od załogi oraz odpowiednich warunków pogodowych. W konsekwencji dość często wydłuża to czas oczekiwania na wykonanie tej kategorii lotów.

Mimo, że oczekujący na oblot techniczny statek powietrzny formalnie jest zdatny do lotu, to jednak zgodnie z przyjętą definicją gotowości technicznej, nie jest on zdolny do wykonywania zadań operacyjnych. Z tych względów wskazane jest, aby wymóg wykonania oblotu technicznego był ograniczony do niezbędnego minimum.

Podatność profilaktyczna (profilaktyczność) określa stopień przystosowania obiektu technicznego do wykonywania przeglądów, obsług i innych prac mających na celu zabezpieczenie przed niepożądanym wpływem czynników destrukcyjnych. Typowym przykładem przedsięwzięć profilaktycznych jest przygotowanie statku powietrznego do eksploatacji w sezonie zimowym lub przystosowanie śmigłowca do działania w warunkach pustynnych poprzez zainstalowanie przed wlotami silników specjalnych filtrów przeciwpyłowych.

Podatność profilaktyczna nie ma bezpośredniego wpływu na gotowość techniczną. Często na czas wykonywania prac profilaktycznych statek powietrzny przechodzi w stan niezdatności. Jednak prace te przyczyniają się do zapobiegania powstawaniu usterek i uszkodzeń wywoływanych określonymi kategoriami czynników destrukcyjnych. W efekcie mają więc one korzystny, chociaż trudny do oszacowania, wpływ na gotowość techniczną.

Przeprowadzona analiza wskazuje, że podatność eksploatacyjna wywiera znaczący wpływ na gotowość techniczną statków powietrznych, chociaż stopień oddziaływania poszczególnych jej rodzajów nie jest jednakowy. Podatność obsługowa, naprawcza i remontowa, a także podatność na odnowę trwałości i podatność na testy, w sposób bezpośredni oddziałują na czas pozostawania w stanie niezdatności. Natomiast, w przypadku pozostałych rodzajów podatności, ocena jest nieco bardziej złożona. Podatność diagnostyczna ma bezpośredni związek z gotowością techniczną przy ustalaniu przyczyn powstałych usterek i uszkodzeń. W procesie oceny stanu technicznego odgrywa ona również bardzo istotną rolę o charakterze prewencyjnym, mającym na celu zapobieganie powstawaniu uszkodzeń i awarii. Z tego względu trudno jest oszacować rzeczywisty wkład tej właściwości w utrzymanie gotowości technicznej. Podobny problem dotyczy podatności użytkowej. Ta z kolei przyczynia się do ograniczania możliwości popełniania przez załogę błędów, które mogą doprowadzić do niepożądanych, a nawet niebezpiecznych zdarzeń. Prewencyjny charakter ma również podatność profilaktyczna. Stopień oddziaływania podatności modernizacyjnej, jest natomiast uzależniony przede wszystkim od charakteru i zakresu prowadzonych w jej ramach prac. Ogólnie można stwierdzić, że wszystkie omówione rodzaje podatności są ze sobą powiązane i w pewnym stopniu nawzajem się przenikają. Dlatego każda z nich wywiera większy lub mniejszy wpływ na gotowość techniczną statku powietrznego.

4.2.5. Bezpieczność

Bezpieczność obiektu technicznego jest właściwością decydującą o bezpieczeństwie jego eksploatacji. W przypadku statków powietrznych ma ona szczególnie ważne znaczenie, gdyż znacząco wpływa na stopień zagrożenia dla zdrowia lub życia ludzi, w tym również osób postronnych. Mając na względzie organizację procesu eksploatacji, bezpieczność można podzielić na dwie kategorie:

- bezpieczność użytkową,
- bezpieczność utrzymania zdatności.

Bezpieczność użytkowa statku powietrznego jest właściwością charakteryzującą bezpieczeństwo procesu jego użytkowania. Obejmuje więc te cechy, które związane są z bezpieczeństwem pilotowania i wykonywania innych czynności na pokładzie statku powietrznego przez załogę, a także jego opuszczania w sytuacjach awaryjnych. Zapewnieniu odpowiedniego bezpieczeństwa załodze służą dedykowane temu celowi rozwiązania konstrukcyjne, specjalistyczne wyposażenie pokładowe i osobiste załogi, w tym sprzęt wysokościowo–ratowniczy, a także sposób i procedury awaryjnego opuszczania statku powietrznego, zarówno w powietrzu jak i na ziemi. Współczesne samoloty bojowe i szkolno–treningowe są wyposażone w fotele katapultowe umożliwiające ich bezpieczne użycie nawet na poziomie ziemi. Natomiast w przypadku wystąpienia sytuacji awaryjnej podczas lotu samolotem transportowym lub śmigłowcem, załoga musi opuścić jego pokład samodzielnie. Przykładem odmiennych warunków bezpieczeństwa w zakresie ewakuacji załogi w sytuacji zagrożenia jest lekki samolot transportowy typu An–28 i jego wersja rozwojowa M–28. W pierwszym z nich, aby opuścić maszynę załoga musi pokonać całą kabinę ładunkową i wydostać się na zewnątrz przez drzwi znajdujące się pod tylną częścią kadłuba, co w pewnych warunkach jest niezwykle trudne, o ile w ogóle możliwe (np. podczas niekontrolowanego opadania lub po wodowaniu). W samolocie M–28 sytuacja jest zdecydowanie korzystniejsza dzięki zabudowaniu w kabinie załogi dodatkowych drzwi.

Bezpieczność użytkowa nie ogranicza się wyłącznie do bezpieczeństwa załogi, a dotyczy wszystkich jego aspektów związanych z procesem eksploatacji statków powietrznych w locie. Obejmuje więc całokształt zagadnień związanych z bezpieczeństwem samego lotu, jak również użytkowania systemów i urządzeń pokładowych i podwieszanych, w tym środków uzbrojenia. Wiąże się więc ona ściśle z podatnością użytkową.

Bezpieczność utrzymania zdatności statku powietrznego jest właściwością charakteryzującą bezpieczeństwo obsług, napraw, remontów, modernizacji, prób i testów oraz innych czynności związanych z jego eksploatacją techniczną. Zależy ona w głównej mierze od przyjętych rozwiązań konstrukcyjnych, zastosowanych materiałów i technologii, metodyk wykonywania czynności obsługowych i naprawczych, wykorzystywanych narzędzi i przyrządów, a także od obowiązujących zasad bezpieczeństwa. Bezpieczność

utrzymania zdatności obejmuje problematykę bezpieczeństwa nie tylko personelu obsługi technicznej, ale również samego statku powietrznego i otoczenia, w którym jest eksploatowany. Przykładem rozwiązań, które przyczyniają się do podniesienia poziomu bezpieczności utrzymania zdatności są zabezpieczenia przed przypadkowym uruchomieniem na ziemi systemów uzbrojenia lub zrzutu podwieszeń, samoczynnym rozłączeniem się przewodów zasilających instalacje pokładowe w gazy i ciecze o wysokim ciśnieniu, czy chociażby nadmiernym wyciekiem paliwa z drenaży.

Bezpieczność jest w głównej mierze kształtowana na etapie opracowywania wymagań taktyczno–technicznych oraz projektowania i konstruowania. Wiąże się ona z wieloma innymi właściwościami, a zwłaszcza z podatnością. Podstawowym jej zadaniem jest zapobieganie zdarzeniom, których skutki mogą być niebezpieczne dla załogi, personelu obsługi, osób postronnych oraz samego statku powietrznego i jego otoczenia. Wpływając na ograniczenie możliwości powstawania uszkodzeń, awarii, a nawet całkowitej destrukcji eksploatowanych samolotów lub śmigłowców, bezpieczność oddziałuje więc pozytywnie na gotowość techniczną, chociaż jej wymiar jest trudny do oszacowania.

4.3. System eksploatacji

Eksploatacja statków powietrznych to bardzo złożony i dynamiczny proces, który tworzą powiązane przyczynowo–skutkowo w czasie działania, takie jak realizacja zadań lotniczych (wykonywanie lotów), obsługa techniczna, odnowa, remonty oraz zaopatrzenie materiałowo–techniczne. Z tych względów w systemie eksploatacji wyróżnia się podsystem użytkowania i podsystem utrzymania zdatności.

Ogólne założenia dotyczące systemu eksploatacji statku powietrznego zazwyczaj są formułowane już w wymaganiach taktyczno–technicznych. Jednak o jego ostatecznym kształcie decyduje producent statku powietrznego. On bowiem określa między innymi:

- podstawowe warunki użytkowania samolotu lub śmigłowca i związane z tym ograniczenia i zasady bezpieczeństwa,
- poziomy, zakres i częstotliwość wykonywania obsług technicznych,
- zakres, metodyki i technologie odnów i remontów,
- narzędzia, aparaturę kontrolno–pomiarową i sprzęt lotniskowo–hangarowy,
- ogólne wymagania dotyczące kwalifikacji personelu latającego i technicznego,
- ramowy program szkolenia lotniczego i technicznego.

W lotnictwie wojskowym narzucony przez producenta system eksploatacji może być modyfikowany w sposób bardziej elastyczny niż w lotnictwie cywilnym. Najczęściej siły zbrojne tworzą bowiem własną strukturę odpowiedzialną za organizację, zarządzanie i nadzór nad procesem eksploatacji znajdujących się w wyposażeniu statków powietrznych i jego bezpieczeństwo. Z tych względów określony przez producenta system, jest adaptowany do istniejącej struktury organizacyjnej, infrastruktury, zaplecza

technicznego i warunków eksploatacji. Na bazie zdobywanych doświadczeń jest on później korygowany i modernizowany. Wprowadzane zmiany najczęściej dotyczą zakresu i częstotliwości wykonywanych obsług technicznych, przeglądów i badań diagnostycznych.

Sposób funkcjonowania systemu eksploatacji statków powietrznych wywiera znaczący wpływ na ich gotowość techniczną. Potwierdza to szereg przykładów, kiedy to eksploatowany w podobnych warunkach ten sam typ samolotu lub śmigłowca charakteryzuje się znaczną różnicą poziomów zdatności. Zjawisko to występuje nawet w obszarze tego samego systemu eksploatacji. Jak wykazała przeprowadzona w ramach niniejszej pracy analiza, znajdujące się w wyposażeniu lotnictwa Marynarki Wojennej RP śmigłowce typu Mi–14, w badanym okresie 12 miesięcy, osiągały znacząco wyższy poziom gotowości technicznej w porównaniu z podobnego typu śmigłowcami Mi–8 i Mi–17 użytkowanymi w Wojskach Lądowych. Należy przy tym zwrócić uwagę, że warunki eksploatacji w lotnictwie morskim są nieco trudniejsze ze względu na zwiększoną wilgotność i zasolenie.

Uwarunkowania związane z procesem użytkowania statku powietrznego oraz utrzymaniem jego zdatności są nieco odmienne. Z tych względów przeprowadzona analiza dotyczyć będzie stopnia oddziaływania na gotowość techniczną każdego z wymienionych podsystemów.

4.3.1. Podsystem użytkowania

Proces użytkowania statku powietrznego wpływa na jego gotowość techniczną tylko wówczas, gdy w trakcie wykonywania zadania lotniczego dojdzie do powstania usterki, uszkodzenia lub awarii, której konsekwencją jest przejście samolotu lub śmigłowca w stan niezdatności, a w skrajnym przypadku jego całkowite zniszczenie. Uszkodzenie statku powietrznego w trakcie lotu może nastąpić z różnych przyczyn. W celu zachowania przejrzystości prowadzonej analizy przyjęto założenie, że z podsystemu użytkowania powiązane będą tylko zdarzenia będące wynikiem działania załogi. Pozostałe rodzaje przyczyn zostaną zaliczone do innych kategorii i omówione oddzielnie.

W praktyce załoga może doprowadzić do uszkodzenia, a nawet zniszczenia statku powietrznego podczas lotu, w wyniku błędnego działania, wykonywania niewłaściwie postawionego zadania lub wykorzystywania nieprawdziwych lub nieaktualnych informacji. Najczęstszymi przyczynami błędów popełnianych przez załogę są:

- niewystarczający poziom wyszkolenia lotniczego,
- niewłaściwa współpraca w załodze wieloosobowej, czyli tzw. CRM (ang. Crew Resource Management),
- niewłaściwa ocena zaistniałej sytuacji, w tym potencjalnych zagrożeń,

- działanie w sytuacji stresu lub zmęczenia, albo też chwilowej niedyspozycji psycho–fizycznej,
- nieodpowiednia ergonomia kabiny załogi (rozmieszczenie wskaźników, przyrządów, elementów sterowania, struktura i sposób zobrazowania informacji wyświetlanych na wskaźnikach wielofunkcyjnych, sterowanie systemami i urządzeniami pokładowymi itp.),
- brawura i nieprzestrzeganie obowiązujących przepisów i instrukcji,
- błędy lub luki w przepisach i instrukcjach.

W niektórych przypadkach nieprawidłowe działanie załogi może powodować przejście statku powietrznego w stan *niezdatny* lub *zdatny z ograniczeniami* nawet, gdy nie doznał on żadnych uszkodzeń. Taka sytuacja ma miejsce w przypadku przekroczenia dopuszczalnych przeciążeń lub wykonania „twardego lądowania". Wówczas często konieczne jest przeprowadzenie niwelacji płatowca, albo jak w przypadku samolotu MiG–29, przystrzelanie systemów celowniczych.

Inną przyczyną uszkodzeń statku powietrznego w locie mogą być nieprawidłowości w procesie formułowania i zlecania wykonania zadań lotniczych. Najczęściej sprowadza się to do postawienia załodze zadania, które przekracza jej aktualny poziom wyszkolenia, doświadczenia i predyspozycji osobistych lub jest obciążone zbyt dużym ryzykiem. W przypadku operacji bojowych poważne zagrożenie może stanowić niewłaściwe ich zaplanowanie i przeprowadzenie. Czasem przyczyną niewłaściwego działania załogi są nieprawdziwe lub nieaktualne informacje dostarczone jej przed lotem lub w jego trakcie. Najczęściej dotyczy to warunków atmosferycznych lub aktualnej sytuacji taktycznej podczas wykonywania misji bojowej.

Analiza przyczyn niezdatności statków powietrznych spowodowanych nieprawidłowym ich użytkowaniem, umożliwia podejmowanie działań mających na celu zapobieganie podobnym zdarzeniom w przyszłości. Znacznie bardziej efektywnym sposobem prewencji jest jednak stałe monitorowanie przesłanek do powstania podobnych zdarzeń, które wprawdzie nie pociągnęły za sobą poważniejszych następstw, ale ich skutki w nieco innych okolicznościach mogłyby być groźne.

4.3.2. Podsystem utrzymania zdatności

Podsystem utrzymania zdatności obiektu technicznego obejmuje całokształt przedsięwzięć umożliwiających jego użytkowanie. Podsystem ten, powszechnie nazywany systemem eksploatacji technicznej, jest rozumiany jako zespół działań realizowanych przez służby techniczne, w oparciu o obowiązujące zasady, normy i przepisy, w celu utrzymania użytkowanych statków powietrznych w stanie zdatności do wykonywania zadań lotniczych zgodnie z ich przeznaczeniem. Głównymi jego elementami składowymi są: obsługi techniczne, naprawy, odnowy trwałości i remonty. Wykonywanie tego typu prac wiąże się

z pozostawaniem statku powietrznego w stanie niezdatności na czas ich realizacji. Z tych względów podsystem utrzymania zdatności ma bardzo znaczący wpływ na gotowość techniczną.

W lotnictwie wojskowym proces eksploatacji technicznej statków powietrznych jest kształtowany i realizowany przez służbę inżynieryjno–lotniczą, w oparciu o system eksploatacji opracowany przez producenta danego typu samolotu lub śmigłowca. Proces ten jest realizowany według przyjętej strategii eksploatacji. Polega ona na ustaleniu zasad i sposobów prowadzenia eksploatacji technicznej obiektu, w tym przyjęciu kryteriów dopuszczających jego użytkowanie, w świetle obowiązujących zasad bezpieczeństwa.

Do najbardziej znanych rodzajów strategii eksploatacji maszyn zalicza się:

- eksploatację według resursu (trwałości),
- eksploatację według stanu technicznego,
- eksploatację według niezawodności,
- eksploatację według efektywności,
- mieszaną strategię eksploatacji.

System eksploatacji według resursu polega na cyklicznym wykonywaniu ustalonego zakresu czynności przyporządkowanych określonemu poziomowi obsługi technicznej lub remontu, po wykorzystaniu dozwolonego okresu użytkowania wyrażonego w godzinach lotu, godzinach pracy (np. zespołu napędowego), liczbą cykli (np. lądowań) lub też po upływie określonego czasu eksploatacji. Terminy wykonywania oraz zakres poszczególnych poziomów obsług i remontów są ustalane na podstawie wyników badań i prób dowodowych, a następnie weryfikowane w oparciu o wieloletnie doświadczenia eksploatacyjne. Do niedawna eksploatacja według resursu była strategią powszechnie stosowaną, w odniesieniu zarówno do wojskowych jak i cywilnych statków powietrznych. Obecnie jest ona wykorzystywana głównie w stosunku do starszej generacji samolotów i śmigłowców. Podstawową jej wadą jest konieczność wykonywania obowiązującego poziomu obsług, niezależnie od aktualnego stanu technicznego eksploatowanego obiektu. Ponadto, wymaga ona starannego planowania intensywności użytkowania całej floty statków powietrznych, w celu zapobiegania przypadkom spiętrzania wykonywanych obsług okresowych i remontów i tym samym równoczesnego przechodzenia w stan niezdatności zbyt wielu maszyn.

Strategia eksploatacji według stanu technicznego polega na ciągłym monitorowaniu i prognozowaniu stanu technicznego eksploatowanego obiektu oraz podejmowaniu w razie potrzeby czynności profilaktycznych, obsług technicznych, napraw lub remontów. [9] Ten rodzaj strategii najczęściej znajduje zastosowanie w odniesieniu do nowoczesnych konstrukcji lotniczych. Są one bowiem wyposażane w zawansowane systemy diagnostyczne, zarówno pokładowe jak i naziemne, które umożliwiają bieżącą ocenę stanu technicznego poszczególnych zespołów, instalacji, systemów i urządzeń, nawet w trakcie

lotu. Dodatkowym elementem systemu diagnostycznego jest podsystem informatyczny, który zbiera i przetwarza pozyskane dane, a następnie przedstawia wyniki przeprowadzonych analiz. Istotną zaletą omawianej strategii jest możliwość wykorzystania pełnego potencjału eksploatacyjnego, każdego z zasadniczych elementów składowych danego samolotu lub śmigłowca. Ten rodzaj strategii może być stosowany jedynie w przypadku, gdy metody i środki diagnozowania umożliwiają zapobieżenie przekroczenia stanów granicznych. [12]

Mieszana strategia eksploatacji stanowi połączenie obydwóch omówionych strategii. Obecnie jest ona stosowana coraz częściej. Zazwyczaj strategia ta polega na tym, że sam obiekt jest eksploatowany według resursu, a wybrane jego zespoły i inne części składowe według stanu technicznego. W niektórych przypadkach sytuacja jest odmienna i to obiekt jest eksploatowany według stanu technicznego, a określone jego zespoły i wyroby kompletujące według resursu.

Strategia eksploatacji według niezawodności polega na użytkowaniu obiektu technicznego (urządzenia) do wystąpienia uszkodzenia, bądź też zwiększonej intensywności uszkodzeń. W tym przypadku decyzje eksploatacyjne są podejmowane na podstawie wyników okresowych kontroli stanu technicznego. Strategia ta może być stosowana jedynie w sytuacji, gdy następstwa uszkodzeń nie naruszają zasad bezpieczeństwa i nie zwiększają znacząco kosztów eksploatacji. Z tych względów w lotnictwie ma ona ograniczone zastosowanie.

W strategii eksploatacji według efektywności, głównym kryterium oceny przydatności do dalszego użytkowania obiektu technicznego, jak sama nazwa wskazuje, jest efektywność procesu eksploatacji. Może być ona rozpatrywana w aspekcie operacyjnym, technicznym lub ekonomicznym. Efektywność operacyjna i ekonomiczna nie są bezpośrednio związane z tematem niniejszej pracy i z tego powodu nie będą omawiane. Z kolei, efektywność techniczna jest uzależniona między innymi od niezawodności oraz nakładów związanych z wykonywaniem obsług technicznych, napraw i remontów, a tym samym od ich pracochłonności i czasu wykonania.

Omawiana strategia znajduje zastosowanie w sytuacji, gdy „starzenie moralne" eksploatowanego sprzętu technicznego wyprzedza jego zużycie fizyczne. Dynamiczny postęp w dziedzinie techniki i technologii sprawia, że wspomniany problem pojawia się coraz częściej. Wówczas podejmowana jest decyzja o modernizacji eksploatowanego sprzętu, zmianie jego dotychczasowego przeznaczenia, bądź też wycofania z użytkowania.

Przyjęta strategia eksploatacji statków powietrznych ma bezpośredni wpływ na ich gotowością techniczną. Oddziałuje ona bowiem na zakres i częstotliwość wykonywania obsług technicznych i remontów oraz na skuteczność oceny i prognozowania stanu technicznego, a tym samym na czas pozostawania w stanie niezdatności. O wyborze

strategii eksploatacji decydują przede wszystkim właściwości statku powietrznego, a zwłaszcza jego nieuszkadzalność, trwałość i podatność na kontrolę i testy, a także uwarunkowania eksploatacyjne, dysponowane zaplecze techniczne oraz dotychczasowe doświadczenie i preferencje organizacji eksploatującej. Nie bez znaczenia jest również stanowisko producenta danego typu samolotu lub śmigłowca. Jednak nadrzędną rolę zawsze odgrywają względy bezpieczeństwa.

Czasem dochodzi do zmiany stosowanej wcześniej strategii eksploatacji na inną. Przykładem takiej sytuacji są eksploatowane w lotnictwie Sił Zbrojnych RP samoloty bojowe typu MiG–29. Od 1989 r., kiedy weszły do służby, były one eksploatowane według resursu. W 2005 r. zmieniono dotychczasową strategię na eksploatację według stanu technicznego. W rzeczywistości jest to jednak strategia mieszana, gdyż nadal wiele zespołów i wyrobów kompletujących jest eksploatowanych według resursu. W nowej strategii obowiązujące poprzednio poziomy obsług technicznych oraz ich zakres pozostały niemal niezmienione. Skrócony został jednak dopuszczalny nalot pomiędzy kolejnymi obsługami okresowymi z 200 (+40 / –20) do 150 (+/–10%) godzin lotu w okresie nie przekraczającym 24 (+/–2) miesięcy. Trudno jest ocenić efekty wprowadzonej zmiany. Gdyż nie prowadzono na ten temat żadnych analiz. Skrócenie okresu pomiędzy kolejnymi obsługami okresowymi o 25% z pewnością nie wpłynęło korzystnie na gotowość techniczną tych samolotów, których roczny nalot wynosi średnio około 100 godzin.

Niezależnie od przyjętej strategii eksploatacji, na gotowość techniczną statków powietrznych oddziałują następujące czynniki związane z podsystemem utrzymania zdatności:

- struktura organizacyjna służby inżynieryjno–lotniczej,
- organizacja, planowanie i zarządzanie procesem eksploatacji technicznej,
- poziom teoretycznego i praktycznego przygotowania personelu obsługi technicznej, predyspozycje osobiste do wykonywanego zawodu, system motywacyjny itp.,
- jakość dokumentacji formalno–prawnej i technicznej (opisowo–eksploatacyjnej i technologicznej),
- narzędzia, aparatura kontrolno–pomiarowa, naziemne stanowiska diagnostyczne, sprzęt lotniskowo–hangarowy,
- informatyczne systemy wspomagania eksploatacji,
- zaplecze obsługowo–remontowe,
- infrastruktura lotniskowa (hangary, schrono–hangary itp.).

Ogólnie można stwierdzić, że gotowość techniczna w znacznym stopniu jest uzależniona od jakości i efektywności procesu eksploatacji technicznej. Kluczową rolę odgrywa w nim personel służby inżynieryjno–lotniczej, na wszystkich poziomach jej struktury. On bowiem decyduje o organizacji, planowaniu, zarządzaniu i realizacji procesu eksploatacji technicznej statków powietrznych. Od jego kompetencji i działań uzależniony jest kształt i poziom dokumentacji formalno–prawnej i technicznej, komputerowych systemów

wspomagania eksploatacji, sposób selekcji kandydatów do służby, proces ustawicznego szkolenia specjalistycznego podległego personelu i potwierdzania jego kwalifikacji, a także stosowany system kontroli i nadzoru oraz obowiązujące zasady bezpieczeństwa.

Od personelu służby inżynieryjno–lotniczej w dużej mierze zależy sprawność wykonywania obowiązujących obsług technicznych, odnów resursu i napraw, a tym samym związany z tym czas pozostawania samolotu lub śmigłowca w stanie niezdatności. Sprawność wykonywanych prac jest uzależniona od liczby zaangażowanych specjalistów, poziomu ich kwalifikacji i doświadczenia zawodowego, dostępnych możliwości kontroli i diagnostyki statku powietrznego oraz dysponowanych narzędzi i aparatury kontolno–pomiarowej. W przypadku napraw i odnów trwałości istotną rolę odgrywa dostępność zespołów i części składowych, niezbędnych do przywrócenia zdatności. Czasem zdarza się, że przyczyną powstania usterki, uszkodzenia, a nawet awarii jest niewłaściwe postępowanie personelu technicznego, polegające na nieodpowiednim wykonaniu wymaganych czynności lub ich zaniechaniu, bądź też wykorzystaniu innych narzędzi lub materiałów, niż przewiduje dokumentacja technologiczna.

Istotne znaczenie ma również organizacja procesu eksploatacji technicznej. Właściwy podział zadań i kompetencji pomiędzy podmioty, komórki organizacyjne, a nawet specjalistów odpowiedzialnych za wykonywanie poszczególnych rodzajów i poziomów obsług oraz napraw i remontów, przyczynia się do podniesienia ich efektywności. Wiąże się z tym również racjonalna obsada personalna a także optymalne dostosowanie wyposażenia technicznego do zakresu prac wykonywanych na poszczególnych poziomach obsługi lub odnowy. Racjonalna obada personalna polega na optymalnym doborze liczby specjalistów o wymaganym poziomie i rodzaju kwalifikacji.

Bardzo duże znaczenie ma również planowanie procesu eksploatacji statków powietrznych. Racjonalne gospodarowanie ich nalotem oraz odpowiednie planowanie terminów wykonania obsług okresowych wyższego rzędu, obsług specjalnych i remontów, pozwala unikać nadmiernego spiętrzania prac, a tym samym umożliwia w miarę równomierne obciążenie organizacji odpowiedzialnych za ich wykonywanie. Dzięki temu ograniczony zostaje również czas oczekiwania na rozpoczęcie realizacji obsług lub napraw, co bezpośrednio przekłada się na poziom gotowości technicznej. Pożądane jest także, aby wykonywanie obowiązujących biuletynów technicznych oraz wymiana zespołów i części z powodu wyczerpania resursu były w miarę możliwości dokonywane w trakcie obsług lub remontu. Niemniej ważną kwestią jest właściwe planowanie zapotrzebowania na części wymienne. W normalnym trybie ich dostawa następuje bowiem dopiero po dwóch latach od złożenia zapotrzebowania. Brak wymaganych części może więc być przyczyną długotrwałego pozostawania statku powietrznego w stanie niezdatności. W takich przypadkach często stosowany jest tzw. kanibalizm techniczny polegający na wykorzystywaniu sprawnych technicznie części z innego samolotu bądź

śmigłowca, który z różnych przyczyn będzie niezdatny przez długi okres. Bardzo pomocne w procesie planowania, są informatyczne systemy wspomagania eksploatacji.

Remont jest zazwyczaj realizowany w zakładach znajdujących się poza strukturami służby inżynieryjno–lotniczej. Mimo to może ona mieć pewien wpływ na przebieg tego procesu, a zwłaszcza na czas jego realizacji. Cel ten osiągany jest poprzez wynegocjowanie odpowiednich warunków umowy, terminowe dostarczenie do remontu statku powietrznego oraz uprzedzające poinformowanie wykonawcy tych prac o zespołach i wyrobach kompletujących, które wyczerpią swój resurs, co umożliwia wcześniejsze ich zamówienie u poddostawców. Czas trwania remontu ma bowiem kluczowe znaczenie. Przekłada się on nie tylko na wymiar okresu niezdatności danego samolotu lub śmigłowca, ale także na bezproduktywne zużywanie jego całkowitego resursu kalendarzowego. Dla przykładu, czas trwania remontu śmigłowców typu Mi–8 i Mi–17 waha się od 9 do 14 miesięcy, a w szczególnych przypadkach nawet dłużej. Rozpiętość pomiędzy skrajnymi wartościami jest więc bardzo duża i wynosi aż 5 miesięcy, co stanowi 55% czasu podstawowego. Najczęściej przyczyną opóźnień jest oczekiwanie na dostawę lub remont zespołów i wyrobów kompletujących.

Przytoczone powyżej uwarunkowania sprawiają, że podsystem utrzymania zdatności w bardzo istotnym stopniu wpływa na gotowość techniczną. Jak już wcześniej wspomniano, podsystem ten jest w głównej mierze kształtowany przez organizację eksploatującą dany typ samolotu lub śmigłowca. Z tych względów w znaczący sposób oddziałuje on na okres przebywania w stanie niezdatności poszczególnych statków powietrznych, a tym samym na poziom ich gotowości technicznej.

4.4. Logistyka

Logistyka jest pojęciem mającym bardzo szerokie znaczenie. Najczęściej jest ona definiowana jako dziedzina wiedzy o kompleksowym, racjonalnym i ekonomicznym zabezpieczaniu w środki fizyczne, energetyczne i informacyjne systemów działania, przy istniejących zasobach, ograniczeniach i zakłóceniach, w zadanych warunkach przestrzenno–czasowych. W przypadku statków powietrznych logistyka jest dziedziną odpowiedzialną za zasilanie systemu ich eksploatacji, zarówno w zakresie użytkowania jak i utrzymania zdatności, w środki materiałowo–techniczne. W lotnictwie wojskowym logistyka nie ogranicza się jedynie do zaopatrzenia w środki do alimentacji samolotów lub śmigłowców (paliwo, oleje i ciecze robocze, gazy techniczne, środki uzbrojenia) czy też w części wymienne i inne materiały eksploatacyjne. Obejmuje ona bowiem również zabezpieczenie kwatermistrzowskie i medyczne, przy czym to ostatnie dotyczy przede wszystkim personelu latającego. Często do kompetencji służb logistyki należą działania związane z obsługą procesu remontu i modernizacji sprzętu oraz innych usług zewnętrznych. Poważnym wyzwaniem jest również logistyczne zabezpieczenie działań lotnictwa wojskowego podczas prowadzenia operacji bojowych.

Analiza oddziaływania logistyki na gotowość techniczną statków powietrznych wskazuje, że kluczowe znaczenie w tym zakresie ma proces zaopatrywania w części wymieniane w trakcie obsług lub napraw oraz zużywane w ich trakcie materiały (smary, normalki itp.). To on bowiem decyduje o czasie dostawy do miejsca, gdzie wystąpiło na nie zapotrzebowanie. Podział kompetencji w zakresie zaopatrzenia materiałowo–technicznego pomiędzy służbą inżynieryjno–lotniczą a organami logistyki jest różny i zależy od przyjętej struktury organizacyjnej. Najczęściej odpowiednie komórki służby inżynieryjno–lotniczej są upoważnione do dokonywania zakupów ściśle określonej kategorii sprzętu, materiałów i usług (np. wykonywania obsług okresowych). Pozostałe zamówienia są realizowane przez służby logistyki.

Proces zaopatrzenia materiałowo–technicznego obejmuje następujące dziedziny:

- planowanie zapotrzebowania,
- proces wyłaniania dostawców i składania zamówień,
- dostawy zamówionego sprzętu (materiałów) lub wykonanie zleconych usług,
- magazynowanie,
- dystrybucja.

Racjonalne planowanie zapotrzebowania na dostawę zespołów, wyrobów kompletujących i części wymiennych techniki lotniczej oraz usługi zewnętrzne (remont, modernizacja) odgrywa niezwykle istotną rolę. Okres realizacji zgłoszonego zapotrzebowania jest bowiem stosunkowo długi i wynosi około 12 miesięcy, a w przypadku dostawców zagranicznych około 24 miesięcy. Z tych względów niewłaściwe planowanie potrzeb związanych z utrzymaniem zdatności statków powietrznych może spowodować długotrwałe ich wyłączenie z użytkowania. Czasem zdarza się, że z tej przyczyny okres niezdatności trwa nawet kilkanaście miesięcy. Przykładem ilustrującym taką sytuację mogą być przypadki długotrwałego wyłączenia z użytkowania śmigłowców typu W–3, z powodu oczekiwania na dostawę łopat wirnika głównego.

Planowanie potrzeb w zakresie utrzymania zdatności statków powietrznych odbywa się na podstawie analizy asortymentu zapasów zużywanych w latach poprzednich oraz prognozowania intensywności użytkowania i wynikających stąd konsekwencji. Bardzo pomocne w tym procesie są informatyczne systemy wspomagania eksploatacji. Podstawowe plany potrzeb są przygotowywane na poszczególnych poziomach struktury służby inżynieryjno–lotniczej, a następnie po opracowaniu i zaakceptowaniu dokumentów zbiorczych przekazywane do realizacji przez uprawnione organy logistyczne. Istotnym ograniczeniem w procesie planowania jest konieczność dostosowania zgłaszanych potrzeb do dysponowanego budżetu. Z tego powodu nie zawsze mogą być one w pełni zrealizowane. Czasem w wyniku nieprzewidywanych zdarzeń pojawia się potrzeba zamówień, które wcześniej nie były zaplanowane. Wówczas są one realizowane w trybie awaryjnym.

Niezależnie od planowania, bardzo ważnym ogniwem w łańcuchu zaspakajania potrzeb związanych z utrzymaniem zdatności sprzętu lotniczego jest realizacja związanych z tym zamówień. Wiąże się to z wyłonieniem dostawcy lub wykonawcy zleconych prac oraz zawarciem stosownych umów. W wielu przypadkach określone zamówienie może być zrealizowane praktycznie tylko przez jednego wykonawcę. Mimo to, często w takiej sytuacji stosowana jest procedura wyłaniania wykonawcy w drodze przetargu nieograniczonego. W konsekwencji nie tylko wydłuża to proces zawarcia umowy, a tym samym i termin jej wykonania, ale także dopuszcza udział w postępowaniu firm pośredniczących. Wprawdzie, zazwyczaj oferują one niższe ceny dostarczanego towaru, ale jego źródło pochodzenia oraz jakość nie zawsze są wiarygodne. Zdarza się, że skutkiem takich transakcji jest poważne uszkodzenie statku powietrznego, a nawet całkowite jego zniszczenie. Z tych względów zarówno dostawy sprzętu jak i wykonywanie usług powinno być zlecane wyłącznie firmom wiarygodnym, zdolnym do samodzielnego wykonania powierzanych zadań i gwarantujących wysoką ich jakość.

Istotne znaczenie mają również warunki zawieranych umów i zamówień. Powinny one umożliwiać zamawiającemu skuteczne egzekwowanie zobowiązań wykonawcy, a zwłaszcza terminowej ich realizacji, wymaganej niezawodności dostarczanego towaru lub jakości wykonywanych usług. Ważne jest również zapewnienie możliwości egzekwowania zobowiązań ciążących na wykonawcy po zrealizowaniu przedmiotu zamówienia np. gwarancji, serwisu, dostawy części wymiennych lub remontu. Wszystkie wymienione elementy mogą mieć bowiem wpływ na łączny czas niezdatności statku powietrznego podczas wykonywania obsługi technicznej, naprawy, odnowy resursu lub remontu.

Odbiór przedmiotu umowy sprowadza się przede wszystkim do sprawdzenia zgodności asortymentu i ilości dostarczonego towaru lub zakresu wykonanych usług, z warunkami zamówienia. Sprawdzeniu podlega również ukompletowanie poszczególnych wyrobów, sposób konserwacji i opakowania, a także wymagana dokumentacja towarzysząca (metryki identyfikacyjne, dokumenty potwierdzające jakość, nadany resurs, udzieloną gwarancję itp.). W przypadku dostawy nowo wyprodukowanego statku powietrznego lub jego odbioru po wykonaniu remontu, dodatkowo wykonywany jest kontrolny oblot techniczny.

Proces magazynowania wyrobów lotniczych obejmuje nie tylko ich przechowywanie, ale także wykonywanie obsług konserwacyjnych. Zarówno warunki magazynowania, jak i jakość i terminowość wykonywania wspomnianych obsług wpływają na stan techniczny przechowywanych wyrobów i materiałów, a to z kolei przekłada się na późniejszy poziom zdatności eksploatowanych statków powietrznych. Obecnie w procesie magazynowania szerokie zastosowanie znajdują nowoczesne systemy informatyczne. Są one bardzo pomocne nie tylko w ewidencjonowaniu i stałym monitorowaniu stanów magazynowych czy śledzeniu terminów wykonywania wymaganych prac obsługowych, ale również w prognozowaniu przyszłych potrzeb.

W wielu przypadkach, okres niezdatności statku powietrznego zależy od czasu dostarczenia części podlegającej wymianie. Należy zatem dążyć, aby był on możliwie jak najkrótszy. Z tego względu, zarówno struktura, organizacja, jak i lokalizacja sieci magazynowej, powinny zapewniać jej efektywne wykorzystywanie, a obowiązujące procedury zamawiania i wydawania potrzebnych części, powinny być jak najprostsze i pozbawione zbędnej biurokracji. Ważnym elementem jest również sprawnie funkcjonujący transport. Jak już wcześniej wspomniano, zapas najczęściej zapotrzebowywanych agregatów, części wymiennych i materiałów jest zazwyczaj przechowywany bezpośrednio w magazynach jednostki eksploatującej dany typ statku powietrznego. Istotne jest zatem, aby asortyment wspomnianych zapasów był racjonalnie dostosowywany do aktualnych potrzeb i systematycznie uzupełniany.

Logistyka odgrywa więc ważną rolę w procesie utrzymania zdatności statków powietrznych, a tym samym, oddziałuje na poziom ich gotowości technicznej. Odpowiada ona bowiem za sprawne, niezakłócone i efektywne funkcjonowanie zaopatrzenia materiałowo–technicznego, które umożliwia utrzymanie eksploatowanych samolotów i śmigłowców w stanie zdatności.

4.5. Systemy zabezpieczenia operacji lotniczych

Zgodnie z definicją przyjętą w poprzednim rozdziale, systemy zabezpieczenia operacji lotniczych obejmują:

- infrastrukturę lotniskową,
- sprzęt lotniskowy,
- system ubezpieczenia lotów,
- systemy nawigacji naziemnej i satelitarnej,
- osłonę radiolokacyjną,
- nadzór ruchu lotniczego,
- system kierowania lotami.

Pozornie, wymienione systemy nie mają bezpośredniego związku z gotowością techniczną statków powietrznych. W praktyce sytuacja przedstawia się jednak inaczej. Wprawdzie poszczególne komponenty systemów zabezpieczenia operacji lotniczych na ogół nie wpływają na gotowość techniczną, ale w szczególnych przypadkach mogą powodować jej obniżenie. Dzieje się tak, gdy stają się one przyczyną uszkodzenia, a czasem nawet zniszczenia eksploatowanego samolotu lub śmigłowca. Najczęściej do tego typu zdarzeń dochodzi w wyniku błędów w działaniu personelu obsługi lub niewłaściwego funkcjonowania wyposażenia technicznego.

