

Spis treści

1. Wprowadzenie.....	5
2. Gotowość obiektów technicznych.....	10
2.1. Pojęcie i rodzaje/stany gotowości obiektów technicznych.....	10
2.2. Miary gotowości.....	12
3. Przegląd literatury dotyczącej zastosowań procesów Markowa i semi-Markowa przy modelowaniu procesów eksploatacji obiektów technicznych.....	21
3.1. Łańcuchy i procesy Markowa jako szczególne procesy stochastyczne.....	21
3.1.1. Terminologia i podstawowe definicje wiedzy o procesach stochastycznych.....	22
3.1.2. Macierz stochastyczna. Klasyfikacje stanów, łańcuchów i procesów stochastycznych.....	24
3.1.3. Jednorodność, stacjonarność i ergodyczność procesów stochastycznych.....	28
3.1.4. Procesy Markowa z czasem ciągłym i macierz intensywności przejść.....	33
3.2. Proces semi-Markowa.....	35
3.2.1. Tworzenie modelu semi-Markowa z użyciem dostępnego oprogramowania.....	38
3.2.2. Ograniczenia aplikacji modelu semi-Markowa dla procesów eksploatacji.....	40
3.3. Warunki i metodyka implementacji procesów Markowa i semi-Markowa jako modeli zjawisk fizycznych i procesów eksploatacyjnych.....	41
3.4. Przegląd zastosowań procesów Markowa oraz semi-Markowa w dziedzinie modelowania procesów, zjawisk oraz systemów eksploatacji obiektów technicznych.....	45
4. Matematyczny opis eksploatacji śmigłowców i akwizycji danych empirycznych.....	48
4.1. Założenia matematycznego opisu procesu eksploatacji i przestrzeń fazowa.....	48
4.2. Akwizycja danych empirycznych i weryfikacja statystycznych baz danych.....	51
4.3. Wnioski ze statystyki opisowej źródłowych trajektorii fazowych śmigłowców.....	54
4.4. Weryfikacja hipotez o stosowności modeli Markowa dla procesu eksploatacyjnego.....	56
4.4.1. Weryfikacja własności Markowa braku pamięci procesu eksploatacyjnego.....	57
4.4.2. Weryfikacja stacjonarności i jednorodności procesu eksploatacyjnego.....	68
4.4.3. Analiza wrażliwości prognoz i weryfikacja stałości elementów macierzy.....	79
4.4.4. Weryfikacja wykładniczych rozkładów czasów między kolejnymi przejściami.....	92
5. Wyniki badania trajektorii fazowych i dekompozycja procesu eksploatacji	98
5.1. Dekompozycja procesu eksploatacji i jego makromodel 3-stanowy.....	99
5.2. Modele czasu podprocesu remontu śmigłowców poza bazą lotniczą.....	101
5.3. Modele czasu podprocesu odnowy przedłużonej w bazie lotniczej.....	109
5.4. Modele czasów trwania stanów funkcjonalnej niezdatności krótkotrwałej.....	122
5.5. Modele Markowa makroprocesu dwustanowego pomiędzy remontami.....	131
5.6. Estymacja wskaźników gotowości i zdatności według makromodelu 3-stanowego oraz modeli czasów remontów, odnowy przedłużonej i stanów modelu 9-stanowego.....	134

6. Badanie sezonowości procesu eksploatacji śmigłowców.....	141
6.1. Informacje wstępne.....	141
6.2. Metody analizy sezonowości chronologicznie nieregularnych szeregów czasowych.....	142
6.3. Wyniki badania sezonowości stanu uzupełniania paliwa śmigłowców Mi-8.....	145
6.4. Podsumowanie wyników analizy sezonowości w aspekcie modelowania gotowości.....	153
7. Model 9-stanowy Markowa podprocesu planowej eksploatacji śmigłowców.....	156
7.1. Estymacja, statystyka opisowa i testy parametrów 9-stanowego modelu Markowa	156
7.1.1. Statystyka opisowa i testy elementów macierzy stochastycznych.....	158
7.1.2. Estymacja i interpretacja intensywności przejść oraz przedziały ufności	175
7.2. Wyniki weryfikacji stosowalności modeli Markowa	190
7.3. Wyniki badania 9-stanowych modeli Markowa w czasie dyskretnym	195
7.4. Równania Chapmana–Kołmogorowa i wyniki badania modeli Markowa w czasie ciągłym.....	198
7.4.1. Graniczne prawdopodobieństwa stanów i ewolucja gotowości początkowej.....	201
7.4.2. Ograniczenia wiarygodności prognoz modeli Markowa w czasie ciągłym.....	210
8. Modele stochastycznej stabilizacji wskaźników zdatności i gotowości śmigłowców...216	
9. Optymalizacja wskaźników zdatności i gotowości badanych śmigłowców.....224	
9.1. Teoretyczna optymalizacja wskaźników zdatności i gotowości technicznej.....	224
9.2. Empiryczna optymalizacja wskaźników zdatności i gotowości technicznej.....	231
10. Podsumowanie wyników badań i modelowania eksploatacji śmigłowców.....241	
Literatura.....	246
Załączniki.....	257
Załącznik 1. Przykładowa karta obsługi bieżącej śmigłowca Mi-8.....	257
Załącznik 2. Charakterystyki stanów eksploatacyjnych i obsług śmigłowców.....	258
Załącznik 3. Błędy estymacji parametrów modeli i moce testów statystycznych.....	263
Załącznik 4. Analiza danych metryki eksploatacji badanych śmigłowców Mi-8 oraz W-3..	270
Załącznik 5. Rozwiązania Mathematica układu równań Chapmana–Kołmogorowa.....	273