

SPIS TREŚCI

Przedmowa	9
Wykaz ważniejszych oznaczeń	10
1. Wprowadzenie	13
1.1. Śmigłowiec — cechy charakterystyczne	13
1.2. Rys historyczny rozwoju śmigłowców	14
1.3. Główne zespoły śmigłowca	18
1.4. Proces tworzenia i użytkowania śmigłowca	20
1.5. Organizacje lotnictwa cywilnego, państwowy nadzór lotniczy	20
Literatura	21
2. Charakterystyka układów śmigłowców	22
2.1. Uwagi wstępne	22
2.2. Układy śmigłowców	22
2.2.1. Śmigłowce jednowirnikowe	22
2.2.2. Śmigłowce dwuwirnikowe	26
2.2.3. Śmigłowce wielowirnikowe	28
2.2.4. Układy mieszane	29
Literatura	31
3. Wymagania ogólne w budowie śmigłowców	32
3.1. Zdarność lotnicza, przepisy budowy śmigłowców	32
3.2. Wymagania konstrukcyjne	33
3.2.1. Obciążenia zewnętrzne	33
3.2.2. Wytrzymałość i sztywność	35
3.2.3. Trwałość i niezawodność	36
3.2.4. Bezpieczne rozbieganie	37
3.2.5. Technologiczność wytwarzania	37
3.2.6. Technologiczność eksploatacyjna	38
3.3. Inne wymagania ogólne	38
4. Elementy aerodynamiki i mechaniki lotu śmigłowca	39
4.1. Obciążenia aerodynamiczne działające na śmigłowiec	39
4.2. Podstawowe ruchy łopaty wirnika nośnego	44

4.3.	Osiągi śmigłowca	50
4.4.	Równowaga śmigłowca	56
4.5.	Stateczność i sterowność śmigłowca	59
	Literatura	68
5.	Projektowanie wstępne śmigłowca	69
5.1.	Zakres projektu wstępnego	69
5.2.	Założenia techniczne	70
5.3.	Dobór głównych cech śmigłowca	71
5.4.	Analiza masowa i wyważenie	75
6.	Wirniki nośne	79
6.1.	Funkcje wirników nośnych, wymagania konstrukcyjne	79
6.2.	Rodzaje wirników	81
6.3.	Obciążenia wirnika	83
6.4.	Łopaty	85
6.4.1.	Geometria łopaty	85
6.4.2.	Obciążenia łopaty	87
6.4.3.	Rozwiązania konstrukcyjne łopat	94
6.4.4.	Wytrzymałość i sztywność łopaty	97
6.5.	Głowice	100
6.5.1.	Obciążenia głowicy	100
6.5.2.	Rozwiązania konstrukcyjne głowic	103
6.5.3.	Zarys analizy wytrzymałości głowicy	108
6.6.	Tłumiki odchyleni	117
	Literatura	121
7.	Śmigła ogonowe	122
7.1.	Funkcja śmigieł ogonowych, wymagania konstrukcyjne	122
7.2.	Obciążenia śmigieł ogonowych	123
7.3.	Układy śmigieł ogonowych	127
7.3.1.	Śmigła swobodne	127
7.3.2.	Śmigła obudowane	129
7.4.	Rozwiązania konstrukcyjne łopat	130
7.5.	Rozwiązania konstrukcyjne głowic	131
7.6.	Wytrzymałość i trwałość	134
	Literatura	134
8.	Układy sterowania	135
8.1.	Zasady sterowania śmigłowcem	135
8.2.	Funkcje zespołów sterowania, wymagania konstrukcyjne	140
8.3.	Podzespoły układów sterowania	141
8.3.1.	Sterownice	141
8.3.2.	Tarcze sterujące	143
8.3.3.	Mechanizmy transmisyjne sterowania	147
8.3.4.	Wzmocniacze	149
8.4.	Obciążenia	150
8.5.	Zarys zagadnień wytrzymałości i sztywności	151
	Literatura	152
9.	Zespoły napędowe i układy przenoszenia mocy	153
9.1.	Funkcje i struktura układów napędowych, wymagania ogólne	153
9.2.	Silniki	155
9.3.	Przekładnie główne wirników nośnych	158