W lotnictwie wojskowym, w okresie pokoju, najgroźniejsze skutki pociągają za sobą błędne decyzje nawigatorów naprowadzania oraz personelu odpowiedzialnego za kierowanie lotami, zwłaszcza w rejonie lotnisk i poligonów. W konsekwencji, błędy te

mogą doprowadzić do kolizji w powietrzu, przedwczesnego wyczerpania dysponowanego zapasu paliwa lub nieudanego lądowania. Przykładem takiej sytuacji jest wyrażenie zgody na lądowanie w warunkach niespełniających obowiązujących wymagań, nieumiejętne sprowadzanie do lądowania lub też doprowadzenie do kolizji podczas lotu. Tego typu zdarzenie miało miejsce podczas wykonywania zadania lotniczego polegającego na przechwyceniu w trudnych warunkach atmosferycznych w nocy, innego samolotu bojowego wyposażonego w systemy zakłócające. W wyniku skutecznego zakłócenia pracy pokładowej stacji radiolokacyjnej myśliwca przechwytującego i braku właściwej reakcji nawigatora naprowadzania, doszło do zderzenia obydwóch maszyn i w efekcie całkowitego ich zniszczenia. Do uszkodzenia lub utraty statku powietrznego może przyczynić się również przekazanie załodze nieprawdziwych informacji nawigacyjnych lub pogodowych, albo nieaktualnych danych o sytuacji taktycznej podczas wykonywania misji bojowych.

Drugą kategorią przyczyn potencjalnego uszkodzenia lub zniszczenia statku powietrznego może być niesprawność techniczna sprzętu stanowiącego wyposażenie poszczególnych systemów zabezpieczenia operacji lotniczych. Najpoważniejsze zagrożenie stwarza nagła awaria naziemnych systemów lądowania według przyrządów, zwłaszcza gdy dochodzi do niej w trudnych warunkach atmosferycznych.

Wymienione powyżej kategorie potencjalnych przyczyn uszkodzenia lub nawet zniszczenia statku powietrznego na szczęście zdarzają się niezwykle rzadko. Jednak ze względu na ich poważne skutki konieczne jest prowadzenie stałych działań profilaktycznych mających na celu skuteczne zapobieganie powstawaniu tego typu zdarzeń.

Do przejścia statku powietrznego w stan niezdatności może przyczynić się również infrastruktura lotniskowa. Najczęściej są to uszkodzenia zespołu napędowego z powodu zassania ciała obcego, w następstwie nienależytego utrzymania czystości nawierzchni lotniska lub jej złego stanu technicznego. Inną kategorię przyczyn stanowi nieodpowiednia jakość tankowanego paliwa, gazów technicznych lub parametrów zasilania energetycznego. Tego typu przypadki zdarzają się obecnie stosunkowo rzadko, gdyż zaawansowane metody kontroli dość skutecznie je eliminują. Zazwyczaj dochodzi do nich podczas alimentacji statków powietrznych na lotniskach polowych i lądowiskach, które na co dzień nie są wykorzystywane. Czasem zdarza się, że przyczyną uszkodzeń statków powietrznych jest niewłaściwy stan techniczny hangarów lub schronohangarów. Skutkiem tego są np. przecieki dachu lub nadmierne zawilgocenie. Skrajnym przykładem jest załamanie się dachu hangaru pod ciężarem pokrywy śnieżnej. W efekcie, blisko 50 samolotów szkolno–treningowych TS–11 Iskra zostało uszkodzonych, z czego ponad połowę wycofano z eksploatacji, gdyż ich remont był nieopłacalny.

Zdarzeniami, które mogą prowadzić do uszkodzenia statku powietrznego są również kolizje na płycie lotniska z pojazdami obsługi lotniskowej. Przykładem takiego wypadku jest incydent, w którym polski samolot rządowy Tu–154M został uszkodzony przez wózek transportowy na płycie jednego z dużych lotnisk międzynarodowych. Uszkodzenie slotu skrzydła okazało się na tyle poważne, że do czasu naprawy samolot nie mógł opuścić lotniska.

Jak wynika z przeprowadzonej analizy, niemal wszystkie komponenty systemów zabezpieczenia operacji lotniczych oddziałują na stan zdatności statków powietrznych, a w konsekwencji na ich gotowość techniczną. Mimo, że negatywne zdarzenia spowodowane przez czynniki związane z omawianymi systemami mają charakter incydentalny, to jednak ich skutki mogą być bardzo poważne i prowadzić do uszkodzenia eksploatowanego samolotu lub śmigłowca, a nawet całkowitego jego zniszczenia. Z tych względów ich rola nie może być pomijana.

4.6. Otoczenie statku powietrznego

W powszechnym rozumieniu, otoczenie (nazywane również środowiskiem) obejmuje wszystkie elementy, które nie należą do danego układu (systemu). Mianem otoczenia statku powietrznego, najczęściej określane są warunki środowiskowe, w jakich jest on eksploatowany, czyli użytkowany, obsługiwany, naprawiany, przechowywany i remontowany. W niektórych publikacjach pojęcie *otoczenie* jest definiowane w szerszym znaczeniu i *„generalnie obejmuje ludzi, obiekty techniki oraz środowisko przyrodnicze”*. [12] W niniejszej pracy, *otoczenie* jest utożsamiane wyłącznie z warunkami środowiskowymi, gdyż wszystkie pozostałe czynniki związane z systemami wspierającymi proces eksploatacji i mające wpływ na gotowością techniczną, zostały omówione oddzielnie.

Zgodnie z przyjętą definicją, otoczenie statku powietrznego stanowi przede wszystkim środowisko naturalne, w którym jest on eksploatowany. W przypadku wojskowych statków powietrznych dodatkowym, ale bardzo ważnym elementem, są uwarunkowania środowiskowe związane z wykonywaniem zadań poligonowych lub misji bojowych, które w dalszej części nazywane będą *środowiskiem bojowym*. Uwarunkowania związane ze środowiskiem naturalnym i bojowym są całkowicie odmienne i z tego względu zostaną omówione oddzielne. Należy przy tym podkreślić, że warunki otoczenia statku powietrznego, zarówno w odniesieniu do środowiska naturalnego jak i bojowego, są inne w trakcie jego użytkowania (lotu) niż w pozostałych fazach eksploatacji, czyli przebywania na ziemi. W ramach dokonanej poniżej analizy pod uwagę brane będą tylko te czynniki, które w sposób bezpośredni lub pośredni wpływają na gotowość techniczną eksploatowanych samolotów lub śmigłowców.

4.6.1. Środowisko naturalne

Podstawowymi czynnikami kształtującymi środowisko naturalne są warunki i zjawiska atmosferyczne. Do warunków, które mają wpływ na zdatność, zalicza się przede wszystkim temperaturę i wilgotność oraz stopień zapylenia i zasolenia powietrza. Bardzo wysokie lub niskie temperatury na ziemi oraz duża wilgotność przyczyniają się do zwiększenia liczby powstających usterek i uszkodzeń, zwłaszcza urządzeń elektronicznych. Skrajne temperatury mogą stanowić ograniczenie w uruchamianiu niektórych systemów i urządzeń elektronicznych. Pogarszają one również komfort obsługi technicznej i zwiększają ryzyko popełnienia błędów podczas wykonywanych prac. Silne nasłonecznienie i wysokie temperatury wpływają niekorzystnie między innymi na szkło organiczne (szyby lub osłonę kabiny) i ogumienie, a ponadto powodują zwiększenie objętości paliwa w zbiornikach pokładowych i podwieszanych. Z tych względów wymaga to od personelu technicznego podejmowania określonych działań zapobiegawczych.

Szczególnie niekorzystne oddziaływanie ma podwyższona wilgotność, zwłaszcza w odniesieniu do instalacji elektrycznej i bloków elektronicznych. Dość skutecznym sposobem na ograniczenie negatywnego wpływu warunków atmosferycznych na stan techniczny statków powietrznych jest ich przechowywanie w hangarach lub schronohangarach. Destrukcyjny wpływ ma również wysokie zasolenie powietrza. Narażone na nie są statki powietrzne, bazujące i operujące w rejonie nadmorskim, a zwłaszcza śmigłowce podczas zawisu na małej wysokości lub wodowania. Zwiększone zasolenie wzmaga i przyspiesza proces korozji. Aby temu przeciwdziałać wykonywane są dodatkowe obsługi profilaktyczne. Z tego powodu dość często ograniczany jest również resurs statków powietrznych lub ich części składowych.

W przypadku zjawisk atmosferycznych problem jest bardziej złożony i wymaga oddzielnej oceny skutków ich oddziaływania na statek powietrzny, podczas jego użytkowania w locie i przebywania na ziemi. Do zjawisk, które stanowią potencjalne zagrożenie w trakcie lotu, należą przede wszystkim burze i towarzyszące im wyładowania atmosferyczne, intensywne opady gradu i oblodzenie. Konsekwencją uderzenia pioruna może być uszkodzenie pokładowych systemów elektronicznych i urządzeń instalacji elektrycznej. Natomiast, przelot przez strefę intensywnych opadów gradu może zakończyć się uszkodzeniem powłoki lakierniczej płatowca, osłony kabiny, anten itp. Z kolei, szybko narastające oblodzenie pogarsza charakterystyki aerodynamiczne i niebezpiecznie zwiększa prędkość przeciągnięcia. W przypadku śmigłowców i niektórych typów samolotów oblodzenie może doprowadzić do wyłączenia silnika. Podczas lądowania szczególnie niebezpieczne są intensywne opady deszczu, śniegu lub gradu, gęsta mgła oraz silne podmuchy i uskoki wiatru. Znaczne ograniczenie widzialności może dodatkowo przyczynić się do popełnienia przez załogę błędów, które na małej wysokości zazwyczaj pociągają za sobą groźne skutki.

Do niepożądanych zjawisk zalicza się również silne zapylenie powietrza. Występuje ono w terenie pustynnym lub w rejonach skupiających znaczną liczbę zakładów przemysłu ciężkiego, emitujących do atmosfery duże ilości zanieczyszczeń. Innym poważnym źródłem zanieczyszczenia powietrza są pyły wulkaniczne, które mogą rozprzestrzeniać się na duże odległości i wysokości. W sprzyjających warunkach, w podobny sposób przemieszczają się także masy drobnego piasku pustynnego. Czasem zdarza się, że znad Afryki Północnej i Półwyspu Arabskiego docierają one nawet nad terytorium Polski. W przypadku śmigłowców zjawisko silnego zapylenia powstaje także podczas startu, zawisu i lądowania w terenie piaszczystym.

Wykonywanie lotów w strefie silnego zapylenia powoduje przede wszystkim przyspieszone zanieczyszczenie filtrów powietrza oraz erozję powłok łopatek silnika i krawędzi natarcia śmigieł oraz łopat wirników, a także powłok lakierniczych płatowca i oszklenia. Silne zapylenie niekorzystnie wpływa również na pracę łożysk i dźwigników. W konsekwencji pociąga to za sobą konieczność zwiększenia częstotliwości wykonywania obsług technicznych i rozszerzenia ich zakresu, a nawet ograniczenia resursu niektórych zespołów (np. silników odrzutowych i turbośmigłowych) i innych części składowych. Aby zmniejszyć skutki niekorzystnego oddziaływania pyłów, w niektórych konstrukcjach, zwłaszcza śmigłowców, przed wlotami do silników montowane są dodatkowe filtry.

W środowisku naturalnym potencjalne zagrożenie dla statków powietrznych stanowią również zderzenia z ptakami. Ich skutkiem jest najczęściej uszkodzenie łopatek sprężarki silnika w stopniu, który zazwyczaj umożliwia kontynuowanie lotu. Zdarzają się jednak przypadki, że z tej przyczyny dochodzi do całkowitej awarii zespołu napędowego. Do takiego zdarzenia doszło podczas lotu na bardzo małej wysokości śmigłowca ratowniczego typu Mi–14. W wyniku zderzenia ze stadem gołębi, nastąpiło całkowite przysłonięcie kanałów wlotowych do obydwóch silników. W następstwie śmigłowiec stracił napęd i runął na ziemię ulegając całkowitemu zniszczeniu. Aby unikać zagrożenia ze strony ptaków, w rejonie lotnisk stosowane są różne metody ich odstraszania.

Konkretne skutki oddziaływania omówionych zjawisk atmosferycznych na statek powietrzny podczas lotu są trudne do przewidzenia , gdyż mają charakter losowy. Często w dużym stopniu są one uzależnione od postępowania załogi. Najbardziej skutecznym sposobem zapobiegania ich niekorzystnemu oddziaływaniu jest unikanie, w miarę możliwości, szczególnie niebezpiecznych zjawisk. Dotyczy to przede wszystkim załóg, których poziom wyszkolenia i posiadanego doświadczenia, nie uprawnia do wykonywania lotów w danych warunkach.

Podczas przebywania statków powietrznych na ziemi są one znacznie mniej narażone na negatywne działanie zjawisk atmosferycznych niż w trakcie lotu, zwłaszcza, gdy są przechowywane w hangarach lub schronohangarach. Jednym z nielicznych potencjalnych

zagrożeń są huraganowe wiatry, zwłaszcza dla samolotów i śmigłowców zaparkowanych na płycie lotniska.

Podsumowując należy stwierdzić, że środowisko naturalne w znaczącym stopniu wpływa na poziom zdatności eksploatowanych w nim statków powietrznych, a tym samym na ich gotowość techniczną. Z doświadczeń praktycznych wynika bowiem, że ten sam typ samolotu lub śmigłowca eksploatowany w odmiennych warunkach klimatycznych charakteryzuje się różnym poziomem niezawodności. Podobny wpływ mają także pory roku, gdyż zazwyczaj wczesną wiosną i późną jesienią występuje znacznie więcej usterek i uszkodzeń niż w pozostałych okresach.

4.6.2. Środowisko bojowe

Jak już wcześniej wspomniano, mianem *środowiska bojowego* określone zostało otoczenie oddziałujące na statek powietrzny, w trakcie wykonywania zadań w ramach operacji militarnych lub ćwiczeń poligonowych. Środowisko bojowe obejmuje wyłącznie szeroko rozumiane uzbrojenie i wyposażenie wojskowe.

Ćwiczenia poligonowe są planowane i prowadzone w sposób ograniczający ryzyko niebezpiecznych zdarzeń do możliwie najniższego poziomu. Czasem zdarza się jednak, że mimo to podczas wykonywania tego typu zadań dochodzi do wypadków uszkodzenia, a nawet całkowitego zniszczenia statku powietrznego. Najczęstszą tego przyczyną są błędy w działaniu załogi lub innego personelu biorącego udział w prowadzonym ćwiczeniu. Typowym przykładem takiego zdarzenia jest porażenie statku powietrznego odłamkami środków bojowych w wyniku wykonywania ataku na zbyt małej wysokości i opóźnionego wykonania manewru wyprowadzania. Niektóre typy samolotów bojowych są podatne na samoczynne wyłączenie silnika w momencie odpalenia podwieszonych pocisków rakietowych. Przyczyną tego jest wejście samolotu w tor lotu odpalonych pocisków, co prowadzi do gwałtownego zmniejszenia zawartości tlenu w zasysanym przez silnik powietrzu. Ze względu na deficyt czasu ponowne jego uruchomienie na małej wysokości nie jest możliwe i konieczne staje się awaryjne opuszczenie samolotu. Sposobem na unikanie tego typu wypadków jest pojedyncze odpalanie kolejnych pocisków wytwarzających dużą ilość gazów spalinowych oraz nieznaczna korekta toru lotu bezpośrednio po zejściu pocisku z wyrzutni. Inną przyczyną uszkodzenia statku powietrznego w trakcie wykonywania zadań poligonowych bywają same środki uzbrojenia z powodu ich wad fabrycznych, niewłaściwie wykonanego remontu lub obsługi technicznej, albo też nadmiernego przedłużenia ich resursu kalendarzowego. Skrajnym przykładem tego rodzaju przypadków jest katastrofa samolotu typu Su–22 z powodu wybuchu bomby bezpośrednio po jej zwolnieniu z zamka. Prawdopodobną przyczyną niekontrolowanego wybuchu była wada produkcyjna nowowprowadzanego do użytku zapalnika. Do najbardziej niebezpiecznych lotniczych zadań poligonowych należy odpalanie pocisków rakietowych symulujących cele dla wojsk obrony przeciwlotniczej.

Może się bowiem zdarzyć, że odpalany z wyrzutni naziemnej pocisk rakietowy przechwyci samolot zamiast celu, gdy obydwa obiekty znajdują się w stosunkowo niewielkiej odległości od siebie. Do takiego wypadku doszło podczas ćwiczeń na poligonie morskim z udziałem samolotu Su-22, który w wyniku tego zdarzenia został zniszczony.

Środowisko bojowe zazwyczaj ma destrukcyjny wpływ na operujące w nim statki powietrzne. Stopień tego oddziaływania w głównej mierze zależy od charakteru prowadzonej operacji oraz skuteczności przeciwdziałania przeciwnika. Ta zaś jest uzależniona nie tylko od dysponowanych przez niego systemów uzbrojenia, ale także od liczebności i poziomu wyszkolenia wojsk, ich morale itp. Największe zagrożenie dla wykonujących misje bojowe statków powietrznych stanowi nieprzyjacielskie lotnictwo oraz wojska rakietowe i artyleria, a na małych wysokościach także środki obrony przeciwlotniczej krótkiego zasięgu, a nawet broń strzelecka. Dodatkowym problemem są środki zakłócające pracę systemów nawigacyjno–celowniczych, oraz systemów łączności i transmisji danych.

Wrażliwość statku powietrznego na oddziaływanie środowiska bojowego podczas wykonywanej misji, zależy również od jego własności i właściwości, a zwłaszcza wybranych charakterystyk taktyczno–technicznych oraz żywotności, w tym od skuteczności działania jego systemów ostrzegania i obrony własnej. Istotne znaczenie ma też poziom wyszkolenia załogi oraz właściwe zaplanowanie, przygotowanie i zabezpieczenie operacji, w ramach której prowadzona jest dana misja, a także racjonalne dowodzenie jej przebiegiem.

Stopień rażenia samolotu lub śmigłowca środkami ogniowymi nieprzyjaciela ma charakter losowy i jest uzależniony od wymienionych wcześniej czynników. Czasem nie bez znaczenia pozostają też panujące warunki atmosferyczne, a nawet zbieg bardziej lub mniej szczęśliwych okoliczności. Odniesione podczas wykonywanej misji uszkodzenia bojowe decydują o szansach na powrót danego statku powietrznego do bazy. Bardzo ważną rolę odgrywa w tym jego żywotność, a także umiejętności załogi i wymagana do pokonania odległość. Powrót do bazy nie jest równoznaczny z perspektywą pozostania danego samolotu lub śmigłowca w służbie. Niekiedy doznane uszkodzenia są tak poważne, że jego remont staje się niemożliwy lub nieopłacalny. Oprócz uzbrojenia klasycznego poważne zagrożenie na współczesnym polu walki może stanowić broń jądrowa, chemiczna i biologiczna oraz ładunki emitujące bardzo silne wyładowania elektromagnetyczne. Broń jądrowa i ładunki elektromagnetyczne powodują zakłócenia działania lub uszkodzenia instalacji elektrycznej oraz systemów i urządzeń elektronicznych. Skażenie bronią chemiczną i biologiczną na ogół nie powoduje uszkodzeń samego statku powietrznego, ale podobnie jak w przypadku broni jądrowej wymaga przeprowadzenia procesu dekontaminacji.

Stosunkowo nowym rodzajem zagrożenia dla samolotów i śmigłowców wykonujących zadania w powietrzu, jest zderzenie z bezzałogowymi statkami powietrznymi. Tego typu zagrożenie występuje głównie podczas lotu na małej wysokości, zarówno w czasie pokoju, jak i wykonywania zadań bojowych.

Dla gotowości technicznej kluczowe znaczenie ma czas przywrócenia uszkodzonego lub skażonego samolotu lub śmigłowca do stanu zdatności. Ten zaś zależy nie tylko od skali uszkodzeń, ale również od dysponowanego zaplecza remontowego oraz zaopatrzenia w zespoły i części wymienne. W przypadku skażeń istotną rolę odgrywa efektywność działania pododdziałów chemicznych.

Analizując problematykę dotyczącą środowiska bojowego należy pamiętać, że w wyniku działań przeciwnika statki powietrzne mogą ulec uszkodzeniu, skażeniu lub całkowitemu zniszczeniu, także w trakcie postoju na własnym lotnisku lub lądowisku.

4.7. Czynnik ludzki

Przedstawione w niniejszym rozdziale czynniki i związane z nimi uwarunkowania wskazują, że kluczową rolę w utrzymaniu zdatności, a tym samym gotowości technicznej statków powietrznych, odgrywa personel bezpośrednio lub pośrednio związany z procesem jego eksploatacji. Warto przy tym podkreślić, że własności i właściwości samolotu lub śmigłowca są kształtowane również przez człowieka. Powyższe względy sprawiają, że prowadzona analiza powinna obejmować również problematykę związaną z tzw. *czynnikiem ludzkim*.

Czynnik ludzki charakteryzuje się dużym rozrzutem cech w stosunku do wartości oczekiwanej i wprowadza największą składową do kompleksowej niepewności w prognozowaniu przebiegu procesu eksploatacji statków powietrznych. Jak wiadomo żaden człowiek, niezależnie od wieku, posiadanego wykształcenia, doświadczenia i predyspozycji osobistych, nie jest w stanie w sposób ciągły wykonywać swoją pracę perfekcyjnie, nie popełniając przy tym żadnych błędów. Mówi się nawet o nieuchronności błędu ludzkiego. Zazwyczaj ich najczęstszymi przyczynami są:

- brak wymaganej wiedzy lub umiejętności,
- brak wymaganych informacji w dokumentacji technicznej lub też zawarte w niej błędy,
- niewłaściwie sformułowane przepisy,
- niewłaściwa organizacja pracy,
- brak predyspozycji do danego zawodu,
- stres i działanie w warunkach deficytu czasu,
- czasowa niedyspozycja organizmu (psychiczna lub fizyczna),
- nieodpowiednie relacje międzyludzkie.

W lotnictwie, popełniane błędy mogą nie tylko wpływać na obniżenie poziomu zdatności statku powietrznego, ale przede wszystkim stwarzać zagrożenie dla bezpieczeństwa jego użytkowania i obsługi. Szczególnie groźne są sytuacje, gdy dochodzi do powstania tzw. łańcucha niepożądanych zdarzeń. Z tych względów, w procesie eksploatacji techniki lotniczej, należy ustawicznie dążyć do możliwie maksymalnego ograniczania zarówno prawdopodobieństwa popełniania błędów, jak i ich potencjalnych skutków. Kluczową rolę w tym zakresie odgrywają następujące czynniki:

- odpowiednie kryteria i procedury doboru kandydatów do zawodu,
- poziom teoretycznego i praktycznego przygotowania do wykonywanych zadań (system ustawicznego podnoszenia kwalifikacji oraz okresowa kontrola wymaganej wiedzy i umiejętności praktycznych, a także stanu zdrowia),
- właściwa organizacja i warunki pracy, w tym przejrzysty podział zadań i kompetencji z uwzględnieniem kwalifikacji i predyspozycji pracowników,
- skuteczny system kontroli i nadzoru,
- motywacyjny system wynagradzania.

Analiza problematyki dotyczącej *czynnika ludzkiego* w procesie eksploatacji techniki lotniczej najczęściej koncentruje się na personelu latającym i obsługi technicznej. Należy jednak pamiętać, że efektywne i bezpieczne funkcjonowanie systemu eksploatacji statków powietrznych wymaga profesjonalnego współdziałania z systemami zabezpieczenia operacji lotniczych, logistyki oraz zakładów remontowych i produkcyjnych, a w wielu przypadkach także placówek naukowo–badawczych. Zatrudniony tam personel ma więc bezpośredni lub pośredni wpływ na poziom zdatności eksploatowanych samolotów i śmigłowców mimo, że czasem rola danego pracownika pozornie wydaje się mało istotna. Czynnik ludzki ma więc kluczowe znaczenie w kształtowaniu jakości i efektywności procesu eksploatacji statków powietrznych, a tym samym poziomu ich gotowości technicznej.

4.8. Podsumowanie

W niniejszym rozdziale przedstawione zostały podstawowe czynniki mające wpływ na gotowość techniczną wojskowych statków powietrznych. Generalnie mają one zróżnicowany charakter oddziaływania i z tego względu zostały podzielone na następujące kategorie:

- własności i właściwości statku powietrznego,
- system eksploatacji,
- logistyka,
- systemy zabezpieczenia operacji lotniczych,
- otoczenie (środowisko).

Jak wskazuje przeprowadzona analiza, liczba czynników, które potencjalnie mogą mieć wpływ na gotowość techniczną statków powietrznych, jest stosunkowo duża. W procesie zarządzania systemem eksploatacji kluczowe znaczenie mają te czynniki, które wywierają największy wpływ na jego efektywność, a jednocześnie istnieje możliwość ograniczenia ich negatywnego oddziaływania. Do tej kategorii czynników zalicza się między innymi:

- wymagania taktyczno–techniczne na pozyskiwany sprzęt i warunki dostawy,
- organizację i zarządzanie,
- przepisy i procedury,
- personel latający,
- personel techniczny.

Poziom oddziaływania wyżej wymienionych czynników na gotowość techniczną statków powietrznych jest zróżnicowany. W dużej mierze zależy on od kategorii, w której rozpatrywany jest dany czynnik. Ogólny poziom ich wzajemnego oddziaływania przedstawia tabela nr 4.2.

Tabela 4.2. Ogólny poziom oddziaływania czynników wpływających na poziom gotowości technicznej statków powietrznych

Rodzaj czynnika	**Własności i właściwości**	**System eksploatacji**	**Logistyka**	**Systemy zabezpieczenia operacji lotniczych**	**Otoczenie**
Wymagania taktyczno–techniczne	wysoki	średni	brak	średni	średni
Organizacja i zarządzanie	brak	wysoki	wysoki	wysoki	brak
Przepisy i procedury	średni	wysoki	średni	wysoki	średni
Personel latający	umiarkowany	wysoki	brak	średni	średni
Personel techniczny	umiarkowany	wysoki	średni	brak	umiarkowany

Przedstawione w tabeli 4.2. zestawienie daje ogólny obraz relacji pomiędzy poszczególnymi kategoriami czynników oddziałujących na gotowość techniczną wojskowych statków powietrznych. Ma on jednak charakter orientacyjny, a ocena stopnia oddziaływania poszczególnych czynników została dokonana w sposób subiektywny.

Wymagania taktyczno–techniczne na pozyskiwane statki powietrzne stanowią podstawę do podjęcia decyzji o wyborze zarówno ich typu jak i kompletacji. W konsekwencji, zawarte w tym dokumencie wymagania w znacznym stopniu decydują o ostatecznym kształcie własności i właściwości dostarczanych samolotów lub śmigłowców. W trakcie eksploatacji wymienione cechy mogą być w pewnym zakresie zmieniane w ramach

prowadzonych modernizacji i modyfikacji lub wykonywanych biuletynów technicznych. Wspomniany dokument powinien również zawierać wymagania dotyczące systemu eksploatacji pozyskiwanych statków powietrznych, a także warunków ich współdziałania z systemami zabezpieczenia operacji lotniczych. Przyjęte wymagania w zakresie własności i właściwości samolotu lub śmigłowca mają z kolei wpływ na skutki oddziaływania na nie środowiska naturalnego i bojowego.

Organizacja i zarządzanie systemem eksploatacji statków powietrznych ma bardzo istotny wpływ na jego efektywność. One bowiem w znacznej mierze decydują, czy dysponowany potencjał techniczny i zasoby ludzkie są wykorzystywane w sposób racjonalny i efektywny. Organizacja i zarządzanie systemu eksploatacji w istotnym stopniu wpływa na poziom gotowości operacyjnej i technicznej statków powietrznych oraz na bezpieczeństwo ich użytkowania i obsługi, a także na koszty związane z procesem eksploatacji.

Obowiązujące przepisy i procedury normują zasady funkcjonowania systemu eksploatacji statków powietrznych. Określają one podział obowiązków i uprawnień poszczególnych służb, jednostek i komórek organizacyjnych oraz osób funkcyjnych, a także wzajemne relacje pomiędzy nimi. Definiują też między innymi ogólne zasady wykonywania lotów w różnych warunkach terenowych i atmosferycznych, w tym lotów próbnych, lotów z użyciem uzbrojenia oraz zadań bojowych, a także postępowania w sytuacjach awaryjnych. Ponadto, określają one również zasady użytkowania danego typu statku powietrznego i związane z tym ograniczenia, także programy szkolenia lotniczego personelu latającego oraz kryteria uzyskiwania określonych kwalifikacji i nadawania związanych z tym uprawnień. Przepisy te formułują także ogólne zasady funkcjonowania służby inżynieryjno–lotniczej oraz zakres, częstotliwość i technologię wykonywania obsług technicznych i odnowy sprzętu lotniczego. Normują one również programy szkolenia personelu technicznego i zasady nadawania określonych uprawnień. Od jakości obowiązujących przepisów oraz mechanizmów zapewniających ich przestrzeganie, w głównej mierze zależy poziom bezpieczeństwa eksploatacji techniki lotniczej, a także jej zdatności.

Personel odgrywa bardzo istotną rolę w funkcjonowaniu każdego systemu eksploatacji, a zwłaszcza w przypadku tak złożonych obiektów jak statki powietrzne. Tylko odpowiednio wyszkolony i posiadający wymagane predyspozycje personel latający stwarza możliwości wykorzystywania pełnego potencjału eksplotacyjnego użytkowanych samolotów lub śmigłowców, przy jednoczesnym zapewnieniu wysokiego poziomu bezpieczeństwa. Natomiast, brak wymaganych kwalifikacji, doświadczenia lub predyspozycji, a także chwilowa niedyspozycja załogi podczas lotu może doprowadzić nie tylko do nie wykonania zadania, ale także do uszkodzenia, a nawet zniszczenia statku powietrznego. Z kolei, prawidłowe postępowanie załogi może znacząco ograniczyć lub wyeliminować negatywne skutki oddziaływania środowiska naturalnego i bojowego.

Bardzo ważną rolę pełni również personel techniczny, który ma kluczowy wpływ zarówno na gotowość techniczną jak i bezpieczeństwo eksploatacji statków powietrznych. Może on również ograniczać negatywne oddziaływanie otoczenia poprzez wykonywanie odpowiednich obsług profilaktycznych i hangarowanie sprzętu lotniczego. Zarówno personel latający jak i techniczny, może wywierać pewien wpływ na kształt własności i właściwości eksploatowanych statków powietrznych, zarówno na etapie formułowania wymagań taktyczno–technicznych, jak i opracowywania programów modernizacyjnych.

Podsumowując należy stwierdzić, że liczba czynników mających potencjalny wpływ na poziom gotowości technicznej statków powietrznych jest znaczna. Aby umożliwić prowadzenie ich systematycznej analizy powinny być one monitorowane. W tym celu konieczne jest stałe ewidencjonowanie stanu w jakim dany statek powietrzny znajduje się każdego dnia. Najczęściej przyjmuje się trzy kategorie stanów eksploatacyjnych (np. zdatny, zdatny z ograniczeniami lub niezdatny), przy czym stany niezdatności powinny określać przyczyny ich powstawania. W praktyce liczba stanów eksploatacyjnych musi być jednak ograniczona, aby prowadzenie ich ewidencji i późniejszej analizy nie było zbyt pracochłonne i skomplikowane. Z tego względu, konieczne jest wyselekcjonowanie tych rodzajów czynników, które są najczęstszą przyczyną niezdatności eksploatowanych statków powietrznych i powodują pozostawanie ich w tym stanie przez stosunkowo długi okres.

Z przeprowadzonych analiz i zebranych doświadczeń eksploatacyjnych wynika, że stany niezdatności powinny obejmować następujące grupy czynników:

- obsługi techniczne,
- usterki i uszkodzenia,
- odnowa trwałości,
- remont i modernizacja,
- reklamacje,
- oczekiwanie statku powietrznego,
- inne czynniki.

Gdy zachodzi taka potrzeba w wymienionych grupach może występować kilka stanów eksploatacyjnych. Przykładowo, w grupie *obsługi techniczne* mogą być wyszczególnione poszczególne ich poziomy, a w grupie *usterki i uszkodzenia* wybrane kategorie ich przyczyn. Zaproponowane grupy czynników kwalifikowanych jako wydzielone stany niezdatności statku powietrznego wydają się dość racjonalne. Jednak ich rzeczywistą przydatność potwierdzą dopiero przeprowadzone w ramach niniejszej pracy badania praktyczne.

5. STANY EKSPLOATACYJNE

Stan fizyczny obiektu technicznego opisywany jest za pomocą wektora, którego składowymi są wartości fizyczne, określające ten obiekt pod kątem danego badania w określonym przedziale czasu. Funkcja opisująca stan obiektu technicznego może być dwuwartościowa lub wielowartościowa. Pierwszy przypadek dotyczy sytuacji, gdy występują tylko dwa stany eksploatacyjne: *zdatny* i *niezdatny*. Obiekt znajduje się w stanie zdatności, gdy spełnia zawarte w dokumentacji technicznej wymagania, które umożliwiają normalne jego funkcjonowanie w pełnym zakresie użytkowania. Obiekt będący w stanie zdatności, czyli poprawnego działania, wykonuje zadania, lub jest zdolny do ich wykonywania, zgodnie ze swoim przeznaczeniem. Natomiast, jeżeli z różnych względów obiekt nie może realizować zadań, do których jest przeznaczony w sposób zgodny z obowiązującymi wymaganiami, to wówczas znajduje się w stanie niezdatności.

W procesie eksploatacji tak złożonych obiektów jak współczesne statki powietrzne, dość często występują usterki i uszkodzenia, które nie zawsze muszą pociągać za sobą konieczność natychmiastowego wstrzymania użytkowania. Nie stanowią one bowiem zagrożenia zarówno dla bezpieczeństwa lotów, jak i obsługi technicznej, a ponadto w wielu przypadkach nie powodują ograniczenia zakresu użytkowania. W komercyjnym lotnictwie transportowym ,każdy statek powietrzny ma określoną tzw. listę minimalnego wyposażenia MEL [*ang. Minimum Equipment List*]. Zawiera ona wykaz niesprawności technicznych, z którymi dany samolot lub śmigłowiec może być dopuszczony do wykonywania operacji powietrznych, a także związane z tym uwarunkowania i ograniczenia. Lista MEL podlega zatwierdzeniu przez uprawniony organ nadzoru lotniczego, który certyfikuje danego operatora (użytkownika). Lista minimalnego wyposażenia opracowana przez producenta danego typu statku powietrznego określana jest mianem MMEL [*ang. Master Minimum Equipment List*].

W lotnictwie wojskowym listy minimalnego wyposażenia również są stosowane, zwłaszcza w odniesieniu do nowszych typów statków powietrznych. Jednak ze względu na odmienną specyfikę wykonywanych zadań, w tym przypadku problem jest nieco bardziej złożony. Powstałe usterki lub uszkodzenia mogą bowiem pozwalać na realizowanie pewnych zadań, a jednocześnie uniemożliwiać wykonanie innych. Przykładem takiej sytuacji jest uszkodzenie radaru pokładowego samolotu bojowego w trakcie wykonywania tury lotów szkolno–treningowych. Z tego powodu wspomniany samolot nie może być dalej wykorzystywany do wykonywania takich zadań jak przechwytywanie celów powietrznych. Z powodzeniem może on jednak wykonywać loty nawigacyjne czy tzw. loty do strefy w celu szkolenia treningu w zakresie pilotażu. Innym przykładem jest awaria wciągarki w śmigłowcu ratownictwa morskiego. Wprawdzie eliminuje ona wspomniany śmigłowiec

z pełnienia dyżurów ratowniczych, ale nie stanowi przeszkody w realizacji wszystkich pozostałych zadań lotniczych.

W przypadku, gdy powstałe usterki lub uszkodzenia nie powodują żadnych ograniczeń w zakresie użytkowania statku powietrznego to nadal pozostaje on w stanie *zdatny*. Do tego stanu nie można jednak zaliczyć samolotu czy śmigłowca, z usterką lub uszkodzeniem, które są przyczyną ograniczeń zakresu realizowanych zadań. Z kolei, zakwalifikowanie takich przypadków do stanu *niezdatny* również nie jest odzwierciedleniem rzeczywistej sytuacji. Z tego względu często stosowana jest trzecia kategoria stanów eksploatacyjnych określana jako *zdatny z ograniczeniami.* W lotnictwie wojskowym jest ona zazwyczaj utożsamiana z kategorią *zdatny.* Taki sposób klasyfikacji jest stosowany między innymi w lotnictwie Sił Zbrojnych RP.

Konsekwencje wynikające z pozostawania statku powietrznego w stanie *zdatny* lub *niezdatny* są jednoznaczne. W pierwszym przypadku znajduje się on w stanie gotowości technicznej do wykonywania zadań lotniczych zgodnie ze swoim przeznaczeniem, a w drugim jego użytkowanie jest niemożliwe. Nieco trudniejsza jest jednak interpretacja stanu *zdatny z ograniczeniami,* gdyż pozostające w nim statki powietrzne wprawdzie mogą być użytkowane, ale w ograniczonym zakresie, w zależności od charakteru powstałej usterki lub uszkodzenia. W efekcie, bez dostępu do dodatkowych informacji, trudno jest ocenić skalę tych ograniczeń, a tym samym pozostający do dyspozycji potencjał operacyjny danego samolotu lub śmigłowca. W przypadku, gdy stan *zdatny z ograniczeniami* jest ewidencjonowany jako oddzielna kategoria stanów eksploatacyjnych, względy operacyjne mogą wymagać wprowadzenia kilku jego rodzajów, które umożliwią odpowiednie klasyfikowanie powstałych usterek i uszkodzeń oraz związanych z tym ograniczeń eksploatacyjnych. Natomiast w przypadku, gdy stan ten jest finalnie traktowany jako *zdatny* to pożądane jest opracowanie kryteriów kwalifikacji do tego stanu.

Przejście statku powietrznego w stan niezdatności jest zjawiskiem niepożądanym, gdyż uniemożliwia jego użytkowanie, a tym samym niekorzystnie wpływa na poziom gotowości technicznej. Wiele czynników występujących w procesie eksploatacji sprawia jednak, że jest to zjawisko nieuniknione. Niezwykle istotne jest zatem, aby czas pozostawania w tym stanie był ograniczony do niezbędnego minimum. Dlatego bardzo pożądane jest posiadanie wiarygodnych informacji dotyczących nie tylko czasu przebywania w stanie niezdatności, ale także jego przyczyn. Z tego względu konieczne jest przyjęcie takich stanów eksploatacyjnych, które pozwolą na identyfikację czynników będących w głównej mierze powodem stanu niezdatności. Umożliwi to wówczas stałe monitorowanie i analizowanie poziomu gotowości technicznej eksploatowanych statków powietrznych. Dzięki temu możliwe będzie podejmowanie racjonalnych i skutecznych działań mających na celu ograniczanie wpływu niekorzystnych czynników.

Opracowanie odpowiedniego systemu klasyfikacji stanów eksploatacyjnych wojskowych statków powietrznych, rozpoczęto od wnikliwej analizy uregulowań w tym zakresie, obowiązujących obecnie w lotnictwie Sił Zbrojnych RP. Wyniki tej analizy oraz związane z nią wnioski omówiono w rozdziale 2.1. Wskazują one, że stosowane obecnie stany eksploatacyjne nie pozwalają na jednoznaczne i w miarę precyzyjne określenie przyczyn stanów niezdatności. Ponadto, do kategorii *zdatny* i *zdatny z ograniczeniami* zaliczane są stany, które obejmują samoloty i śmigłowce praktycznie niezdolne do wykonywania lotów operacyjnych w czasie pokoju, tzn. w warunkach nie związanych z działaniami wojennymi. Z tych względów nie mogą być one wykorzystywane do analizy i oceny gotowości technicznej. Konieczne staje się zatem opracowanie takich rodzajów stanów eksploatacyjnych, które umożliwią identyfikację wszystkich podstawowych czynników mogących być potencjalną przyczyną przechodzenia statków powietrznych w stan niezdatności.

Przystępując do opracowania nowego systemu ewidencji stanów eksploatacyjnych wojskowych statków powietrznych przyjęto założenie, że powinien być on funkcjonalny i przejrzysty, stosunkowo prosty w użytkowaniu i obsłudze, a jednocześnie niezbyt rozbudowany. Jego struktura powinna być dostosowana do systemu eksploatacji obowiązującego w warunkach pokoju, z możliwością łatwego dostosowania go do warunków bojowych. Przyjęte stany eksploatacyjne powinny być zdefiniowane w sposób jednoznaczny i zrozumiały oraz obejmować wszystkie istotne przypadki, które mogą występować w procesie eksploatacji.

