

Spis treści

Wstęp Wykaz oznaczeń

XI

XII

1

ROZDZIAŁ

Lotnictwo w świecie

1.1.	Krótką historią lotnictwa	1
1.2.	Międzynarodowe organizacje lotnicze	4
1.3.	Stan obecny i perspektywy rozwoju lotnictwa na świecie	6

2

ROZDZIAŁ

Lotnictwo w Polsce

2.1.	Lotnictwo sportowe	10
2.2.	Lotnictwo transportowe	14
2.3.	Lotnictwo sanitarne	16
2.4.	Lotnictwo gospodarcze	17
2.4.1.	Agrolotnictwo	17
2.4.2.	Lotnictwo dyspozycyjne	17
2.4.3.	Lotnictwo patrolowe	18
2.4.4.	Lotnictwo dźwiękowe	18
2.4.5.	Lotnictwo małego transportu	18
2.4.6.	Lotnictwo badawcze i pomiarowe	18
2.5.	Techniczny personel lotniczy	19
2.6.	Kontrola Cywilnych Statków Powietrznych (KCSP)	20
2.7.	Organizacja ruchu lotniczego w Polsce	20
2.8.	Przemysł lotniczy w Polsce Ludowej	21

3

ROZDZIAŁ

Podstawy określania niezawodności

3.1.	Elementy analizy matematycznej	23
3.2.	Elementy geometrii analitycznej	27
3.3.	Elementy rachunku prawdopodobieństwa	37
3.3.1.	Pojęcie prawdopodobieństwa	37
3.3.2.	Prawdopodobieństwo warunkowe i zdarzenia niezależne	39

3.3.3.	Zmienne losowe	40
3.4.	Informatyka	46
3.4.1.	Przedmiot informatyki	46
3.4.2.	Pojęcie informacji	46
3.4.3.	Wykorzystanie informacji do podejmowania decyzji	47
3.4.4.	Postać i charakterystyka informacji	49
3.4.5.	Środki techniczne przetwarzania danych	50
3.5.	Niezawodność techniki lotniczej	51
3.5.1.	Wskaźniki niezawodności	52
3.5.2.	Metody podwyższenia niezawodności	54

4

ROZDZIAŁ

Aerodynamika

4.1.	Przedmiot aerodynamiki	57
4.2.	Pojęcia podstawowe	58
4.2.1.	Parametry stanu płynu	58
4.2.2.	Własności mechaniczne płynów	59
4.2.3.	Ciepło i niektóre termodynamiczne zależności	63
4.2.4.	Pojęcia podstawowe z kinetyki płynów	65
4.3.	Atmosfera	69
4.3.1.	Atmosfera ziemską	69
4.3.2.	Międzynarodowa atmosfera wzorcowa (MAW)	71
4.4.	Aerodynamiczne siły i momenty	72
4.4.1.	Wypadkowa siła aerodynamiczna R	73
4.4.2.	Wypadkowy moment aerodynamiczny	75
4.5.	Charakterystyki geometryczne i aerodynamiczne profilu i skrzydła	75
4.5.1.	Parametry geometryczne profilu	75
4.5.2.	Oznaczenia profili lotniczych	77
4.5.3.	Parametry opływu profilu	78
4.5.4.	Parametry geometryczne skrzydła	80
4.5.5.	Charakterystyki aerodynamiczne profilu i skrzydła	83
4.5.6.	Wpływ parametrów geometrycznych profilu na jego charakterystyki aerodynamiczne	86
4.6.	Siła nośna skrzydła (twierdzenie Żukowskiego)	88
4.7.	Metody zwiększania siły nośnej skrzydła — mechanizacja skrzydła	90
4.7.1.	Sloty	90
4.7.2.	Kłapy	91
4.7.3.	Sterowanie warstwą przyścienną	92
4.7.4.	Kłapy strumieniowe	93
4.8.	Opór aerodynamiczny	94
4.8.1.	Opór tarcia, warstwa przyścienna laminarna i turbulencyjna	94
4.8.2.	Punkt przejścia	96
4.8.3.	Opływ płaskiej płytki	96
4.8.4.	Opływ powierzchni krzywoliniowej	97
4.8.5.	Określenie położenia punktu przejścia na profilu	97
4.8.6.	Opór profilowy	97
4.8.7.	Opór indukowany skrzydła	100
4.8.8.	Opór aerodynamiczny opływowych ciał obrotowych	102
4.8.9.	Opór kadłuba samolotu	103
4.8.10.	Opór gondoli silnikowych	104
4.8.11.	Aerodynamiczny opór skrzydła	104
4.8.12.	Aerodynamiczny opór usterzenia	106
4.8.13.	Inne opory aerodynamiczne	107
4.9.	Interferencja aerodynamiczna	108
4.10.	Charakterystyki aerodynamiczne samolotu	110
4.10.1.	Siła nośna samolotu	110
4.10.2.	Opór oporowy samolotu	112
4.10.3.	Biegunowa samolotu	114
4.11.	Aerodynamika dużych prędkości	116
4.11.1.	Prędkość dźwięku w strumieniu gazów	116
4.11.2.	Liczba Macha	119
4.11.3.	Rozprzestrzenianie się małych zaburzeń w strumieniu gazu	119
4.11.4.	Stożek Macha	121

