

SPIS TREŚCI

WSTĘP	15
Wykaz ważniejszych oznaczeń, skrótów i symboli	23
Literatura cytowana i uzupełniająca.	23

Rozdział 1

WŁASNOŚCI I WŁAŚCIWOŚCI EKSPLOATACYJNE STATKÓW POWIETRZNYCH	25
--	----

1.1. Wprowadzenie	25
1.2. Własności statku powietrznego	29
1.3. Właściwości statku powietrznego.	38

Wykaz ważniejszych oznaczeń, skrótów i symboli	46
Literatura cytowana i uzupełniająca.	46

Rozdział 2

NIEZAWODNOŚĆ STATKÓW POWIETRZNYCH	49
--	----

2.1. Wprowadzenie	49
2.2. Podstawy teorii niezawodności	66
2.2.1. Zmienna losowa	66
2.2.2. Identyfikacja niezawodnościowa	66
2.2.3. Procesy stochastyczne	67
2.2.4. Linearyzacja równań niezawodnościowych	67
2.2.5. Podejmowanie decyzji niezawodnościowych	68
2.2.6. Funkcyjne wskaźniki niezawodności	68
2.2.7. Liczbowe wskaźniki niezawodności	76
2.2.7. Niezawodność obiektów nieodnawialnych	78
2.2.9. Niezawodność obiektów odnawialnych	92
2.2.10. Niezawodność obiektów wielostanowych.	101
2.2.11. Stany graniczne niezawodności	105
2.3. Struktury niezawodnościowe	106
2.3.1. Struktura niezawodnościowa statku powietrznego	106
2.3.2. Typy struktur niezawodnościowych.	109
2.3.3. Niezawodnościowa struktura typu szeregowego	112
2.3.4. Niezawodnościowa struktura typu równoległego	115
2.3.5. Niezawodnościowa struktura typu mieszanego	117
2.3.6. Analiza struktur niezawodnościowych	118

2.4.	Niesprawności i uszkodzenia statków powietrznych	132
2.4.1.	Pojęcia podstawowe	132
2.4.2.	Modele niesprawności i uszkodzeń	145
2.4.3.	Niezawodność, niesprawność, uszkodzenie.	151
2.4.4.	Identyfikacja niesprawności i uszkodzenia	154
2.4.5.	Model przyczynowo – skutkowy analizy liczby uszkodzeń statku powietrznego	161
2.4.6.	Fizyczne, chemiczne i eksploatacyjne czynniki powodujące niesprawności	163
2.4.7.	Przykłady uszkodzeń statków powietrznych	163
2.4.8.	Typowe niesprawności i uszkodzenia statku powietrznego.	172
2.5.	Charakterystyki niezawodnościowe	174
2.5.1.	Pojęcie charakterystyki, miary i wskaźnika niezawodności	174
2.5.2.	Klasy miar i wskaźników niezawodności	175
2.5.3.	Wskaźniki niezawodności stanu eksploatacji	184
2.5.4.	Badanie trendu zmian wskaźników niezawodności.	199
2.5.5.	Wymagania dotyczące wyboru wskaźników niezawodności statków powietrznych	206
2.5.6.	Metody wyboru wartości wskaźników niezawodności	208
2.6.	Modele niezawodnościowe	209
2.6.1.	Wprowadzenie.	209
2.6.2.	Model opisowo-zjawiskowy.	213
2.6.3.	Model ocenowy	214
2.6.4.	Model matematyczny niezawodnościowy i decyzyjny	217
2.6.5.	Przykłady modeli niezawodnościowych i modelowania	218
2.6.6.	Niepewność danych niezawodnościowych	228
2.7.	Ryzyko w niezawodności	229
2.7.1.	Pojęcie ryzyka w niezawodności	229
2.7.2.	Model matematyczny ryzyka w niezawodności.	231
2.8.	Sterowanie niezawodnością	233
2.8.1.	Wprowadzenie.	233
2.8.2.	Kształtowanie niezawodności statku powietrznego.	235
2.8.3.	Nadmiarowość w budowie i eksploatacji statków powietrznych	237
2.8.4.	Rezerwowanie	246
2.8.5.	Niezawodność eksploatacyjna.	250
2.8.6.	Ekonomiczny aspekt kształtowania niezawodności statków powietrznych	263
2.9.	Niezawodność wybranych struktur statku powietrznego	264
2.9.1.	Niezawodność struktury płatowca.	264