Jednym z istotnych problemów wymagających rozwiązania, są zasady i sposób ewidencji stanów eksploatacyjnych statków powietrznych. Zasadniczym dokumentem określającym aktualny stan eksploatacyjny każdego samolotu lub śmigłowca znajdującego się w wyposażeniu danej jednostki organizacyjnej jest raport dzienny. Na jego podstawie opracowywany jest raport zbiorczy oraz raporty okresowe (miesięczne). Każdy stan jest oznaczony przypisanym mu symbolem. W obecnie obowiązującym systemie ewidencji są to pojedyncze litery. Stanowi to znaczne ograniczenie jego możliwości, gdyż z 26 podstawowych liter alfabetu wykorzystanych zostało 21. Aby uniknąć tego typu ograniczeń w nowoopracowywanym systemie wprowadzono symbole składające się z dwóch liter. Przy doborze oznaczeń brano pod uwagę łatwość ich zapamiętania poprzez odpowiednie skojarzenia. W większości przypadków, do symbolu literowego dodano cyfrę (od 0 do 9), która wskazuje organizację odpowiedzialną za przywrócenie stanu zdatności danego samolotu lub śmigłowca. Wykaz wspomnianych oznaczeń zawiera tabela nr 5.1.

Tabela 5.1. Wykaz organizacji odpowiedzialnych za przywracanie stanu zdatności statków powietrznych

Oznaczenie	Nazwa organizacji
0	brak wykonawcy
1	eskadra lotnicza / dywizjon lotniczy
2	eskadra techniczna
3	Polowe Warsztaty Lotnicze
4	zakład remontowy
5	producent statku powietrznego
6	poddostawca producenta statku powietrznego
7	firma outsourcingowa wykonująca obsługi techniczne i naprawy
8	inny wykonawca
9	organ zaopatrzenia

Inną kwestią wymagającą sprecyzowania, jest określenie zasad przechodzenia statku powietrznego z jednego w kolejny stan eksploatacyjny. Ze względu na specyfikę działania lotnictwa wojskowego musi ono zachowywać stałą zdolność do realizacji stawianych mu zadań. Z tego względu zaewidencjonowany w danym dniu stan eksploatacyjny powinien obrazować sytuację w ciągu całej doby. W tym czasie statek powietrzny może jednak kilkakrotnie przechodzić w odmienne stany eksploatacyjne. Aby rozwiązać ten problem przyjęto założenie, że w danym dniu do ewidencji wpisywany jest ten stan, który w ciągu doby trwa nie krócej niż 12 godzin. Dla przykładu, jeżeli statek powietrzny rozpoczyna daną dobę w stanie niezdatności z powodu uszkodzenia, które zostanie usunięte przed godziną 12:00 i do końca dnia pozostanie on w gotowości technicznej, to w ewidencji wpisany zostanie stan *zdatny*. W przypadku, gdy każdy ze stanów eksploatacyjnych trwa po 12 godzin lub gdy żaden ze stanów nie trwa co najmniej 12 godzin to do ewidencji wpisywany jest stan ostatni w kolejności występowania.

W opracowanym systemie ewidencji stanów eksploatacyjnych przyjęto trzy kategorie stanów eksploatacyjnych:

- *zdatny Z* (statek powietrzny wykonuje zadania operacyjne lub jest w stanie gotowości technicznej do wykonywania zadań, w pełnym zakresie swojego przeznaczenia),
- *zdatny z ograniczeniami ZC* (statek powietrzny z wykrytą usterką lub uszkodzeniem, który na podstawie normatywnych dokumentów jest dopuszczony do wykonywania zadań lotniczych w ograniczonym zakresie),
- *niezdatny NZ* (statek powietrzny z różnych przyczyn nie może wykonywać zadań lotniczych).

Zdatny to stan eksploatacyjny, w którym statek powietrzny jest w pełni ukompletowany i sprawny technicznie, posiada zapas resursu i znajduje się w gotowości technicznej do wykonywania zadań lotniczych zgodnie z przeznaczeniem lub aktualnie je wykonuje. Stan ten obejmuje więc zarówno statki powietrzne pozostające w gotowości technicznej, wykonujące loty, jak i pełniące dyżury bojowe lub ratownicze. Do stanu *Z* zaliczane są więc także statki powietrzne z usterkami lub uszkodzeniami jeżeli nie wpływają one na bezpieczeństwo latania i nie ograniczają ich parametrów taktyczno–technicznych oraz zakresu użytkowania. Przykładem takiej sytuacji jest uszkodzenie powłoki lakierniczej płatowca.

Zdatny z ograniczeniami to stan eksploatacyjny, w którym statek powietrzny z wykrytą usterką lub uszkodzeniem, na podstawie normatywnych dokumentów (MEL, MMEL, instrukcja SIL, decyzja uprawnionego organu) jest dopuszczony do użytkowania z ograniczeniami dotyczącymi jego parametrów taktyczno–technicznych lub zakresu wykorzystania. Zgodnie z przyjętą definicją stan *ZC* nie obejmuje statku powietrznego oczekującego na wykonanie oblotu technicznego, gdyż nie jest on dopuszczony do wykonywania zadań operacyjnych.

W opracowanym systemie kategorie *zdatny* i *zdatny z ograniczeniami* zawierają po jednym stanie eksploatacyjnym, podczas gdy w obecnie stosowanej ewidencji występuje ich odpowiednio trzy i osiem. Z punktu widzenia oceny gotowości technicznej nie ma potrzeby tworzenia dodatkowych stanów w żadnej z wymienionych kategorii. Jest to tym bardziej uzasadnione, że w zbiorczych raportach dziennych wszystkie stany kategorii *Z* i *ZC* są zaliczane jako *zdatny.* W sytuacji, gdy wymagają tego potrzeby operacyjne mogą być wprowadzone dodatkowe stany kategorii *zdatny z ograniczeniami,* w celu bardziej precyzyjnego zdefiniowania związanych z nimi ograniczeń zakresu użytkowania statków powietrznych. W przypadku kategorii *niezdatny* sytuacja jest odmienna. Przyczyną przejścia statku powietrznego w ten stan może być bowiem wiele różnych czynników. Zostały one omówione w poprzednim rozdziałów niniejszej pracy. Ogólnie można je podzielić na następujące kategorie:

- obsługi techniczne,
- prace objęte biuletynami technicznymi,
- naprawy czyli usuwanie usterek i uszkodzeń,
- odnowa trwałości (przedłużanie resursu statku powietrznego lub wymiana zespołów i innych części składowych z powodu wyczerpania ich resursu),
- remonty,
- modernizacje i modyfikacje,
- oczekiwanie na wykonanie obsługi, naprawy, remontu, dostawę części składowych niezbędnych do przywrócenia zdatności itp.,
- reklamacje,
- czasowe wstrzymanie użytkowania,

– inne przyczyny.

Do kategorii *niezdatny* zaliczane są więc te stany eksploatacyjne, w których bez względu na przyczynę, statek powietrzny jest wyłączony z użytkowania. W niektórych sytuacjach stan niezdatności nie oznacza bezwzględnego zakazu wykonywania lotów. Dotyczy to między innymi przypadków oczekiwania na oblot techniczny lub na przebazowanie w celu wykonania obsług technicznych, remontu, modernizacji lub innych prac, gdy pozostały do wykorzystania resurs nie pozwala na wykonywanie lotów operacyjnych.

Podstawowym celem prowadzenia analizy gotowości technicznej eksploatowanych statków powietrznych jest diagnoza przyczyn ich przechodzenia i pozostawania w stanie niezdatności. Jej wyniki są bowiem podstawą do podjęcia działań mających na celu ograniczenie lub wręcz wyeliminowanie niekorzystnych zjawisk. Z tego względu konieczne jest dysponowanie informacjami na temat przyczyny każdorazowego wyłączenia statku powietrznego z gotowości technicznej, czasu pozostawania w stanie niezdatności oraz jednostki lub jednostek organizacyjnych odpowiedzialnych za przywrócenie stanu zdatności. Aby umożliwić stosunkowo łatwy sposób pozyskiwania tego typu informacji, konieczne jest opracowanie takich rodzajów stanów eksploatacyjnych, które będą odzwierciedlały wszystkie istotne przypadki mogące być potencjalną przyczyną niezdatności. Mając na uwadze powyższe względy opracowano zbiór stanów niezdatności, który został omówiony poniżej.

Jedną z najczęstszych przyczyn niezdatności statków powietrznych są obsługi techniczne. Obejmują one obsługi bieżące, okresowe i specjalne oraz prace wykonywane w ramach dni technicznych. Obsługi techniczne są zazwyczaj realizowane w sposób planowy, zgodnie z harmonogramem i zakresem określonym w dokumentacji eksploatacyjnej. Zalicza się do nich również przeglądy i obsługi dodatkowe, wykonywane na podstawie doraźnych decyzji uprawnionego organu. Ponadto, przyjęto, że do tej kategorii zaliczane będą także prace realizowane w ramach obowiązujących biuletynów technicznych. Zazwyczaj są one wykonywane podczas kolejnych obsług. Obsługi bieżące i obsługi okresowe niższego rzędu (np. co 30 dni) są wykonywane przez personel eskadry lotniczej, a obsługi okresowe wyższego rzędu (np. co 100 godz. lotu lub co 12 miesięcy eksploatacji) przez eskadrę techniczną, Polowe Warsztaty Lotnicze lub specjalistyczne firmy outsourcingowe lub zakłady remontowe.

W początkowej wersji, niezdatność statków powietrznych z powodu obsług technicznych charakteryzowały trzy stany eksploatacyjne oznaczone symbolami *O1, O2* i *O3*. Każdy ze stanów obejmował pełny zakres obsług i był przypisany do organizacji odpowiedzialnej za ich wykonanie czyli Eskadry Lotniczej, Eskadry Technicznej i Polowych Warsztatów Lotniczych. W efekcie przeprowadzonych analiz i symulacji okazało się jednak, że tego rodzaju podział jest niewystarczający i nie spełnia przyjętych założeń. Nie daje on bowiem możliwości bezpośredniego pozyskania informacji o rodzaju wykonywanych obsług lub

prac związanych z realizacją biuletynów technicznych. Dlatego wprowadzono pięć stanów eksploatacyjnych, które obejmują odmienne kategorie obsług technicznych. Są to następujące stany:

- *OAm* – obejmuje statki powietrzne niezdatne z powodu wykonywania obsług technicznych kategorii *A*,
- *OBm* – obejmuje statki powietrzne niezdatne z powodu wykonywania obsług technicznych kategorii *B*,
- *OCm* – obejmuje statki powietrzne niezdatne z powodu wykonywania obsług technicznych kategorii C,
- *ODm* – obejmuje statki powietrzne niezdatne z powodu wykonywania obsług technicznych kategorii D,
- *OEm* – obejmuje statki powietrzne niezdatne z powodu wykonywania dodatkowych obsług technicznych (obsługi specjalne, przeglądy i obsługi zlecane doraźnie, prace związane z realizacją biuletynów technicznych itp.),

gdzie *m* oznacza organizację odpowiedzialną za wykonanie danej obsługi technicznej.

Przy opracowywaniu powyższych stanów eksploatacyjnych przyjęto założenie, że kategorie *A* i *B* dotyczą obsług okresowych wykonywanych na poziomie Eskadry Lotniczej, a obsługi kategorii *C* i *D* w Eskadrze Technicznej. Kategorie *C* i *D* obejmują więc obsługi okresowe wyższego rzędu np. po 100 i 200 godz. lotu lub po 12 i 24 miesiącach eksploatacji. W przypadku śmigłowców i samolotów szkolno–treningowych zdarza się, że obsługi kategorii *C, D* i *E* są wykonywane przez PWL, firmy outsourcingowe lub zakłady remontowe. W tej sytuacji identyfikację wykonawcy obsług umożliwi uzupełnienie symbolu określającego dany stan o cyfrę wskazującą wykonawcę obsługi. Utworzone w ten sposób oznaczenie np. *OD3* oznacza stan niezdatności z powodu obsług kategorii *D* wykonywanych przez PWL.

Podział obsług okresowych na poszczególne kategorie dokonywany jest indywidualnie dla każdego statku powietrznego. Do kategorii *A* zaliczane są prace o najniższej pracochłonności, a do kategorii *D* o najwyższej. Do omawianych kategorii kwalifikowane są tylko te obsługi, które powodują wyłączenie statku powietrznego na czas dłuższy niż 12 godzin. W niektórych przypadkach może się zatem zdarzyć, że obsługi okresowe niższego rzędu (np. po 25 godz. lotu lub 30 dniach eksploatacji) powodują przejście w stan niezdatności na czas krótszy niż 12 godzin. Wówczas w ewidencji kategorie *A* lub *A* i *B* nie będą występowały.

Inną, częstą przyczyną przechodzenia statków powietrznych w stan niezdatności, są usterki i uszkodzenia. Początkowo, podobnie jak w przypadku obsług technicznych, podzielono je na trzy grupy, w zależności od organizacji wykonującej naprawę (Eskadra Lotnicza, Eskadra Techniczna i PWL).

Ostatecznie postanowiono zróżnicować usterki i uszkodzenia w zależności od przyczyny ich powstania i wprowadzić trzy odmienne stany eksploatacyjne:

- *UNm* – obejmuje statki powietrzne niezdatne z powodu usterki lub uszkodzenia będącego wynikiem ich zawodności,
- *UPm* – obejmuje statki powietrzne niezdatne z powodu usterki lub uszkodzenia będącego następstwem nieprawidłowego działania personelu latającego, technicznego lub służby lotniskowej,
- *USm* – obejmuje statki powietrzne niezdatne z powodu usterki lub uszkodzenia będącego wynikiem niekorzystnego odziaływania środowiska.

W praktyce, w miejsce znaku *m* występującego w przytoczonych powyżej symbolach, wprowadzana jest odpowiednia cyfra określająca organizację wykonującą naprawę powstałej usterki lub uszkodzenia. Korzyści wynikające z przyjętego podziału stanów niezdatności z powodu usterek lub uszkodzeń, obrazuje przykład dotyczący uszkodzenia łopatek sprężarki silnika samolotu bojowego. W obecnie obowiązującym systemie ewidencji stanów eksploatacyjnych wprowadzony zostanie wówczas stan *P* lub *R*. W obydwu przypadkach stany te dotyczą wykonywania bądź oczekiwania na wykonanie obsług lub biuletynów technicznych. W konsekwencji, uniemożliwia to identyfikację rzeczywistej przyczyny niezdatności. Natomiast, zgodnie z zaproponowanym wykazem stanów eksploatacyjnych, powyższy przypadek zostanie zakwalifikowany w sposób następujący:

- stan *UN2*, gdy uszkodzenie łopatki jest następstwem jej wady produkcyjnej,
- stan *UP2*, gdy uszkodzenie łopatki powstało z powodu zassania ciała obcego na płycie lotniska,
- stan *US2*, gdy uszkodzenie łopatek powstało w wyniku zderzenia z ptakiem podczas lotu.

Zaproponowany system ewidencji stanów eksploatacyjnych umożliwia więc pełną identyfikację przyczyn powstawania usterek i uszkodzeń, a tym samym podejmowanie określonych działań prewencyjnych. Należy przy tym wyjaśnić, że w przytoczonych powyżej symbolach występuje cyfra 2, gdyż wymiana silnika jest zazwyczaj dokonywana przez Eskadrę Techniczną.

Kolejną kategorią przyczyn stanu niezdatności statków powietrznych jest wymiana zespołów i innych części składowych z powodu wyczerpania ich resursu. Obecnie obowiązujący system ewidencji nie wyodrębnia tego typu przypadków. Jedynie stan *R* przewiduje oczekiwanie na przedłużenie resursu statku powietrznego. Natomiast w zaproponowanym wykazie problematyki resursów dotyczą dwa stany:

- stan *TWm* – obejmuje statki powietrzne niezdatne z powodu wymiany części składowych ze względu na wyczerpanie ich resursu,
- stan *TP* – obejmuje statki powietrzne niezdatne z powodu odnowy resursu.

Symbol stanu *TW* dodatkowo zawiera cyfrę określającą organizację dokonującą wymiany części z wyczerpanym resursem. Z kolei, w proces przedłużania resursu statku powietrznego zaangażowanych jest zazwyczaj kilka organizacji równocześnie. Najczęściej są to producenci statku powietrznego, jego zespołów i innych części składowych, zakłady remontowe, placówki naukowo–badawcze, a także sam użytkownik. Z tego względu w symbolu określającym stan *TP* nie przewidziano znaku cyfrowego określającego wykonawcę prac.

Wymienione dotychczas stany niezdatności trwają zazwyczaj nie dłużej niż kilka tygodni, a samolot lub śmigłowiec znajduje się w tym czasie w macierzystej bazie lub w PWL. Natomiast stanami, które powodują stosunkowo najdłuższy okres wyłączenia z użytkowania są remont i modernizacja. W przypadku wojskowych statków powietrznych trwa on od kilku do kilkunastu miesięcy. W obecnym systemie ewidencji z problematyką remontu związane są trzy stany:

- *Q* – obejmujący statki powietrzne skierowane do zakładu remontowego albo produkcyjnego w celu wykonania remontu, modernizacji, modyfikacji, naprawy, obsług lub biuletynów technicznych,
- *F* – obejmujący statki powietrzne, które po wyczerpaniu resursu oczekują na remont, modernizację lub modyfikację i posiadają zatwierdzony protokół dotyczący wykonania planowanych prac,
- *Y* – obejmujący statki powietrzne, które po wyczerpaniu resursu oczekują na remont, modernizację, modyfikację lub wycofanie z eksploatacji, ale nie mają zatwierdzonego protokołu z ostateczną decyzją.

W obecnym wykazie stan *Q* informuje jedynie o przekazaniu statku powietrznego do zakładu remontowego lub produkcyjnego, ale nie definiuje jednoznacznie zakresu realizowanych tam prac. Natomiast dwa pozostałe stany dotyczą fazy oczekiwania na wykonanie remontu, modernizacji, modyfikacji, a w przypadku stanu *Y* nawet wycofania z eksploatacji, nie wskazując przy tym na konkretną przyczynę niezdatności. Remont nie stanowi więc odrębnego stanu zdatności.

W zaproponowanym systemie ewidencji stanów eksploatacyjnych trzy z nich dotyczą problematyki remontu i modernizacji, a mianowicie:

- stan *RRm* – obejmuje statki powietrzne niezdatne z powodu remontu będącego wynikiem wyczerpania resursu,
- stan *RAm* – obejmuje statki powietrzne niezdatne z powodu remontu będącego wynikiem ich uszkodzenia,
- stan *RMm* – obejmuje statki powietrzne niezdatne z powodu modernizacji lub modyfikacji.

Z wymienionych powyżej stanów eksploatacyjnych dwa dotyczą wyłącznie remontu, przy czym w przypadku stanu *RR* jest on realizowany z powodu wyczerpania resursu, a stanu *RA* z powodu uszkodzenia, którego naprawa przekracza możliwości wykonawcze PWL.

Wspomniane rodzaje remontu zostały zakwalifikowane do odmiennych stanów eksploatacyjnych ponieważ w istotnym stopniu różnią się od siebie. W pierwszym przypadku wykonanie remontu jest planowane z dużym wyprzedzeniem, znany jest ogólny zakres realizowanych prac i tym samym orientacyjny termin ich wykonania. Natomiast remont z powodu uszkodzenia statku powietrznego odbywa się doraźnie i dlatego nie jest wcześniej planowany, niepowtarzalny jest też jego zakres i związana z tym pracochłonność oraz czas wykonania. Uszkodzenia, których naprawa jest dokonywana w ramach remontu, zazwyczaj są następstwem wypadków albo zdarzeń lotniczych, a czasem także wad produkcyjnych lub przekroczenia dopuszczalnych obciążeń. Z kolei stan *RM* dotyczy modernizacji lub modyfikacji.

Należy przy tym zaznaczyć, że remont obejmuje także wszystkie inne stany eksploatacyjne, które mogą wystąpić podczas jego realizacji, a mianowicie: naprawę wykrytych uszkodzeń, wymianę elementów z wyczerpanym resursem, oczekiwanie na dostawę podlegających wymianie zespołów i części składowych, a także realizację biuletynów technicznych i modyfikacji. Zarówno remont, jak i modernizacja lub modyfikacja mogą być realizowane przez różne organizacje. Z tego względu w symbolach oznaczających powyższe stany występuje cyfra wskazująca wykonawcę tych prac.

Jedną z przyczyn pozostawania statków powietrznych w stanie niezdatności jest proces reklamacji. W obecnym systemie ewidencji występuje stan *Z*, który dotyczy reklamacji w stosunku do „Gospodarki Narodowej", czyli do zakładów produkcyjnych i remontowych. Formalnie nie obejmuje on więc reklamacji pod adresem organizacji wykonujących obsługi okresowe wyższego rzędu czy wymianę zespołów z powodu wyczerpania resursu. Z tego względu w początkowej fazie opracowywania nowych stanów eksploatacyjnych, problematyce reklamacji poświęcono dwa z nich, z których jeden dotyczył świadczonych usług, a drugi dostaw sprzętu i wyrobów kompletujących (zespołów i innych części składowych). Jednak przeprowadzone analizy i symulacje wykazały, że takie rozwiązanie nie ma uzasadnienia praktycznego. Liczba reklamacji kierowanych pod adresem innych organizacji niż zakłady remontowe i produkcyjne jest bowiem znikoma. Ponadto, dla oceny gotowości technicznej, drugorzędne znaczenie ma fakt, czy powodem niezdatności statku powietrznego jest reklamacja dotycząca dostarczonego sprzętu, czy wykonanej usługi. Pożądana jest natomiast identyfikacja adresatów poszczególnych reklamacji. Ostatecznie przyjęto, że problematyce reklamacji będzie poświęcony tylko jeden stan eksploatacyjny, który został zdefiniowany następująco:

- stan *EKm* – obejmuje statki powietrzne niezdatne z powodu reklamacji wykonanej usługi lub dostawy sprzętu bądź części składowych.

W miejsce występującej w powyższym symbolu litery *m* wstawiana jest cyfra identyfikująca organizację pod adresem której kierowana jest dana reklamacja. W celu uniknięcia różnej interpretacji omawianego stanu przyjęto założenie, że dotyczy on jedynie tych reklamacji, które zostały uznane. Oznacza to, że statek powietrzny przechodzi w stan

EK dopiero w chwili uznania zgłaszanej reklamacji i pozostaje w nim do czasu przywrócenia stanu zdatności.

W procesie eksploatacji dość często zdarza się, że niezdatne statki powietrzne oczekują na podjęcie działań mających na celu przywrócenie stanu zdatności. Nie zawsze jednak stan ten jest definiowany w sposób przydatny dla oceny gotowości technicznej. W obecnie funkcjonującym systemie ewidencji stanów eksploatacyjnych aż sześć z nich jest poświęconych fazie oczekiwania, a mianowicie:

- stan *D* obejmuje statki powietrzne oczekujące na usunięcie niesprawności, które ma być wykonane do końca dnia pracy,
- stan *F* obejmuje statki powietrzne z wyczerpanym resursem, które na podstawie zatwierdzonej decyzji oczekują na remont, modernizację lub modyfikację,
- stan *Y* obejmuje statki powietrzne z wyczerpanym resursem, które oczekują na decyzję w sprawie ich remontu, modernizacji, modyfikacji lub wycofania z eksploatacji,
- stan *R* obejmuje statki powietrzne, które w stanie „rozkompletowanym" oczekują na wykonanie obsługi, biuletynu technicznego lub na przedłużenie resursu,
- stan *K* obejmuje statki powietrzne, które oczekują na dostarczenie wyposażenia obsługowego do wykonania sprawdzeń,
- stan *C* obejmuje statki powietrzne, które zostały wycofane z eksploatacji i oczekują na wykreślenie z RWSP.

Z definicji stanu *D* wynika, że jest ona niezbyt precyzyjna i dotyczy raczej naprawy powstałej niesprawności niż oczekiwania na rozpoczęcie jej usuwania. Na taką interpretację wskazuje stosunkowo krótki czas wyznaczony na przywrócenie zdatności (do końca dnia pracy). Z kolei stan *K* ma ograniczone zastosowanie praktyczne. Obejmuje on bowiem statki powietrzne, które zostały już wycofane z eksploatacji, a więc nie wpływają na poziom gotowości technicznej. Pozostałe z wymienionych stanów dotyczą w prawdzie fazy oczekiwania, ale ich definicje są mało precyzyjne. Stan *Y* obejmuje zarówno statki powietrzne oczekujące na remont lub modernizację jak i na wycofanie z eksploatacji. Z kolei, stan *R* dotyczy oczekiwania na wykonanie obsługi lub przedłużenie resursu mimo, że statki powietrzne z wyczerpanym resursem są formalnie zaliczane do stanów *F* lub *Y*.

Aby umożliwić analizę rzeczywistych przyczyn niezdatności statków powietrznych z powodu oczekiwania, konieczne jest więc wprowadzenie nieco odmiennych stanów eksploatacyjnych dotyczących tej problematyki. W wyniku przeprowadzonych analiz zaproponowano następujące stany eksploatacyjne związane z oczekiwaniem:

- *CUm* – obejmuje statki powietrzne niezdatne z powodu oczekiwania na wykonanie obsługi, naprawy, remontu, modernizacji lub innych prac,

- *CZm* – obejmuje statki powietrzne niezdatne z powodu oczekiwania na dostarczenie zespołów i innych części składowych niezbędnych do przywrócenia zdatności,
- *CRm* – obejmuje statki powietrzne niezdatne z powodu oczekiwania na rozpatrzenie zgłoszonej reklamacji.

Przy oznaczaniu wyżej wymienionych stanów występująca w ich symbolach litera *m* zastępowana jest cyfrą określającą odpowiednio:

- instytucję odpowiedzialną za dostawę części niezbędnych do przywrócenia zdatności (stan *CZ*),
- wykonawcę prac, na które oczekuje statek powietrzny (stan *CU*),
- organizację, pod adresem której kierowana jest reklamacja (stan *CR*).

Początkowo zamierzano wyodrębnić stan oczekiwania na wykonanie obsług technicznych od stanu oczekiwania na wykonanie remontu lub modernizacji. Wprowadzenie systemu oznaczeń umożliwiającego identyfikację wykonawcy oczekiwanych prac spowodowało, że nie było to konieczne. W porównaniu z systemem funkcjonującym obecnie, przyjęty podział stanów eksploatacyjnych związanych z fazą oczekiwania jest znacznie bardziej przydatny do prowadzenia analiz związanych z gotowością techniczną. Wprowadza on dwie nowe kategorie przyczyn: oczekiwanie na dostarczenie części składowych niezbędnych do przywrócenia zdatności statku powietrznego oraz oczekiwanie na rozpatrzenie zgłoszonej reklamacji. Dzięki temu możliwe jest wydzielenie czasu usuwania uszkodzeń od czasu oczekiwania na dostarczenie potrzebnych do tego części, a także uporządkowanie problematyki dotyczącej reklamacji. Wydzielony został bowiem stan oczekiwania na rozpatrzenie zgłoszonej reklamacji od procesu jej realizacji. Dzięki temu do stanu *EK* nie będą zaliczane reklamacje, które nie zostaną uznane. Dodatkowo, znacznie ułatwia to monitorowanie czasu rozpatrywania reklamacji.

W procesie eksploatacji statków powietrznych mogą występować także inne przyczyny ich niezdatności. W obecnie obowiązującym wykazie występują dwa dodatkowe stany:

- stan *X* obejmujący statki powietrzne poddane badaniom przyczyn zdarzeń lotniczych prowadzonych przez KBWL,
- stan *A* dotyczący przyczyn niezdatności, które nie zostały objęte pozostałymi stanami.

W zaproponowanym wykazie stanów eksploatacyjnych cztery z nich dotyczą nie zdefiniowanych dotychczas kategorii przyczyn niezdatności, a mianowicie:

- stan *HO* obejmuje statki powietrzne niezdatne z powodu oblotu lub przebazowania,
- stan *HW* obejmuje statki powietrzne niezdatne z powodu czasowego wstrzymania ich użytkowania przez uprawniony organ lotniczy,
- stan *HK* obejmuje statki powietrzne niezdatne z powodu konserwacji,
- stan *HI* obejmuje statki powietrzne niezdatne z powodu innych przyczyn, nie objętych pozostałymi stanami eksploatacyjnymi.

Tabela 5.2. Klasyfikacja stanów eksploatacyjnych statków powietrznych

	Oznaczenie	**Stan eksploatacyjny statku powietrznego**
	Z	Zdatny
	ZC	Zdatny z ograniczeniami
O	Obsługi techniczne	
	OA	Obsługi techniczne poziomu A
	OB	Obsługi techniczne poziomu B
	OC	Obsługi techniczne poziomu C
	OD	Obsługi techniczne poziomu D
	OE	Obsługi dodatkowe (obsługi specjalne, przeglądy i obsługi zlecane doraźnie, biuletyny techniczne itp.)
U	Usterki i uszkodzenia	
	UN	Usterki i uszkodzenia wynikające z zawodności SP
	UP	Usterki i uszkodzenia SP będące następstwem nieprawidłowego działania spowodowanego przez personel latający, techniczny lub obsługi lotniskowej
	US	Usterki i uszkodzenia SP spowodowane negatywnym oddziaływaniem środowiska
T	Odnowa resursu	
	TW	Wymiana zespołów, podzespołów, części lub urządzeń pokładowych z powodu wyczerpania resursu.
	TP	Przedłużanie resursu SP lub jego zespołów
R	Remont / modernizacja	
	RR	Remont z powodu wyczerpania resursu
	RA	Naprawa lub remont z powodu uszkodzenia SP
	RM	Modernizacja lub modyfikacja SP
E	Reklamacja	
	EK	Reklamacja wykonanej usługi lub dostawy sprzętu bądź wyrobów kompletujących
C	Oczekiwanie	
	CU	Oczekiwanie na obsługę, naprawę lub remont
	CZ	Oczekiwanie na dostawę części niezbędnych do przywrócenia stanu zdatności
	CR	Oczekiwanie na rozpatrzenie reklamacji
H	Inne	
	HO	Oblot lub przebazowanie
	HW	Czasowe wstrzymanie użytkowania przez uprawniony organ lotniczy
	HK	Stan konserwacji
	HI	Inne przyczyny

W zaproponowanym systemie ewidencji stanów eksploatacyjnych rozszerzony został zakres dotychczasowego stanu *X*, gdyż często zdarza się, że w przypadku zdarzeń lotniczych, a zwłaszcza katastrof, do czasu wyjaśnienia ich przyczyn czasowo wstrzymane zostaje użytkowanie wszystkich statków powietrznych danego typu. Ponadto, wprowadzono dwa nowe stany, z których jeden związany jest z wykonaniem oblotu technicznego lub przebazowania, a drugi dotyczy przypadków czasowego wycofania

sprawnych technicznie statków powietrznych z użytkowania i ich przechowywania w stanie zakonserwowanym. Taka sytuacja może wystąpić, gdy liczba samolotów lub śmigłowców przewyższa ich stan etatowy. Natomiast, stan *HO* wyodrębnia fazę związaną z oblotem technicznym lub przebazowaniem w celu wykonania obsług, remontu lub modernizacji. Obejmuje on zarówno oczekiwanie na realizację zadania jak i jego wykonanie, które jest uzależnione od szeregu czynników nie związanych z systemem eksploatacji technicznej. Należą do nich między innymi warunki atmosferyczne, dostępność załogi (w przypadku oblotu musi ona posiadać wymagane uprawnienia), a także dostępność środków zabezpieczenia lotów. Z tych względów wprowadzenie w tym przypadku odrębnego stanu oczekiwania nie jest uzasadnione.

Opracowane w ramach niniejszej pracy stany eksploatacyjne zostały ujęte w tabeli 5.2. W przeciwieństwie do systemu obecnie obowiązującego w lotnictwie Sił Zbrojnych RP, pozwalają one nie tylko na ocenę rzeczywistego stanu gotowości technicznej eksploatowanych statków powietrznych, ale także na analizę przyczyn ich przechodzenia w stan niezdatności. Dzięki temu możliwe będzie podejmowanie skutecznych działań mających na celu ograniczanie wpływu czynników niekorzystnie oddziałujących na gotowość techniczną i tym samym stałe jej utrzymywanie na możliwie wysokim poziomie.

6. MIARY I WSKAŹNIKI STANÓW EKSPLOATACYJNYCH STATKÓW POWIETRZNYCH

6.1. Wprowadzenie

Poziom gotowości technicznej statku powietrznego jest uzależniony od wielu czynników. W głównej mierze są to jego właściwości, takie jak: niezawodność, trwałość, żywotność i podatność eksploatacyjna, a zwłaszcza obsługiwalność, diagnozowalność, naprawialność i remontowalność. Ważne znaczenie mają również zasoby i efektywność systemu obsługi technicznej, zaplecza remontowego, systemu zaopatrzenia materiałowo–technicznego, a także systemu planowania i zarządzania procesem technicznej eksploatacji. Z tych względów dokonanie rzetelnej analizy stanu gotowości technicznej statku powietrznego wymaga jednoczesnej oceny stopnia oddziaływania poszczególnych czynników wpływających na jej poziom.

Miarą gotowości technicznej są funkcje utworzone na zbiorze stanów eksploatacyjnych. Ilościowo jest ona opisywana i oceniana za pomocą wskaźników, czyli liczb wyrażających stosunek rozpatrywanej cechy do przyjętej podstawy. Odpowiednio dobrane wskaźniki umożliwiają ocenę zależności poziomu gotowości technicznej od poszczególnych czynników występujących w procesie eksploatacji. Dzięki temu są one bardzo pomocne przy podejmowaniu działań mających na celu skuteczne i efektywne ograniczanie zjawisk negatywnych. Istotą problemu jest więc opracowanie takich wskaźników, które w sposób najbardziej wiarygodny i obiektywny pozwolą na wnikliwą ocenę wartościową stanu gotowości technicznej, zarówno pojedynczego samolotu lub śmigłowca, jak i całej ich floty, a także efektywności poszczególnych elementów systemu technicznej eksploatacji. Aby osiągnąć ten cel, opracowane wskaźniki powinny charakteryzować nie tylko własności i właściwości samego obiektu technicznego, ale także funkcjonowanie systemu jego eksploatacji i systemów z nim związanych. Należy przy tym dążyć, aby poszczególne wskaźniki obejmowały jedną, w miarę precyzyjnie zdefiniowaną cechę.

Wskaźniki mogą mieć określony wymiar lub występować w postaci bezwymiarowej. Przykładem pierwszej kategorii jest wskaźnik czasu pracy do kolejnego uszkodzenia. Drugą kategorię reprezentuje wskaźnik sprawności technicznej wyrażający stosunek liczby obiektów stanie *zdatny* do przyjętej podstawy, która najczęściej jest sumaryczną liczbą obiektów eksploatowanych. Wskaźniki mogą być wyznaczane na bazie danych rzeczywistych lub prognozowanych, które prezentują charakterystykę rozkładu prawdopodobieństwa określonych wartości. Jednak przyjęte do ich obliczeń założenia, również powinny być oparte na rzeczywistych danych statystycznych.

W teorii niezawodności do oceny efektywności obiektu technicznego lub systemu eksploatacji technicznej, najczęściej jest wykorzystywany wskaźnik gotowości technicznej $K_g\,(t)$. Określa on udział czasu zdatności obiektu technicznego w analizowanym okresie eksploatacji, bądź udziału liczby pomyślnych prób zdatności (np. uruchomień pojazdów) w liczbie prób podjętych. Ogólnie określa więc on gotowość systemu do realizacji postawionych zadań w założonym przedziale czasu (t) i jest definiowany według następującego wzoru [9]:

$$K_g(t) = \frac{E(T)}{E(T) + E(\theta)} \tag{6.1}$$

gdzie:
E (T) – wartość oczekiwana zmiennej losowej czasu zdatności obiektu,
E (Θ) – wartość oczekiwana zmiennej losowej czasu niezdatności obiektu.

Do obliczeń praktycznych, zwłaszcza, gdy dotyczą one warunków rzeczywistych, a nie prognozowanych, wykorzystywana jest uproszczona postać powyższego wzoru:

$$K_g = \frac{T_z}{T_z + T_{nz}} \tag{6.2}$$

gdzie:
T_z – średni czas przebywania obiektu (systemu) w stanie zdatności,
T_{nz} – średni czas przebywania obiektu (systemu) w stanie niezdatności.

6.2. Wskaźniki wykorzystywane do oceny procesu eksploatacji statków powietrznych

Do oceny procesu eksploatacji statków powietrznych wykorzystywane są na ogół wskaźniki o charakterze uniwersalnym. Najczęściej wiążą się one z problematyką niezawodności, podatności eksploatacyjnej oraz bezpieczeństwa użytkowania i obsługi technicznej. Uwarunkowania związane z ich zastosowaniem w lotnictwie omówione zostaną na przykładzie wskaźników dotyczących nieuszkadzalności i podatności obsługowej.

6.2.1. Wskaźniki dotyczące niezawodności

Poziom nieuszkadzalności jest związany z usterkowością, czyli częstotliwością występowania usterek i uszkodzeń. Najczęściej jest on definiowany poprzez wskaźnik MTBF, który określa przedział czasu pomiędzy kolejnymi uszkodzeniami danego obiektu

naprawialnego. Jest on więc sumą czasu pozostawania eksploatowanego obiektu w stanie zdatności do wystąpienia uszkodzenia i czasu trwania naprawy.

$$MTBF = MTTF + MTTR \tag{6.3}$$

gdzie:
MTBF – [*ang. Mean Time Between Failures*] średni przedział czasu pomiędzy kolejnymi uszkodzeniami,
MTTF – [*ang. Mean Time To Failure*] średni czas do wystąpienia uszkodzenia,
MTTR – [*ang. Mean Time To Repair*] średni czas trwania naprawy uszkodzenia.

W lotnictwie, a zwłaszcza w lotnictwie wojskowym, przytoczone wskaźniki mają jednak ograniczone zastosowanie, gdyż w wielu przypadkach nie uwzględniają jego specyfiki. Problemem staje się już dobór wspólnej jednostki czasu. Wskaźnik MTTF, wyrażający średni czas bezawaryjnego działania do wystąpienia kolejnego uszkodzenia, powinien być wyrażony w takich jednostkach, które są najbardziej reprezentatywne dla pracy danego obiektu lub jego zespołów. Dla płatowca oraz jego instalacji i systemów pokładowych są to godziny lotu, a dla zespołu napędowego – godziny pracy. Z kolei dla takich zespołów jak podwozie właściwą jednostką są cykle pracy, czyli liczba lądowań. Natomiast, wskaźnik MTTR, określający średni czas trwania naprawy powstałego uszkodzenia, powinien być interpretowany jako czas kalendarzowy liczony od chwili wykrycia uszkodzenia do jego usunięcia i przywrócenia stanu zdatności. Średni okres niezdatności z tego powodu trwa bowiem kilka a czasem nawet kilkadziesiąt dni. Aby określić wskaźnik MTBF, czyli średni czas pomiędzy kolejnymi uszkodzeniami, konieczne jest zatem znalezienie dla wskaźników MTTF i MTTR wspólnej podstawy. Z tego względu wskaźnik MTTF powinien być wyrażony w jednostkach czasu kalendarzowego. To z kolei, spowoduje zniekształcenie rzeczywistego obrazu nieuszkadzalności statków powietrznych, gdyż wówczas wskaźnik MTTF w ogóle nie będzie uwzględniał intensywności ich użytkowania. W efekcie samoloty i śmigłowce osiągające wysoki nalot zazwyczaj będą się charakteryzowały niższym poziomem wskaźnika MTTF niż te, które są mniej intensywnie użytkowane.

Inny problem wiąże się z interpretacją wskaźnika MTBF. Teoretycznie większa jego wartość powinna świadczyć o wyższym poziomie nieuszkadzalności. W praktyce taki wniosek jest jednak nieuprawniony, gdyż wskaźnik ten jest bezpośrednio uzależniony nie tylko od okresu pozostawania obiektu w stanie sprawności technicznej do wystąpienia kolejnego uszkodzenia, ale także od czasu zużytego na przywrócenie stanu zdatności. Czas ten nie zależy jednak wyłącznie od pracochłonności wspomnianego przedsięwzięcia, ale także od szeregu innych czynników jak np. oczekiwanie na naprawę, diagnozowanie przyczyny uszkodzenia czy też oczekiwanie na dostawę niezbędnych części. W efekcie, wydłużenie czasu usuwania uszkodzenia powoduje wzrost wartości wskaźnika MTBF. Z tych względów bardziej praktyczne zastosowanie znajduje wskaźnik MTTF. Daje on bowiem ogólny pogląd na temat częstotliwości występowania usterek i uszkodzeń.

