

SPIS TREŚCI

PRZEDMOWA	13
DANE SAMOLOTU DO OBLICZEŃ	15
WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ	16
ROZDZIAŁ 1	
PODSTAWOWE CHARAKTERYSTYKI SAMOLOTU	19
WSTĘP	19
1.1. PODSTAWOWE CHARAKTERYSTYKI AERODYNAMICZNE SAMOLOTU	20
1.1.1. Współczynnik siły nośnej	20
1.1.2. Współczynnik siły oporu	21
1.1.3. Biegunowa samolotu	23
1.1.4. Doskonałość samolotu	25
1.2. ATMOSFERA WZORCOWA	26
1.3. CHARAKTERYSTYKI SILNIKÓW LOTNICZYCH	29
1.3.1. Rodzaje charakterystyk silników	29
1.3.2. Charakterystyki prędkościowo-wysokościowe turbinowych silników odrzutowych	32
1.3.3. Charakterystyki stoiskowe turbinowych silników odrzutowych	36
1.3.4. Charakterystyki prędkościowo-wysokościowe turbinowych silników śmigłowych	40
1.3.5. Charakterystyki stoiskowe turbinowych silników śmigłowych	43
1.3.6. Charakterystyki stoiskowe silników tłokowych	46
1.3.7. Charakterystyki wysokościowe silników tłokowych	50
1.4. MOC UŻYTECZNA I ROZPORZĄDZALNA ŚMIGŁOWEGO ZESPOŁU NAPĘDOWEGO	53
1.5. CHARAKTERYSTYKI ŚMIGIEŁ I DOBÓR ŚMIGŁA DO SAMOLOTU	55
1.5.1. Podstawowe charakterystyki śmigła	55
1.5.2. Wpływ ściśliwości powietrza na charakterystyki śmigła	59
1.5.3. Dobór śmigła do samolotu	60

ROZDZIAŁ 2

UKŁADY WSPÓŁRZĘDNYCH I RÓWNANIA RUCHU _____ 63

2.1. UKŁADY WSPÓŁRZĘDNYCH I ICH TRANSFORMACJA _____ 63

2.2. RÓWNANIA RUCHU POSTĘPOWEGO _____ 65

2.2.1. Równania ruchu postępowego w układzie $Oxyz$ związanym z samolotem _____ 66

2.2.2. Równania ruchu postępowego w układzie $Ox_a y_a z_a$ związanym z przepływem _____ 66

2.3. RÓWNANIA RUCHU OBROTOWEGO _____ 67

2.4. KOŃCOWA POSTAĆ RÓWNAŃ RUCHU SAMOLOTU _____ 69

2.5. SIŁY DZIAŁAJĄCE NA SAMOLOT _____ 69

2.5.1. Siła ciężkości _____ 70

2.5.2. Siła ciągu _____ 71

2.5.3. Siły aerodynamiczne _____ 71

2.6. MOMENTY SIŁ DZIAŁAJĄCE NA SAMOLOT _____ 72

2.6.1. Moment giroskopowy _____ 73

2.6.2. Moment od silników _____ 73

2.6.3. Moment aerodynamiczny _____ 73

2.7. CHARAKTERYSTYCZNE STANY LOTU _____ 74

ROZDZIAŁ 3

CIĄG NIEZBĘDNY I MOC NIEZBĘDNA DO LOTU POZIOMEGO _____ 77

3.1. WARUNKI USTALONEGO LOTU POZIOMEGO _____ 77

3.2. CIĄG NIEZBĘDNY DO LOTU POZIOMEGO _____ 78

3.2.1. Charakter przebiegu krzywej ciągu niezbędnego $T_n(V)$ _____ 79

3.2.2. Związek pomiędzy ciągiem niezbędnym T_n i doskonałością samolotu K _____ 82

3.2.3. Wpływ ściśliwości powietrza na ciąg niezbędny _____ 84

3.2.4. Wpływ wysokości lotu na ciąg niezbędny _____ 88

3.2.5. Metodyka obliczania krzywej ciągu niezbędnego _____ 90

3.3. MOC NIEZBĘDNA _____ 92

3.3.1. Charakter przebiegu krzywej mocy niezbędnej $N_n(V)$	92
3.3.2. Wpływ wysokości lotu na moc niezbędną	93
3.3.3. Metodyka obliczania krzywej mocy niezbędnej	95
3.4. BIEGUNOWA LOTU POZIOMEGO	96