2.9.2.	Niezawodność struktury silników lotniczych	267
2.9.3.	Niezawodność łopatek sprężarek i turbin turbinowych silników lotniczych	271
2.9.4.	Niezawodność zespołu napędowego SP z jednym i kilkoma silnikami	273
2.9.5.	Niezawodność systemów awionicznych	282
2.9.6.	Niezawodność hydraulicznych układów SP	292
2.9.7.	Niezawodność systemów ratowniczych SP	296
2.10.	Prognozowanie niezawodności statków powietrznych	301
2.10.1.	Pojęcie prognozowania niezawodności	301
2.10.2.	Modele prognostyczne i bazy wiedzy	305
2.10.3.	Prognozowanie niezawodności na etapie projektowania i produkcji statków powietrznych	308
2.10.4.	Prognozowanie niezawodności w procesie eksploatacji statków powietrznych	311
2.11.	Jakość a niezawodność	313
2.11.1.	Pojęcie jakości.	313
2.11.2.	Jakość i niezawodność eksploatacyjna	314
2.12.	Badanie i ocena niezawodności	317
2.12.1.	Badanie niezawodności	317
2.12.2.	Przykłady badania niezawodności statków powietrznych	338
	Wykaz ważniejszych oznaczeń, skrótów i symboli.	345
	Literatura cytowana i uzupełniająca	348

Rozdział 3

	GOTOWOŚĆ	355
3.1.	Wprowadzenie	355
3.1.1.	Gotowość obiektu technicznego nieodnawialnego – jednorazowego użycia	363
3.1.2.	Gotowość obiektu technicznego odnawialnego wielokrotnego użycia	365
3.2.	Gotowość statku powietrznego	367
3.2.1.	Sformułowanie problemu gotowości statku powietrznego	367
3.2.2.	Warunki gotowości obiektu technicznego	367
3.2.3.	Stany gotowości statku powietrznego [30]	371
3.2.4.	Gotowość wewnętrzna i optymalna statku powietrznego	373
3.2.5.	Gotowość statku powietrznego kontrolowanego cyklicznie	374
3.2.6.	Wrażliwość gotowościowa statku powietrznego	376
3.2.7.	Parametry utrzymania gotowości statku powietrznego	381

3.3. Gotowość elementarnego systemu lotniczego statek powietrzny – załoga	383
Wykaz ważniejszych oznaczeń, skrótów i symboli.	386
Literatura cytowana i uzupełniająca	387

Rozdział 4

ODPOWIEDNIOŚĆ	389
4.1. Pojęcie odpowiedniości dla statku powietrznego	389
4.2. Miary i wskaźniki odpowiedniości	396
4.3. Model operacyjnego zadania lotniczego – misji statku powietrznego	398
4.3.1. Matematyczny model lotu statku powietrznego.	400
4.3.2. Model misji lotniczej	406
4.4. Planowanie misji lotniczych	417
4.4.1. Charakterystyka działań lotnictwa wojskowego	417
4.4.2. Działania bojowe samolotu wielozadaniowego	422
4.4.3. Elementy działań bojowych śmigłowców.	432
4.4.4. Zdolność przetrwania statku powietrznego w warunkach działań bojowych	437
4.4.5. Modelowanie i planowanie misji lotniczej	437
4.4.6. Niezawodność operacyjna planowanych misji lotniczych (bojowych).	441
4.4.7. Prawdopodobieństwo przeżycia celu	443
4.5. Własności modelu eksploatacyjnego statku powietrznego w misji lotniczej	446
4.5.1. Kryterium oceny modelu eksploatacyjnego SP	446
4.5.2. Nieuszkodzalność statku powietrznego w misji.	447
4.5.3. Niezawodność i odpowiedniość grupy statków powietrznych bez odnowy	449
4.5.4. Niezawodność i odpowiedniość grupy statków powietrznych z odnową.	450

Wykaz ważniejszych oznaczeń, skrótów i symboli.	452
Literatura cytowana i uzupełniająca	453

Rozdział 5

TRWAŁOŚĆ I ŻYWOTNOŚĆ	455
5.1. Wprowadzenie	455
5.2. Rodzaje trwałości	461
5.3. Rodzaje resursów	465
5.4. Miary i wskaźniki trwałości	467
5.4.1. Trwałość elementów (zespołów) nieodnawialnych	468