Przy prognozowaniu tego wskaźnika przyjmuje się założenie, że kolejne odcinki czasów trwania zdatności obiektu są wzajemnie niezależnymi zmiennymi o identycznych rozkładach prawdopodobieństwa, a także niezależnymi od czasów pozostawania obiektu w innych wyróżnionych stanach. [12] W praktyce stosowany bywa również wskaźnik MFABF [*ang. Mean Flight Hours Between Failures*] określający średni nalot pomiędzy kolejnymi uszkodzeniami.

W przypadku zastosowania omawianych wskaźników do oceny nieuszkadzalności tak złożonych obiektów jak współczesne samoloty i śmigłowce wskazane jest wprowadzenie kilku odrębnych kategorii podziału potencjalnych usterek i uszkodzeń, w zależności od wywoływanych przez nie skutków. Pozwoli to bowiem na bardziej precyzyjną interpretację uzyskiwanych wyników. W przeciwnym razie drobna usterka statystycznie będzie traktowana na równi z poważną awarią.

Oprócz wymienionych powyżej wskaźników do oceny nieuszkadzalności stosowane są również wskaźniki MTTFF [*ang. Mean Time To First Failure*] określający średni czas do pierwszego uszkodzenia oraz MTBUMA [*ang. Mean Time Between Unsheduled Maintenance Action*]. Charakteryzuje on średni czas pracy pomiędzy kolejnymi nieplanowymi obsługami technicznymi lub pracami związanymi z naprawą powstałych uszkodzeń. Wskaźniki te stanowią uzupełnienie wskaźników MTTF i MTBF.

6.2.2. Wskaźniki dotyczące podatności obsługowej

Podatność eksploatacyjna statku powietrznego jest jedną z tych właściwości, które mają istotny wpływ na poziom jego gotowości technicznej. Wspomnianą cechę charakteryzują wskaźniki podatności obsługowej, diagnostycznej i technologicznej. [12] Pierwsza z wymienionych kategorii jest najczęściej charakteryzowana przez następujące rodzaje wskaźników:

- średni czas wykonywania obsług, napraw, remontów lub innych prac (np. biuletynów technicznych lub modernizacji),
- średnia pracochłonność wykonywanych obsług, napraw, remontów i innych prac,
- średni koszt wykonania obsług, napraw, remontów lub innych prac,
- gotowość techniczna,
- prawdopodobieństwo wykonania obsługi lub naprawy w zadanym czasie.

Jednym z najczęściej stosowanych jest wskaźnik MMFH [*ang. Maintenance Manhours per Flight Hours*] określający średnią pracochłonność obsług technicznych statku powietrznego i prac związanych z jego odnową przypadającą na godzinę lotu.

$$MMFH_{(SP)} = \frac{N_{OT(SP)} + N_{Od(SP)}}{N_{Lot(SP)}} \tag{6.4}$$

gdzie:

$N_{OT(SP)}$ – średnia liczba roboczogodzin przypadająca na obsługi techniczne SP,
$N_{Od(SP)}$ – średnia liczba roboczogodzin przypadająca na odnowę SP,
$N_{Lot(SP)}$ – łączny nalot (liczba godzin lotu) SP.
Wskaźnik MMFH występuje także pod nazwą MMH/FH [*ang. Maintenance Man–Hours per Flight Hours*].

Przy prowadzeniu analiz porównawczych należy jednak pamiętać, że na poziom wskaźnika MMFH w znacznym stopniu wpływa intensywność użytkowania statku powietrznego. Wykonywanie poszczególnych poziomów obsług technicznych jest bowiem zazwyczaj uzależnione nie tylko od osiąganego nalotu, ale także od kalendarzowego czasu eksploatacji. W konsekwencji, mniejsza intensywność użytkowania nie pociąga za sobą proporcjonalnego ograniczenia pracochłonności obsług technicznych i prac związanych z odnową. Mimo, iż wskaźnik MMFH informuje o pracochłonności obsług technicznych i odnów to jednak ma on bardzo ograniczoną przydatność do oceny gotowości technicznej. Zależy ona bowiem od czasu niezdatności statku powietrznego z powodu wykonywania obsług i odnów, a ten nie jest tożsamy z ich pracochłonnością. Na bazie wskaźnika MMFH można tworzyć odrębne wskaźniki dla poszczególnych poziomów obsługi technicznej, usuwania usterek i napraw uszkodzeń, wymiany części składowych z powodu wyczerpania resursu, a nawet remontu.

Oprócz wskaźnika MMFH do oceny podatności obsługowej wykorzystywane są także inne wskaźniki, jak np.

- MTBM [*ang. Mean Time Between Maintenance*] określający średni czas pomiędzy kolejnymi obsługami technicznymi,
- MDT [*ang. Mean Down Time*] określający średni czas niezdatności obiektu.

6.2.3. Praktyczne wykorzystanie wskaźników do oceny procesu eksploatacji statków powietrznych

W zależności od przyjętych kryteriów oceny, do analizy procesu eksploatacji statków powietrznych mogą być wykorzystywane różne wskaźniki. Ich zastosowanie w praktyce eksploatacyjnej zostanie przedstawione na przykładzie obsługiwalności, czyli podatności obsługowej.

Na podstawie dostępnych materiałów [21] w tabeli 6.1. przedstawiono wybrane wskaźniki podatności obsługowej wyznaczone dla floty 21 turbośmigłowych samolotów transportowych eksploatowanych w lotnictwie wojskowym. Wskaźniki te zostały określone na podstawie danych za okres jednego roku kalendarzowego. Przytoczone poniżej wskaźniki przedstawiają statystyczny obraz wybranych charakterystyk procesu eksploatacji. Jednak nawet pobieżna ich analiza wskazuje, że mają one ograniczone zastosowanie praktyczne. Na ich podstawie trudno jest bowiem jednoznacznie określić jakie czynniki są przez nie opisywane. Niektóre z nich, jak np. *średnia pracochłonność obsług technicznych i napraw* wydają się dość jednoznaczne. Określają one liczbę roboczogodzin personelu technicznego przypadającą na godzinę lotu. Ich poziom jest więc

uzależniony nie tylko od wymiaru pracochłonności, ale także od intensywności użytkowania czyli osiąganego nalotu. Dotyczy to zwłaszcza wskaźnika określającego pracochłonność obsług technicznych.

Tabela 6.1. Wybrane wskaźniki eksploatacyjne floty samolotów transportowych

Wskaźnik	**Wymiar**
Średnia pracochłonność obsług technicznych	8,0 rbh/godz. lotu
Średnia pracochłonność napraw usterek i uszkodzeń	1,5 rbh/godz lotu
Średni czas naprawy samolotu	6,3 dnia
Średni czas naprawy płatowca i silnika	7,9 dnia
Wskaźnik gotowości samolotu	0,16
Wskaźnik gotowości płatowca i silnika	0,40
Wskaźnik podatności samolotu na naprawy	0,12
Wskaźnik wykorzystania resursu technicznego	0,83
Wskaźnik podatności samolotu na naprawy oraz wykonywanie biuletynów technicznych i modernizacji	0,28

Należy przy tym zauważyć, że do oceny procesu eksploatacji, bardziej przydatna jest informacja o czasie niezdatności statku powietrznego z powodu wykonywania obsług czy napraw, niż o ich pracochłonności. Zależność pomiędzy tymi parametrami nie jest bezpośrednia, gdyż część prac, zwłaszcza dotyczących obsług technicznych, może być realizowana równolegle. W efekcie, obsługa techniczna będzie zazwyczaj wykonywana w znacznie krótszym czasie, niż naprawa o porównywalnej pracochłonności. Trudno jest również wyciągnąć jednoznaczne wnioski z analizy średniego czasu naprawy, który w obydwóch przedstawionych przypadkach jest nadspodziewanie długi. Dla płatowca i silnika wyniósł on 7,9 dnia (naprawa 38 uszkodzeń trwała łącznie 300 dni). Z kolei, dla całego samolotu wskaźnik ten osiągnął poziom 6,3 dnia. Czas wykonania naprawy uszkodzenia zależy nie tylko od jej pracochłonności, ale także od okresu oczekiwania na rozpoczęcie związanych z nią prac oraz na dostawę niezbędnych części. W niektórych przypadkach konieczne jest również wykonanie testów kontrolnych, a nawet oblotu technicznego. Dodatkowo, czas naprawy wydłuża się, gdy powstałe uszkodzenie jest przedmiotem reklamacji.

Przedstawiony w tabeli 6.1. wskaźnik gotowości K_g został obliczony według następującego wzoru:

$$K_g = \frac{T_0}{T_0 + T_n} \tag{6.5}$$

gdzie:

T_0 – średni czas pracy pomiędzy uszkodzeniami,

T_n – średni czas naprawy.

Zaprezentowany powyżej wskaźnik K_g nie jest więc wskaźnikiem gotowości technicznej. Odzwierciedla on jedynie ogólną relację średniego czasu przebywania w stanie niezdatności z powodu naprawy i średniego nalotu pomiędzy kolejnymi uszkodzeniami. Jego wartość dla płatowca i silnika osiągnęła poziom 0,40, przy czym średni czas lotu pomiędzy kolejnymi uszkodzeniami wyniósł 41,7 godz., a średni czas trwania naprawy – 62 godz. W odniesieniu do całego samolotu wskaźnik ten osiągnął wartość zaledwie 0,16 co oznacza, że w tym przypadku średni czas niezdatności z powodu naprawy powstałych uszkodzeń był znacznie dłuższy. Wartość wskaźnika K_g w dużej mierze zależy od przyjętej metodologii obliczania czasów T_0 i T_n. Istotne są bowiem kryteria decydujące o zakwalifikowaniu danego uszkodzenia do zbioru uwzględnianego przy wyznaczaniu wskaźnika K_g. Nie został również jednoznacznie zdefiniowany czas naprawy, który musi być mierzony w tych samych jednostkach co nalot, czyli w godzinach. W omawianym przypadku przyjęto, że w ciągu doby czas ten wynosi 8 godzin. Przy takim założeniu czas przyjmowany do obliczeń często nie pokrywa się z rzeczywistym czasem naprawy. Rozstrzygnięcia wymaga także problem dni wolnych od pracy. Należy przy tym mieć na względzie fakt, że poziom omawianego wskaźnika w dużym stopniu jest uzależniony od intensywności użytkowania badanej floty. Powyższe względy sprawiają, że w praktyce wskaźnik K_g ma stosunkowo ograniczoną przydatność.

Z kolei wskaźnik wykorzystania resursu K_{wr} został określony przy pomocy następującego wzoru:

$$K_{wr} = \frac{T_z}{T_z + T_{pr}} \tag{6.6}$$

gdzie:

T_z – czas zastosowania,

T_{pr} – sumaryczny czas wykonywania obsług profilaktycznych i prac remontowych.

Zgodnie z opublikowanymi danymi, wskaźnik K_{wr} wyznaczono przyjmując, że czas T_z wynosi 8.474 dni, a czas T_{pr} 1.715 dni. Wskazuje to, że omawiany parametr dotyczy resursu kalendarzowego, a czas zastosowania obejmuje okres nieco powyżej roku. Zinterpretowanie tak skonstruowanego wskaźnika jest dość trudne przede wszystkim z powodu niejednoznacznego opisu tworzących go parametrów. Jak wynika z przyjętej definicji czas T_{pr} nie obejmuje okresu niezdatności z powodu napraw usterek i uszkodzeń, odnów trwałości statku powietrznego i jego części składowych oraz innych prac. Nie uwzględnia on zatem sumarycznego okresu niezdatności. Z tego względu wskaźnik K_{wr} w rzeczywistości nie odzwierciedla stopnia wykorzystania resursu kalendarzowego.

Innym z prezentowanych parametrów jest wskaźnik podatności na naprawy K_n, który wyraża się poniższym wzorem:

$$K_n = \frac{\sum \tau_i}{\sum \tau_i + \sum t_i} \tag{6.7}$$

gdzie:
$\sum \tau_i$ – sumaryczny czas napraw wszystkich uszkodzeń,
$\sum t_i$ – sumaryczny czas zdatności.

Dla całego samolotu wskaźnik K_n wynosi 0,11. Obraz prezentowany przez tak skonstruowany wskaźnik jest mało czytelny. Jego wartość zależy bowiem od dwóch zmiennych parametrów. W efekcie, ograniczenie czasu zdatności statku powietrznego z innych przyczyn niż usterki i uszkodzenia powoduje automatyczne zwiększenie poziomu wskaźnika K_n przy niezmienionym wymiarze łącznego czasu niezdatności z powodu napraw. Z tego powodu omawiany wskaźnik ma ograniczone zastosowanie praktyczne.

Przedstawione powyżej wskaźniki są ilustracją problemów jakie towarzyszą wyznaczaniu parametrów umożliwiających ocenę efektywności procesu eksploatacji statków powietrznych. Jak już wspomniano, znaczna część z przytoczonych wskaźników ma ograniczone zastosowanie praktyczne ze względu na trudności z ich jednoznaczną interpretacją. Podstawową tego przyczyną jest nieprecyzyjne definiowanie stosowanych parametrów oraz tworzenie wskaźników z więcej niż jedną zmienną. W konsekwencji nie pozwala to na ocenę rzeczywistego stopnia oddziaływania ocenianego parametru na odpowiadający mu wskaźnik. Ważnym elementem każdego wskaźnika jest jego podstawa, która powinna stanowić właściwą dla opisywanego parametru bazę odniesienia. Wysoce pożądane jest, aby przyjęta podstawa była wartością jednoznacznie zdefiniowaną, zrozumiałą i w miarę stabilną. Oznacza to, że jej wartość nie powinna ulegać dynamicznym zmianom. W przypadku wskaźników charakteryzujących wybrany stan niezdatności statków powietrznych, najbardziej właściwą płaszczyzną odniesienia jest łączny okres ich eksploatacji lub sumaryczny czas pozostawania we wszystkich rodzajach stanów niezdatności. Istotną zaletą wspomnianego rozwiązania jest łatwość śledzenia zmian danego wskaźnika w kolejnych okresach eksploatacji, a także możliwość porównania z innymi rodzajami parametrów o podobnym charakterze.

Przytoczone powyżej wskaźniki charakteryzujące podatność obsługową statków powietrznych w większości przypadków zostały zbudowane z pominięciem wspomnianych założeń. Ich podstawę zazwyczaj stanowi suma dwóch zmiennych wartości, co w praktyce uniemożliwia obiektywną ocenę charakteryzowanego przez dany wskaźnik parametru. Uzależnienie wartości podstawy od wpływu innych czynników nie pozwala na wiarygodną ocenę zmian poziomu badanego parametru w kolejnych okresach eksploatacji.

Z kolei przyjęcie odmiennych wartości tworzących podstawę rozpatrywanych wskaźników powoduje, że ich porównywanie staje się niemożliwe, co w przypadku parametrów określających poszczególne kategorie przyczyn stanowi poważny problem.

Powyższe względy sprawiają, że przytoczone wskaźniki mają jedynie charakter informacji statystycznych, a ich przydatność praktyczna do prowadzenia analizy i oceny gotowości technicznej statków powietrznych jest poważnie ograniczona. Z tych względów konieczne jest opracowanie miar i wskaźników, które zapewnią rzetelne, obiektywne i w pełni wiarygodne dane, umożliwiające kompleksową analizę i ocenę wszystkich istotnych czynników wpływających na gotowość techniczną eksploatowanych samolotów i śmigłowców.

6.3. Wskaźnik gotowości technicznej

Stan gotowości technicznej statku powietrznego (systemu jego eksploatacji) zawiera zbiór takich stanów eksploatacyjnych, w których w danej chwili jest on zdatny pod względem niezawodności i posiada wystarczający potencjał eksploatacyjny. W procesie eksploatacji statków powietrznych praktycznie występują trzy kategorie stanów eksploatacyjnych: *zdatny, niezdatny* i *zdatny z ograniczeniami*. Najczęściej stan *zdatny z ograniczeniami* jest kwalifikowany jako stan *zdatny.* Z tych względów powyższą zasadę zastosowano także przy wyznaczaniu wskaźników związanych z gotowością techniczną. Ponadto, przyjęto założenie, że jeśli w ciągu doby dany statek powietrzny znajduje się w stanie *zdatny* lub *zdatny z ograniczeniami* przez okres krótszy niż 12 godzin to w tym dniu jest on kwalifikowany jako *niezdatny*. Mając na względzie specyfikę działania lotnictwa wojskowego, przy sporządzaniu raportów o stanach eksploatacyjnych powinny być uwzględniane dni kalendarzowe tzn. dni robocze oraz święta i dni ustawowo wolne od pracy.

W myśl przytoczonej wcześniej definicji, wskaźnik gotowości technicznej określa udział czasu zdatności obiektu w danym okresie jego eksploatacji. W praktyce jest to więc iloraz liczby dni, w których dany statek powietrzny znajdował się w stanie zdatności do liczby dni jego eksploatacji w analizowanym przedziale czasu (miesiąc, kwartał, rok). Jeśli eksploatacja była procesem ciągłym, to wówczas czas jej trwania jest równy liczbie dni kalendarzowych w tym okresie.

Przyjmując powyższe założenia wskaźnik gotowości technicznej $K_{g(SP)}$ pojedynczego statku powietrznego w określonym przedziale czasu, można określić za pomocą wzoru (6.2) zapisanego w uproszczonej postaci:

$$K_{g(SP)} = \frac{T_{z(SP)}}{T_{E(SP)}} \tag{6.8}$$

gdzie:
$T_{Z(SP)}$ – łączny czas przebywania SP w stanie zdatny i zdatny z ograniczeniami,
$T_{E(SP)}$ – czas eksploatacji SP.

W procesie eksploatacji statków powietrznych istotne znaczenie ma jednak ocena stanu gotowości technicznej całej floty danego typu samolotów lub śmigłowców. Z tych względów istnieje potrzeba zastosowania wskaźnika charakteryzującego ten parametr. Wskaźnik gotowości technicznej floty statków powietrznych $K_{g(FSP)}$ można określić przy pomocy następującego wzoru:

$$K_{g(FSP)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_{z(SPi)}}{\sum_{i=1}^{n} T_{z(SPi)} + \sum_{i=1}^{n} T_{nz(SPi)}} \tag{6.9}$$

gdzie:
i – numer kolejnego SP we flocie,
n – liczba SP we flocie,
$T_{z(SPi)}$ – łączny czas przebywania i–tego SP floty w stanie zdatności w danym przedziale czasu,
$T_{nz(SPi)}$ – łączny czas przebywania i–tego SP floty w stanie niezdatności w danym przedziale czasu.

Do obliczeń praktycznych można wykorzystać uproszczoną formę powyższego wzoru:

$$K_{g(FSP)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_{z(SPi)}}{\sum_{i=1}^{n} T_{E(SPi)}} \tag{6.10}$$

gdzie:
$T_{E(SP\ i)}$ – czas eksploatacji i–tego SP floty w analizowanym przedziale czasu.

Należy przy tym pamiętać, że czasy umieszczane w liczniku i mianowniku wzorów określających wskaźnik gotowości technicznej K_g muszą być wyrażone w tych samych jednostkach. W praktyce eksploatacyjnej jednostką czasu stosowaną w raportach dotyczących stanów eksploatacyjnych jest doba.

W przypadku, gdy wszystkie statki powietrzne wchodzące w skład danej floty są eksploatowane w sposób ciągły w całym analizowanym przedziale czasu, to do obliczeń praktycznych można wykorzystywać jeszcze bardziej uproszczoną formę wzoru (6.9):

$$K_{g(FSP)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_{z(SPi)}}{n \times T_E} \tag{6.11}$$

Jeśli flota danego typu statku powietrznego jest eksploatowana w kilku bazach lotniczych, to pożądane jest określanie wskaźnika $K_{g(FSP)}$ indywidualnie dla każdej z nich. Umożliwi to bowiem ocenę efektywności systemu technicznej ich eksploatacji w podległych jednostkach. Interpretując wskaźniki gotowości technicznej w poszczególnych bazach, należy jednak uwzględniać panującą w nich specyfikę systemu eksploatacji, która z wielu przyczyn może mieć wpływ na poziom omawianego wskaźnika. Ważne jest również, aby liczba eksploatowanych w danej jednostce statków powietrznych była wystarczająca do prawidłowej oceny statystycznej.

Wskaźnik gotowości technicznej statku powietrznego $K_{g(SP)}$ czy też całej floty $K_{g(FSP)}$ określa jedynie ogólny poziom zdatności w analizowanym okresie eksploatacji. Nie informuje on jednak o przyczynach stanu niezdatności. Z tych względów jest on niewystarczający do prowadzenia kompleksowej analizy stanów eksploatacyjnych, a tym samym podejmowania skutecznych działań umożliwiających ograniczanie lub nawet wyeliminowanie czynników niekorzystnych. W tym celu konieczne są bowiem informacje o przyczynach każdorazowego przejścia statku powietrznego w stan niezdatności, czasu pozostawania w tym stanie oraz jednostce lub jednostkach organizacyjnych odpowiedzialnych za przywrócenie stanu zdatności. Konieczne staje się zatem opracowanie dodatkowych wskaźników, które umożliwią kompleksową ocenę wpływu poszczególnych czynników na gotowość techniczną statków powietrznych.

6.4. Wskaźniki charakteryzujące stany niezdatności

Do kompleksowej analizy gotowości technicznej statku powietrznego konieczne jest wyznaczenie wskaźników, które będą charakteryzowały nie tylko przyczyny jego niezdatności, ale także czas pozostawania w tym stanie. Wskaźniki te można więc zdefiniować jako stosunek czasu przebywania statku powietrznego w stanie niezdatności, z powodu określonej kategorii przyczyn, do sumy czasu jego zdatności (w tym zdatności z ograniczeniami) i łącznego czasu niezdatności.

$$K_{nzy(SP)} = \frac{T_{nzy(SP)}}{T_{z(SP)} + T_{nz(SP)}} \tag{6.12}$$

gdzie:
$K_{nzy(SP)}$ – wskaźnik niezdatności SP z przyczyn kategorii *y*,
$T_{nzy(SP)}$ – czas przebywania SP w stanie niezdatności z przyczyn kategorii *y*,
$T_{z(SP)}$ – czas przebywania SP w stanie zdatności,
$T_{nz(SP)}$ – łączny czas przebywania SP w stanie niezdatności.

W przypadku, gdy dany statek powietrzny był eksploatowany przez cały badany przedział czasu, wzór (6.12) może przyjąć formę uproszczoną:

$$K_{nzy(SP)} = \frac{T_{nzy(SP)}}{T_{E(SP)}} \tag{6.13}$$

gdzie:
$T_{E(SP)}$ – czas eksploatacji SP w analizowanym okresie.

Do wyznaczania poszczególnych wskaźników niezdatności dla floty statków powietrznych można wykorzystać zmodyfikowaną postać wzoru (6.10):

$$K_{nzy(FSP)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_{nzy(SPi)}}{\sum_{i=1}^{n} T_{E(SPi)}} \tag{6.14}$$

gdzie:
$K_{nzy(FSP)}$ – wskaźnik niezdatności floty SP z przyczyn kategorii *y*,
$T_{nzy(SPi)}$ – czas niezdatności *i–tego* SP floty z przyczyn kategorii *y*,
$T_{E(SPi)}$ – czas eksploatacji *i–tego* SP floty w analizowanym przedziale czasu,
n – liczba SP w eksploatowanej flocie,
i – numer kolejnego SP we flocie.

W przypadku, gdy wszystkie statki powietrzne danej floty były eksploatowane w całym okresie podlegającym analizie to powyższy wzór może przybrać następującą postać:

$$K_{nzy(FSP)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_{nzy(SPi)}}{n \times T_E} \tag{6.15}$$

Wskaźniki niezdatności mogą też być przedstawiane w formie stosunku czasu pozostawania danego statku powietrznego w stanie niezdatności z powodu określonej kategorii przyczyn do łącznego czasu niezdatności. Wspomnianą zależność ilustruje wzór (6.16).

$$K^1{}_{nzy(FSP)} = \frac{T_{nzy(SP)}}{\Sigma T_{nz(SP)}} \tag{6.16}$$

Natomiast, współczynnik niezdatności $K^1{}_{nzy(FSP)}$ dla floty statków powietrznych można określić wykorzystując wzór przedstawiony poniżej:

$$K^1{}_{nzy(FSP)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_{nzy(SPi)}}{\sum_{i=1}^{n} T_{nz(SPi)}} \tag{6.17}$$

Do analizy gotowości technicznej bardziej przydatne są wskaźniki $K_{nzy(SP)}$ i $K_{nzy(FSP)}$. Przedstawiają one bowiem rzeczywisty udział stanu niezdatności, powodowanego przez określoną kategorię przyczyn, w analizowanym okresie eksploatacji. W sposób czytelny i wiarygodny informują więc nie tylko o powodach stanów niezdatności, ale także o skali i natężeniu tego niepożądanego zjawiska. Natomiast wskaźniki $K^1{}_{nzy(SP)}$ i $K^1{}_{nzy(FSP)}$ prezentują udział poszczególnych kategorii przyczyn stanów niezdatności w odniesieniu do sumarycznego czasu niezdatności. Nie pozwalają więc one na bezpośrednią ocenę poziomu gotowości technicznej, ale z powodzeniem mogą być wykorzystywane do analizy struktury stanów niezdatności.

Do przeprowadzenia kompleksowej analizy gotowości technicznej, zarówno statków powietrznych, jak i systemu ich eksploatacji, konieczne jest wyznaczenie wskaźników $K_{nzy(SP)}$ i $K_{nzy(FSP)}$ dla poszczególnych stanów eksploatacyjnych, które zostały opracowane w poprzednim rozdziale niniejszej pracy. Jak już wcześniej wspomniano, statek powietrzny zostaje zaewidencjonowany jako niezdatny, jeżeli w danej dobie pozostaje on w stanie zdatności przez czas krótszy niż 12 godzin, przy czym stan niezdatności obejmuje łączny czas od chwili utraty zdatności do momentu ponownego jej odzyskania.

6.4.1. Wskaźniki niezdatności z powodu obsług technicznych

W opracowanej w niniejszej pracy klasyfikacji stanów eksploatacyjnych statków powietrznych przyjęto założenie, że pojęcie *obsługi techniczne* obejmuje wszystkie rodzaje obsług bieżących, okresowych i specjalnych, przewidzianych w dokumentacji technicznej danego typu samolotu lub śmigłowca. Obsługi te podzielono na cztery poziomy: *A* i *B* wykonywane przez personel obsługi bezpośredniej (eskadry lotniczej) oraz *C* i *D* realizowane przez eskadrę techniczną, Polowe Warsztaty Lotnicze lub inne organizacje. Oddzielną kategorię stanowią oznaczone literą *E obsługi dodatkowe*. Obejmują one między innymi prace związane z realizacją biuletynów technicznych oraz obsługi i przeglądy dodatkowe zlecane doraźnie przez służbę inżynieryjno–lotniczą. Prace te mogą być realizowane na wszystkich poziomach wykonywania obsług technicznych. Należy przy tym podkreślić, że zgodnie z przyjętą metodyką, przy określaniu wskaźników związanych z gotowością techniczną uwzględniane są tylko te obsługi, które powodują przejście statku powietrznego w stan niezdatności, czyli uniemożliwiają jego użytkowanie przez okres powyżej 12 godzin.

Do obsług technicznych nie są natomiast zaliczane tego rodzaju prace jak: wymiana części, podzespołów, zespołów i urządzeń pokładowych z powodu uszkodzenia lub wyczerpania resursu, a także usuwanie usterek, naprawy uszkodzeń oraz remonty, ponieważ w myśl przyjętej klasyfikacji, stanowią one odmienne stany eksploatacyjne.

Wskaźniki niezdatności z powodu obsług technicznych zostały nazwane *wskaźnikami niezdatności obsługowej* i oznaczone odpowiednio jako $K_{nzo(SP)}$ i $K_{nzo(FSP)}$. Ilustrują one wpływ obsług na stan gotowości technicznej. W praktyce przedstawiają one stosunek liczby dni, w których dany statek powietrzny był niezdatny z powodu wykonywania obsług technicznych do liczby dni kalendarzowych w badanym okresie eksploatacji. Zgodnie ze wzorem (6.13) dla pojedynczego statku powietrznego omawiany wskaźnik jest wyznaczany w następujący sposób:

$$K_{nzO(SP)} = \frac{T_{nzO(SP)}}{T_{E(SP)}} \tag{6.18}$$

gdzie:
$K_{nzo(SP)}$ – wskaźnik niezdatności SP z powodu obsług technicznych,
$T_{nzO(SP)}$ – czas niezdatności SP z powodu wykonywania obsług technicznych.

W praktyce okres niezdatności statku powietrznego z powodu obsług technicznych nie ogranicza się wyłącznie do wykonania samej obsługi. Obejmuje on bowiem również szereg zdarzeń towarzyszących, które wydłużają czas przywrócenia stanu zdatności. Dotyczy to zwłaszcza sytuacji, gdy obsługa jest wykonywana przez inną jednostkę organizacyjną np. eskadrę techniczną lub Polowe Warsztaty Lotnicze. Należy wówczas uwzględniać również czas związany z przebazowaniami statku powietrznego, przekazaniem go wykonawcy zleconych prac, a także przeglądem zdawczo–odbiorczym. W niektórych przypadkach, po zakończeniu obsługi dodatkowo wymagane jest wykonanie oblotu technicznego. Czas $T_{nzo(SP)}$ można więc określić za pomocą następującego wzoru:

$$T_{nzO(SP)} = \sum \left(T_{1(SP)} + T_{2(SP)} + T_{3(SP)} + T_{4(SP)} + T_{5(SP)} \right) \tag{6.19}$$

gdzie:
$T_{1(SP)}$ – czas związany z przekazaniem SP jednostce organizacyjnej wykonującej obsługę,
$T_{2(SP)}$ – czas wykonania obsługi technicznej,
$T_{3(SP)}$ – czas wykonania obsług dodatkowych (stan eksploatacyjny *OE*),
$T_{4(SP)}$ – czas wykonania przeglądu zdawczo–odbiorczego po wykonaniu obsługi,
$T_{5(SP)}$ – łączny czas przebazowania SP do miejsca wykonania obsługi oraz powrotu do bazy.

W praktyce eksploatacyjnej często zdarza się, że w trakcie obsługi technicznej dodatkowo są wykonywane inne prace jak np. usuwanie wykrytych usterek lub uszkodzeń, wymiana zużytych części itp. Jeśli czas niezdatności statku powietrznego z powodu realizacji tego typu prac nie przekracza 12 godzin, to są one traktowane jako składowa $T_{3(SP)}$ i wpływają na łączny wymiar czasu niezdatności z powodu danej obsługi. Natomiast, jeśli czas ten jest dłuższy niż 12 godzin to wówczas w raporcie dziennym odnotowywany jest stan eksploatacyjny odpowiedni dla danej kategorii przyczyn niezdatności. Podobnie traktowany jest okres oczekiwania na wykonanie obsługi.

Wskaźnik niezdatności obsługowej $K_{nzO(FSP)}$ dla całej floty statków powietrznych można określić przy pomocy wzoru (6.14):

$$K_{nzO(FSP)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_{nzO(SPi)}}{\sum_{i=1}^{n} T_{E(SPi)}} \tag{6.20}$$

Do prowadzenia bardziej szczegółowych analiz gotowości technicznej statków powietrznych przydatne mogą być wskaźniki niezdatności $K_{nzo(SP)}$ dla poszczególnych poziomów obsługi technicznej, przyjętych w opracowanym wcześniej wykazie stanów eksploatacyjnych. Pożądane jest również, aby oznaczenie wskaźników umożliwiało identyfikację wykonawców poszczególnych obsług. Wychodząc naprzeciw tym oczekiwaniom zaproponowano następujący system oznaczania wskaźników niezdatności obsługowej:

$$K_{nzOxm(SPi)} \tag{6.21}$$

gdzie:
x – oznaczenie poziomu wykonywanej obsługi (A,B,C,D i E),
m – oznaczenie wykonawcy obsługi (1 – 9),
SPi – numer taktyczny statku powietrznego.

Zgodnie z przyjętym założeniem symbol $K_{nzOB1(2401)}$ oznacza wskaźnik niezdatności obsługowej statku powietrznego o numerze taktycznym 2401 dla obsług technicznych poziomu *B,* wykonywanych przez personel eskadry lotniczej. Wykorzystując wzór (6.18) wskaźnik ten można określić w następujący sposób:

$$K_{nzOB1(2401)} = \frac{T_{nzOB1(2401)}}{T_{E(2401)}} \tag{6.22}$$

W analogiczny sposób można określić wskaźniki niezdatności danego statku powietrznego dla pozostałych poziomów obsługi technicznej oraz dla obsług dodatkowych.

Natomiast wskaźniki niezdatności obsługowej dla floty statków powietrznych można wyznaczyć wykorzystując wzór (6.20). Dla przykładu, wskaźnik $K_{nzOC2(FSP)}$ odnoszący się do obsług poziomu *C* wykonywanych przez personel eskadry technicznej, przyjmie następującą postać:

$$K_{nzOC2(FSP)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_{nzOC2(SPi)}}{\sum_{i=1}^{n} T_{E(SPi)}} \tag{6.23}$$

gdzie:

$T_{nzOC2(SPi)}$ – czas niezdatności *i–tego* SP floty z powodu obsług poziomu *C* wykonywanych przez personel eskadry technicznej.

W praktyce liczba organizacji wykonujących obsługę techniczną określonego poziomu jest ograniczona. Dla przykładu, obsługi poziomu *A* i *B* są zazwyczaj wykonywane wyłącznie przez personel eskadry lotniczej. Z tych względów liczba wskaźników $K_{nzOxm(FSP)}$ powinna być dostosowana do indywidualnych warunków eksploatacji danej floty statków powietrznych.

6.4.2. Wskaźniki niezdatności z powodu usterek i uszkodzeń

Wskaźniki niezdatności statku powietrznego z powodu usterek i uszkodzeń obrazują wpływ tej kategorii przyczyn na stan jego gotowości technicznej. Stanowią one stosunek czasu niezdatności spowodowanej wspomnianą kategorią przyczyn do łącznego czasu eksploatacji w analizowanym okresie i są wyznaczane za pośrednictwem następującego wzoru:

$$K_{nzU(SP)} = \frac{T_{nzU(SP)}}{T_{E(SP)}} \tag{6.24}$$

gdzie:

$K_{nzU(SP)}$ – wskaźnik niezdatności SP z powodu usterek i uszkodzeń,

$T_{nzU(SP)}$ – łączny czas niezdatności SP z powodu usterek lub uszkodzeń.

Podobnie jak w przypadku obsług technicznych, łączny czas pozostawania statku powietrznego w stanie niezdatności z powodu usterek i uszkodzeń obejmuje również zdarzenia towarzyszące naprawie, jak na przykład diagnostyka czy przeprowadzenie wymaganych testów kontrolnych. Nie można też pomijać czasu oczekiwania na naprawę oraz dostawę niezbędnych do jej wykonania części, o ile zachodzi potrzeba ich wymiany. Należy przy tym pamiętać, że jeżeli którekolwiek z wymienionych zdarzeń przekracza 12 godzin to wówczas jest ono ewidencjonowane jako stan odrębny.

W przyjętej klasyfikacji stanów eksploatacyjnych statków powietrznych trzy z nich są bezpośrednio związane z niezdatnością z powodu usterek i uszkodzeń. Zgodnie z przyjętymi wcześniej założeniami, każdy z tych stanów powinien być ilustrowany przez przypisany mu wskaźnik. Niezdatność z powodu usterek i uszkodzeń będzie więc opisywana poprzez następujące wskaźniki:

- K_{nzUNm} – wskaźnik niezdatności statku powietrznego z powodu usterek i uszkodzeń wynikających z jego zawodności,
- K_{nzUPm} – wskaźnik niezdatności statku powietrznego z powodu usterek i uszkodzeń powstałych w wyniku działania personelu latającego, technicznego lub obsługi lotniskowej,
- K_{nzUSm} – wskaźnik niezdatności statku powietrznego z powodu usterek i uszkodzeń powstałych w wyniku oddziaływania otoczenia (środowiska),

gdzie:

m – oznaczenie wykonawcy naprawy usterki lub uszkodzenia (1 – 9).

Posługując się wzorem (6.24) można wyznaczyć wymienione powyżej wskaźniki dla każdego statku powietrznego. Dla przykładu, wskaźnik $K_{nzUSm(SP)}$ stanowi iloraz czasu pozostawania w stanie niezdatności z powodu usterek lub uszkodzeń powstałych w wyniku oddziaływania środowiska do łącznego czasu eksploatacji. Natomiast dla floty omawiane wskaźniki będą określane według wzoru (6.14). Przykładowo, wskaźnik $K_{nzUPm(FSP)}$ będzie zapisany w sposób następujący:

$$K_{nzUPm(FSP)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_{nzUPm(SPi)}}{\sum_{i=1}^{n} T_{E(SPi)}} \tag{6.25}$$

gdzie:

$T_{nzUPm(SPi)}$ – łączny czas niezdatności *i–tego* SP floty z powodu usterek lub uszkodzeń powstałych w wyniku działania personelu latającego, technicznego lub obsługi lotniskowej, których naprawy dokonała organizacja *m*.

W przypadku, gdy stosukowo wysoki wskaźnik $K_{nzUNm(SP)}$ utrzymuje się przez dłuższy okres, może pojawić się potrzeba przeprowadzenia bardziej wnikliwej analizy struktury powstających usterek i uszkodzeń danego typu statku powietrznego. W tej sytuacji wskazane będzie wyznaczanie omawianego wskaźnika dla poszczególnych zespołów, systemów i instalacji pokładowych, a zwłaszcza tych, które szczególnie często ulegają awarii.

6.4.3. Wskaźniki niezdatności z powodu odnowy resursu

Jedną z przyczyn przejścia statku powietrznego w stan niezdatności może być wyczerpanie resursu któregoś z jego elementów składowych. Dotyczy to tych zespołów i innych części składowych, których resurs całkowity lub międzyremontowy jest krótszy niż resurs do

remontu danego samolotu lub śmigłowca. W praktyce eksploatacyjnej z tego powodu najczęściej wymieniane są elementy zespołu napędowego (silnik, śmigło, łopaty wirnika, przekładnia itp.), golenie i koła podwozia, pompy paliwowe i hydrauliczne, wyroby gumowe (np. zbiorniki paliwa, przewody giętkie) oraz pokładowe uzbrojenie strzeleckie. Wymiany elementów z wyczerpanym resursem dokonuje się na każdym poziomie obsługi technicznej, o ile realizujące je jednostki organizacyjne dysponują wymaganym wyposażeniem oraz odpowiednio wykwalifikowanym personelem.

Stan niezdatności statku powietrznego z powodu wyczerpania resursu jego zespołów, agregatów lub części wymiennych, który został oznaczony symbolem *TW*, można opisać za pomocą wskaźnika $K_{nzTW(SP)}$. Jego wartość wyznacza się wykorzystując następujący wzór:

$$K_{nzTW(SP)} = \frac{T_{nzTW(SP)}}{T_{E(SP)}} \tag{6.26}$$

gdzie:

$K_{nzTW(SP)}$ – wskaźnik niezdatności SP z powodu wyczerpania resursu jego części składowych,

$T_{nzTW(SP)}$ – łączny czas niezdatności SP z powodu wyczerpania resursu jego zespołów i innych części składowych.

Czas $T_{nzTW(SP)}$ jest sumą czasu oczekiwania na wykonanie prac, dostarczenie części podlegających wymianie, demontaż elementu z wyczerpanym resursem i zabudowę nowego oraz przeprowadzenie testów kontrolnych. W sytuacji, gdy wykonawcą prac jest inna jednostka organizacyjna, okres niezdatności dodatkowo wydłuża się o czas związany z przebazowaniem (o ile jest konieczne) i przekazaniem statku powietrznego. Jeżeli czas oczekiwania na wykonanie omawianych prac lub dostarczenie wymaganych części przekracza 12 godzin to wówczas jest on ewidencjonowany jako odrębny stan eksploatacyjny.