4.11.5.	Zależność prędkości od przekroju strugi	121
4.11.6.	Ciśnienie i temperatura spiętrzenia, nagrzewanie się warstwy przyściennej przy dużych prędkościach przepływu	123
4.11.7.	Wpływ ściśliwości powietrza na charakterystyki aerodynamiczne profilu	124
4.11.8.	Fale uderzeniowe	125
4.11.9.	Kryzys falowy	130
4.11.10.	Wpływ ściśliwości powietrza na charakterystyki aerodynamiczne profilu i skrzydła	133
4.12.	Śmigła lotnicze	138
4.12.1.	Charakterystyki geometryczne i aerodynamiczne śmigieł	138
4.12.2.	Kinematyka śmigła	141
4.12.3.	Rodzaje śmigieł	142
4.12.4.	Siły aerodynamiczne powstające na śmigle	142
4.12.5.	Charakterystyki aerodynamiczne śmigła	144
4.12.6.	Wpływ ściśliwości powietrza na charakterystyki śmigła	146

5

ROZDZIAŁ

Mechanika lotu

5.1.	Przedmiot mechaniki lotu	148
5.1.1.	Loty ustalone	149
5.1.2.	Prędkości lotu samolotu	150
5.2.	Lot poziomy	151
5.2.1.	Równania lotu poziomego	151
5.2.2.	Prędkość niezbędna lotu poziomego	152
5.2.3.	Ciąg niezbędny T_n do lotu poziomego	152
5.2.4.	Ciąg rozporządzalny T_r	154
5.2.5.	Moc niezbędna N_n i moc rozporządzalna N_r	155
5.2.6.	Wpływ oporu falowego na ciąg i moc silnika	156
5.2.7.	Charakterystyczne prędkości lotu poziomego	157
5.2.8.	Zakresy lotu poziomego	159
5.2.9.	Biegunowa lotu poziomego	161
5.2.10.	Wpływ wysokości lotu na moc silnika	162
5.2.11.	Wpływ wysokości lotu na ciąg silnika	164
5.2.12.	Wpływ wysokości na prędkość lotu poziomego	166
5.2.13.	Wpływ wysokości na prędkość lotu poziomego samolotu z ZSS	166
5.2.14.	Wpływ wysokości na prędkość lotu poziomego samolotu z TOS	167
5.2.15.	Wpływ wysokości na biegunową lotu poziomego	169
5.3.	Lot wznoszący	170
5.3.1.	Równania lotu wznoszącego	170
5.3.2.	Prędkość niezbędna do lotu wznoszącego	170
5.3.3.	Siły aerodynamiczne lotu wznoszącego	171
5.3.4.	Ciąg niezbędny $T_{n\theta}$ lotu wznoszącego	171
5.3.5.	Kąt wznoszenia	172
5.3.6.	Pionowa prędkość wznoszenia	173
5.3.7.	Biegunowa prędkości wznoszenia	173
5.3.8.	Zakresy lotu wznoszącego	174
5.3.9.	Wpływ wysokości lotu na prędkość wznoszenia	175
5.3.10.	Pułap samolotu	175
5.3.11.	Obliczanie pułapu (H_{put}) dla samolotów z silnikiem tłokowym	176
5.3.12.	Obliczanie pułapu (H_{put}) dla samolotów z silnikiem turbodrzutowym	177
5.3.13.	Czas wznoszenia samolotu	178
5.3.14.	Metoda różnic skończonych	178
5.4.	Opadanie samolotu z pracującym silnikiem	180
5.4.1.	Równania ruchu	180
5.4.2.	Prędkość niezbędna podczas opadania samolotu	181
5.4.3.	Ciąg źródła napędu przy opadaniu	182
5.4.4.	Biegunowa prędkości opadania	183
5.5.	Lot ślizgowy — opadanie samolotu z nie pracującym silnikiem	184
5.5.1.	Równania ruchu	184
5.5.2.	Prędkość lotu ślizgowego	185
5.5.3.	Zasięg lotu ślizgowego	186
5.5.4.	Pionowa prędkość lotu ślizgowego	186
5.5.5.	Biegunowa prędkości lotu poziomego	187