5.4.2.	Trwałość elementów (zespołów) odnawialnych	468
5.4.3.	Wskaźniki trwałości statku powietrznego i jego zespołów	468
5.4.4.	Matematyczny model rozkładu trwałości	469
5.5.	Metody wyznaczania trwałości i reśursów	470
5.5.1.	Zjawiska określające trwałość i reśurs statku powietrznego	470
5.5.2.	Wyznaczanie trwałości i reśursu statku powietrznego	474
5.5.3.	Trwałość silników lotniczych [42]	480
5.6.	Żywotność statku powietrznego	485
5.6.1.	Uwarunkowania żywotności SP.	485
5.6.2.	Probabilistyczne ujęcie żywotności	488
5.6.3.	Żywotność bojowa	489
	Wykaz ważniejszych oznaczeń, skrótów i symboli.	493
	Literatura cytowana i uzupełniająca	494

Rozdział 6

	PODATNOŚĆ EKSPLOATACYJNA	497
6.1.	Podatność eksploatacyjna jako właściwość statku powietrznego	497
6.2.	Cząstkowe podatności eksploatacyjne.	504
6.3.	Cechy, miary i wskaźniki podatności eksploatacyjnej	506
6.3.1.	Obsługiwalność	509
6.3.2.	Odnawialność	515
6.3.3.	Diagnozowalność	516
6.3.4.	Profilaktyczność	516
6.3.5.	Podatność eksploatacyjna środków jednorazowego użycia.	517
6.3.6.	Podatność eksploatacyjna – szkoleniowa	517
6.4.	Podatność degradacyjna	521
6.5.	Wyznaczanie podatności eksploatacyjnej statków powietrznych (SP)	526
6.5.1.	Wyznaczanie wskaźników podatności obsługowej, diagnostycznej i technologicznej procesu eksploatacji SP	526
6.5.2.	Jakościowo-ilościowa ocena odnawialności, naprawialności, remontowalności, modernizacyjności SP	531
6.5.3.	Użytkowalność SP.	532
6.5.4.	Ergonomiczność SP	532

	Wykaz ważniejszych oznaczeń, skrótów i symboli.	534
	Literatura cytowana i uzupełniająca	534

Dodatek 1

	CHARAKTERYSTYKI WYBRANYCH ROZKŁADÓW DLA ZMIENNYCH LOSOWYCH SKOKOWYCH I CIĄGŁYCH	537
--	--	------------

Dodatek 2
PROCESY MARKOWA, PRZEKSZTAŁCENIE LAPLACE’A,
RÓWNANIA KOŁMOGOROWA, PROCES SEMI-
MARKOWSKI 545

Dodatek 3
WZORY NA OBLICZANIE WARTOŚCI ŚREDNIEGO CZASU
DO PIERWSZEGO USZKODZENIA (*MTTF*) 553

Dodatek 4
ZESTAWIENIE PRZYKŁADOWYCH POJĘĆ I OKREŚLEŃ
MIAR ORAZ WSKAŹNIKÓW NIEZAWODNOŚCI DLA
OBIEKTÓW TECHNICZNYCH I SYSTEMÓW. 557

Dodatek 5
DEFINICJE POJĘĆ I OKREŚLEŃ ELEMENTÓW STRUKTUR
NIEZAWODNOŚCIOWYCH I KONSTRUKCYJNO-
FUNKCJONALNYCH. 561

Dodatek 6
BADANIE TRENDU ZMIENNEJ LOSOWEJ METODĄ
RESZT PRZEDZIAŁOWYCH 563

Dodatek 7
FUNKCJA NIEZAWODNOŚCI DLA ROZKŁADU
GOMPERTZA PROSTEGO I ZMODYFIKOWANEGO 567

Dodatek 8
OPTIMALIZACJA STRUKTUR NIEZAWODNOŚCIOWYCH –
METODA DYNAMICZNA FUNKCJONAŁÓW LAGRANGE’A. . 577

Dodatek 9
METODYKA BADAŃ NIEZAWODNOŚCI EKSPLOATACYJNEJ
STATKÓW POWIETRZNYCH 583

Dodatek 10
WZORY DO OBLICZANIA EMPIRYCZNYCH,
EKSPLOATACYJNYCH WSKAŹNIKÓW NIEZAWODNOŚCI. . 589

Indeks rzeczowy 595