Wskaźnik $K_{nzTW(FSP)}$ dla floty statków powietrznych może być określany za pomocą zaadoptowanego wzoru (6.14):

$$K_{nzTW(FSP)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_{nzTW(SPi)}}{\sum_{i=1}^{n} T_{E(SPi)}} \tag{6.27}$$

gdzie:

$K_{nzTW(FSP)}$ – wskaźnik niezdatności floty z powodu wyczerpania resursu części składowych SP,

$T_{nzTW(SPi)}$ – łączny czas niezdatności *i–tego* SP floty z powodu wyczerpania resursu jego części składowych.

Wskaźniki $K_{nzTW(SP)}$ i $K_{nzTW(FSP)}$ można również wyrażać w postaci umożliwiającej identyfikację organizacji odpowiedzialnej za przywrócenie stanu zdatności statku powietrznego. Wówczas będą one oznaczane symbolami $K_{nzTWm(SP)}$ i $K_{nzTWm(FSP)}$. Jednak w odróżnieniu od poprzednio omawianych wskaźników niezdatności w tym przypadku nie ma to aż tak istotnego znaczenia praktycznego. Stan eksploatacyjny *TW* nie występuje bowiem zbyt często i na ogół trwa stosunkowo krótko.

Do kategorii stanów niezdatności z powodu wyczerpania resursu zalicza się również stan oznaczony symbolem *TP*. Występuje on w sytuacji, gdy statek powietrzny z wyczerpanym resursem podlega procedurze wydłużenia dotychczasowej trwałości. Najczęściej procedura ta jest stosowana do przedłużenia dopuszczalnego okresu eksploatacji, czyli resursu kalendarzowego. Wskaźnik niezdatności z powodu wyczerpania resursu statku powietrznego określa poniższy wzór:

$$K_{nzTP(SP)} = \frac{T_{nzTP(SP)}}{T_{E(SP)}} \tag{6.28}$$

gdzie:
$K_{nzTP(SP)}$ – wskaźnik niezdatności SP z powodu wyczerpania jego resursu,
$T_{nzTP(SP)}$ – łączny czas niezdatności SP z powodu wyczerpania jego resursu.

Procedura przedłużania resursu statku powietrznego jest zazwyczaj dość czasochłonna. Wymaga ona bowiem przeprowadzenia wnikliwej diagnostyki jego stanu technicznego, analizy przebiegu dotychczasowej eksploatacji, a także wykonania wielu badań i testów. Czasem zdarza się jednak, że na podstawie badań kilku losowo wybranych statków powietrznych przedłużany jest resurs całej floty. Okres niezdatności z powodu realizacji omawianej procedury obejmuje także oczekiwanie na jej rozpoczęcie, wykonanie związanych z nią prac oraz opracowanie i zatwierdzenie wymaganych dokumentów.

Wskaźnik niezdatności z powodu wyczerpania resursu statku powietrznego dla całej floty $K_{nzTP(FSP)}$ określa następujący wzór:

$$K_{nzTP(FSP)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_{nzTP(SPi)}}{\sum_{i=1}^{n} T_{E(SPi)}} \tag{6.29}$$

gdzie:
$T_{nzTP(SPi)}$ – łączny czas niezdatności *i–tego* SP floty z powodu wyczerpania jego resursu.

6.4.4. Wskaźniki niezdatności z powodu remontu lub modernizacji

Każdy statek powietrzny po osiągnięciu określonego nalotu lub czasu eksploatacji jest kierowany do remontu, nazywanego niekiedy naprawą główną. Jest to więc remont z powodu wyczerpania resursu. Taki stan eksploatacyjny został oznaczony symbolem *RR* w odróżnieniu od symbolu *RA,* który odnosi się do remontu z powodu uszkodzenia statku powietrznego w stopniu uniemożliwiającym jego naprawę na niższych poziomach obsługi. Remonty są wykonywane przez wyspecjalizowane zakłady lub przez producenta danego typu samolotu lub śmigłowca. Oprócz remontu, statek powietrzny może być poddany modernizacji w celu zwiększenia jego walorów użytkowych, obsługowych, niezawodności, trwałości i odpowiedniości. W przyjętej klasyfikacji z modernizacją związany jest stan oznaczony symbolem *RM.*

Oddziaływanie wymienionych stanów eksploatacyjnych na gotowość techniczną można zobrazować za pomocą następujących wskaźników:

- K_{nzRRm} – wskaźnik niezdatności z powodu remontu wynikającego z wyczerpania resursu statku powietrznego,
- K_{nzRAm} – wskaźnik niezdatności z powodu remontu wynikającego z uszkodzenia statku powietrznego,
- K_{nzRMm} – wskaźnik niezdatności z powodu modernizacji lub modyfikacji,

gdzie:

m – oznaczenie wykonawcy remontu lub modernizacji (jest ono stosowane, gdy wspomniany rodzaj usług świadczy więcej niż jeden zakład).

Do wyznaczenia wskaźników niezdatności statku powietrznego z powodu remontu lub modernizacji można wykorzystać wzór (6.13). Przykładowo, dla wskaźnika $K_{nzRRm(SP)}$, przyjmie on następującą postać:

$$K_{nzRRm(SP)} = \frac{T_{nzRRm(SP)}}{T_{E(SP)}} \tag{6.30}$$

gdzie:

$T_{nzRRm(SP)}$ – łączny czas niezdatności SP z powodu remontu wynikającego z wyczerpania jego resursu.

Czas $T_{nzRRm(SP)}$ obejmuje okres od dnia przekazania statku powietrznego wykonawcy zleconego remontu do dnia jego odbioru przez użytkownika. Do czasu wykonania remontu nie są więc wliczane przebazowania statku powietrznego.

Wskaźniki niezdatności z powodu remontu lub modernizacji dla floty statków powietrznych można wyznaczyć za pomocą wzoru (6.14). Przykładowo, wskaźnik $K_{nzRRm(FSP)}$ będzie obliczany w sposób następujący:

$$K_{nzRRm(FSP)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_{nzRRm(SPi)}}{\sum_{i=1}^{n} T_{E(SPi)}} \tag{6.31}$$

gdzie:

$T_{nzRRm(SPi)}$ – łączny czas niezdatności *i–tego* SP floty z powodu remontu wynikającego z wyczerpania jego resursu.

6.4.5. Wskaźniki niezdatności z powodu reklamacji

Jedną z przyczyn niezdatności statku powietrznego może być niewłaściwe wykonanie związanej z nim usługi zleconej przez użytkownika innemu wykonawcy lub dostarczenie przez producenta lub zakład remontowy wadliwego sprzętu bądź jego części składowych. W takim przypadku w okresie gwarancji zamawiającemu przysługuje prawo do zgłoszenia reklamacji. Należy przy tym podkreślić, że pojęcie *usługi* obejmuje wykonywanie obsług technicznych, napraw, remontów, modernizacji i modyfikacji, a także innych prac.

Stan niezdatności z powodu reklamacji, oznaczony symbolem *EK,* jest określany za pomocą następującego wskaźnika:

- K_{nzEKm} – wskaźnik niezdatności z powodu reklamacji.

Znacznik *m* określa wykonawcę reklamowanej usługi lub dostawcę wadliwego wyrobu.

Wskaźnik niezdatności statku powietrznego z powodu reklamacji wyznacza się za pomocą wzoru (6.13). Wskaźnik $K_{nzEKm(SP)}$, przyjmie więc następującą postać:

$$K_{nzEKm(SP)} = \frac{T_{nzEKm(SP)}}{T_{E(SP)}} \tag{6.32}$$

gdzie:

$T_{nzEKm(SP)}$ – łączny czas niezdatności SP z powodu reklamacji.

Czas $T_{nzEKm(SP)}$ obejmuje okres od dnia uznania zgłoszonej reklamacji do momentu przywrócenia stanu zdatności. Natomiast okres oczekiwania na rozpatrzenie zgłoszonej reklamacji jest zaliczany do odmiennego stanu eksploatacyjnego.

Wskaźnik niezdatności z powodu reklamacji dla floty statków powietrznych można określić wykorzystując wzór (6.14). Wskaźnik $K_{nzEKm(FSP)}$ będzie wyznaczany w sposób następujący:

$$K_{nzEKm(FSP)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_{nzEKm(SPi)}}{\sum_{i=1}^{n} T_{E(SPi)}} \tag{6.33}$$

gdzie:

$T_{nzEKm(SPi)}$ – łączny czas niezdatności *i–tego* SP floty z powodu reklamacji.

6.4.6. Wskaźniki niezdatności z powodu oczekiwania

W procesie eksploatacji statków powietrznych dość częstym zjawiskiem jest oczekiwanie na rozpoczęcie wykonywania obsługi, naprawy czy remontu lub na dostawę części niezbędnych do przywrócenia stanu zdatności. W przyjętym wykazie stanów eksploatacyjnych trzy dotyczą fazy oczekiwania. Aby zilustrować wpływ każdego z nich na gotowość techniczną przyjęto następujące wskaźniki:

- K_{nzCZm} – wskaźnik niezdatności z powodu oczekiwania na dostawę części niezbędnych do przywrócenia stanu zdatności,
- K_{nzCUm} – wskaźnik niezdatności z powodu oczekiwania na wykonanie obsługi, naprawy, remontu lub modernizacji,
- K_{nzCRm} – wskaźnik niezdatności z powodu oczekiwania na rozpatrzenie reklamacji.

W przypadku wskaźnika K_{nzCZm} znacznik m oznacza organizację, która oczekuje na dostarczenie zamówionych części niezbędnych do przywrócenia zdatności statku powietrznego. Natomiast, we wskaźnikach K_{nzCUm} i K_{nzCRm} znacznik ten wskazuje organizację, pod adresem której kierowana jest reklamacja.

Wskaźniki niezdatności statku powietrznego z powodu oczekiwania wyznacza się za pomocą wzoru (6.13). Przykładowo, wskaźnik $K_{nzCZm(SP)}$ przyjmie następującą postać:

$$K_{nzCZm(SP)} = \frac{T_{nzCZm(SP)}}{T_{E(SP)}} \tag{6.34}$$

Występujący w powyższym wzorze czas $T_{nzC\ldots m(SP)}$ dla poszczególnych wskaźników $K_{nzC\ldots}$ oznacza odpowiednio:

- $T_{nzCZm(SP)}$ – łączny czas niezdatności statku powietrznego z powodu oczekiwania na dostarczenie części niezbędnych do przywrócenia stanu zdatności, liczony od chwili złożenia zapotrzebowania do momentu zrealizowania dostawy,

- $T_{nzCUm(SP)}$ – łączny czas niezdatności statku powietrznego z powodu oczekiwania na wykonanie obsługi, naprawy lub remontu, liczony od momentu przejścia w stan niezdatności do chwili rozpoczęcia wykonywania wymienionych prac,
- $T_{nzCRm(SP)}$ – łączny czas niezdatności statku powietrznego z powodu oczekiwania na rozpatrzenie reklamacji, liczony od momentu przejścia w stan niezdatności do chwili wydania decyzji o uznaniu lub odrzuceniu zgłoszenia.

Z kolei wskaźniki niezdatności dla floty statków powietrznych będą określane przy pomocy wzoru (6.14). Przykładowo, dla wskaźnika $K_{nzCZm(FSP)}$ przyjmie on następującą postać:

$$K_{nzCZm(FSP)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_{nzCZm(SPi)}}{\sum_{i=1}^{n} T_{E(SPi)}} \tag{6.35}$$

gdzie:

$T_{nzCZm(SPi)}$ – łączny czas niezdatności *i–tego* SP floty z powodu oczekiwania na dostawę części niezbędnych do przywrócenia stanu zdatności.

6.4.7. Inne wskaźniki niezdatności

Aby umożliwić pełną analizę czynników oddziałujących na gotowość techniczną statków powietrznych, konieczne jest określenie wskaźników charakteryzujących pozostałe stany eksploatacyjne. W tym celu opracowano następujące wskaźniki niezdatności:

- K_{nzHO} – wskaźnik niezdatności z powodu oblotu technicznego lub przebazowania,
- K_{nzHW} – wskaźnik niezdatności z powodu czasowego wstrzymania użytkowania statku powietrznego przez uprawniony organ lotniczy,
- K_{nzHK} – wskaźnik niezdatności z powodu konserwacji,
- K_{nzHI} – wskaźnik niezdatności z powodu innych przyczyn wstrzymania użytkowania statku powietrznego.

Wymienione powyżej wskaźniki niezdatności dla statku powietrznego wyznacza się za pomocą wzoru (6.13), a dla floty wykorzystując wzór (6.14). Występujące we wspomnianych wzorach czasy $T_{nzH\ldots(SP)}$ i $T_{nzH\ldots.(SPi)}$ dla poszczególnych wskaźników $K_{nzH\ldots}$ oznaczają odpowiednio:

- $T_{nzHO(SP)}$ – łączny czas niezdatności statku powietrznego z powodu oblotu technicznego lub przebazowania, liczony od chwili złożenia zapotrzebowania do zakończenia wykonywania zleconego zadania,
- $T_{nzHW(SP)}$ – łączny czas niezdatności statku powietrznego z powodu czasowego wstrzymania jego użytkowania przez uprawniony organu lotniczy, liczony od momentu wydania decyzji w tej sprawie do czasu jej anulowania,

- $T_{nzHK(SP)}$ – łączny czas niezdatności statku powietrznego z powodu konserwacji, liczony od chwili przejścia w stan niezdatności do czasu przywrócenia stanu zdatności po rozkonserwowaniu,
- $T_{nzHI(SP)}$ – łączny czas niezdatności statku powietrznego spowodowanej innymi przyczynami.

Przedstawione w niniejszym rozdziale wskaźniki zdatności i niezdatności statków powietrznych charakteryzują każdy z przyjętych wcześniej stanów eksploatacyjnych. Dzięki temu umożliwią one pełną i dogłębną analizę wszystkich istotnych czynników wpływających na poziom gotowości technicznej.

7. BADANIE GOTOWOŚCI TECHNICZNEJ STATKÓW POWIETRZNYCH

7.1. Uwarunkowania ogólne

Podstawowym problemem związanym z prowadzeniem badań gotowości technicznej wojskowych statków powietrznych jest trudność w pozyskaniu wymaganych informacji. Dane o stanach eksploatacyjnych każdego samolotu i śmigłowca znajdującego się w wyposażeniu poszczególnych jednostek organizacyjnych znajdują się w specjalnych raportach dziennych. Niestety, raporty te nie są oficjalnie publikowane i z tego względu zawarte w nich dane nie mogą być wykorzystane do badań prowadzonych w ramach niniejszej pracy. Powyższe uwarunkowania sprawiają, że dla zachowania jawnego charakteru prowadzonych badań muszą one być realizowane z wykorzystaniem danych symulowanych w oparciu o warunki rzeczywiste. Innym czynnikiem, który wymusza wykorzystywanie danych symulowanych jest obecnie obowiązujący w lotnictwie Sił Zbrojnych RP system ewidencji stanów eksploatacyjnych statków powietrznych. System ten został zaprezentowany i omówiony w rozdziale nr 5. Z przeprowadzonej tam analizy wynika, że dotychczasowy system ma ograniczoną przydatność do oceny gotowości technicznej statków powietrznych. W wielu przypadkach nie pozwala on bowiem na określenie rzeczywistych przyczyn ich niezdatności. Ponadto, do stanów *zdatny* i *zdatny z ograniczeniami* zaliczane są również te stany, które w czasie pokoju praktycznie uniemożliwiają wykonywanie lotów operacyjnych. Z tych względów konieczne stało się opracowanie nowego systemu klasyfikacji stanów eksploatacyjnych, który nie będzie obarczony tymi wadami. Należy również pamiętać, że zawarte w raportach dziennych informacje mogą nieco odbiegać od stanu faktycznego. Raporty te są bowiem sporządzane we wczesnych godzinach porannych i z tego powodu nie uwzględniają ewentualnych zdarzeń zaistniałych po tym czasie. Powyższe względy sprawiają, że badania powinny być przeprowadzone w oparciu o nowoopracowany system ewidencji stanów eksploatacyjnych statków powietrznych, a to z kolei wymusza stworzenie wirtualnej bazy danych. Dodatkową zaletą wykorzystania tego rodzaju bazy jest możliwość wprowadzania takich stanów eksploatacyjnych, które w praktyce występują stosunkowo rzadko i w analizowanym okresie mogą się nie pojawić.

Kolejnym problemem wymagającym rozstrzygnięcia, jest wybór typu statku powietrznego, który będzie przedmiotem prowadzonych badań. Aby ich wyniki były reprezentatywne przyjęto założenie, że wybrany samolot lub śmigłowiec powinien spełniać następujące wymagania:

- powinien być to statek powietrzny o przeznaczeniu bojowym, charakteryzujący się stosunkowo nowoczesnym i dość rozbudowanym wyposażeniem pokładowym,
- dotychczasowy okres eksploatacji powinien wynosić nie mniej niż 10 lat,
- co najmniej część statków powietrznych powinna podlegać remontowi,

– statek powietrzny powinien być eksploatowany w kilku bazach lotniczych, a liczba maszyn w każdej z nich nie powinna być mniejsza niż 10.

Przeprowadzenie pilotażowych badań gotowości technicznej statku powietrznego spełniającego powyższe wymagania, pozwoli na sprawdzenie poprawności i funkcjonalności opracowanej w ramach niniejszej pracy metody analizy stanów eksploatacyjnych i wykorzystywanych w niej modeli matematycznych. Wybór bojowego statku powietrznego umożliwi uwzględnienie specyfiki eksploatacji maszyn stanowiących podstawowe wyposażenie lotnictwa wojskowego. Bogate i różnorodne wyposażenie pokładowe daje bowiem lepsze możliwości zbadania stopnia oddziaływania szerokiej gamy czynników, wpływających na jego sprawność techniczną. Wymagany okres co najmniej dziesięcioletniej eksploatacji pozwoli z kolei na wyeliminowanie wpływu uwarunkowań związanych z procesem wdrażania nowego typu statku powietrznego, w tym również sytuacji, gdy wszystkie maszyny znajdują się w okresie gwarancji fabrycznej, a wykonywanie niektórych rodzajów obsług technicznych nie jest jeszcze wymagane. Wymóg dotyczący remontu jest podyktowany tym, że prace te powodują wyłączenie samolotu lub śmigłowca z użytkowania na stosunkowo długi okres. Istotne jest również, aby badany typ statku powietrznego był eksploatowany w co najmniej dwóch bazach lotniczych, a liczba maszyn w każdej z nich nie była mniejsza niż około dziesięć. Dzięki temu możliwe będzie porównanie poziomu gotowości technicznej tego samego typu samolotu lub śmigłowca w różnych jednostkach, a także zapewni w miarę wiarygodny obraz statystyczny uzyskanych wyników. Zbyt mała liczba badanych egzemplarzy nie daje bowiem takich możliwości.

Analiza eksploatowanych w lotnictwie Sił Zbrojnych flot poszczególnych typów statków powietrznych wykazała, że przyjęte założenia w stosunkowo najwyższym stopniu spełnia samolot bojowy MiG–29 i dlatego to on został wytypowany do przeprowadzenia badań pilotażowych.

7.2. Informacja o samolocie MiG–29

7.2.1. Informacje ogólne

Samolot bojowy MiG–29 jest jednomiejscowym, dwusilnikowym, naddźwiękowym lekkim myśliwcem frontowym. Jego projekt powstał w ramach ogłoszonego w 1971 r., przez dowództwo Sił Powietrznych ówczesnego Związku Radzieckiego, programu budowy samolotów myśliwskich nowej generacji. Budowę prototypów rozpoczęto w 1976 r., a rok później miał miejsce oblot pierwszego z nich. Po zakończeniu prób państwowych w 1983 r. przystąpiono do uruchomienia produkcji seryjnej. Pierwsze egzemplarze samolotu MiG–29 w wersji 9–12 rozpoczęły służbę w radzieckich siłach powietrznych w 1984 r. Do krajów ówczesnego Układu Warszawskiego (między innymi Polski, Czechosłowacji, NRD i Rumunii) eksportowane były samoloty

w wersji 9–12A. Różnice dotyczyły głównie radaru pokładowego (ograniczona liczba zakresów pracy) oraz systemów identyfikacji *swój–obcy*, nawigacji i łączności. Wersja eksportowa do pozostałych krajów otrzymała oznaczenie 9–12B. W kolejnych latach powstało szereg wersji rozwojowych samolotu, w tym wersja pokładowa. Najbardziej zaawansowana konstrukcja, wyposażona w silniki ze sterowanym wektorem ciągu występuje pod nazwą MiG–35.

Polskie Ministerstwo Obrony Narodowej zakupiło początkowo 12 samolotów MiG–29A, w tym 9 w wersji bojowej i 3 w wersji szkolno–bojowej. Zamówione samoloty zostały dostarczone do 1 plm Obrony Powietrznej Kraju w Mińsku Mazowieckim, na przełomie lat 1989–1990. W stosunkowo krótkim czasie nowopozyskane samoloty osiągnęły gotowość operacyjną i już w styczniu 1992 r. rozpoczęły pełnienie dyżurów bojowych. W latach 1995–96 polskie lotnictwo pozyskało od Republiki Czech 10 samolotów MiG–29, w tym 9 w wersji bojowej, w zamian za 11 nowych śmigłowców PZL Sokół. Z kolei w 2003 r. Polska przejęła wycofywane z wyposażenia Luftwaffe 22 samoloty MiG–29A płacąc za każdy egzemplarz symboliczną kwotę 1 Euro. Po weryfikacji stanu technicznego przekazanych samolotów i ich wyposażenia pokładowego, które było zróżnicowane z powodu odmiennego zakresu prowadzonych wcześniej modernizacji, ostatecznie do służby w 22 Eskadrze Lotnictwa Taktycznego w Malborku wprowadzono jedynie 11 maszyn, w tym 3 w wersji szkolno–bojowej. Ogółem w wyposażeniu Sił Powietrznych RP znalazło się 33 samoloty Mig–29, z czego 27 w jednomiejscowej wersji bojowej i 6 w dwumiejscowej wersji szkolno–bojowej, oznaczanej jako Mig–29UB lub MiG–29GT, w przypadku maszyn pochodzących z Luftwaffe.



Rys. 7.1. Samolot MiG–29 w barwach lotnictwa polskiego

7.2.2. Układ aerodynamiczny i konstrukcja

Samolot MiG–29 został zaprojektowany w oparciu o koncepcję tzw. integralnego układu aerodynamicznego ze skrzydłem pasmowym, w której płatowiec z szerokim kadłubem nośnym i przykadłubowymi częściami skrzydeł stanowi jednolitą całość. Skrzydło pasmowe składa się z części podstawowej (zewnętrznej) o obrysie trapezowym z prostą krawędzią natarcia o skosie 42º oraz części pomocniczej (tzw. napływów) o obrysie krzywoliniowym z krawędzią przednią o skosie 73º30'. Napływy są wyposażone w trójsekcyjne klapy przednie, lotki oraz pływające, jednoszczelinowe klapy tylne. Przykadłubowe napływy wytwarzają wir powodujący zwiększenie kąta natarcia, przy którym następuje oderwanie strug powietrza opływających górną powierzchnię skrzydła. Dzięki temu skrzydło pasmowe zapewnia dobrą stateczność i sterowność samolotu na dużych i bardzo dużych kątach natarcia. Ponadto, umożliwia uzyskanie większych przyrostów siły nośnej przy mniejszej jego powierzchni i wydłużeniu, a w konsekwencji i mniejszej masie płatowca. Usterzenie samolotu składa się z dwóch płytowych stateczników poziomych i zdwojonego statecznika pionowego ze sterem kierunku. Układ sterowania ma klasyczną konstrukcję mechaniczną z zastosowaniem wzmacniaczy hydraulicznych i mechanizmów obciążenia organów sterowania. Dodatkowo jest on wyposażony w trzykanałowy system automatycznego sterowania oraz system zapobiegania przeciągnięciu, tzn. przekroczeniu dopuszczalnych kątów natarcia. Sprzęgnięcie układu sterowania z systemem nawigacyjnym pozwala na automatyczne wykonanie przelotu po zaprogramowanej trasie.

Samolot MiG–29 ma konstrukcję metalową z niewielkim udziałem materiałów kompozytowych. Struktura płatowca ma budowę półskorupową. Podstawowym elementem siłowym kadłuba jest zabudowany w jego środkowej części integralny zbiornik paliwa nr 3. Ma on konstrukcję spawaną, która poprzez umiejscowione na niej węzły przenosi obciążenia od skrzydeł, silników i podwozia głównego. Silniki RD–33 zostały zabudowane pod kątem –4° w pionie i 0,75° w poziomie w stosunku do osi konstrukcyjnej samolotu. Na górnej części centropłata znajdują się grzebienie aerodynamiczne, w których zamontowano wyrzutniki ładunków zakłócających. W tylnej części kadłuba umiejscowione zostały dwie klapy hamulców aerodynamicznych oraz zasobnik spadochronu hamującego. Spadochron, o powierzchni 17 m^2 może być wypuszczany przy prędkości nie przekraczającej 320 km/h.

Skrzydła mają konstrukcję trójdźwigarową z dwoma dźwigarami pomocniczymi. Do tytanowych dźwigarów głównych mocowane są węzły podwieszeń podskrzydłowych. Na krawędzi natarcia znajdują się trójsekcyjne klapy przednie o łącznej powierzchni 2,35 m^2, które wychylają się o kąt do 20°. Z kolei, pływające klapy zaskrzydłowe, o łącznej powierzchni 2,84 m^2 wychylają się o kąt do 25°.

Usterzenie poziome zostało zaprojektowane w formie ruchomego statecznika płytowego. Część przednia ma metalową, jednodźwigarową konstrukcję półskorupową. Natomiast, część tylna ma budowę przekładkową z wypełniaczem ulowym i powłoką wykonaną z kompozytu węglowego. Kąty wychylenia statecznika płytowego są zróżnicowane i wynoszą +15° (noskiem w górę) i –35° (noskiem w dół) przy starcie i lądowaniu oraz +5°45' i –17°45' w locie. Dla wspomagania sterowania poprzecznego, przy zamkniętych klapach przednich, płyty usterzenia mogą być wychylane różnicowo. Zdwojone usterzenie pionowe ma budowę klasyczną i składa się ze statecznika i steru kierunku. Stateczniki są odchylone od siebie o kąt 6° i mają konstrukcję dwudźwigarową, składającą się z duralowej części noskowej i kesonu pokrytego powłoką z kompozytu węglowego oraz z części tylnej z dźwigarkiem pomocniczym. W kompozytowej końcówce statecznika znajdują się urządzenia radioelektroniczne. Ster kierunku o powierzchni 0,62 m^2 wychyla się w zakresie ±20°. Dolną część usterzenia stanowi płetwa ustateczniająca.

Samolot MiG–29 jest wyposażony w trójpodporowe podwozie, chowane w locie przy pomocy instalacji hydraulicznej. Golenie mają wbudowane amortyzatory olejowo–powietrzne. Chowane do tyłu podwozie przednie jest wyposażone w dwa sterowane koła. Sterowanie odbywa się w zakresie ±8° podczas startu i lądowania oraz ±30º przy manewrowaniu na płycie lotniska. Podwozie główne wyposażone jest w bezdętkowe koła, z hamulcami chłodzonymi powietrzem. Podwozie samolotu MiG–29 umożliwia operowanie z odpowiednio przygotowanych lotnisk polowych.

7.2.3. Zespół napędowy

Zespół napędowy składa się z dwóch dwuprzepływowych silników turboodrzutowych typu RD–33 o stosunkowo niewielkim (0,475) stopniu dwuprzepływowości. Sprężarka niskiego ciśnienia (wentylator) składa się z czterech, a wysokiego ciśnienia z – dziewięciu stopni sprężania, co pozwala uzyskać spręż na poziomie 21,5 przy przepływie 76,9 kg/s. W celu zapewnienia statecznej pracy sprężarki we wszystkich zakresach lotu wieńce kierujące dwóch pierwszych stopni wentylatora mają regulowane kąty natarcia łopatek. Komora spalania ma konstrukcję pierścieniową z 24 wtryskiwaczami. Łopatki i kierownice turbiny wysokiego ciśnienia są chłodzone. Za turbiną znajduje się naddźwiękowa dysza wylotowa o regulowanym przekroju. Silnik posiada rozbudowany, elektrohydrauliczny system sterowania, instalację przeciwpompażową, a także instalację automatycznego rozruchu w powietrzu. Ciąg silnika wynosi 49,4 kN na zakresie maksymalnym oraz od 54,9 kN do 81,4 kN na zakresie dopalania. Zużycie paliwa przy pracy bez dopalania wynosi od 0,79 do 0,95 kg/daN/h, a z pełnym dopalaniem 1,96 do 2,01 kg/daN/h. Silnik RD–33 charakteryzuje się stosunkowo korzystnymi parametrami gabarytowo–masowymi i dobrą dynamiką. Jego masa własna wynosi 1.055 kg, a przejście od obrotów minimalnych do maksymalnych zajmuje około 3–5 sekund, co zapewnia samolotom MiG–29 wyjątkowo dobre charakterystyki rozpędzania.

Uruchomienie silników na ziemi zapewnia turbinowe urządzenie energetyczno–rozruchowe GTDE–117, które jednocześnie może być wykorzystane do zasilania w energię elektryczną systemów, instalacji i urządzeń pokładowych, przy braku możliwości wykorzystania innych źródeł zewnętrznych, np. w warunkach polowych.

Powietrze do każdego z silników jest doprowadzane poprzez wlot główny umiejscowiony pod napływami skrzydła oraz chwyty dodatkowe znajdujące się na górnej powierzchni skrzydła wewnętrznego. Przekrój czołowy głównego kanału wlotowego jest automatycznie dostosowywany do aktualnych warunków lotu, poprzez zabudowany tam układ płyt. W celu zapobieżenia możliwości zasysania ciał obcych z nawierzchni lotniska podczas kołowania, rozbiegu i dobiegu, przy prędkościach do 200 km/h wloty główne są zamykane. Powietrze jest wówczas zasysane przez wloty dodatkowe.

Zespół napędowy jest zasilany przez instalację paliwową, która składa się z pięciu zbiorników wewnętrznych rozmieszczonych w centropłacie i dwóch zbiorników skrzydłowych o łącznej pojemności użytkowej 4.300 litrów. Pod kadłubem można dodatkowo podwiesić zbiornik o pojemności 1.500 litrów.

7.2.4. Wyposażenie pokładowe

Kluczowym elementem wyposażenia samolotu MiG–29 jest system sterowania uzbrojeniem SUW–29 obejmujący radiolokacyjny system celowniczy RŁPK–29 i optoelektroniczny system nawigacyjno–celowniczy OEPrNK–29. Wchodząca w skład systemu RŁPK–29 dopplerowska stacja radiolokacyjna N019 „Rubin" działa w czterech podstawowych zakresach wykrywania celów: „W" (spotkanie), „D" (pościg), „AWT" (automat) i „BB" (bliska walka powietrzna) oraz w trybie przechwycenia i automatycznego śledzenia, przy czym dwa pierwsze zakresy mogą być wspomagane dodatkowym podzakresem „SNP" (śledzenie przejściowe). W trybie „W" stacja radiolokacyjna zapewnia wykrycie obiektów powietrznych o skutecznej powierzchni odbicia około 3 m^2 (np. samolot myśliwski) na kursie zbliżeniowym (sylwetka celu 0/4–1/4) na dystansie 50–70 km w przestrzeni swobodnej i 40–60 km na tle ziemi lub wody. W trybie „D" odległości wykrycia spadają odpowiednio do 25–35 km oraz 20–35 km. Przejście w tryb przechwycenia i automatycznego śledzenia jest możliwe na dystansie o około 5–10 km krótszym od wartości podanych powyżej. Zakres *AWT* umożliwia wykrywanie celów lecących z nierozpoznanym (dowolnym) kursem. W tym przypadku odległość wykrycia odpowiada wartościom przytoczonym wcześniej, zależnie od kierunku przemieszczania się celu. Pracując na powyższych zakresach stacja radiolokacyjna umożliwia wykrywanie obiektów poruszających się z prędkościami od 210–230 do 2.300–2.500 km/h i lecących na pułapie od 30 do 23.000 m, z przewyższeniem do 10.000 m lub przeniżeniem do 6.000 m. Kąt obserwacji wynosi około 30÷50º w azymucie oraz 12÷16º w elewacji w 4 lub 6 liniach. Czas pojedynczego cyklu

przeszukiwania zależy od wielkości strefy oraz zakresu pracy i wynosi od 2,5 do 4 sekund. W zakresie „BB" wykorzystywanym przy wzrokowym kontakcie z celem, stacja N019 przeszukuje przestrzeń dwoma pionowymi liniami w sektorze od –15 do +37º na odległość do 10 km. Po wykryciu obiektu lub obiektów powietrznych i ich identyfikacji przez system IFF pilot przełącza stację na zakres przechwycenia i automatycznego śledzenia wskazanego celu. Zakres kątowy śledzenia wynosi ±65º w azymucie oraz –36º +56º w elewacji. Przy pracy na podzakresie „SNP" stacja automatycznie określa dane do 10 obiektów powietrznych, z których najbardziej niebezpieczny jest samoczynnie oznaczany jako cel i automatycznie wypracowywane są jego dane do odpalenia wybranego typu pocisków rakietowych.

System nawigacyjno–celowniczy OEPrNK–29 obejmuje między innymi: optoelektroniczny system celowniczy OEPS–29, system nawigacyjny SN–29, system sterowania uzbrojeniem SUO–29, system zobrazowania informacji SJeI–31, maszynę cyfrową serii C100, urządzenie fotokontrolne FKU oraz bloki sterowania. System OEPrNK–29 może działać autonomicznie, ale przy realizacji niektórych zadań współpracuje on z systemem RŁPK–29 oraz z pokładowym wyposażeniem radionawigacyjnym. W bojowych zakresach pracy system OEPrNK umożliwia wykonywanie następujących zadań:

- poszukiwanie, wykrywanie i śledzenie termokontrastowych celów powietrznych,
- laserowy pomiar odległości do celów powietrznych i naziemnych,
- wskazanie celu powietrznego dla termonamiernika, systemu RŁPK–29 lub głowic samonaprowadzających pocisków rakietowych z wykorzystaniem celownika nahełmowego,
- określanie parametrów celowania przy odpalaniu pocisków rakietowych klasy powietrze–powietrze krótkiego zasięgu, niekierowanych pocisków rakietowych, bombardowaniu oraz prowadzeniu ognia z działka pokładowego.

Optoelektroniczny system celowniczy OEPS–29 składa się z termonamiernika KOŁS–29 z dalmierzem laserowym oraz nahełmowego układ wskazywania celów NSC Szczel–3UM z urządzeniem wizyjnym NWU–2M montowanym na hełmie pilota. Zasięg wykrywania celów powietrznych przez termonamiernik zależy od panujących warunków i dla współczesnego samolotu bojowego z silnikiem pracującym na zakresie maksymalnym wynosi nie więcej niż 12÷18 km w przestrzeni swobodnej oraz około 6÷10 km w locie na tle ziemi lub 4÷8 km na tle chmur. Termonamiernik przeszukuje przestrzeń w sektorze do 30º w azymucie i 15º w elewacji. Śledzenie obiektu odbywa się w strefie kątowej ±30º w poziomie i od –15º do +30º w pionie, przy prędkości kątowej celu do 30º/s. Dalmierz laserowy dokonuje pomiarów odległości w zakresie od 200 m do 3÷6,5 km.

W bliskiej, manewrowej walce powietrznej, prowadzonej w warunkach wzrokowej obserwacji celu, wykorzystanie celownika nahełmowego umożliwia wykonanie ataku bez konieczności precyzyjnego manewrowania samolotem. Poprzez ruch głowy pilota

pozwala on bowiem wskazywać obserwowany wzrokowo cel powietrzny układom obserwacyjnym systemów RŁPK i OEPS lub głowicom pocisków rakietowych typu R–73 i R–60. Wprawdzie system NSC pracuje w strefie ±60º od osi podłużnej samolotu, ale rzeczywisty zakres kątowy wskazywania celu jest ograniczony parametrami głowicy pocisku. System OEPrNK–29 jest również wykorzystywany podczas atakowania celów naziemnych z wykorzystaniem niekierowanych środków uzbrojenia do automatycznego wyliczania parametrów celowania. Odpalenia niekierowanych pocisków rakietowych lub strzelanie z działka pokładowego wymaga pochylenia samolotu o kąt od –10° do –40º.

System nawigacyjny SN–29 obejmuje zasadniczy i zapasowy, inercyjny system nawigacji bezwładnościowej IK–WK–80 oraz podsystemy i urządzenia współpracujące z nimi. Dodatkowo, jest on wspomagany i korygowany poprzez wykorzystywanie danych z innych pokładowych urządzeń radionawigacyjnych takich jak: radiotechniczny system bliskiej nawigacji i lądowania przyrządowego A–323, automatyczny radiokompas ARK–19 i radiowysokościomierz A–037. System SN–29 we współpracy z systemem automatycznego sterowania samolotem SAU–451 umożliwia automatyczne lub dyrektywne wykonanie przelotu po zaprogramowanej trasie z trzema punktami zwrotnymi, zajścia do lądowania (w tym dodatkowego kręgu nadlotniskowego) na zaplanowanym lotnisku.

Samolot MiG–29 jest wyposażony w dwudziestokanałową radiostację zakresu UKF/VHF typu R–862. W sytuacjach awaryjnych, do nasłuchu informacji podawanych z ziemi, pilot może wykorzystać radiokompas ARK–19. Do transmisji danych związanych z naprowadzaniem przyrządowym, przeznaczona jest pokładowa aparatura radioliniowa E502.

Ważnym elementem wyposażenia samolotu, który w warunkach bojowych wpływa na jego żywotność jest system ostrzegania i obrony własnej. Składa się on ze stacji ostrzegania o opromieniowaniu SPO–15ŁM „Bieroza” i wyrzutników naboi zakłócających BWP–30–26. Stacja SPO–15ŁM podaje informację o opromieniowaniu samolotu i określa kierunek, typ stacji emitującej promieniowanie oraz tryb jej pracy (obserwacji lub śledzenia). Dodatkowo, orientacyjnie określa ona również dynamikę zbliżania najgroźniejszego źródła promieniowania. Każdy z dwóch wyrzutników BWP–30–26 mieści 30 naboi zakłócających PRP (dipoli) lub PPI (flar). Naboje są odpalane ręcznie lub automatycznie (podczas ataku na cele naziemne).

Ponadto, w skład wyposażenia samolotu MiG–29 wchodzi szereg innych ważnych elementów takich jak fotel katapultowy K–36DM s.2 (umożliwiający opuszczenie samolotu na powierzchni ziemi przy prędkości nie mniejszej niż 75 km/h), głosowy informator sygnałów awaryjnych, rejestrator parametrów lotu, zintegrowany układ kontroli i ostrzegania „Ekran” i inne.

7.2.5. Uzbrojenie

Uzbrojenie strzeleckie samolotu MiG–29 stanowi zabudowane w napływach lewego skrzydła jednolufowe działko GSz–30–1 kalibru 30 mm o szybkostrzelności 1.500–1.800 strzałów na minutę, z zapasem amunicji 150 szt. Stosowane są dwa rodzaje amunicji: przeciwpancerno– smugowa BT i odłamkowo–burząco–zapalająca OFZ. Ogień z działka można prowadzić krótkimi (po około 25 pocisków) lub długimi seriami, przy czym efektywna odległość strzelania do celów powietrznych wynosi od 200 do 800 m a do celów naziemnych od 1.200 do 1.800 m.

Na sześciu węzłach podskrzydłowych samolot może przenosić różne rodzaje i warianty uzbrojenia, w zależności od wykonywanej misji. Do zwalczania celów powietrznych mogą być wykorzystywane następujące rodzaje pocisków rakietowych:

- kierowane radiolokacyjnie pociski rakietowe średniego zasięgu typu R–27R1 (równocześnie mogą być podwieszone tylko 2 pociski na węzłach wewnętrznych),
- samonaprowadzające pociski rakietowe krótkiego zasięgu typu R–60MK, lub R–73E (łącznie można podwiesić 6 pocisków).

System sterowania uzbrojeniem umożliwia stosowanie mieszanych wariantów uzbrojenia z dwoma typami pocisków klasy powietrze–powietrze. Podstawowy wariant obejmuje 2 pociski R–27R1 oraz 4 pociski R–60MK lub R–73E.