9.3.1.	Uwagi ogólne	158
9.3.2.	Parametry i struktura przekładni	160
9.3.3.	Materiały stosowane w przekładniach	164
9.3.4.	Smarowanie i sprawność przekładni	164
9.4.	Przekładnie dodatkowe	165
9.4.1.	Przekładnia pośrednia	165
9.4.2.	Przekładnia śmigła ogonowego	165
9.5.	Sprzęgła i hamulce wirników nośnych	166
9.6.	Wały	169
9.7.	Drgania skrętne układów przenoszenia mocy i prędkości krytyczne wałów	170
	Literatura	174
10.	Płatowiec	176
10.1.	Kadłuby	176
10.1.1.	Opis układów i ich funkcje	177
10.1.2.	Wymagania konstrukcyjne	179
10.1.3.	Rozwiązania konstrukcyjne	179
10.1.4.	Obciążenia	182
10.1.5.	Zarys zagadnień wytrzymałości	182
10.2.	Skrzydła i usterzenie	185
10.2.1.	Opis układów i ich funkcje	185
10.2.2.	Wymagania konstrukcyjne	186
10.2.3.	Obciążenia	186
10.2.4.	Rozwiązania konstrukcyjne	189
10.3.	Podwozia	194
10.3.1.	Opis układów i ich funkcje	194
10.3.2.	Wymagania konstrukcyjne	195
10.3.3.	Rozwiązania konstrukcyjne	196
10.3.4.	Obciążenia	200
10.3.5.	Szttywność i wytrzymałość	203
	Literatura	207
11.	Instalacje i wyposażenie pokładowe	208
11.1	Instalacje energetyczne	208
11.1.1.	Instalacja hydrauliczna	208
11.1.2.	Instalacja pneumatyczna	210
11.1.3.	Instalacja elektryczna	211
11.2.	Instalacje podstawowe i o przeznaczeniu szczególnym	214
11.2.1	Instalacja paliwowa	214
11.2.2.	Instalacja olejowa	215
11.2.3.	Instalacja chłodzenia	216
11.2.4.	Instalacja klimatyzacyjna	217
11.2.5.	Instalacja przeciwbłodzeniowa	217
11.2.6.	Instalacja przeciwpożarowa	218
11.3.	Wyposażenie pokładowe	218
	Literatura	220
12.	Drgania śmigłowców	221
12.1.	Wstęp	221
12.2.	Modelowanie drgań śmigłowców	222
12.3.	Drgania wirnika nośnego	226
12.3.1.	Uwagi wstępne	226
12.3.2.	Drgania własne giętne łopaty	227
12.3.3.	Drgania własne skrętne łopaty	239

12.3.4.	Drgania sprzężone łopaty	241
12.3.5.	Stany rezonansowe łopaty	244
12.3.6.	Drgania wymuszone łopaty	245
12.4.	Flutter wirnika nośnego	249
12.4.1.	Wstęp	249
12.4.2.	Założenia	251
12.4.3.	Siły aerodynamiczne	252
12.4.4.	Równania różniczkowe drgań giętno-skrętnych łopaty	255
12.4.5.	Równania flutteru wahadłowego	256
12.4.6.	Mechanizm powstawania flutteru	260
12.5.	Drgania kadłuba	264
12.5.1.	Uwagi ogólne	264
12.5.2.	Drgania giętne kadłuba	266
12.6.	Wibroizolacja i eliminacja drgań	273
12.6.1.	Uwagi ogólne	273
12.6.2.	Modele wibroizolacji i eliminacji drgań	276
12.7.	Rezonans naziemny	284
12.7.1.	Równania różniczkowe ruchu	284
12.7.2.	Rezonans naziemny konstrukcji rzeczywistej	296
12.8.	Rezonans powietrzny	300
	Literatura	301
13.	Trwałość i niezawodność śmigłowca	303
13.1.	Bezpieczny okres użytkowania i bezpieczne uszkodzenie konstrukcji	303
13.2.	Prognozowanie trwałości eksploatacyjnej	311
13.3.	Wytrzymałość i trwałość w ujęciu mechaniki pękania	321
13.4.	Niezawodność i bezpieczeństwo lotu	324
13.5.	Systemy diagnostyczne	326
	Literatura	328
14.	Dobór materiałów konstrukcyjnych	329
14.1.	Zdatność lotnicza materiałów	329
14.2.	Materiały metalowe	330
14.3.	Materiały i tworzywa kompozytowe	336
14.3.1.	Charakterystyka ogólna	336
14.3.2.	Prognozowanie sprężystych właściwości kompozytów	339
14.3.3.	Prognozowanie wytrzymałościowych właściwości kompozytów	346
	Literatura	350
15.	Współczesne kierunki rozwoju w budowie śmigłowców	351
15.1.	Czynniki stymulujące rozwój konstrukcji	351
15.2.	Kierunki rozwoju konstrukcji	352
15.3.	Projektowanie, badania doświadczalne, wytwarzanie	357
	Literatura	363
	Skorowidz	364