

SPIS TREŚCI

1. Wstęp	7
2. Podstawy teoretyczne niezawodności obiektów technicznych.....	9
2.1. Definicje obiektu technicznego i uszkodzenia obiektu technicznego	9
2.1.1. Obiekt techniczny	9
2.1.2. Uszkodzenia obiektu technicznego	10
2.2. Pojęcie niezawodności obiektu technicznego.....	13
2.3. Wskaźniki niezawodności obiektu nienaprawialnego	14
2.3.1. Funkcja niezawodności.....	14
2.3.2. Średni czas pracy do pierwszego uszkodzenia	16
2.3.3. Intensywność uszkodzeń	18
2.4. Podstawowe rozkłady prawdopodobieństwa w teorii niezawodności ...	22
2.4.1. Rozkład wykładniczy	22
2.4.2. Rozkład normalny.....	24
2.4.3. Rozkład Weibulla	25
2.5. Wskaźniki związane z trwałością obiektu technicznego	27
2.5.1. Średni czas eksploatacji	27
2.5.2. Zasób pracy obiektu nienaprawialnego	27
2.5.3. Średni zasób pracy	28
2.5.4. Średni zasób pracy do pierwszej naprawy głównej	29
2.6. Wskaźniki gotowości obiektu technicznego	29
2.6.1. Wskaźnik gotowości	29
2.6.2. Wskaźnik wykorzystania technicznego	30
2.7. Niezawodność obiektu złożonego – struktury niezawodnościowe	31

2.7.1. Rodzaje struktur niezawodnościowych.....	31
2.7.2. Rezerwowanie	33
2.7.3. Wskaźniki niezawodnościowe obiektu złożonego o strukturze szeregowej	35
3. Uszkodzenia i struktura niezawodnościowa silnika	37
3.1. Stan techniczny i stan niezawodnościowy	37
3.2. Metoda opisu parametrów stanu technicznego	41
3.3. Struktura niezawodnościowa silnika spalinowego	42
3.3.1. Metoda wyboru części zasadniczych w strukturze niezawodnościowej silnika spalinowego	44
4. Fizyczne mechanizmy uszkodzeń zużyciowych elementów silnika	47
4.1. Ogólna charakterystyka uszkodzeń zużyciowych elementów mechanicznych	47
4.2. Fizyczne kryteria zdatności elementów par kinematycznych.....	48
4.2.1. Wytrzymałość elementu	49
4.2.2. Geometria elementu.....	50
4.2.3. Mikrogeometria powierzchni współpracujących	50
4.2.4. Zachowanie warunków współpracy ruchowej elementów par kinematycznych	50
4.3. Klasyfikacja fizycznych postaci uszkodzeń zużyciowych.....	51
4.4. Procesy zużywania tribologicznego	52
4.5. Inne procesy fizyczne prowadzące do uszkodzeń zużyciowych.....	53
4.5.1. Odształcenia objętościowe.....	53
4.5.2. Pękanie zmęczeniowe.....	53
4.5.3. Zmęczenie cieplne	54
4.5.4. Korozja	56
4.5.5. Kawitacja.....	57
5. Matematyczne modele powstawania uszkodzeń zużyciowych elementów i stanu granicznego silnika.....	59
5.1. Model powstawania uszkodzeń zużyciowych obiektu	59
5.2. Kryteria dopuszczalnego i granicznego zużycia elementów silnika	61
5.2.1. Stan graniczny silnika.....	61

5.2.2. Dopuszczalna i graniczna wartość zużycia elementów silnika	64
5.3. Przykłady dopuszczalnych wartości zużycia elementów silnika	
– tuleje cylindrowe i pierścienie tłokowe	67
5.3.1. Mechanizm zużywania	67
5.3.2. Kryteria dopuszczalnych wartości zużycia	68
5.3.3. Przykład ustaleń dopuszczalnej wartości zużycia	
tulei cylindrowych	70
5.4. Modele eksploatacyjnego przebiegu zużycia	72
5.4.1. Krzywa Lorencza	72
5.4.2. Empiryczna ocena kinetyki zużycia	73
5.4.3. Przebieg zużycia jako proces losowy	
o realizacjach funkcyjnych	77
5.4.4. Przebieg zużycia jako proces losowy o jednorodnych	
i niezależnych przyrostach	81
5.4.5. Trójczłonowy model zużycia	85
5.5. Przewidywanie uszkodzeń zużyciowych	90
5.5.1. Przewidywanie rozkładu chwil uszkodzeń	90
5.5.2. Procedura obliczeń	92
6. Uszkodzenia parametryczne i ocena niezawodności zespołów	
funkcjonalnych silnika spalinowego	95
6.1. Analiza funkcjonalna i konstrukcyjna zespołu TPC	97
6.1.1. Zadania i zasada działania uszczelnienia TPC	97
6.1.2. Negatywne skutki istnienia nieszczelności	99
6.1.3. Miary szczelności zespołu TPC	101
6.1.4. Warunki pracy zespołu TPC	102
6.2. Przegląd matematycznych modeli uszczelnienia TPC	109
6.3. Wpływ luzów pierścienia uszczelniającego	
na szczelność zespołu TPC	135
6.3.1. Luz zamka	135
6.3.2. Luz osiowy pierścienia w rowku	140
6.3.3. Luz promieniowy pierścienia w rowku	142
6.4. Wpływ zużycia elementów zespołu TPC na luzy pierścienia	142

6.5. Modelowanie uszkodzenia jako wyniku nieszczelności	
zespołu tłok-pierścienie-cylinder	144
6.5.1. Założenia modelu	145
6.5.2. Model matematyczny.....	145
6.5.3. Symulacja komputerowa	154
7. Literatura	163