Z kolei do zwalczania celów naziemnych samolot może być uzbrojony w niekierowane pociski rakietowe lub uzbrojenie bombardierskie. Wymienione rodzaje środków bojowych mogą być przenoszone na czterech wewnętrznych węzłach podwieszeń. Na węzłach zewnętrznych są wówczas zazwyczaj podwieszone dwa pociski typu R–60 lub R–73. Samolot może wykorzystywać niekierowane pociski rakietowe typu S–8 kalibru 80 mm (po 20 szt. w zasobniku) i S–24B kaliber 240 mm (maksymalnie do 4 szt. w zasobniku). Pociski S–8 występują w kilku odmianach różniących się typem głowic bojowych. Atakowanie celów naziemnych z wykorzystaniem niekierowanych pocisków rakietowych odbywa się z odległości od 1.400 do 2.500 m.

Samolot MiG–29 może być również uzbrajany w niekierowane bomby o wagomiarze od 100 do 500 kg, zbiorniki ze środkiem zapalającym lub zasobniki z bombami kasetowymi. Środki te, o łącznej masie do 2.000 kg, mogą być przenoszone na czterech węzłach wewnętrznych. Bombardowanie może być prowadzone zarówno z lotu poziomego jak i nurkowego z kątami pochylenia do 40º przy prędkościach do 0,8 Ma.

W tabeli nr 7.1. przedstawione zostały podstawowe parametry taktyczno – techniczne samolotu MiG–29A (wersja 9–12).

Tabela nr 7.1. Podstawowe dane taktyczno–techniczne samolotu MiG–29A

Parametr	**J.m.**	**Wartość**
Rozpiętość	[m]	11,36
Długość całkowita	[m]	17,32
Wysokość	[m]	4,72
Powierzchnia skrzydeł	[m^2]	38,06
Masa własna	[kg]	10 900
Masa startowa z wariantem uzbrojenia (2xR–27R i 4xR–73)	[kg]	15 300
Maks. masa startowa	[kg]	18 000
Maks. masa podwieszeń	[kg]	2 200
Pojemność wewnętrznych zbiorników paliwa	[l]	4 300
Pojemność podwieszanego zbiornika paliwa	[l]	1 500
Prędkość maks. na dużej wysokości	[Ma]	2,3
Prędkość maks. na poziomie morza	[km/h]	1 500
Prędkość lądowania	[km/h]	250–260
Maks. prędkość wznoszenia	[m/s]	330
Pułap praktyczny	[m]	18 000
Zasięg maks. na dużej wysokości ze zbiornikiem podwieszanym	[km]	2 100
Zasięg maks. na małej wysokości bez zbiornika podwieszanego	[km]	710
Zasięg maks. na dużej wysokości bez zbiornika podwieszanego	[km]	1 430
Długość rozbiegu	[m]	250–600
Długość dobiegu	[m]	600–750
Typ silnika	–	RD–33
Ciąg na zakresie maks.	[kN]	49,4
Maks. ciąg na zakresie dopalania	[kN]	81,4
Maks. przeciążenie	–	+9 –3

7.2.6. Modernizacja samolotów MiG–29 w lotnictwie polskim

Przystąpienie Polski do NATO pociągnęło za sobą konieczność dostosowania samolotów MiG–29 do obowiązujących tam standardów i wymagań w celu umożliwienia prowadzenia operacji w ramach działań sojuszniczych. Program przeprowadzonej wówczas modernizacji objął przede wszystkim:

- wymianę systemu identyfikacji swój–obcy (IFF) i transpondera w celu umożliwienia identyfikacji samolotu przez cywilną kontrolę przestrzeni powietrznej i zintegrowany system obrony powietrznej NATO,
- przystosowanie wyposażenia pokładowego do współpracy z wykorzystywanymi w NATO systemami nawigacyjnymi (między innymi radiotechniczny system bliskiej nawigacji RSBN zastąpiony został systemem nawigacji TACAN),
- wyposażenie samolotu w odbiornik systemu nawigacji satelitarnej (GPS),
- przeskalowanie przyrządów na miary anglosaskie oraz zastąpienie dotychczasowych napisów eksploatacyjnych napisami w języku angielskim,
- umożliwienie płynnego strojenia częstotliwości radiostacji pokładowej,
- zabudowę stroboskopowych świateł antykolizyjnych.

W latach 2012 – 2014 szesnaście samolotów MiG–29 (w tym 3 wersji szkolno-bojowej), pełniących służbę w 23 BLT została poddana dalszej modernizacji. W głównej mierze polegała ona na wyposażeniu samolotu w następujące urządzenia:

- szyna transmisji danych MIL BUS 1553B,
- platforma laserowa systemu nawigacji EGI (INS+GPS) z modułem SAASM,
- komputer misji MDP,
- wielofunkcyjny wyświetlacz MFCD 5” x 4”,
- kamera CTVS z cyfrowym rejestratorem DVR,
- komputer danych aerodynamicznych ADC,
- rejestrator katastroficzny parametrów lotu S2–3a,
- interfejsy, panele sterowania, bloki zasilania i dodatkowe anteny .



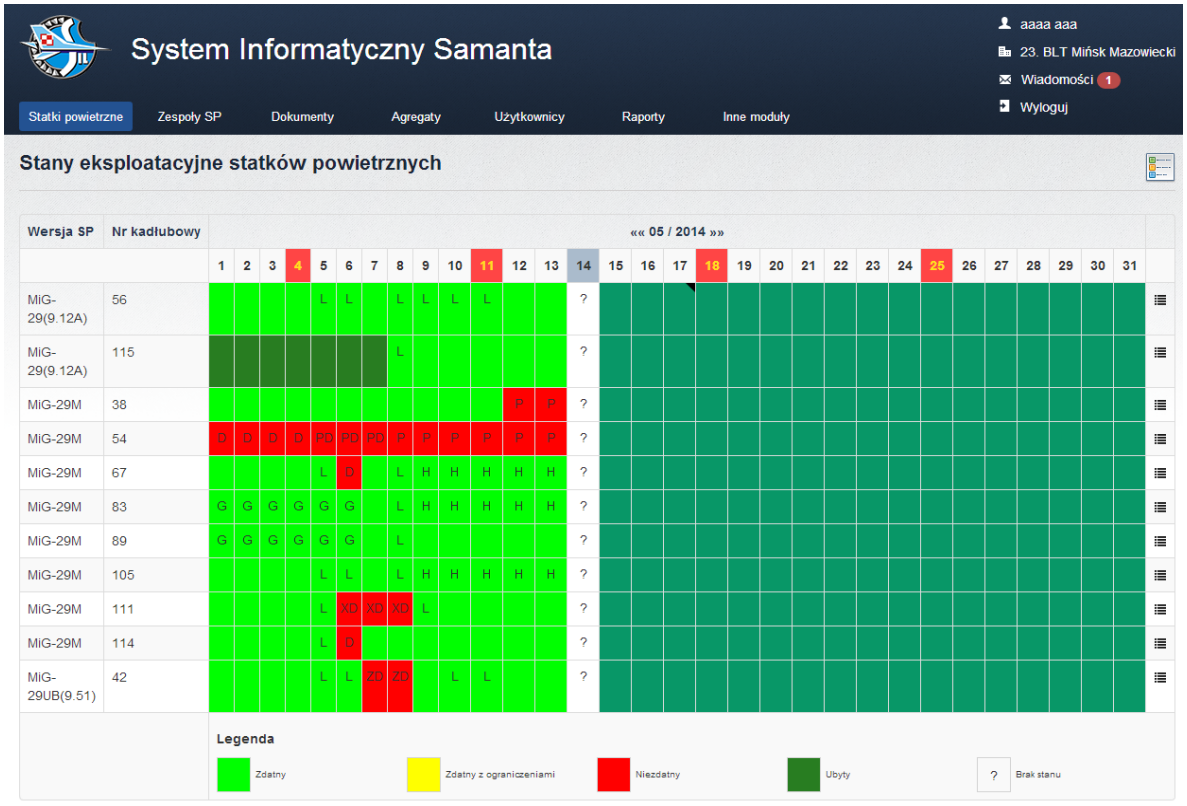
Rys. 7.2. Wnętrze kabiny zmodernizowanego samolotu MiG-29A

Wykonawcą wszystkich dotychczasowych programów modernizacji samolotów MiG–29 eksploatowanych w lotnictwie Sił Zbrojnych RP były Wojskowe Zakłady Lotnicze nr 2 w Bydgoszczy.

7.3. Metodologia prowadzenia badań

Podstawę do prowadzenia analizy problematyki związanej z gotowością techniczną wojskowych statków powietrznych będą stanowiły raporty miesięczne o ich stanach eksploatacyjnych. Raporty te powstają na bazie codziennych meldunków sporządzanych przez wszystkie jednostki organizacyjne eksploatujące poszczególne typy samolotów i śmigłowców. Wzór stosowanego obecnie raportu miesięcznego przedstawia tabela nr 7.2. Jak już wcześniej wykazano, obowiązujący dotychczas w lotnictwie Sił Zbrojnym RP system ewidencji stanów eksploatacyjnych nie pozwala na przeprowadzenie wnikliwej analizy rzeczywistych przyczyn pozostawania statków powietrznych w stanie niezdatności. Z tych względów konieczne stało się opracowanie nowej klasyfikacji stanów eksploatacyjnych, która umożliwi dokonywanie tego typu analiz.

Tabela nr 7.2. Formularz raportu o stanach eksploatacyjnych statków powietrznych w systemie *Samanta*



W trakcie prowadzonych badań raporty miesięczne będą sporządzane na formularzach podobnych do obowiązujących obecnie. Dostosowane zostaną one jedynie w zakresie umożliwiającym zapis symboli nowoopracowanych stanów eksploatacyjnych. Wzór nowego formularza raportu miesięcznego przedstawia tabela nr 7.3.

Tabela nr 7.3. Raport miesięczny o stanach eksploatacyjnych statków powietrznych (wzór)

Numer SP	Wersja	miesiąc / rok																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Baza nr …																															
Baza nr …																															

Tabela nr 7.4. Miesięczne zestawienie stanów eksploatacyjnych statków powietrznych (wzór)

Numer SP	Wersja	Stan eksploatacyjny																								
					Obsługi					Uszkodzenia			Odn. res.		Remont				Rek.	Oczek.			Inne			
		Z	ZC	N	OA	OB	OC	OD	OE	UN	UP	US	TW	TP	RR	RA	RM	MM	EK	CU	CZ	CR	HO	HW	HK	HI
Baza nr …																										
Razem																										
Baza nr …																										
Razem																										
Razem bazy .. i ..																										

Zmianie uległ jednak czas przygotowywania meldunku dziennego o stanach eksploatacyjnych. Obecnie jest on sporządzany we wczesnych godzinach porannych, czyli przed rozpoczęciem pracy, przez co zawiera informacje o stanie prognozowanym, a nie faktycznym. Aby wyeliminować ewentualne rozbieżności, meldunek dzienny powinien być sporządzany po zakończeniu dnia pracy. W proponowanym systemie ewidencji stanów eksploatacyjnych przyjęto założenie, że za zdatne uznaje się te statki powietrzne, które w ciągu doby pozostają w tym stanie co najmniej przez 12 godzin. Takie podejście pozwala oceniać gotowość techniczną w ciągu całej doby, co w lotnictwie wojskowym ma istotne znaczenie. Przykładowo, jeżeli dany samolot lub śmigłowiec przeszedł w stan niezdatności o godz. 9:00 to przed godz. 21:00 musi ponownie osiągnąć gotowość techniczną, aby w tym dniu był zaewidencjonowany jako *zdatny*. Jeżeli natomiast utrata gotowości technicznej nastąpiła o godz. 15:00, a jej przywrócenie o godz. 14:00 dnia następnego, to zgodnie z przyjętą zasadą, w pierwszym dniu do ewidencji wprowadzony zostanie stan *zdatny*, a w drugim stan *niezdatny*.

W niniejszej pracy przyjęto również założenie, że do stanu *zdatny* zaliczają się tylko te statki powietrzne, które są zdolne do wykonywania pełnego zakresu zadań, zgodnie ze swoim przeznaczeniem. Z kolei, stan *zdatny z ograniczeniami* obejmuje te samoloty i śmigłowce, które wprawdzie mogą wykonywać określone kategorie lotów, ale ze względu na stan techniczny nie są zdolne do realizacji pełnego zakresu przewidzianych dla nich zadań. Wszystkie pozostałe przypadki są zaliczane do stanu *niezdatny*. Gotowość techniczną osiągają zatem te statki powietrzne, które pozostają w stanie *zdatny* lub *zdatny z ograniczeniami*.

Na podstawie raportu miesięcznego opracowany system informatyczny będzie automatycznie generował zestawienie stanów eksploatacyjnych w danym okresie sprawozdawczym. Wzór wspomnianego dokumentu prezentuje tabela nr 7.4. Przedstawia on sumaryczną liczbę dni kalendarzowych, jaką w danym miesiącu poszczególne samoloty i śmigłowce znajdowały się w podstawowych stanach eksploatacyjnych (*zdatny, zdatny z ograniczeniami i niezdatny*). Wyszczególnia on także sumaryczną liczbę dni pozostawania w poszczególnych kategoriach stanu niezdatności (np. obsług technicznych, usterek i uszkodzeń, remontów itp.). Dodatkowo, prezentowane są sumaryczne wartości rejestrowanych parametrów dla floty danego typu statku powietrznego znajdującego się w wyposażeniu poszczególnych baz lotniczych oraz całego lotnictwa sił zbrojnych.

W lotnictwie wojskowym ocena poziomu gotowości technicznej jest dokonywana przede wszystkim w odniesieniu do całej floty danego typu statku powietrznego oraz flot stanowiących wyposażenie poszczególnych baz. Pożądane jest zatem, aby dane niezbędne do dokonania wspomnianej analizy były dostępne w przejrzystej i niezbyt rozbudowanej formie. Z tego względu opracowano formularz zbiorczego raportu o stanach

eksploatacyjnych statków powietrznych w danym miesiącu, którego wzór przedstawia tabela nr 7.5. Zawarte w nim dane ograniczają się do informacji o typie i liczbie statków powietrznych w poszczególnych bazach lotniczych oraz poziomie wskaźnika gotowości technicznej i wskaźników charakteryzujących podstawowe kategorie przyczyn niezdatności. Informacje te stanowią wystarczającą podstawę do ogólnej oceny gotowości technicznej danej floty samolotów lub śmigłowców oraz zasadniczych przyczyn stanów ich niezdatności. Poszczególne wskaźniki zostały omówione w rozdziale nr 5. Przedstawiono tam również sposób ich wyznaczania. Opracowane w ramach niniejszej pracy wskaźniki stanów eksploatacyjnych pozwalają na dokonanie rzetelnej i w miarę obiektywnej analizy stopnia oddziaływania poszczególnych czynników na poziom gotowości technicznej statków powietrznych.

W przypadku, gdy wartość wskaźnika charakteryzującego określoną kategorię przyczyn stanu niezdatności wzrośnie powyżej ustalonego poziomu, konieczne staje się przeprowadzenie analizy zestawienia stanów eksploatacyjnych. Pozwala ono bowiem ustalić, które egzemplarze statków powietrznych przyczyniły się do wzrostu analizowanego wskaźnika oraz jaki okres przebywały w stanie niezdatności. Szczegółowe informacje o wszelkich zdarzeniach powodujących przejście samolotu lub śmigłowca w stan niezdatności są zawarte w jego dokumentacji obsługowej, a także w elektronicznym systemie wspomagania eksploatacji. Przeprowadzone badania w pełni potwierdziły przydatność i funkcjonalność opracowanej struktury bazy danych i metodologii prowadzenia analizy i oceny gotowości technicznej statków powietrznych.

Wskaźnik gotowości technicznej statku powietrznego jest obliczany według poniższego wzoru:

$$K_{g(SP)} = \frac{T_{Z(SP)} + T_{ZC(SP)}}{T_{Z(SP)} + T_{ZC(SP)} + T_{N(SP)}} \tag{7.1}$$

gdzie:
$K_{g(SP)}$ – wskaźnik gotowości technicznej SP,
$T_{Z(SP)}$ – czas przebywania SP w stanie *zdatnym,*
$T_{ZC(SP)}$ – czas przebywania SP w stanie *zdatnym z ograniczeniami*,
$T_{N(SP)}$ – czas przebywania SP w stanie *niezdatnym*.

Do obliczeń praktycznych można przyjąć, że występująca w mianowniku powyższego wzoru suma czasów zdatności, zdatności z ograniczeniami i niezdatności jest w rzeczywistości czasem eksploatacji danego statku powietrznego T_E.

$$T_E = T_Z + T_{ZC} + T_N \tag{7.2}$$

W przypadku, gdy analizowany statek powietrzny był eksploatowany w danym okresie sprawozdawczym w sposób nieprzerwany to wówczas czas eksploatacji T_E jest tożsamy z czasem kalendarzowym $T_{K.}$

Przy obliczaniu wskaźnika gotowości technicznej dla floty danego typu statku powietrznego $K_{g(FSP)}$ wykorzystywany jest wzór (6.10).

$$K_{g(FSP)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_{z(SPi)}}{\sum_{i=1}^{n} T_{E(SPi)}} \tag{6.10}$$

gdzie:
$T_{E(SP\ i)}$ – czas eksploatacji i–tego SP floty w analizowanym przedziale czasu.

W przypadku, gdy w okresie sprawozdawczym wszystkie statki powietrzne stanowiące wyposażenie danej jednostki organizacyjnej były eksploatowane w sposób nieprzerwany, to wówczas powyższy wzór przyjmie następującą postać:

$$K_{g(FSP)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_{z(SPi)}}{n \times T_K} \tag{7.3}$$

gdzie:
n – liczba SP w danej flocie.

Powyższe wzory są również wykorzystywane do wyznaczania wskaźników poszczególnych stanów eksploatacyjnych. Oprócz oznaczeń odpowiadających danemu wskaźnikowi zmianie ulega parametr występujący w liczniku przytoczonych wzorów, którym jest czas przebywania samolotu lub śmigłowca w danym stanie eksploatacyjnym. Dla przykładu, wskaźniki niezdatności statku powietrznego z powodu określonej kategorii przyczyn są obliczane przy pomocy następującego wzoru:

$$K_{nzy(SP)} = \frac{T_{nzy(SP)}}{T_{E(SP)}} \tag{7.4}$$

gdzie:
$K_{nzy(SP)}$ – wskaźnik niezdatności SP,
$T_{nzy(SP)}$ – czas niezdatności SP z powodu przyczyny kategorii Y.

Przy wyznaczaniu wspomnianych wskaźników dla floty danego typu statku powietrznego powyższy wzór przyjmuje następującą postać:

$$K_{nzy(FSP)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_{nzy(SPi)}}{\sum_{i=1}^{n} T_{E(SPi)}} \tag{7.5}$$

W przypadku, gdy w analizowanym okresie wszystkie statki powietrzne stanowiące wyposażenie danej jednostki organizacyjnej są eksploatowane w sposób ciągły to do obliczeń można wykorzystać uproszczoną formę powyższego wzoru:

$$K_{nzy(FSP)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_{nzy(SPi)}}{n \times T_K} \tag{7.6}$$

Jak już wcześniej wspomniano, badaniu gotowości technicznej zostaną poddane samoloty bojowe typu MiG–29, które w analizowanym okresie były eksploatowane w dwóch bazach lotniczych w łącznej liczbie 32 maszyn (po 16 w każdej z baz). Badanie obejmie okres 12 kolejnych miesięcy, aby uwzględnić ewentualne oddziaływanie poszczególnych pór roku. Zgodnie z przyjętą metodyką, podstawą prowadzonych analiz będą miesięczne raporty o stanach eksploatacyjnych statków powietrznych. Raporty te zostały wprawdzie opracowane na podstawie zasymulowanych danych, ale w bardzo wysokim stopniu odzwierciedlają one warunki rzeczywiste.

Wspomniany dokument powstaje na bazie meldunków dziennych i informuje o liczbie dni jaką poszczególne samoloty lub śmigłowce przebywały w danym stanie eksploatacyjnym w analizowanym miesiącu. Na tej podstawie system informatyczny automatycznie generuje zbiorcze zestawienie stanów eksploatacyjnych, a następnie zbiorcze zestawienie wskaźników stanów eksploatacyjnych. Wyznaczone wskaźniki informują o stopniu oddziaływania poszczególnych stanów eksploatacyjnych na gotowość techniczną każdego statku powietrznego całej floty z podziałem na bazy.

Badanie gotowości technicznej samolotów typu MiG–29 rozpoczęto od sporządzenia raportów o ich stanach eksploatacyjnych w kolejnych dwunastu miesiącach. Raporty te stanowią załączniki do niniejszej pracy o numerach od 1 do 12. Kolejnym krokiem było opracowanie programu komputerowego, który na bazie wspomnianych raportów umożliwi automatyczne generowane miesięcznego zestawienia stanów eksploatacyjnych (załączniki od 2.1 do 2.12), a następnie miesięcznego zestawienia wskaźników stanów eksploatacyjnych (załączniki od 3.1 do 3.12).

W lotnictwie wojskowym ocena poziomu gotowości technicznej jest dokonywana przede wszystkim w odniesieniu do całej floty danego typu statku powietrznego oraz flot stanowiących wyposażenie poszczególnych baz. Pożądane jest zatem, aby dane niezbędne

do dokonania wspomnianej analizy były dostępne w przejrzystej i niezbyt rozbudowanej formie. Z tego względu opracowano formularz zbiorczego raportu o stanach eksploatacyjnych statków powietrznych w danym miesiącu, którego wzór przedstawia tabela nr 7.5. Zawarte w nim dane ograniczają się do informacji o typie i liczbie statków powietrznych w poszczególnych bazach lotniczych oraz poziomie wskaźnika gotowości technicznej i wskaźników charakteryzujących podstawowe kategorie przyczyn niezdatności. Informacje te stanowią wystarczającą podstawę do ogólnej oceny gotowości technicznej poszczególnych flot samolotów lub śmigłowców oraz zasadniczych przyczyn ich niezdatności. W przypadku, gdy wartość wskaźnika charakteryzującego określoną kategorię przyczyn stanu niezdatności wzrośnie powyżej ustalonego poziomu, konieczne staje się przeprowadzenie analizy zestawienia wskaźników stanów eksploatacyjnych i zestawienia stanów eksploatacyjnych. Pozwalają one bowiem ustalić, które egzemplarze statków powietrznych przyczyniły się do wzrostu analizowanego wskaźnika oraz jaki okres przebywały w stanie niezdatności. Szczegółowe informacje o wszelkich zdarzeniach powodujących przejście samolotu lub śmigłowca w stan niezdatności są zawarte w jego dokumentacji obsługowej, a także w elektronicznym systemie wspomagania eksploatacji. Przeprowadzone badania w pełni potwierdziły przydatność i funkcjonalność opracowanej struktury bazy danych i metodologii prowadzenia analizy i oceny gotowości technicznej statków powietrznych.

Tabela nr 7.5. Zbiorczy raport o stanach eksploatacyjnych statków powietrznych (wzór).

Typ SP	Nr bazy	Liczba SP	Wskaźniki eksploatacyjne							
			K_g	K_{nzO}	K_{nzU}	K_{nzT}	K_{nzR}	K_{nzE}	K_{nzC}	K_{nzH}
	Baza nr …									
	Baza nr …									
	Baza nr …									
	Razem									
	Baza nr …									
	Baza nr …									
	Baza nr …									
	Razem									
	Baza nr …									
	Baza nr …									
	Baza nr …									
	Razem									
	Baza nr …									
	Baza nr …									
	Baza nr …									
	Razem									
	Baza nr …									
	Baza nr …									
	Baza nr …									
	Razem									

7.4. Wyniki badań

Jak już wcześniej wspomniano, prowadzone badania objęły 32 samoloty MiG–29 eksploatowane w dwóch bazach lotniczych (po 16 maszyn w każdej z nich). Zgodnie z rzeczywistymi danymi statystycznymi założono, że w badanym okresie średni nalot na samolot wyniósł ok 95 godzin, przy czym najwyższa jego wartość osiągała poziom około 130 godzin. Oszacowanie osiąganego nalotu jest dość istotne, gdyż bezpośrednio wpływa on na częstotliwość wykonywania większości rodzajów obsług technicznych, a także na intensywność wyczerpywania resursu statku powietrznego i jego zespołów, agregatów i części wymiennych. Nie bez znaczenia jest również jego oddziaływanie na gęstość strumienia występujących usterek i uszkodzeń.

Ocenę gotowości technicznej samolotów MiG–29 przeprowadzono w oparciu o analizę wyznaczonych w ramach badań wskaźników. Aby ułatwić to zadanie opracowano roczne zestawienie wskaźników stanów eksploatacyjnych statków powietrznych. Zawiera ono te same parametry co zestawienie miesięczne, a dodatkowo określa średnie wartości poszczególnych wskaźników w danym roku. Wzór wspomnianego zestawienia przedstawia tabela nr 7.6., a jego formularz z danymi w badanym okresie zawarty jest w załączniku nr 4.

Tabela nr 7.6. Roczne zestawienie wskaźników stanów eksploatacyjnych statków powietrznych (wzór)

Typ SP	Miesiąc	Liczba SP	Wskaźniki eksploatacyjne							
			K_g	K_{nzO}	K_{nzU}	K_{nzT}	K_{nzR}	K_{nzE}	K_{nzC}	K_{nzH}
	01									
	02									
	03									
	04									
	05									
	06									
	07									
	08									
	09									
	10									
	11									
	12									
	Wartość śr.									

Wyniki analizy każdego z wyznaczonych wskaźników zostały omówione poniżej.

7.4.1. Wskaźnik gotowości technicznej

W badanym okresie średnia wartość wskaźnika gotowości technicznej K_g samolotów MiG–29 wyniosła 0,599 i wahała się w granicach od 0,479 do 0,682. Najniższy poziom osiągnął on w grudniu, a najwyższy w styczniu i we wrześniu. W Bazie 1 wspomniane parametry wyniosły odpowiednio 0,618 oraz 0,526 i 0,692, a w Bazie 2 osiągnęły poziom 0,58 oraz 0,431 i 0,681. Przyczyną znacznego obniżenia poziomu wskaźnika K_g w grudniu była katastrofa samolotu nr 606, która wydarzyła się w Bazie 1. W jej następstwie wstrzymane zostało użytkowanie tych maszyn do czasu wyjaśnienia przyczyny wypadku. Wyznaczona w ramach badań wartość wskaźnika gotowości technicznej jest bardzo zbliżona do poziomu odnotowywanego w warunkach rzeczywistych, chociaż w niektórych przypadkach kształtuje się na nieznacznie niższym poziomie.

Powodem tego jest stosowanie odmiennych systemów klasyfikacji stanów eksploatacyjnych. Jak już wcześniej wspominano, zgodnie z systemem obecnie obowiązującym, do stanu *zdatny* i *zdatny z ograniczeniami* zaliczane są także stany T, *D, E, J, O i U,* które w praktyce powinny być przyporządkowane do kategorii *niezdatny*. W okresie pokoju nie pozwalają one bowiem na wykonywanie lotów operacyjnych. Natomiast zgodnie z przyjętymi w niniejszej pracy założeniami, każdy samolot lub śmigłowiec, który nie jest zdolny do realizacji zadań operacyjnych jest zaliczany do stanu *niezdatny*. Ponadto należy pamiętać, że podawany w meldunkach dziennych poziom zdatności bywa czasem zawyżony, gdyż w odróżnieniu od wskaźnika K_g przedstawia on wartość prognozowaną, a nie rzeczywistą.

Gotowość techniczną osiągają statki powietrzne znajdujące się w stanie *zdatny* lub *zdatny z ograniczeniami*. W przypadku samolotów MiG–29 drugi z wymienionych stanów występuje stosunkowo rzadko. W praktyce pojawia się on bowiem tylko wówczas, gdy mimo wystąpienia usterki lub uszkodzenia, samolot nadal zachowuje zdolność do wykonywania określonej kategorii lotów operacyjnych.

Oceniając osiągany poziom gotowości technicznej badanych samolotów trudno uznać, że jest on satysfakcjonujący. W lotnictwie wojskowym wielu państw przyjmuje się bowiem, że co najmniej 75% danego typu statków powietrznych znajdujących się w wyposażeniu powinno być zdatnych do wykonywania zadań operacyjnych. Poziom gotowości technicznej osiągany przez samoloty MiG–29 jest więc znacząco niższy. Aby podjąć działania mające na celu poprawę zaistniałej sytuacji, konieczne jest ustalenie zasadniczych przyczyn obniżających poziom gotowości technicznej. W tym celu bardzo pomocna jest analiza wskaźników charakteryzujących poszczególne kategorie stanów niezdatności.

7.4.2. Wskaźnik niezdatności

Wskaźnik niezdatności K_{nz} jest ściśle związany ze wskaźnikiem gotowości technicznej K_g. I dlatego wyznaczenie wartości jednego z nich automatycznie informuje o poziomie drugiego. Z tych względów stosunkowo niska wartość wskaźnika K_g świadczy o wysokim poziomie wskaźnika K_{nz}. W badanym okresie wahał się on w granicach od 0,318 do 0,521.Wskaźnik K_{nz} informuje więc o ogólnym poziomie niezdatności statków powietrznych, ale nie pozwala na ustalenie jej przyczyn. Aby to osiągnąć konieczne jest przeprowadzenie analizy wskaźników charakteryzujących poszczególne kategorie stanów niezdatności.

7.4.2.1. Wskaźnik niezdatności z powodu obsług technicznych

Obsługi techniczne są nieuniknioną przyczyną cyklicznego przechodzenia statków powietrznych w stan niezdatności. Samoloty typu MiG–29 podlegają wielu rodzajom obsług, które powodują ich wyłączenie ze stanu gotowości technicznej. Zostały one wyszczególnione w tabeli nr 7.7. Zgodnie z przyjętymi założeniami, każdy rodzaj obsługi oznaczono przypisanym jej symbolem (od A do D). Ponadto tabela zawiera informacje dotyczące rodzaju poszczególnych obsług oraz częstotliwości i orientacyjnego czasu ich wykonywania.

Tabela nr 7.7. Wykaz obsług technicznych samolotu MiG–29 powodujących jego przejście w stan niezdatności

Symbol obsługi	Rodzaj obsługi	Orientacyjny czas wykonania
A	Obsługa specjalna po 6 miesiącach ±15 dniach eksploatacji	1 dzień roboczy
B	Obsługa specjalna po 75 ±10% godz. lotu	7 dni roboczych
C	Obsługa okresowa po 150 ±10% godz. lotu	4 miesiące
D	Obsługa okresowa po 300 ±10% godz. lotu	4 miesiące
RR	Obsługa okresowa po 600 ±10% godz. lotu	8 miesięcy
	Prace kontrolno–regeneracyjne [PKR] (co 600 (–100) godz. lub co 6 (–1) lat)	

Uwaga: Ze względu na bardzo zbliżony charakter i termin wykonywania obsług okresowych po 600 godz. lotu oraz prac kontrolno–regeneracyjnych, zostały one oznaczone tym samym symbolem.

Z przedstawionego wykazu wynika, że częstotliwość wykonywania obsługi specjalnej *A* jest uzależniona od czasu eksploatacji, a obsługi specjalnej *B* oraz obsług okresowych po 150 *C*, 300 *D* i 600 *RR* godzinach lotu od osiąganego nalotu. Natomiast prace kontrolno–regeneracyjne są związane zarówno z nalotem jak i czasem eksploatacji

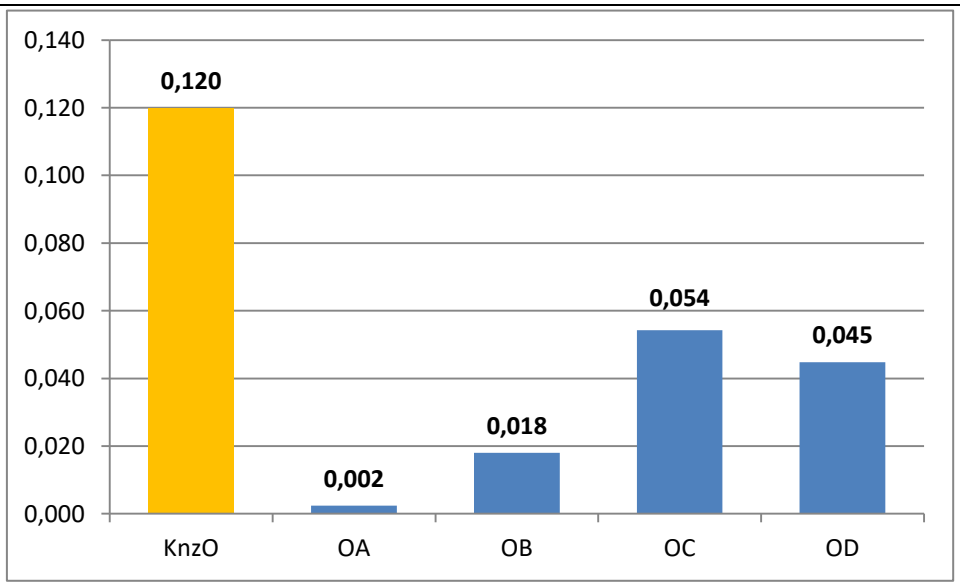
w zależności, który warunek jest spełniony wcześniej. Wprawdzie obsługa specjalna *A* na ogół nie powoduje przejścia samolotu w stan niezdatności, ale czasem zdarza się, że związane z nią prace są kontynuowane w dniu następnym. Z tego powodu obsługa ta została umieszczona w powyższej tabeli. Przy dotychczasowym poziomie nalotu rocznego na samolot obsługa okresowa po 150 godzinach lotu jest wykonywana nie częściej niż co półtora roku. Istotnym problemem jest stosunkowo długi czas realizacji obsług okresowych *C* i *D* wynoszący około 4 miesiące. Obsługi okresowe po 600 godzinach lotu i prace kontrolno–regeneracyjne, ze względu na ich charakter, częstotliwość i zakres wykonywanych prac, zostały zaliczone do kategorii *remont* i oznaczone symbolem *RR*.

Właściwa interpretacja wskaźnika K_{nzO}, wyznaczonego dla floty statków powietrznych, wymaga pozyskania dodatkowych informacji. Jego wartość zależy bowiem od rodzaju i liczby obsług wykonywanych w danym okresie sprawozdawczym, a także od efektywności procesu ich realizacji. W prowadzeniu analiz dotyczących stopnia oddziaływania poszczególnych rodzajów obsług na gotowość techniczną, bardzo pomocne są odpowiadające im wskaźniki niezdatności. Liczba samolotów lub śmigłowców, na których w tym samym czasie wykonywane są obsługi techniczne, w dużej mierze zależy od racjonalnego planowania procesu eksploatacji. Zbytnia kumulacja obsług prowadzi do nadmiernego obniżenia poziomu gotowości technicznej, a często także do wydłużenia czasu ich realizacji. Oprócz planowania istotne znaczenie ma czas wykonywania danej obsługi. Można go określić na podstawie miesięcznych raportów o stanach eksploatacyjnych. Obliczenia za pomocą wzorów matematycznych z wykorzystaniem wskaźnika K_{nzO}, są bowiem utrudnione, gdyż w wielu przypadkach termin rozpoczęcia i zakończenia wykonywania obsług technicznych wykracza poza przyjęty okres sprawozdawczy. Porównanie rzeczywistego czasu wykonywania określonej obsługi technicznej z odpowiadającym jej czasem normatywnym, umożliwia ocenę sprawności realizacji objętych nią prac. Nadmierne wydłużenie czasu wykonywania obsług może być wynikiem niewłaściwej organizacji pracy, a zwłaszcza braku koordynacji działań wykonywanych przez poszczególnych specjalistów, albo też niewystarczającej liczby personelu, zbyt niskiego poziomu jego przygotowania zawodowego lub braku należytego zaangażowania. Inną przyczyną wydłużenia prac może być niewystarczające wyposażenie techniczne bazy obsługowej.

W badanym okresie średnia wartość wskaźnika niezdatności z powodu obsług technicznych K_{nzO} wyniosła 0,12. Oznacza to, że obsługi techniczne są najczęstszą przyczyną stanu niezdatności samolotów typu MiG–29. Wyznaczony w ramach badań wskaźnik K_{nzO} jest o około 20% niższy w odniesieniu do poziomu odnotowywanego w warunkach rzeczywistych. Zasadniczym tego powodem jest odmienny sposób ewidencjonowania stanów eksploatacyjnych. Zgodnie z obowiązującym obecnie systemem, do czasu wykonywania obsługi wlicza się również usuwanie usterek i uszkodzeń wykrytych podczas prowadzonych prac, a także oczekiwanie na dostawę

wymaganych do naprawy części. Natomiast, w wykorzystywanym w badaniach systemie ewidencji stanów eksploatacyjnych, okres niezdatności z powodu obsług technicznych obejmuje wyłącznie czas ich wykonywania. Dzięki temu wskaźnik K_{nzO} daje wiarygodny obraz stopnia oddziaływania obsług na gotowość techniczną.

Analiza struktury wskaźnika K_{nzO} wskazuje, że największy wpływ na jego poziom mają obsługi okresowe po 150 i 300 godzinach lotu. Ich udział wyniósł bowiem około 85% ogólnej jego wartości. W badanym okresie wspomniane obsługi były wykonywane na dziewięciu samolotach, które z tego powodu pozostawały w stanie niezdatności łącznie przez 1.157 dni. Stopień oddziaływania obsług specjalnych po 75 godzinach lotu jest znacznie niższy i wynosi ok. 13% wartości wskaźnika K_{nzO}. Wykonanie 25 obsług zajęło łącznie 211 dni. W tym przypadku daje się zauważyć dość duża rozpiętość czasu wykonywania omawianej obsługi. Wahał się on bowiem od 5 do 12 dni roboczych, przy czym zazwyczaj wynosił około 7 dni. Przyczyną wydłużenia terminu zakończenia prac były najczęściej problemy organizacyjne i absencja personelu. W Bazie 2 średni czas wykonania obsługi *B* był nieco dłuższy niż w Bazie 1. Powodem tego była niepełna obsada specjalistów w zakresie podwozia. Natomiast obsługi specjalne po 6 miesiącach eksploatacji na ogół nie powodują przejścia w stan niezdatności. W niektórych przypadkach zdarzało się jednak, że z tego powodu samolot był niezdatny powyżej 12 godzin. Najczęstszą tego przyczyną było zbyt późne rozpoczęcie prac, konieczność ich przerwania lub oczekiwanie na specjalistyczny sprzęt. Zestawienie wskaźników poszczególnych stanów niezdatności z powodu obsług technicznych przedstawia rysunek nr. 7.3.



Rys. 7.3. Wskaźniki niezdatności samolotów MiG-29 z powodu obsług technicznych

7.4.2.2. Wskaźnik niezdatności z powodu usterek i uszkodzeń

Usterki i uszkodzenia są jedną z częstych przyczyn przechodzenia statków powietrznych w stan niezdatności. W wykorzystywanym w trakcie badań nowym systemie ewidencji stanów eksploatacyjnych, trzy z nich dotyczą niezdatności z powodu usterek i uszkodzeń. Stany te są charakteryzowane poprzez odpowiadające im wskaźniki:

- K_{nzUN} – wskaźnik niezdatności SP z powodu usterek i uszkodzeń wynikających z jego zawodności,
- K_{nzUP} – wskaźnik niezdatności SP z powodu usterek i uszkodzeń powstałych w wyniku działania personelu,
- K_{nzUS} – wskaźnik niezdatności SP z powodu usterek i uszkodzeń powstałych w wyniku oddziaływania środowiska.

Wymienione wskaźniki umożliwiają identyfikację zasadniczych kategorii przyczyn powstających usterek i uszkodzeń oraz ocenę stopnia ich oddziaływania na gotowość techniczną statków powietrznych. Należy przy tym podkreślić, że zgodnie z przyjętą definicją omawiane stany niezdatności nie obejmują czasu oczekiwania na naprawę oraz dostawę wymaganych do jej wykonania części. Dzięki temu opisujące je wskaźniki odzwierciedlają wiarygodny obraz stanu rzeczywistego. W badanym okresie ogólny wskaźnik K_{nzU} kształtował się w granicach od 0,056 do 0,155 osiągając średni poziom 0,106. Usterki i uszkodzenia są więc jedną z najpoważniejszych przyczyn niezdatności samolotów MiG–29.

Aby dokonać oceny stopnia oddziaływania poszczególnych kategorii ich przyczyn konieczne jest przeprowadzenie analizy odpowiadających im wskaźników.