121	5.6.	Loty nie ustalone	188
121	5.7.	Rozpędzanie i hamowanie samolotu po linii prostej	189
121	5.7.1.	Równania ruchu	189
121	5.7.2.	Czas i droga rozpędzania lub hamowania	190
121	5.8.	Rozpędzanie samolotu w atmosferze o zmiennej gęstości — lot nurkowy	191
121	5.8.1.	Równania ruchu	192
121	5.8.2.	Obliczenie przyrostu prędkości	193
121	5.8.3.	Zmiana prędkości lotu podczas lotu nurkowego	194
121	5.8.4.	Wyjście z lotu nurkowego	195
121	5.9.	Górka	197
121	5.10.	Pętla	198
121	5.11.	Zakręt ustalony	198
121	5.11.1.	Granice zakrętów ustalonych	200
121	5.12.	Zakręt nie ustalony	200
121	5.13.	Inne figury akrobacyjne	201
121	5.13.1.	Zwrot bojowy	201
121	5.13.2.	Przewrót przez skrzydło	202
121	5.14.	Start samolotu	203
121	5.14.1.	Rozbieg	204
121	5.14.2.	Prędkość oderwania	205
121	5.14.3.	Przybliżona metoda obliczania startu	206
121	5.14.4.	Wpływ niektórych czynników na własności startu	208
121	5.15.	Ładowanie samolotu	209
121	5.15.1.	Prędkość lądowania	210
121	5.15.2.	Długość lądowania	211
121	5.15.3.	Wpływ różnych czynników na lądowanie samolotu	212
121	5.16.	Zasięg i długotrwałość lotu	212
121	5.16.1.	Zasięg i długotrwałość lotu samolotu z silnikiem tłokowym	215
121	5.16.2.	Zasięg i długotrwałość lotu samolotu z silnikiem turbodrzutowym	216
121	5.17.	Równowaga, stateczność i sterowność podłużna samolotu	219
121	5.17.1.	Pochylający moment samolotu w locie prostoliniowym	220
121	5.17.2.	Moment skrzydła prostokątnego o stałym profilu	220
121	5.17.3.	Moment skrzydła względem osi przechodzącej przez środek masy	221
121	5.17.4.	Wpływ położenia środka masy na moment skrzydła	222
121	5.17.5.	Moment kadłuba	222
121	5.17.6.	Moment gondoli	224
121	5.17.7.	Moment usterzenia poziomego	224
121	5.17.8.	Pochylający (podłużny) moment samolotu bez usterzenia poziomego	229
121	5.17.9.	Całkowity moment pochylający (podłużny) samolotu	232
121	5.17.10.	Równowaga podłużna samolotu	234
121	5.17.11.	Siły występujące na drążku sterowym	236
121	5.17.11.1.	Moment zawiasowy	236
121	5.17.11.2.	Siła na drążku	238
121	5.17.11.3.	Wpływ prędkości lotu na siłę na drążku	239
121	5.17.11.4.	Klapka wyważająca	239
121	5.17.11.5.	Rodzaje kompensacji aerodynamicznych	241
121	5.17.12.	Podłużna stateczność samolotu	241
121	5.17.12.1.	Stateczność statyczna przy stałej prędkości	242
121	5.17.12.2.	Stateczność statyczna przy stałym przeciążeniu	244
121	5.17.13.	Stateczność podłużna samolotu przy dużych prędkościach	246
121	5.18.	Równowaga boczna samolotu	247
121	5.18.1.	Lot samolotu ze ślizgiem	248
121	5.18.2.	Moment odchylający podczas lotu ze ślizgiem	250
121	5.18.3.	Kierunkowa stateczność statyczna i sterowność	253
121	5.18.4.	Momenty przechylające	254
121	5.18.5.	Moment przechylający od usterzenia pionowego	254
121	5.18.6.	Moment przechylający skrzydła	255
121	5.18.7.	Moment przechylający wskutek wychylenia lotek	256
121	5.18.8.	Przechylający moment tłumiący	257
121	5.18.9.	Stateczność statyczna poprzeczna i sterowność samolotu	257
121	5.18.10.	Lot samolotu dwusilnikowego z jednym silnikiem nie pracującym	258
121	5.19.	Lot z około- i nadkrytycznymi kątami natarcia	259
121	5.19.1.	Przechylający moment samolotu na nadkrytycznych kątach natarcia	260
121	5.19.2.	Korkociąg samolotu	261
121	5.19.3.	Wyprowadzanie samolotu z korkociągu	262