7.4.2.2.1. Wskaźnik niezdatności z powodu usterek i uszkodzeń wynikających z zawodności statku powietrznego

Uzyskane wyniki wskazują, że cecha nieuszkadzalności (zawodność) jest dominującą przyczyną usterek i uszkodzeń powodujących przejście samolotów MiG-29 w stan niezdatności. Wskaźnik K_{nzUN} stanowi bowiem aż 88% wartości wskaźnika K_{nzU}. Jego interpretacja jest dość złożona i wymaga pogłębionej analizy informacji zawartych zarówno w miesięcznych raportach o stanach eksploatacyjnych jak i dokumentacji eksploatacyjnej badanych statków powietrznych. Pozwala to bowiem na określenie usterek i uszkodzeń, które występują najczęściej i w największym stopniu wpływają na wzrost poziomu wskaźnika K_{nzUN}. To z kolei umożliwia podejmowanie działań prewencyjnych lub usprawniających proces naprawy.

Z przeprowadzonych analiz wynika, że największe nasilenie występowania usterek i uszkodzeń przypadało na okres wczesnowiosenny i późnojesienny. W głównej mierze dotyczyły one wówczas wyposażenia elektronicznego oraz urządzeń elektrycznych.

Prawdopodobną przyczyną tej sytuacji były panujące wówczas warunki atmosferyczne, a zwłaszcza duża wilgotność i wahania temperatury. Z kolei w miesiącach letnich, mimo wzmożonej intensywności lotów, liczba tego typu niesprawności technicznych była znacząco niższa. Należy jednak pamiętać, że na poziom wskaźnika K_{nzUN} wpływa nie tylko liczba usterek i uszkodzeń, ale także czas ich usuwania. Ten zaś w dużej mierze zależy od organizacji i zarządzania systemem obsługi technicznej oraz systemem zaopatrzenia materiałowo–technicznego. Wymagane informacje są dostępne w zbiorczych zestawieniach stanów eksploatacyjnych statków powietrznych oraz w raportach miesięcznych. W badanym okresie łączny czas przebywania samolotów MiG–29 w stanie niezdatności *UN* wyniósł 1.085 dni. Powstające usterki i uszkodzenia na ogół miały charakter zróżnicowany o niewielkim stopniu powtarzalności. Odnotowano jednak przypadki, że czas naprawy tego samego rodzaju uszkodzenia różnił się nawet dwukrotnie.

7.4.2.2.2. Wskaźnik niezdatności z powodu usterek i uszkodzeń powstałych w wyniku działania personelu

Wskaźnik K_{nzUP} odnosi się do usterek i uszkodzeń spowodowanych przez personel latający, techniczny lub personel służb lotniskowych. W okresie objętym badaniami miało miejsce kilka zdarzeń z udziałem samolotów MiG–29 w których uszkodzeniu uległo trzy maszyny w stopniu wymagającym naprawy przez zakład remontowy. Zdarzenia te zostały opisane w tabeli nr 7.8.

Tabela nr 7.8. Wykaz zdarzeń, które spowodowały przejście samolotów MiG-29 w stan niezdatności *UP*

Data	Numer SP Numer bazy	Okres niezdatności (dni)	Opis zdarzenia
Personel latający			
13.04	811 Baza nr 2	6	Po przebiciu dolnej podstawy chmur pilot wykonał gwałtowny manewr wyprowadzania ze stromego nurkowania, aby uniknąć zderzenia z ziemią. W wyniku tego manewru przekroczona została wartość dopuszczalnego przeciążenia o 0,9 g. Po przeprowadzeniu niwelacji i kalibracji urządzeń celowniczych samolot odzyskał gotowość techniczną.
16.05	614 Baza nr 1	36	W ramach ćwiczeń poligonowych pilot wykonywał zadanie polegające na obezwładnieniu umocnionego celu naziemnego przy wykorzystaniu pocisków rakietowych. Atak wykonał on jednak na zbyt małej wysokości i zbyt późno rozpoczął manewr wyprowadzania, co spowodowało, że samolot znalazł się w strefie rażenia. Uszkodzeniu uległy łopatki sprężarki lewego silnika oraz dolne pokrycie klapy i lotki lewego skrzydła.

06.09	814 Baza nr 2	21	W trakcie uruchamiania prawego silnika pilot w sposób niezamierzony odciął dopływ paliwa przerywając rozpoczętą procedurę. Następnie, nie czekając na zatrzymanie pędni silnika rozpoczął ponowne uruchomienie co doprowadziło do uszkodzenia układu rozruchowego.
26.09	803 Baza nr 2	3	W wyniku zbyt wysokiego wyrównania i utrzymywania nadmiernej prędkości pilot doprowadził do tzw. twardego lądowania. Skutkiem tych błędów było przekroczenie dopuszczalnego przeciążenia, pęknięcie ogumienia i uszkodzenie koła prawego podwozia.
Personel techniczny			
18.07	612 Baza nr 1	2	Podczas wykonywania obsług okresowych w wyniku niewłaściwego montażu nastąpiło uszkodzenie gwintu króćca przyłączeniowego filtra instalacji hydraulicznej, co spowodowało konieczność jego wymiany.
19.10	608 Baza nr 1	8	W trakcie rutynowego przeglądu technicznego samolotu wykryto uszkodzenie łopatki pierwszego stopnia sprężarki lewego silnika. Pociągnęło to za sobą konieczność jego demontażu i skierowania do zakładu remontowego. Przeprowadzone dochodzenie wykazało, że przyczyną uszkodzenia było zassanie przez silnik metalowej podkładki lub monety o średnicy około 20 mm. Odpowiedzialnością za powstałe uszkodzenie obciążono personel techniczny, gdyż prawdopodobnie metalowy przedmiot został w sposób nieumyślny pozostawiony w kanale wlotowym podczas poprzedniego przeglądu.
Personel obsługi lotniskowej			
09.08	801 Baza nr 2	50	W trakcie ćwiczenia związanego z gaszeniem statku powietrznego pojazd lotniskowej straży pożarnej uderzył w krawędź natarcia lewego skrzydła samolotu, poważnie uszkadzając dwie sekcje klap przednich. Naprawę powstałych uszkodzeń zlecono zakładowi remontowemu.

Z powyższego zestawienia wynika, że przypadki przechodzenia samolotów MiG–29 w stan niezdatności z powodu niewłaściwego działania personelu nie występują zbyt często, chociaż czasem okres naprawy bywa dość długi. Łączny okres niezdatności uszkodzonych z tego powodu maszyn wyniósł 126 dni, z czego aż 50 dni przypada na samolot nr 801.

Ważnym elementem jest również analiza przyczyn zaistniałych incydentów. W badanym okresie miało miejsce siedem zdarzeń, z czego cztery zostały spowodowane przez personel latający, dwa przez personel techniczny, a jedno przez personel służb lotniskowych, co stanowiło odpowiednio 52,4, 7,9, i 39,7% wartości wskaźnika K_{nzUP}. Dwa incydenty, które nie pociągnęły za sobą żadnych uszkodzeń, miały miejsce w Bazie 2. Były one spowodowane przez pilotów rozpoczynających szkolenie lotnicze na tym typie

samolotu i wynikały z braku wymaganych umiejętności oraz doświadczenia. Natomiast, wypadek w Bazie 1 był efektem niezdyscyplinowania załogi podczas wykonywania zadania na poligonie. Pozytywnym zjawiskiem jest fakt, że w przedstawionym w tabeli nr 7.8. zestawieniu brak jest zdarzeń, które systematycznie się powtarzają. Świadczy to korzystnie o prowadzonych działaniach profilaktycznych. Szczególnie niepokojące są jednak przypadki poważnego uszkodzenia samolotu z powodu nieprzestrzegania obowiązujących przepisów i procedur, albo rażącego niezdyscyplinowania, które zasługują na surowe konsekwencje.

7.4.2.2.3. Wskaźnik niezdatności z powodu usterek i uszkodzeń powstałych w wyniku oddziaływania środowiska

Przyjęty w rozdziale nr 5 podział, wyodrębnia środowisko naturalne oraz bojowe, do którego zaliczają się również warunki poligonowe. W badanym okresie samoloty MiG–29 nie brały udziału w żadnych operacjach militarnych. W tym czasie doszło wprawdzie do zdarzenia, w którym samolot wykonujący zadanie poligonowe został uszkodzony odłamkami w strefie wybuchu, ale jego przyczyną było nieprawidłowe postępowanie załogi. Z tego powodu wspomniany samolot został zakwalifikowany do stanu *UP*. W konsekwencji, nie odnotowano żadnego przypadku uszkodzenia samolotu z powodu oddziaływania środowiska bojowego. Miały natomiast miejsce zdarzenia, w których uszkodzeniu uległo kilka maszyn w wyniku oddziaływania środowiska naturalnego. Zdarzenia te zostały przedstawione w tabeli nr 7.9.

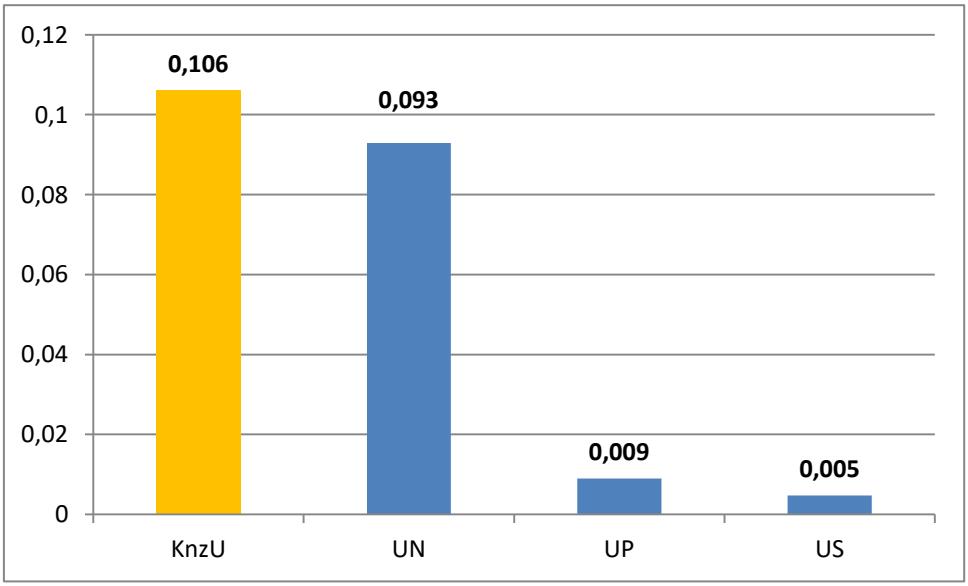
Tabela nr 7.9. Wykaz zdarzeń, które spowodowały przejście samolotów MiG-29 w stan niezdatności *US*

Data	Numer SP Numer bazy	Okres niezdatności (dni)	Opis zdarzenia
Środowisko naturalne			
11.07	609 Baza nr 1	44	Podczas wykonywania zadania lotniczego polegającego na przechwyceniu celu powietrznego, samolot w sposób niezamierzony znalazł się w strefie bardzo intensywnych opadów gradu. W wyniku tego zdarzenia uszkodzona została część przednia kadłuba oraz powłoka lakiernicza na krawędziach natarcia skrzydeł i usterzenia ogonowego. W celu naprawy samolot został przebazowany do zakładu remontowego.
11.10	816 Baza nr 2	62	W trakcie lotu na małej wysokości doszło do zderzenia z ptakiem w wyniku czego uszkodzone zostały łopatki sprężarki lewego silnika. Uszkodzony silnik został zdemontowany i skierowany do zakładu remontowego.
15.11	607 Baza nr 1	7	Podczas lotów nocnych w trakcie dobiegu samolot uderzył kołem lewego podwozia w przebiegającego przez pas startowy

			psa. W następstwie uszkodzone zostały przewody giętkie zasadniczego i awaryjnego układu hamowania.
Środowisko bojowe			

Z informacji zawartych w tabeli nr 7.9. wynika, że w badanym okresie doszło do zdarzeń, w następstwie których trzy samoloty MiG–29 przeszły w stan niezdatności z powodu uszkodzeń będących wynikiem oddziaływania środowiska naturalnego. Jeden z nich dotyczy uszkodzenia samolotu 609 podczas przelotu przez strefę intensywnych opadów gradu. W takiej sytuacji niezbędne jest ustalenie okoliczności zaistniałego zdarzenia oraz wpływu załogi na jego przebieg. Przeprowadzone w tej sprawie postępowanie wyjaśniające wykazało, że w panujących wówczas warunkach atmosferycznych nie występowały przesłanki do przewidywania tak intensywnych opadów gradu. Brak było również ostrzeżeń ze strony służby meteorologicznej. W tych okolicznościach uszkodzony samolot został zakwalifikowany do stanu *US* a nie do stanu *UP*. Łączny okres niezdatności z powodu negatywnego oddziaływania środowiska wyniósł 113 dni, z czego na samolot nr 816 przypadło 62 dni. W skali roku średnia wartość wskaźnika K_{nzUS} wyniosła 0,005 Świadczy to o relatywnie niewielkim oddziaływaniu środowiska na wskaźnik K_g.

Z przeprowadzonych badań wynika, że największy wpływ na gotowość techniczną samolotów MiG-29 miały usterki i uszkodzenia związane z cechą ich nieuszkadzalności. Stanowiły one aż 87,7% wartości wskaźnika K_{nzU}, podczas gdy udział wskaźników K_{nzUP} i K_{nzUS} wyniósł odpowiednio 8,1 i 4,2%. Zestawienie wskaźników poszczególnych stanów niezdatności z powodu usterek i uszkodzeń przedstawia rys. nr 7.4.



Rys. 7.4. Wskaźniki niezdatności samolotów MiG-29 z powodu usterek i uszkodzeń

Mimo, że wskaźnik K_{nzUP} kształtował się na relatywnie niskim poziomie to jednak uszkodzenia z powodu niewłaściwego postępowania personelu, w ogóle nie powinny się zdarzać. Należy zatem dążyć do ich maksymalnego ograniczenia. Przypadki przechodzenia statków powietrznych w stan niezdatności *UP* lub *US* zdarzają się incydentalnie. Z tego względu wskaźniki te powinny być rozpatrywane w dłuższej perspektywie, np. roku.

7.4.2.3. Wskaźnik niezdatności z powodu odnowy resursu

Stan niezdatności z powodu odnowy resursu *T* jest charakteryzowany przez ogólny wskaźnik K_{nzT}. Obejmuje on wskaźniki K_{nzTW} i K_{nzTP}. Pierwszy z nich dotyczy stanu niezdatności z powodu wyczerpania resursu elementów składowych i urządzeń pokładowych, a drugi resursu samego statku powietrznego. W badanym okresie nie odnotowano przypadków przejścia samolotów MiG–29 w stan niezdatności z powodu wyczerpania ich resursu. Jak już wcześniej wspomniano, w lotnictwie polskim samoloty typu MiG–29 są eksploatowane według stanu technicznego. Ich resurs całkowity wynosi 4.000 godzin lotu, z którego do chwili obecnej zostało wykorzystane około 50%. Z tych względów obecnie nie występuje potrzeba przedłużania trwałości badanych samolotów. W konsekwencji wskaźnik K_{nzT} jest tożsamy ze wskaźnikiem K_{nzTW}, którego wartość w głównej mierze zależy od liczby oraz czasu wykonywania prac związanych z wymianą elementów składowych i urządzeń pokładowych z wyczerpanym resursem. W przypadku samolotów MiG–29 najczęstszą przyczyną przejścia w stan niezdatności *TW* była wymiana silnika oraz skrzynki napędu agregatów. Wymiar ich resursu międzyremontowego nie pokrywa się bowiem z częstotliwością wykonywania prac kontrolno–regeneracyjnych i wynosi odpowiednio 350 i 500 godzin pracy. W niektórych przypadkach przejście w stan niezdatności powodowała również wymiana innych elementów z wyczerpanym resursem. Należy przy tym podkreślić, że do stanu *TW* nie są zaliczane przypadki wymiany części składowych z powodu ich uszkodzenia.

Wskaźnik K_{nzT} jest ściśle związany z trwałością danego typu statku powietrznego i jego części składowych. Organizacja eksploatująca ma więc niewielki wpływ na jego poziom. Ogranicza się on jedynie do zaplanowania najbardziej dogodnego terminu realizacji prac związanych z odnową resursu (np. w trakcie obsług technicznych) oraz sprawnego ich wykonania. Pożądane jest przy tym, aby zabudowywane na samolot silniki miały zbliżony resurs do kolejnego remontu. Umożliwia to wówczas jednoczesną ich wymianę i tym samym skrócenie ogólnego okresu niezdatności danej maszyny. Powyższe względy sprawiają, że analiza wskaźników dotyczących odnowy trwałości powinna koncentrować się na ocenie czasu realizacji związanych z nią prac. Informacje te są dostępne w miesięcznych zestawieniach stanów eksploatacyjnych. W badanym okresie łączny czas niezdatności samolotów MiG–29 z powodu odnowy resursu wyniósł 73 dni, a średnia wartość wskaźnika K_{nzT} osiągnęła poziom 0,006. Jak wspomniano wcześniej, największy udział w jego kształtowaniu miała wymiana silników. Warto przy tym

wspomnieć, że w obecnie funkcjonującym systemie ewidencji stanów eksploatacyjnych, odnowa części składowych nie jest wyodrębniana.

7.4.2.4. Wskaźnik niezdatności z powodu remontu

W nowowprowadzonym systemie ewidencji stanów eksploatacyjnych, trzy z nich są związane z remontem lub modernizacją. Stany te są charakteryzowane przez następujące wskaźniki:

- K_{nzRR} – wskaźnik niezdatności z powodu remontu wynikającego z wyczerpania resursu SP,
- K_{nzRA} – wskaźnik niezdatności z powodu naprawy lub remontu wynikającego z uszkodzenia SP,
- K_{nzRM} – wskaźnik niezdatności z powodu modernizacji lub modyfikacji SP.

Wskaźnik niezdatności z powodu remontu K_{nzR} obejmuje więc trzy wymienione wskaźniki. W badanym okresie jego wartość wahała się w zakresie od 0,063 do 0,094 osiągając średni poziom 0,081. Obok obsług technicznych oraz usterek i uszkodzeń, prace remontowe miały więc największy wpływ na gotowość techniczną samolotów MiG–29. Ocena stopnia oddziaływania poszczególnych stanów eksploatacyjnych związanych z remontem i modernizacją wymaga przeprowadzenia analizy charakteryzujących je wskaźników.

7.4.2.4.1. Wskaźnik niezdatności z powodu remontu wynikającego z wyczerpania resursu statku powietrznego

Eksploatowane według stanu technicznego samoloty MiG–29 podlegają między innymi obsługom okresowym po 600 godzinach lotu oraz pracom kontrolno–regeneracyjnym wykonywanym również po 600 godzinach lotu lub po sześciu latach eksploatacji. Zakres wymienionych prac odpowiada naprawie głównej związanej z odnową resursu statku powietrznego i dlatego są one wykonywane w zakładach remontowych. Z tego względu zostały one potraktowane jako remont i oznaczone symbolem *RR*. W badanym okresie wspomniane obsługi i prace były wykonywane na pięciu samolotach powodując wyłączenie ich ze służby łącznie na 942 dni. Średni czas wykonywania prac remontowych *RR* wynosił około ośmiu miesięcy, chociaż w jednym przypadku przeciągnął się on aż do dwunastu miesięcy. Powodem tego było oczekiwanie na dostawę części niezbędnych do regeneracji samolotu. Średnia wartość wskaźnika K_{nzRR} osiągnęła poziom 0,081.

7.4.2.4.2. Wskaźnik niezdatności z powodu naprawy lub remontu wynikającego z uszkodzenia statku powietrznego

W okresie objętym badaniami miały wprawdzie miejsce zdarzenia, w wyniku których sześć samolotów uległo uszkodzeniu w stopniu wymagającym naprawy przez zakład remontowy. Zdarzenia te zostały opisane w tabelach nr 7.8 i 7.9. Łączny czas naprawy uszkodzonych maszyn wyniósł 221 dni. Samoloty te zostały jednak wcześniej zakwalifikowane do stanów niezdatności *UP* (usterki i uszkodzenia spowodowane przez personel) lub *US* (usterki i uszkodzenia będące wynikiem oddziaływania środowiska). Z tego względu wspomniane przypadki nie mogą być równocześnie zaliczone do stanu *RA* (naprawa lub remont z powodu uszkodzenia). W efekcie stan *RA* w ogóle nie został odnotowany.

7.4.2.4.3. Wskaźnik niezdatności z powodu modernizacji lub modyfikacji

W okresie objętym badaniami żaden samolot typu MiG–29 nie był poddany modernizacji lub modyfikacji. Ostatni tego typu program został zrealizowany w latach w2012-2014 i objął łącznie 16 maszyn. W konsekwencji wskaźnik niezdatności K_{nzR} był kształtowany wyłącznie przez wskaźnik K_{nzRR}.

7.4.2.5. Wskaźnik niezdatności z powodu reklamacji

Średnia wartość wskaźnika niezdatności z powodu reklamacji K_{nzE} kształtowała się na poziomie 0,014 co oznacza, że jego wpływ na gotowość techniczną był stosunkowo niewielki. Łącznie zgłoszono 25 reklamacji, z których wszystkie zostały uznane. Większość z nich, bo aż 76%, było związanych z pracami remontowymi (obsługowych) dotyczącymi płatowca i jego wyposażenia oraz silnika. Ich wykonawcami są Wojskowe Zakłady Lotnicze nr 2 i 4. Natomiast pozostałe reklamacje były związane z obsługami realizowanymi przez eskadry techniczne.

Identyfikacja adresatów zgłaszanych reklamacji daje możliwość oceny nie tylko ich struktury, ale także sprawności procesu ich rozpatrywania i realizacji związanych z nimi prac. Wspomnianą identyfikację zapewnia wprowadzenie do oznaczeń stanów eksploatacyjnych dodatkowych symboli cyfrowych.

Stosunkowo duża liczba reklamacji dotyczących remontu samolotu wynika z faktu, że związana z nimi gwarancja obejmuje zarówno płatowiec, jego instalacje, jak i pełne wyposażenie pokładowe. Średni okres niezdatności z powodu reklamacji tego typu wyniósł około siedmiu dni. Okres ten jest nieco krótszy niż w warunkach rzeczywistych, gdyż zgodnie z przyjętym systemem ewidencji stanów eksploatacyjnych, nie obejmuje on oczekiwania na rozpatrzenie zgłoszenia przez jego adresata. Dzięki temu

wskaźnik K_{nzE} przedstawia rzeczywisty czas realizacji prac objętych zgłoszonymi reklamacjami.

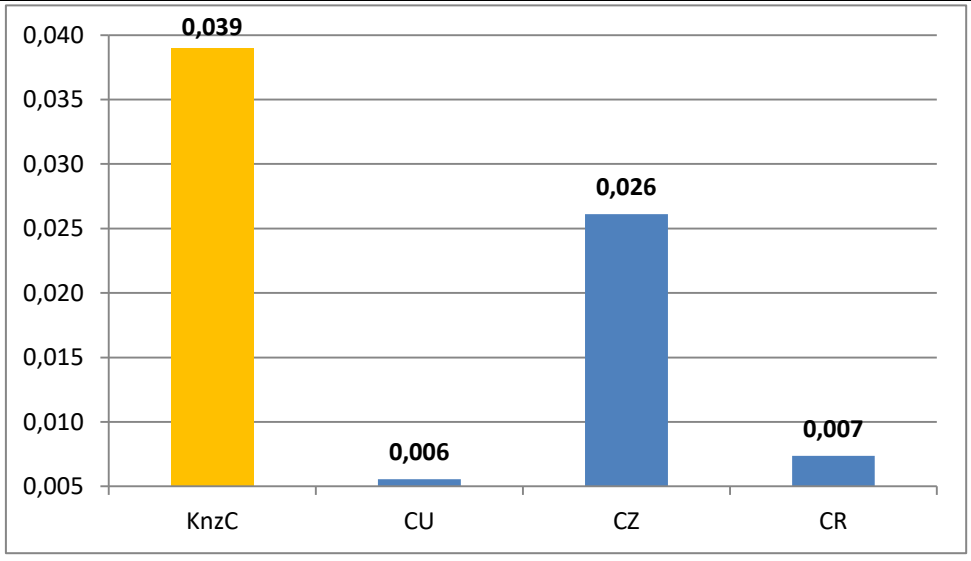
Mimo, że wskaźnik K_{nzE} osiągnął stosunkowo niski poziom, to możliwe jest jego dalsze obniżenie, głównie poprzez egzekwowanie od producentów wyrobów kompletujących i wykonawców zlecanych usług, krótszego czasu realizacji prac objętych zgłaszanymi reklamacjami.

7.4.2.6. Wskaźnik niezdatności z powodu oczekiwania

Kategoria niezdatności z powodu oczekiwania obejmuje trzy stany eksploatacyjne, które są charakteryzowane przez następujące wskaźniki:

- K_{nzCZ} – wskaźnik niezdatności z powodu oczekiwania na dostawę części niezbędnych do przywrócenia stanu zdatności,
- K_{nzCU} – wskaźnik niezdatności z powodu oczekiwania na wykonanie obsługi, naprawy, remontu lub modernizacji,
- K_{nzCR} – wskaźnik niezdatności z powodu oczekiwania na rozpatrzenie reklamacji.

Ogólny wskaźnik niezdatności z powodu oczekiwania K_{nzC} wyniósł 0,039 co oznacza, że badane samoloty przebywały w tym stanie łącznie przez 456 dni. Największy udział przypadł tu oczekiwaniu na części niezbędne do przywrócenia stanu zdatności. W sumie odnotowano 23 takie przypadki, przy czym średni czas oczekiwania wynosił około 13 dni. Wskaźnik K_{nzCU} kształtował się na poziomie 14% wskaźnika ogólnego. Mimo, że jego wartość jest stosunkowo niewielka, to przy bardziej racjonalnym planowaniu procesu eksploatacji możliwe jest dalsze jej obniżenie. Podobny problem dotyczy wskaźnika K_{nzCR}, którego udział stanowił 19%. Czas rozpatrywania reklamacji wynosił średnio około pięciu dni. Zestawienie wskaźników niezdatności z powodu oczekiwania przedstawia rysunek nr 7.5.



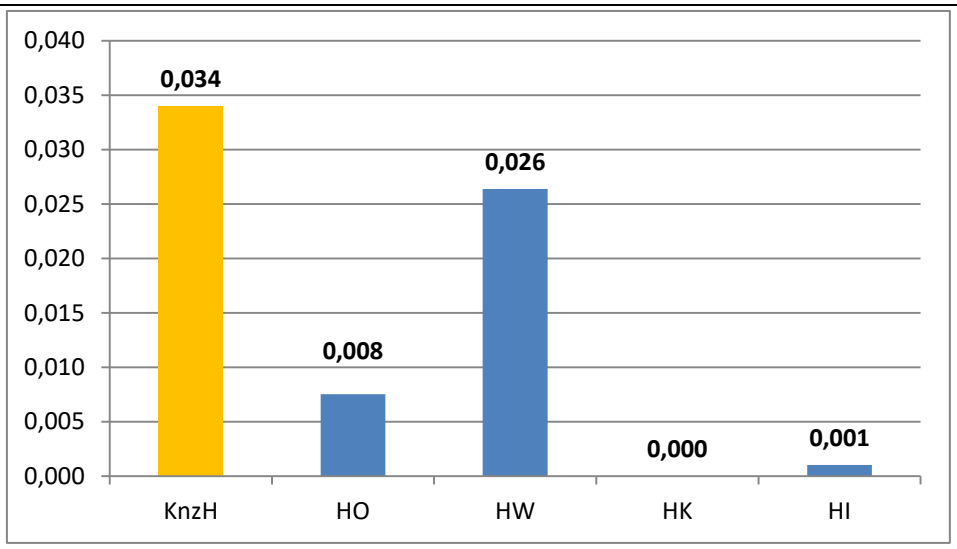
Rys. 7.5. Wskaźniki niezdatności samolotów MiG-29 z powodu oczekiwania

7.4.2.7. Wskaźnik niezdatności z powodu innych przyczyn

Wskaźnik niezdatności z powodu innych przyczyn K_{nzH} opisuje te stany eksploatacyjne, które powodują wyłączenie statku powietrznego z gotowości technicznej, a nie zaliczają się do żadnej z omówionych wcześniej kategorii. Wspomniane stany są charakteryzowane poprzez następujące wskaźniki:

- K_{nzHO} – wskaźnik niezdatności z powodu oblotu technicznego lub przebazowania,
- K_{nzHW} – wskaźnik niezdatności z powodu czasowego wstrzymania użytkowania statku powietrznego przez uprawniony organ lotniczy,
- K_{nzHK} – wskaźnik niezdatności z powodu konserwacji,
- K_{nzHI} – wskaźnik niezdatności z powodu innych przyczyn wstrzymania użytkowania statku powietrznego.

W badanym okresie wskaźnik K_{nzH} kształtował się na relatywnie niskim poziomie i był zależny wyłącznie od wskaźnika K_{nzHO}, którego wartość wyniosła ostatecznie 0,008. Jednak wypadek samolotu nr 606, który wydarzył się w dniu 19 grudnia w Bazie 1 spowodował wstrzymanie użytkowania wszystkich tego typu maszyn do czasu wyjaśnienia przyczyny zaistniałego zdarzenia. Z tego powodu samoloty MiG-29 były niezdatne łącznie przez 308 dni, co uplasowało wskaźnik K_{nzHW} na poziomie 0,026. Do wypadku doszło w nocy, w zwykłych warunkach atmosferycznych, kiedy to wspomniany samolot w trakcie podchodzenia do lądowania z nieznanego powodu nadmiernie obniżył wysokość i kilka kilometrów przed progiem pasa startowego zetknął się z ziemią, w miejscu porośniętym młodym lasem, ulegając poważnemu uszkodzeniu. Ze względu na to, że do dnia zakończenia okresu sprawozdawczego, komisja badająca wypadek nie ustaliła jego przyczyny, uszkodzony samolot został zakwalifikowany do stanu *HI*, czyli *niezdatny z innych przyczyn*.



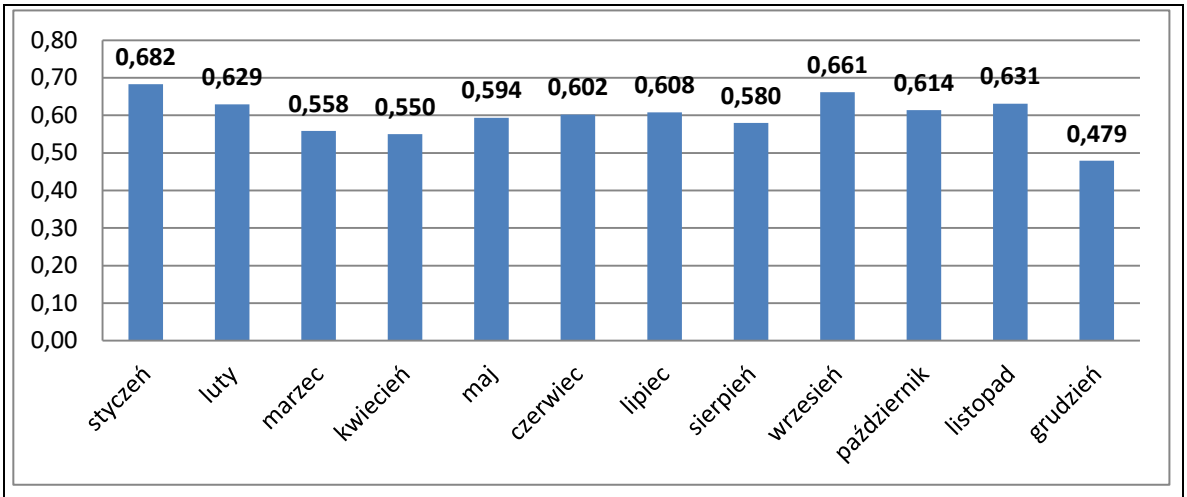
Rys. 7.6. Wskaźniki niezdatności samolotów MiG-29 z powodu innych przyczyn

Wypadek samolotu 606 miał więc istotny wpływ na ukształtowanie wskaźników charakteryzujących stany eksploatacyjne kategorii *H*. Ich zestawienie przedstawia rysunek nr 7.6.

7.5. Wnioski

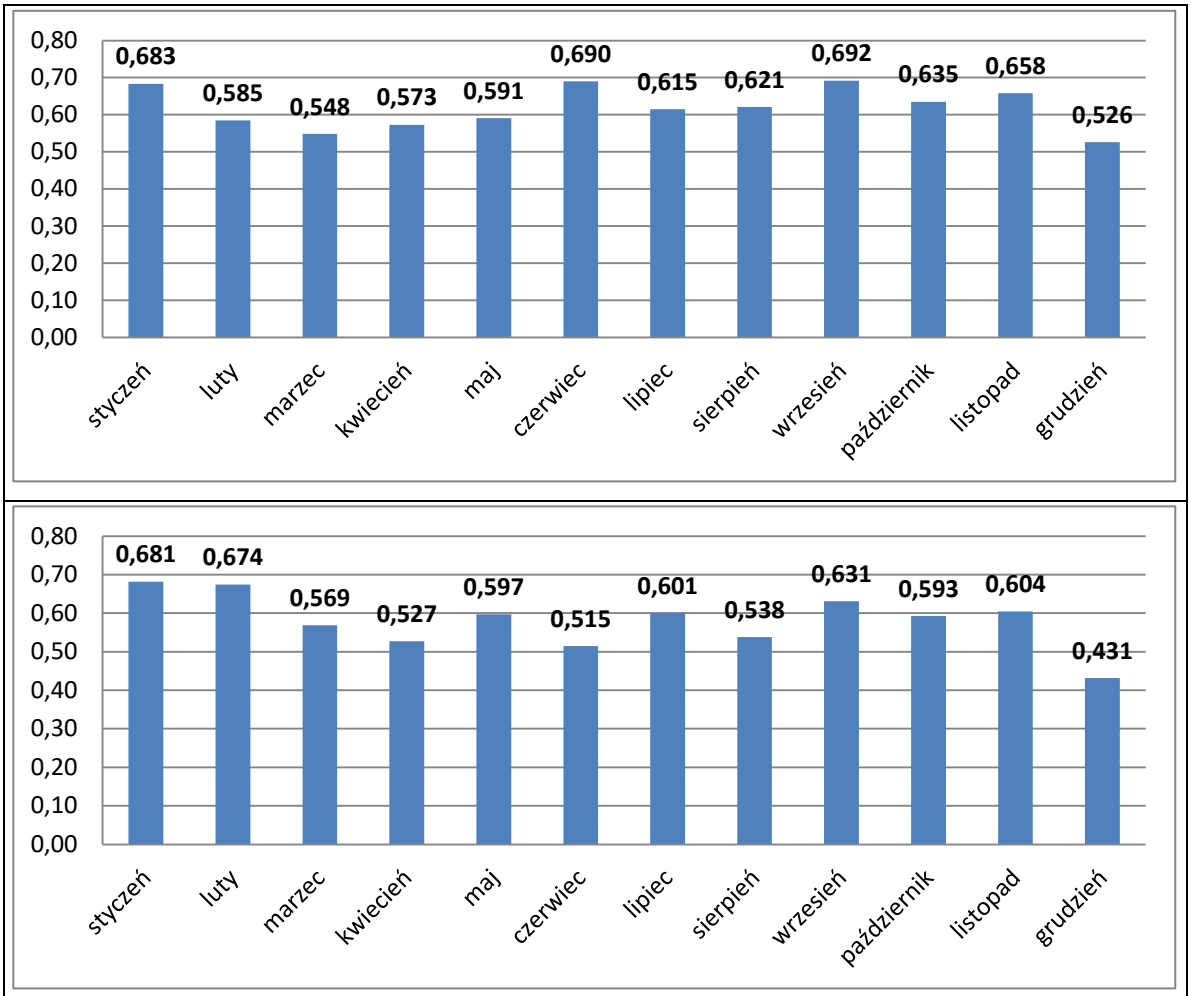
Przeprowadzone badania stanów eksploatacyjnych samolotów typu MiG–29 w pełni potwierdziły przydatność opracowanej w ramach niniejszej pracy metody analizy i oceny gotowości technicznej wojskowych statków powietrznych. Uzyskane dane pozwalają na prowadzenie wnikliwych i wszechstronnych analiz, a przede wszystkim na precyzyjne określenie czynników negatywnie oddziałujących na gotowość techniczną badanych samolotów. Ponadto, przeprowadzona analiza porównawcza wykazała, że uzyskane wyniki badań są bardzo zbliżone do wartości rzeczywistych. Wskazuje to, że założenia przyjęte przy tworzeniu wirtualnej bazy danych były właściwe.

W badanym okresie średnia wartość wskaźnika gotowości technicznej K_g samolotów MiG–29 wyniosła 0,599. Jego średni poziom w poszczególnych miesiącach został przedstawiony na rysunku nr 7.7.



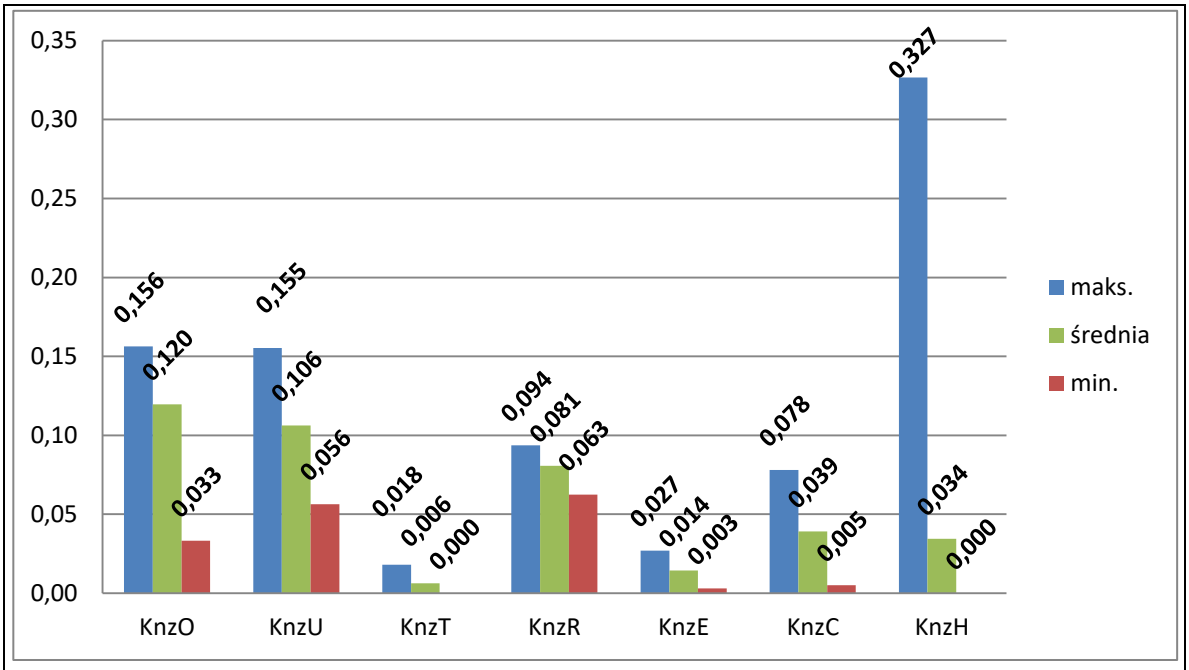
Rys. 7.7. Wskaźnik gotowości technicznej K_g samolotów MiG–29 w poszczególnych miesiącach badanego okresu

Z przedstawionego powyżej zestawienia wynika, że w badanym okresie wskaźnik K_g osiągał stosunkowo niski poziom. Najwyższą jego wartość, wynoszącą 0,682, odnotowano w styczniu, a najniższą (0,479) w grudniu. Oznacza to, że w każdym miesiącu co najmniej 9 samolotów było wyłączonych z działań operacyjnych. Analizę porównawczą gotowości technicznej w obydwu bazach ułatwia zestawienie przedstawione na rysunku nr 7.8. Wynika z niego, że średni wskaźnik K_g w obydwóch bazach eksploatujących badany typ samolotu kształtował się na zbliżonym poziomie, przy czym w Bazie 1 był on nieco wyższy.



Rys. 7.8. Wskaźnik gotowości technicznej K_g samolotów MiG–29 w poszczególnych bazach lotniczych

Określenie powodów niskiego poziomu gotowości technicznej samolotów MiG–29 wymaga analizy czynników wpływających na jej poziom i oceny stopnia ich oddziaływania. Temu celowi służą wskaźniki charakteryzujące poszczególne stany eksploatacyjne. Na rysunku nr 7.9. przedstawiono zestawienie średnich oraz skrajnych wartości wskaźników poszczególnych kategorii stanów niezdatności. Wynika z niego, że największy wpływ na gotowość techniczną badanych samolotów mają obsługi techniczne (K_{nzO} = 0,120), usterki i uszkodzenia (K_{nzU} = 0,106) oraz prace remontowe (K_{nzR} = 0,081). Z kolei, w najmniejszym stopniu oddziałują na nią prace związane z odnową resursu (K_{nzT} = 0,006) oraz reklamacje (K_{nzE} = 0,014). Poszczególne wskaźniki zostały omówione w podrozdziale 7.4. Ich analiza powinna być prowadzona w dłuższej perspektywie czasu np. kwartału czy roku. Pozwala to bowiem zniwelować ewentualne zaburzenia spowodowane przez zdarzenia incydentalne.



Rys. 7.9. Wskaźniki niezdatności samolotów MiG–29 w badanym okresie

Efektem analizy przyczyn obniżonego poziomu gotowości technicznej powinno być opracowanie wniosków i podjęcie działań mających na celu ograniczenie negatywnego wpływu poszczególnych czynników. Jak już wcześniej wspomniano, jedną z najczęstszych przyczyn niezdatności samolotów typu MiG-29 są obsługi techniczne. W przypadku obsług specjalnych i okresowych daje się zauważyć dość znaczna rozpiętość pomiędzy minimalnym i maksymalnym czasem ich realizacji. Świadczy to o tym, że sama poprawa organizacji pracy powinna przynieść widoczne rezultaty. Przykładowo, średni czas wykonywania obsług specjalnych po sześciu miesiącach eksploatacji wynosi około 9 dni. Wprowadzenie zasady, że obsługi te rozpoczynają się na początku tygodnia spowoduje skrócenie okresu niezdatności o dwa dni kolejnego weekendu. Znacznie bardziej istotne jest jednak ograniczenie czasu realizacji obsług okresowych po 150 i 300 godzinach lotu, który średnio trwa około czterech miesięcy. W tym przypadku, niezależnie od innych rozwiązań, wskazane jest rozważenie zasadności wprowadzenia pracy dwuzmianowej. W lotnictwie jest to przedsięwzięciem dość złożonym, wymagającym sprawnego systemu zarządzania i skutecznego nadzoru oraz wysokiej dyscypliny pracy. System wielozmianowy jest jednak z powodzeniem stosowany przez komercyjne linie lotnicze. W przypadku skrócenia czasu wykonywania wymienionych obsług do około 2,5 miesiąca, co wydaje się całkiem realne, w ciągu roku łączny okres niezdatności skróciłby się co najmniej o 400 dni. Oznacza to, że stan floty operacyjnej zwiększyłby się w tym okresie o więcej niż jeden samolot. Na podstawie przeprowadzonych analiz techniczno-ekonomicznych dla każdego przypadku powinny zostać opracowane odpowiednie algorytmy postępowania, mające na celu podniesienie poziomu gotowości technicznej eksploatowanych statków powietrznych. Zadanie to mogłoby stanowić przedmiot odrębnej pracy.

Przeprowadzone badania ujawniły, że pewne elementy przyjętej metodologii wymagają dopracowania. Dotyczy to przede wszystkim sposobu ewidencjonowania stanów eksploatacyjnych. W niektórych przypadkach powstaje bowiem możliwość zakwalifikowana statku powietrznego do więcej niż jednego stanu. Taka sytuacja występuje, gdy powstałe uszkodzenie wymaga naprawy w zakładzie remontowym. W tym przypadku istnieje możliwość zaszeregowania niezdatnego samolotu lub śmigłowca do jednego ze stanów kategorii *U,* (usterki i uszkodzenia), albo też do stanu *RA*. (naprawa lub remont z powodu uszkodzenia). Ze względu na potrzebę identyfikacji rzeczywistych przyczyn niezdatności, korzystniejszy jest wybór jednego ze stanów kategorii *U*. Podobny problem pojawia się podczas oczekiwania na dostawę części niezbędnych do przywrócenia stanu zdatności uszkodzonego statku powietrznego. Istnieje wówczas możliwość zakwalifikowania go zarówno do jednego ze stanów kategorii *U* jak i do stanu oczekiwania *CZ*. Dla lepszego zobrazowania rzeczywistych przyczyn powstałej niezdatności statku powietrznego bardziej właściwe w tym przypadku jest przyjęcie stanu *CZ,* gdyż to oczekiwanie na dostawę niezbędnych części determinuje przywrócenie gotowości technicznej.

Jak wykazały przeprowadzone badania, zastosowanie w oznaczeniach stanów eksploatacyjnych symboli cyfrowych określających organizację odpowiedzialną za przywrócenie stanu zdatności, umożliwia całkowite wyeliminowanie stanu *RA*. Wskazane jest natomiast wyodrębnienie ze stanu *US* uszkodzeń spowodowanych przez środowisko bojowe. Nowoutworzony stan niezdatności zostałby wówczas oznaczony symbolem *UB*, a odpowiadający mu wskaźnik symbolem K_{nzUB}. Wprowadzenie powyższych zmian pozwoli uniknąć wątpliwości związanych z klasyfikacją statków powietrznych do stanów kategorii stanów *U* i *R*. W tabeli 7.10. przedstawiony został wykaz stanów eksploatacyjnych po wprowadzeniu proponowanych zmian.

Opracowany w ramach niniejszej pracy system klasyfikacji stanów eksploatacyjnych ma charakter uniwersalny. Jego struktura jest otwarta i elastyczna. Dzięki temu jest on podatny na wprowadzanie ewentualnych zmian wynikających ze specyfiki poszczególnych typów statków powietrznych, uwarunkowań związanych z systemem ich eksploatacji, a także potrzeb i wymagań organizacji nim zarządzającej. Jeśli pojawi się taka konieczność, przedstawiony w tabeli 7.10. system może być rozszerzony o nowe stany lub o dodatkowy moduł, obejmujący przykładowo stany gotowości mobilizacyjnej. Moduł ten informowałby o liczbie niezdatnych statków powietrznych przywracanych do stanu zdatności w kolejnych dniach. Funkcja ta jest szczególnie przydatna podczas stanu podwyższonej gotowości bojowej. W zależności od potrzeb może być również modyfikowany wykaz organizacji odpowiedzialnych za przywrócenie stanu zdatności eksploatowanych samolotów i śmigłowców.

Tabela 7.10. Zmodyfikowany wykaz stanów eksploatacyjnych wojskowych statków powietrznych

	Oznaczenie	**Stan eksploatacyjny statku powietrznego**
	Z	Zdatny
	ZC	Zdatny z ograniczeniami
O	Obsługi techniczne	
	OA	Obsługi techniczne poziomu A
	OB	Obsługi techniczne poziomu B
	OC	Obsługi techniczne poziomu C
	OD	Obsługi techniczne poziomu D
	OE	Obsługi dodatkowe (obsługi specjalne, przeglądy i obsługi zlecane doraźnie, biuletyny techniczne itp.)
U	Usterki i uszkodzenia	
	UN	Usterki i uszkodzenia wynikające z zawodności SP
	UP	Usterki i uszkodzenia SP będące następstwem nieprawidłowego działania spowodowanego przez personel latający, techniczny lub obsługi lotniskowej
	US	Usterki i uszkodzenia SP spowodowane negatywnym oddziaływaniem środowiska naturalnego
	UB	Usterki i uszkodzenia SP spowodowane przez środowisko bojowe
T	Odnowa resursu	
	TW	Wymiana zespołów, podzespołów, części lub urządzeń pokładowych z powodu wyczerpania resursu.
	TP	Przedłużanie resursu SP lub jego zespołów
R	Remont / modernizacja	
	RR	Remont z powodu wyczerpania resursu
	RM	Modernizacja lub modyfikacja SP
E	Reklamacja	
	EK	Reklamacja wykonanej usługi lub dostawy sprzętu bądź wyrobów kompletujących
C	Oczekiwanie	
	CU	Oczekiwanie na obsługę, naprawę lub remont
	CZ	Oczekiwanie na dostawę części niezbędnych do przywrócenia stanu zdatności
	CR	Oczekiwanie na rozpatrzenie reklamacji
H	Inne	
	HO	Oblot lub przebazowanie
	HW	Czasowe wstrzymanie użytkowania przez uprawniony organ lotniczy
	HK	Stan konserwacji
	HI	Inne przyczyny

8. PODSUMOWANIE

Zasadniczym celem niniejszej pracy było opracowanie metody, która umożliwi systematyczne dokonywanie kompleksowej analizy i oceny poziomu gotowości technicznej statków powietrznych, eksploatowanych w lotnictwie wojskowym. Aby wyniki prowadzonych analiz i ocen były w pełni wiarygodne, muszą być one oparte na rzetelnych danych, uwzględniających wszystkie istotne czynniki, które są przyczyną niezdatności eksploatowanych samolotów i śmigłowców oraz mają wpływ na okres pozostawania w tym stanie. Zgodnie z założonym na wstępie planem, w ramach niniejszej pracy zrealizowano następujące zadania:

1) zapoznanie się z literaturą związaną z przedmiotem rozprawy,
2) analiza problematyki dotyczącej zdatności statków powietrznych eksploatowanych w lotnictwie Sił Zbrojnych RP,
3) określenie podstawowych pojęć i definicji związanych z tematem pracy,
4) identyfikacja i analiza czynników, które potencjalnie mogą mieć negatywne oddziaływanie na gotowość techniczną wojskowych statków powietrznych,
5) opracowanie nowego systemu klasyfikacji stanów eksploatacyjnych wojskowych statków powietrznych, uwzględniającego najbardziej istotne przyczyny ich niezdatności,
6) opracowanie wskaźników charakteryzujących poszczególne stany eksploatacyjne oraz ich modeli matematycznych,
7) opracowanie metodyki badań gotowości technicznej za pomocą wskaźników stanów eksploatacyjnych,
8) wybór typu statku powietrznego będącego obiektem badań pilotażowych,
9) opracowanie wirtualnej bazy danych (raportów miesięcznych) o stanach eksploatacyjnych wybranego do badań typu statku powietrznego,
10) przeprowadzenie badań pilotażowych stanów eksploatacyjnych wybranego typu statku powietrznego,
11) opracowanie, analiza i ocena wyników przeprowadzonych badań,
12) ocena przydatności i funkcjonalności opracowanej w ramach pracy metody analizy i oceny gotowości technicznej wojskowych statków powietrznych.

Przeprowadzona analiza wykazała, że stosowany obecnie w lotnictwie Sił Zbrojnych RP system klasyfikacji stanów eksploatacyjnych, nie pozwala na prowadzenie kompleksowej analizy gotowości technicznej statków powietrznych. W wielu przypadkach nie daje on bowiem możliwości określenia rzeczywistych przyczyn przechodzenia w stan niezdatności i w nim pozostawania. Pierwszoplanowym zadaniem stała się więc identyfikacja i analiza wszystkich potencjalnych czynników, które mogą mieć wpływ na poziom gotowości technicznej eksploatowanych samolotów i śmigłowców. Ze zbioru wyłonionych czynników wyselekcjonowano te, które w lotnictwie wojskowym mogą być potencjalną

przyczyną niezdatności. Na tej podstawie utworzono 22 stany niezdatności, które zostały zgrupowane w siedmiu wymienionych niżej kategoriach:

- – obsługi techniczne,
- – usterki i uszkodzenia,
- – odnowa trwałości (resursu),
- – remonty i modernizacje,
- – reklamacje,
- – oczekiwanie,
- – inne przyczyny.

Przyjęty podział umożliwia sprawne i dość precyzyjne określenie przyczyny niezdatności, jakie występują lub mogą wystąpić w trakcie eksploatacji statków powietrznych.

Kolejnym etapem było opracowanie metody umożliwiającej monitorowanie oraz okresową ocenę stopnia oddziaływania poszczególnych stanów niezdatności na gotowość techniczną. Przeprowadzona analiza wykazała, że najbardziej racjonalnym sposobem rozwiązania tego problemu jest wyznaczenie wskaźników charakteryzujących udział poszczególnych stanów eksploatacyjnych w danym okresie sprawozdawczym. W konsekwencji, każdy z przyjętych wcześniej stanów eksploatacyjnych został opisany odpowiadającym mu wskaźnikiem.

Ogólny schemat opracowanej metody kompleksowej analizy i oceny gotowości technicznej statków powietrznych w lotnictwie wojskowym przedstawia się następująco:

- systematyczne wprowadzanie do systemu informatycznego przez autoryzowany personel służby inżynieryjno–lotniczej stanów eksploatacyjnych i innych danych wykorzystywanych do analizy stanu gotowości technicznej statków powietrznych,
- opracowanie zbioru danych o stanach eksploatacyjnych każdego ze statków powietrznych znajdujących się w wyposażeniu poszczególnych jednostek organizacyjnych w okresie sprawozdawczym (np. miesiącu),
- wyznaczenie wskaźników stanów eksploatacyjnych poszczególnych typów statków powietrznych z podziałem na jednostki użytkujące,
- opracowanie zbioru danych o wskaźnikach gotowości technicznej i wskaźników poszczególnych stanów niezdatności eksploatowanych statków powietrznych w analizowanym przedziale czasu,
- przeprowadzenie analizy i oceny poziomu gotowości technicznej poszczególnych flot statków powietrznych,
- dokonanie analizy porównawczej stanu gotowości technicznej poszczególnych flot statków powietrznych w stosunku do analogicznych okresów poprzednich i określenie tendencji zachodzących zmian,
- opracowanie i wdrożenie przedsięwzięć mających na celu podniesienie lub utrzymanie wysokiego poziomu gotowości technicznej poszczególnych flot eksploatowanych statków powietrznych.

W celu praktycznego sprawdzenia możliwości jakie stwarza opracowana metoda w procesie analizy i oceny gotowości technicznej statków powietrznych w lotnictwie wojskowym, przeprowadzono badania pilotażowe na przykładzie samolotu bojowego typu MiG-29. Aby niniejsza praca zachowała jawny charakter, wspomniane badania nie mogły być jednak wykonane w oparciu o rzeczywiste dane eksploatacyjne. Z tych względów opracowano wirtualną bazę danych, która w znacznym stopniu odpowiadała warunkom rzeczywistym i w pełni uwzględnia specyfikę eksploatacji samolotów MiG-29. Dzięki przyjęciu takiego rozwiązania możliwe było zastosowanie nowoopracowanego systemu klasyfikacji stanów eksploatacyjnych.

Przeprowadzone badania w pełni potwierdziły dużą przydatność opracowanej metody analizy i oceny gotowości technicznej statków powietrznych. Wyznaczenie wskaźników dla każdego stanu eksploatacyjnego przyniosło bardzo dobre rezultaty. W sposób wiarygodny i w pełni obiektywny pozwalają one określić rzeczywisty wpływ danego czynnika na gotowość techniczną. Należy przy tym pamiętać, że w wielu przypadkach właściwa interpretacja wyznaczonego wskaźnika niezdatności wymaga dodatkowej analizy czynników wpływających na jego poziom. Przykładowo, ocena wskaźnika niezdatności z powodu określonego rodzaju obsług technicznych wymaga uwzględnienia ich łącznej liczby oraz czasu wykonywania.

Bardzo istotną zaletą opracowanych wskaźników stanów eksploatacyjnych, jest możliwość ich porównywania. Charakteryzują się one bowiem wspólną podstawą, którą stanowi przyjęty do analizy czas eksploatacji. Łatwy jest również sposób ich interpretacji, gdyż wartość wyznaczonych wskaźników odzwierciedla procentowy udział poszczególnych stanów eksploatacyjnych.

Niezwykle ważnym elementem opracowanej metody jest system klasyfikacji stanów eksploatacyjnych. To on bowiem ma decydujący wpływ na identyfikację rzeczywistych przyczyn niezdatności statków powietrznych, a tym samym na podejmowanie działań mających na celu ograniczenie bądź nawet wyeliminowanie ich negatywnego oddziaływania. Funkcjonujący obecnie w lotnictwie Sił Zbrojnych RP system nie stwarza takich możliwości. Definicje wyszczególnionych w nim stanów eksploatacyjnych są w większości przypadków nieprecyzyjne, a wiele czynników będących powodem niezdatności w ogóle nie zostało uwzględnionych. Aby uniknąć takiej sytuacji, opracowanie nowego systemu klasyfikacji zostało poprzedzone wnikliwą analizą wszystkich potencjalnych czynników, oddziaływujących na gotowość techniczną statków powietrznych w lotnictwie wojskowym. Dzięki temu pozwala on zidentyfikować i odpowiednio sklasyfikować niemal każdą przyczynę stanu niezdatności. Istotną cechą omawianego systemu jest zastosowanie dwóch poziomów ewidencji stanów niezdatności: podstawowego, obejmującego zasadnicze ich kategorie oraz szczegółowego, z zawężonym zbiorem przyczyn. Umożliwia to bardziej precyzyjne określenie czynników negatywnie wpływających na gotowość techniczną. Bardzo pomocna w tym względzie okazała się

również zmiana dotychczasowego sposobu ewidencji stanów eksploatacyjnych. W odróżnieniu od obecnie stosowanych praktyk, nowy system ewidencji wymaga, aby stan odnotowywany w meldunku dziennym był odzwierciedleniem stanu faktycznego. W praktyce oznacza to, że jeżeli podczas wykonywania obsługi technicznej (stan *O*) zostanie wykryte uszkodzenie, którego naprawa wydłuży czas przywrócenia zdatności, to wówczas na ten okres statek powietrzny przechodzi w stan *U* (usterki i uszkodzenia). Natomiast, gdy do naprawy wymagane są części wymienne, które nie znajdują się w zapasach magazynowych danej jednostki, to na czas oczekiwania na ich dostawę, stan *U* zostaje zastąpiony stanem *CZ*. Dzięki temu rejestrowane są rzeczywiste przyczyny aktualnego stanu niezdatności statku powietrznego.

Przeprowadzone badania potwierdziły wysoką funkcjonalność opracowanej metody, dzięki zastosowaniu hierarchicznej struktury monitorowania stanów eksploatacyjnych statków powietrznych. W pierwszej kolejności analizie poddawany jest zbiorczy raport o stanach eksploatacyjnych w danym okresie sprawozdawczym. Raport ten zawiera informacje dotyczące wartości wskaźnika gotowości technicznej oraz wskaźników charakteryzujących poszczególne kategorie przyczyn stanu niezdatności z podziałem na bazy lotnicze. W przypadku znaczącego wzrostu któregokolwiek ze wskaźników stanu niezdatności, konieczna staje się analiza dokumentów zawierających bardziej szczegółowe informacje. Kolejno są to: okresowe zestawienie wskaźników stanów eksploatacyjnych, zestawienie stanów eksploatacyjnych oraz miesięczny raport o stanach eksploatacyjnych. Dwa ostatnie dokumenty zawierają dane dotyczące każdego statku powietrznego znajdującego się w wyposażeniu danej jednostki organizacyjnej. Najbardziej szczegółowe informacje dotyczące zdarzeń eksploatacyjnych, zawarte są w indywidualnej dokumentacji obsługowej danego samolotu lub śmigłowca. Taka struktura bazy danych umożliwia bardzo sprawne monitorowanie procesu eksploatacji, a także szybkie i trafne diagnozowanie przyczyn obniżenia poziomu gotowości technicznej danej floty. Inną ważną cechą omawianego systemu klasyfikacji stanów eksploatacyjnych jest jego otwartość i podatność na ewentualne zmiany i uzupełnienia.

Opracowana w ramach pracy i sprawdzona praktycznie w trakcie badań pilotażowych metoda analizy i oceny gotowości technicznej, może odgrywać bardzo istotną rolę w procesie sterowania eksploatacją statków powietrznych w lotnictwie wojskowym. Jej wdrożenie do powszechnie wykorzystywanych obecnie w siłach zbrojnych informatycznych systemów wspomagania eksploatacji (jak np. system Samanta) nie jest zbyt skomplikowane i nie wymaga dużych nakładów finansowych. Nowowprowadzany system ewidencji stanów eksploatacyjnych powinien zostać zintegrowany z już funkcjonującą elektroniczną bazą danych eksploatowanych statków powietrznych.

Na szereg czynników powodujących przejście statku powietrznego w stan niezdatności, organizacja eksploatująca ma ograniczony wpływ. Dotyczy to przede wszystkim jego własności i właściwości i wynikających z nich takich cech jak częstotliwość, zakres

i pracochłonność obsług technicznych i remontów czy gęstość strumienia usterek i uszkodzeń. W wielu przypadkach istnieje jednak możliwość ograniczenia okresu niezdatności poprzez odpowiednie zarządzanie procesem eksploatacji. Do tej kategorii zaliczają się między innymi:

- racjonalne planowanie nalotu na poszczególnych statkach powietrznych, a tym samym i związanych z nim obsług technicznych i remontów,
- sprawne wykonywanie obsług technicznych i napraw,
- ograniczenie czasu oczekiwania na dostawę zespołów i innych części składowych oraz na wykonywanie przeglądów, obsług i innych prac,
- maksymalne ograniczenie usterek i uszkodzeń spowodowanych przez niewłaściwe działanie personelu.

Niezwykle istotne jest zatem stałe monitorowanie stanów niezdatności i identyfikowanie rzeczywistych przyczyn obniżenia gotowości technicznej eksploatowanych statków powietrznych. Realizację tego zadania bardzo ułatwia opracowana i przetestowana metoda. Dlatego jej wdrożenie przyczyni się do znacznego podniesienia poziomu gotowości technicznej, a w konsekwencji do zwiększenia efektywności systemu eksploatacji statków powietrznych w lotnictwie wojskowym.

Jak wspomniano we wstępie do niniejszej pracy, poziom zdatności statków powietrznych stanowiących wyposażenie lotnictwa Sił Zbrojnych RP jest stosunkowo niski. Średni poziom gotowości do wykonywania zadań operacyjnych waha się pomiędzy 50 a 60%, przy czym dla samolotów transportowych jest on nieco wyższy, a dla niektórych typów śmigłowców kształtuje się poniżej tych wartości. Podobny problem, czasami nawet w większej skali, występuje w lotnictwie wojskowym wielu innych państw. Zgodnie z pierwotnymi deklaracjami koncernu produkującego samoloty bojowe Eurofighter 2000, ich poziom zdatności miał kształtować się powyżej 90%. W praktyce, nawet w tak bogatym państwie jak Republika Federalna Niemiec, dla wspomnianego typu samolotu wynosi on obecnie zaledwie około 50%. Sytuacja ta powoduje nie tylko obniżenie zdolności operacyjnych, ale również poważne straty materialne. Straty te są wprost proporcjonalne do kosztów pozyskania i utrzymania danego typu samolotu lub śmigłowca oraz liczebności jego floty. W obecnej dobie, gdy jednostkowy koszt zakupu samolotu bojowego piątej generacji wynosi około kilkudziesięciu milionów USD, utrzymanie wysokiego poziomu gotowości technicznej staje się poważnym wyzwaniem.

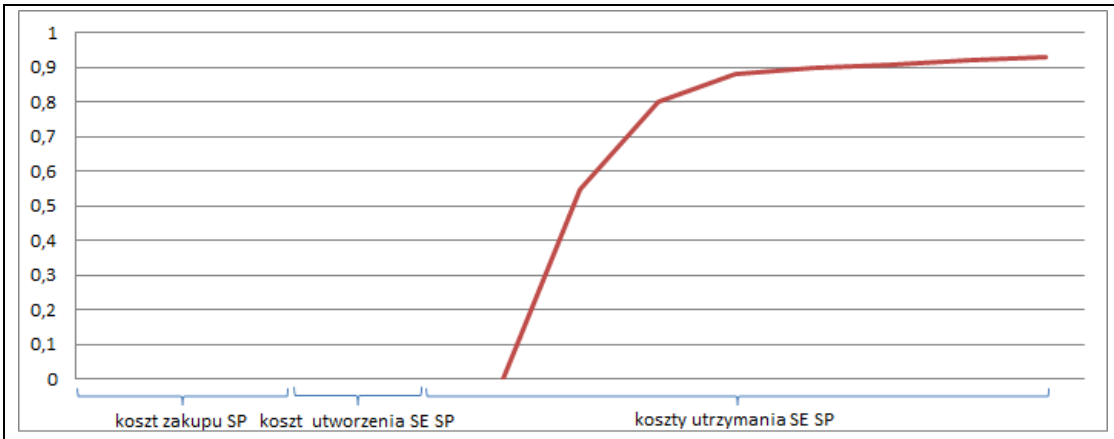
Pozyskanie i wdrożenie do eksploatacji statków powietrznych pociąga za sobą następujące koszty:

- zakupu samolotów lub śmigłowców wraz z ich wyposażeniem towarzyszącym,
- szkolenia personelu technicznego i latającego (w tym instruktorów i pilotów oblatywaczy),
- przygotowania infrastruktury lotniskowej,

- utworzenia bazy obsługowo–remontowej,
- utworzenia zaplecza logistycznego oraz zapasów magazynowych części wymiennych,
- zakupu środków uzbrojenia i wyposażenia specjalnego (np. zasobniki z aparaturą rozpoznawczą lub zakłócającą itp.).

Poziom ponoszonych na ten cel wydatków jest na ogół bardzo wysoki. Zależy on przede wszystkim od klasy i liczby pozyskiwanych statków powietrznych, ich wyposażenia i systemów uzbrojenia, a także od dysponowanej infrastruktury lotniskowej i zaplecza obsługowo–remontowego. W sytuacji, gdy eksploatowane samoloty lub śmigłowce pozostają w stanie niezdatności, przytoczone wyżej nakłady nie przekładają się w pełni na potencjał operacyjny. Należy przy tym podkreślić, że niezdatność nie ogranicza kosztów ponoszonych na utrzymanie infrastruktury lotniskowej, bazy obsługowej oraz personelu latającego, technicznego i lotniskowego. Ponadto, mimo braku zdolności do wykonywania lotów, wyczerpywany jest całkowity i międzyremontowy resurs kalendarzowy (o ile został określony) oraz dopuszczalny okres użytkowania do kolejnych obsług technicznych. W konsekwencji, pozostające w stanie niezdatności statki powietrzne, oprócz obniżenia potencjału operacyjnego, powodują także częściowe marnotrawienie nakładów finansowych ponoszonych na utworzenie i utrzymanie systemu ich eksploatacji. Z tych powodów, tak ważna jest wiarygodna identyfikacja rzeczywistych przyczyn niezdatności, gdyż dzięki temu możliwe jest skuteczne ograniczanie ich negatywnego oddziaływania.

Pewien zakres działań mających na celu podniesienie poziomu gotowości technicznej nie wymaga nakładów finansowych. Do tej kategorii należą inicjatywy związane z bardziej racjonalnym planowaniem i zarządzaniem procesem eksploatacji, poprawą organizacji i dyscypliny pracy, podniesieniem poziomu przygotowania zawodowego personelu, selekcję kandydatów do zawodu itp. Z kolei, bez dodatkowych nakładów, trudno zrealizować takie przedsięwzięcia jak: rozbudowa bazy obsługowo–remontowej i jej wyposażenia, zwiększenie liczby personelu technicznego, rozszerzenie zasobów części wymiennych itp. Na bazie wyników przeprowadzonych w ramach pracy badań pilotażowych oraz analizy danych dotyczących przebiegu eksploatacji wielu typów statków powietrznych pełniących służbę w lotnictwie wojskowym, sformułowano ogólną zależność pomiędzy poziomem gotowości technicznej a nakładami finansowymi ponoszonymi na system eksploatacji floty określonego typu statków powietrznych. Zależność ta została zilustrowana na rysunku nr 8.1.



Rys. 8.1. Ogólna zależność pomiędzy wskaźnikiem gotowości technicznej K_g a nakładami na system eksploatacji statków powietrznych N

Przedstawiony na Rys. 8.1. wykres ma charakter ogólny. Rzeczywiste relacje pomiędzy wskaźnikiem K_g a nakładami ponoszonymi na system eksploatacji statków powietrznych zależą od typu rozpatrywanego samolotu lub śmigłowca, ogólnej liczby maszyn oraz ich liczby w poszczególnych jednostkach organizacyjnych. Natomiast, stosunek kosztów pozyskania statków powietrznych i utworzenia systemu ich eksploatacji do nakładów na utrzymanie tego systemu, zależy w głównej mierze od okresu ich służby. Dodatkowo ważną rolę odgrywają również trwałość statków powietrznych, częstotliwość i pracochłonność obsług technicznych oraz remontów, a także podatność na usterki i uszkodzenia. Omawiana zależność ma charakter uniwersalny, chociaż w poszczególnych przypadkach może mieć nieco inne proporcje. Należy przy tym zauważyć, że w skład nakładów związanych z utrzymaniem systemu eksploatacji wchodzą koszty stałe, o których wspomniano wcześniej, oraz koszty zmienne związane z intensywnością użytkowania floty. Do tej kategorii zaliczane są między innymi materiały eksploatacyjne, wymiana zużytych lub uszkodzonych części składowych, remontów i obsług technicznych w następstwie wyczerpania resursu związanego z osiągniętym nalotem oraz koszty zabezpieczenia technicznego wykonywanych lotów.

Z przedstawionego na Rys. 8.1 wykresu wynika, że znaczna część nakładów na system eksploatacji jest ponoszona niezależnie od osiąganego poziomu gotowości technicznej i intensywności użytkowania statków powietrznych. Są to przede wszystkim koszty ich pozyskania oraz koszty stałe związane z utrzymaniem systemu eksploatacji. Po przekroczeniu pewnego poziomu kosztów zmiennych, nawet stosunkowo niewielki wzrost nakładów powoduje znaczący wzrost wskaźnika K_g. Środki te są zazwyczaj przeznaczane na rozbudowę bazy obsługowo–remontowej, skompletowanie optymalnej obsady personalnej, terminową i sprawną realizację wymaganych napraw, obsług i remontów oraz na zwiększenie zapasów magazynowych zespołów i innych części składowych. W miarę dalszego zwiększania nakładów coraz bardziej zmniejsza się dynamika wzrostu wskaźnika K_g. Po przekroczeniu pewnej granicy, dalszy wzrost

nakładów powoduje już tylko niewspółmiernie niski przyrost poziomu gotowości technicznej, aż osiągnie on swoją wartość maksymalną. Jak już wcześniej wspomniano, każdy typ statku powietrznego oraz system jego eksploatacji charakteryzują się odmienną specyfiką i tym samym nieco innym profilem krzywej przedstawionej na Rysunku 8.1.

W praktyce, relatywnie niewielkie nakłady w stosunku do całkowitych kosztów utworzenia i utrzymania systemu eksploatacji określonego typu samolotu lub śmigłowca, mogą spowodować znaczące podniesienie poziomu gotowości technicznej, nawet o około 30%. Najbardziej efektywny przyrost wskaźnika K_g zawiera się najczęściej w granicach od 0,50 do 0,80–0,85. W przypadku floty liczącej 48 maszyn taka zmiana wskaźnika oznacza, że potencjał operacyjny zwiększy się aż o ponad 14 samolotów lub śmigłowców. Jest to więc bardzo znacząca różnica. Niestety, w czasie pokoju w lotnictwie wojskowym taki sposób postrzegania problematyki gotowości technicznej eksploatowanych statków powietrznych, na ogół nie spotyka się z należytym zrozumieniem. Jednak wprowadzanie w wyposażenie sił zbrojnych niezwykle kosztownego sprzętu nowej generacji, i tym samym ograniczanie jego liczby, w przyszłości wymusi zmianę tego podejścia. Opracowana w ramach niniejszej pracy metoda analizy i oceny gotowości technicznej statków powietrznych ma więc bardzo duże znaczenie praktyczne. Jej wdrożenie z pewnością przyczyni się do znaczącego podniesienia poziomu gotowości technicznej eksploatowanych samolotów i śmigłowców, poprzez precyzyjną identyfikację czynników niekorzystnie na nią wpływających i podejmowanie działań ograniczających ich oddziaływanie. Ułatwi ona również bardziej racjonalne planowanie i zarządzanie procesem eksploatacji i dysponowanym na ten cel budżetem. W niektórych przypadkach jej wdrożenie może wymagać drobnej adaptacji do specyfiki danego typu statku powietrznego i jego systemu eksploatacji. Przy wdrażaniu omawianej metody w początkowej fazie należy liczyć się z niechętnym stosunkiem części personelu kierowniczego, zwłaszcza niższego szczebla. Metoda ta ujawnia bowiem wszelkie błędy w planowaniu i zarządzaniu procesem eksploatacji, realizacji obsług technicznych, remontów i napraw, a także problemy związane z zaopatrzeniem w części wymienne. Z tych względów we wstępnym okresie wdrażania wskazane jest nieco mniej restrykcyjne egzekwowanie odpowiedzialności personalnej w tym zakresie.

Wykorzystując opracowaną metodę do analizy i oceny gotowości technicznej wojskowych statków powietrznych należy mieć na uwadze, że uzyskiwane wyniki w pewnym stopniu zależą od liczby monitorowanych samolotów lub śmigłowców oraz długości okresu sprawozdawczego. Większa liczba maszyn oraz dłuższy okres monitorowania dają bardziej miarodajne wyniki, które w mniejszym stopniu ulegają zakłóceniom z powodu incydentalnych zdarzeń eksploatacyjnych. Dlatego w tym przypadku, ocena wskaźników powinna być dokonywana w perspektywie miesiąca, kwartału i roku. Bardzo ważnym elementem prowadzonej analizy jest określenie nie tylko samej wartości poszczególnych wskaźników, ale także uchwycenie tendencji ich zmian. W tym celu niezbędne jest porównywanie tych samych parametrów w analogicznych okresach poprzedzających.

Z tych względów pełne efekty związane z użytkowaniem zaproponowanej metody będą mogły być osiągnięte dopiero po pewnym czasie od jej wdrożenia.

Omawianą metodę opracowano z przeznaczeniem dla lotnictwa wojskowego ze względu na szczególny charakter funkcjonujących tam systemów eksploatacji, co jest przyczyną dość ograniczonego zainteresowania tą dziedziną. Jednak metoda ta z powodzeniem może być wykorzystywana do analizy i oceny gotowości technicznej innych obiektów, takich jak: statki powietrzne w innych rodzajach lotnictwa państwowego i cywilnego, pojazdy kołowe i szynowe, tabor kolejowy, jednostki pływające, różnego rodzaju sprzęt wojskowy i inne. W każdym przypadku konieczne jest jedynie przeprowadzenie analizy czynników wpływających na gotowość techniczną danego obiektu, a następnie opracowanie na tej podstawie odpowiednich stanów eksploatacyjnych i odpowiadających im wskaźników. Opracowana metoda ma więc bardzo szerokie zastosowanie praktyczne, zwłaszcza w odniesieniu do obiektów technicznych, których niezdatność przynosi duże straty, w wymiarze materialnym bądź operacyjnym.

LITERATURA

1. Będkowski L., Dąbrowski T., *Podstawy Eksploatacji część II Podstawy Niezawodności Eksploatacyjnej.* Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa, 2006.
2. Bobrowski L., *Symulacja w badaniach i rozwoju: zbiór referatów Szóstych Warsztatów Naukowych PTSK*. Białystok, 1999 r.
3. Borucka A., *Metoda Analizy Procesu Eksploatacji Pojazdów Wojskowych w Aspekcie Gotowości.* Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Warszawa, 2015.
4. Dąbrowski T., *Diagnozowanie systemów antropotechnicznych w ujęciu potencjałowo–efektowym*. Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa, 2001.
5. Downarowicz O., *System eksploatacji. Zarządzanie zasobami techniki*. Politechnika Gdańska, Instytut Technologii Eksploatacji – PIB, 2005.
6. Dziaduch I., *Ocena efektywności eksploatacji autobusu szynowego*. Logistyka – nauka Logistyka 2/2012.
7. Gruszczyński J., Fiszer M., *Wielozadaniowy Samolot Bojowy MiG–29.* Magnum X, Warszawa, 2002.
8. Jakubowski R., *Cechy eksploatacyjne statku powietrznego*, https://docplayer.pl/31908590–Cechy–eksploatacyjne–statku–dr–inz–robert–jakubowski.html
9. Jankowski M., *Strategie eksploatacyjne maszyn*, www.jankowskimarek.ukw.edu.pl
10. Lewitowicz J., Dragan K., Leski A., Michalak S., Zieja M., *Problemy badań i eksploatacji techniki lotniczej*. Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Warszawa, 2016.
11. Lewitowicz J., *Eksploatacyjne Własności i Właściwości Samolotów i Śmigłowców.* Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Warszawa, 2015.
12. Lewitowicz J., i in., *Podstawy eksploatacji statków powietrznych* T–2, 3, 5 Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Warszawa, 2003/2006/2009.
13. Martan L., *Rachunek efektywności rzeczowych przedsięwzięć inwestycyjnych.* Wyższa Szkoła Zarządzania i Finansów we Wrocławiu, Wrocław, 2008.
14. Mazurek W., *Wskaźnik OEE – Teoria i praktyka*, www.neuron.com.pl
15. Migdalski J., *Inżynieria niezawodności. Poradnik.* ATR–WEMA, Bydgoszcz, 1992.
16. Moczarski M., *Podatność obsługowa pojazdów szynowych – istota, znaczenie, metody oceniania*, http://atena.ikolej.pl/images/PDF/147_6.pdf
17. Nicpoń K., *PSP – Mikojan–Gurewicz MiG–29*, https://www.samoloty.pl/encyklopedia–lotnicza/lotnictwo–wojskowe–hobby–1058/wyposaienie–polskich–sis–powietrznych–hobby–1103/mig–29–hobby–1966
18. Sawicki P., *Zarządzanie systemami transportu drogowego*. *Ocena efektywności transportu*, www.put.poznan.pl
19. Sienicki K., Zalewski P., *Proces degradacji statku powietrznego po trafieniu pociskiem*. Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa, 2011.
20. Smalko Z., *Podstawy projektowania niezawodnych maszyn i urządzeń technicznych.* PWN, Warszawa, 1972.

21. Tkaczuk S., *Eksploatacja statków powietrznych.* Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa, 2017,
22. Uchman Z., *Analiza stanu gotowości technicznej statków powietrznych za pomocą wskaźników niezdatności, Problemy badań i eksploatacji techniki lotniczej*. Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Warszawa, 2016.
23. Uchman Z., Kowalski M., *The study of the technical service impact on the aircraft technical rediness.* Journal of KONES Powertrain and Transport, Vol. 23, No. 2, 2016.
24. Uchman Z., *Selected aspects of technical readiness related to the exploitation system of trainer aircraft in military aviation.* Journal of KONES Powertrain and Transport, Vol. 21, No. 4, 2014.
25. Woropay M., Szubartowski M., Migawa K.: *Model oceny i kształtowania gotowości operacyjnej podsystemu wykonawczego w systemie transportowym*. Instytut Technologii Eksploatacji, Radom, 2003.
26. *Encyklopedia Techniki, Budowa Maszyn.* Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1968.
27. *Encyklopedia Techniki, Podstawy Techniki*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1974.
28. *Encyklopedyczny słownik techniczny.* Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1968.
29. *Ilustrowana Encyklopedia Dla Wszystkich – Lotnictwo*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1979.
30. *Instrukcja obsługi Systemu Informatycznego SAMANTA.* Zakład Informatycznego Wsparcia Logistyki ITWL, Warszawa, 2015.
31. *Instrukcja Służby Inżynieryjno–Lotniczej Lotnictwa Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej*. Inspektorat Wsparcia Sił Zbrojnych MON, Bydgoszcz, 2017.
32. *Jednolity Zestaw Obsługi Technicznej.* Dowództwo Sił Powietrznych, Wojskowe Zakłady Lotnicze nr 2, Bydgoszcz, 2005.
33. *Katalog Norm Eksploatacji Techniki Lotniczej w Siłach Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej*. Inspektorat Wsparcia Sił Zbrojnych MON, Bydgoszcz, 2016.
34. *Słownik terminologiczny elektryki. Niezawodność. Jakość usługi*. PN–93/N–50191.