6.1.	Budowa i rozwiązania konstrukcyjne płatowców	264
6.1.1.	Budowa płatowca	264
6.1.2.	Rozwiązania konstrukcyjne płatowców	267
6.2.	Praca zespołów płatowca	276
6.2.1.	Obciążenia zewnętrzne działające na samolot	276
6.2.2.	Podstawy wytrzymałości materiału	285
6.2.2.1.	Geometryczny moment bezwładności powierzchni	285
6.2.2.2.	Naprężenie, wydłużenie, przewężenie	287
6.2.2.3.	Wytrzymałość na rozciąganie i ściskanie	291
6.2.2.4.	Ścinanie	293
6.2.2.5.	Skręcanie	294
6.2.2.6.	Zginanie	295
6.2.2.7.	Wyboczenie	302
6.2.2.8.	Wytrzymałość złożona	305
6.2.2.9.	Wytrzymałość zmęczeniowa	307
6.2.3.	Obciążenie i praca skrzydła	309
6.2.4.	Obciążenie i praca usterzenia	318
6.2.5.	Obciążenie i praca kadłuba	320
6.2.6.	Obciążenie i praca podwozia	326
6.2.6.1.	Przeniesienie obciążeń przez główne elementy podwozia	328
6.2.6.2.	Amortyzacja podwozia	331
6.3.	Drgania samolotu	335
6.4.	Szczególne przypadki obciążeń i obliczeń wytrzymałościowych samolotu	343
6.4.1.	Próby wytrzymałościowe samolotu i ustalanie ograniczeń użytkowych	343
6.4.2.	Wpływ korozji na trwałość konstrukcji	347
6.5.	Poduszkowce	352
6.5.1.	Poduszka powietrzna	352
6.5.2.	Układy wytwarzające poduszkę powietrzną	357
6.5.3.	Budowa poduszkowca	363

7.1.	Rodzaje instalacji energetycznych	371
7.1.1.	Instalacje hydrauliczne	372
7.1.2.	Instalacje pneumatyczne	373
7.1.3.	Instalacje elektryczne	373
7.2.	Hydraulika	374
7.2.1.	Podstawowe własności cieczy	374
7.2.2.	Podstawowe pojęcia z hydrostatyki	380
7.2.3.	Podstawowe pojęcia z dynamiki cieczy	381
7.2.4.	Obliczanie strat ciśnienia; opory przepływu	383
7.2.5.	Zasada działania instalacji hydraulicznej	385
7.2.6.	Źródła energii	388
7.2.7.	Mechanizmy wykonawcze	393
7.2.8.	Urządzenia rozdzielcze	396
7.2.9.	Zawory	399
7.2.10.	Zamki	402
7.2.11.	Elementy sieci instalacji hydraulicznej	403
7.2.12.	Schemat instalacji hydraulicznej	408
7.3.	Instalacje pneumatyczne	410
7.3.1.	Własności fizyczne powietrza	410
7.3.2.	Opory przepływu w instalacjach pneumatycznych	411
7.3.3.	Elementy instalacji pneumatycznej	411
7.3.4.	Schemat instalacji pneumatycznej	413
7.3.5.	Pneumatyczna instalacja hamulcowa	415

Zagadnienia eksploatacji i napraw samolotów

8.1.	Pojęcie terminu eksploatacja samolotu	419
8.2.	Zadania służby inżynieryjno-technicznej w lotnictwie	419
8.3.	Profilaktyka techniczna samolotu	420
8.3.1.	Przechowywanie samolotów	421
8.3.2.	Zabezpieczenie samolotów przed uderzeniami piorunów	425
8.3.3.	Charakterystyczne objawy procesu niszczenia płatowca	427
8.3.4.	Konserwacja lotniczych części zamiennych	429
8.4.	Diagnostyka eksploatacyjna	430
8.5.	Problem czystości paliw lotniczych	432
8.6.	Naprawa samolotów w warsztacie i na lotnisku	435
8.6.1.	Organizacja napraw i wyposażenie zakładów i warsztatów naprawczych	435
8.6.2.	Naprawa metalowego pokrycia samolotu	441
8.6.3.	Naprawa elementów oszkieletowania	443
8.6.4.	Naprawa podwozia	445
8.6.5.	Naprawa instalacji i zbiorników	447
8.6.6.	Naprawa pokryć płóciennych	450
8.6.7.	Naprawa śmigieł	451
8.6.8.	Naprawa pokryć anodowych i lakierowych samolotów	453
8.6.9.	Niwelacja samolotu	454
	Literatura	455
	Skorowidz	456