ROZDZIAŁ 4

CHARAKTERYSTYCZNE PRĘDKOŚCI SAMOLOTU W LOCIE POZIOMYM **99**

4.1. PRĘDKOŚĆ MINIMALNA $V_{\min}$	99
4.2. PRĘDKOŚĆ OPTYMALNA V_{opt}	100
4.3. PRĘDKOŚĆ EKONOMICZNA V_{ek}	101
4.4. RELACJA POMIĘDZY PRĘDKOŚCIĄ OPTYMALNĄ I EKONOMICZNĄ	103
4.5. PRĘDKOŚĆ PODRÓŻNA V_p	103
4.6. PRĘDKOŚĆ MAKSYMALNA $V_{\max}$	106
4.7. ANALITYCZNA METODA OBLICZANIA PRĘDKOŚCI MAKSYMALNEJ DLA SAMOLOTÓW ŚMIGŁOWYCH Z SILNIKIEM TŁOKOWYM	108
4.8. ANALITYCZNA METODA OBLICZANIA PRĘDKOŚCI MAKSYMALNEJ DLA SAMOLOTÓW Z TURBINOWYM SILNIKIEM ŚMIGŁOWYM	110
4.9. ANALITYCZNA METODA OBLICZANIA PRĘDKOŚCI MAKSYMALNEJ DLA SAMOLOTÓW Z TURBINOWYM SILNIKIEM ODRZUTOWYM	111
4.10. WPŁYW WYSOKOŚCI LOTU NA PRĘDKOŚCI CHARAKTERYSTYCZNE	114
4.11. WPŁYW ŚCIŚLIWOŚCI POWIETRZA NA PRĘDKOŚĆ OPTYMALNĄ	115
4.12. WPŁYW WYSOKOŚCI LOTU NA PRĘDKOŚĆ MAKSYMALNĄ $V_{\max}$	115
4.12.1. Wpływ wysokości lotu na $V_{\max}$ samolotów z napędem śmigłowym	115
4.12.2. Wpływ wysokości lotu na $V_{\max}$ samolotów z napędem odrzutowym bez uwzględnienia ściśliwości powietrza	117
4.12.3. Wpływ wysokości lotu na $V_{\max}$ samolotów z napędem odrzutowym z uwzględnieniem ściśliwości powietrza	123
4.13. DWA ZAKRESY LOTU POZIOMEGO	128
4.14. WPŁYW RÓŻNYCH CZYNNIKÓW NA PRĘDKOŚĆ MAKSYMALNĄ $V_{\max}$	132

4.14.1. Równania podstawowe	132
4.14.2. Wpływ zmiany ciągu rozporządzalnego T_r na prędkość maksymalną $V_{\max}$ samolotów z TSO	138
4.14.3. Wpływ zmiany mocy silnika i sprawności śmigła na prędkość maksymalną $V_{\max}$ samolotów z napędem śmigłowym	140
4.14.4. Wpływ zmiany współczynnika siły oporu C_{xa} na prędkość maksymalną $V_{\max}$	142
4.14.5. Wpływ zmiany powierzchni skrzydła S na prędkość maksymalną $V_{\max}$	145
4.14.6. Wpływ zmiany masy samolotu m na prędkość maksymalną $V_{\max}$	146
4.14.7. Wpływ zmiany temperatury powietrza T_H na prędkość maksymalną $V_{\max}$	147

ROZDZIAŁ 5

WZNOSZENIE SAMOŁOTU 153

WSTĘP	153
5.1. PODSTAWOWE PARAMETRY USTALONEGO WZNOSZENIA	154
5.1.1. Wznoszenie i lot poziomy wykonywane na tym samym kącie natarcia	154
5.1.2. Wznoszenie i lot poziomy wykonywane z tą samą prędkością lotu	155
5.1.3. Największy kąt wznoszenia	158
5.1.4. Prędkość wznoszenia V_{wzn} oraz największa pionowa prędkość wznoszenia $w_{\max}$	162
5.1.5. Biegunowa prędkości wznoszenia	164
5.2. ANALITYCZNA METODA WYZNACZANIA PRĘDKOŚCI V_{wzn} I $w_{\max}$ ORAZ PUŁAPU	166
5.2.1. Pochodne mocy niezbędnej i rozporządzalnej	166
5.2.2. Prędkości charakterystyczne wznoszenia i pułap samolotów z TSO	167
5.2.3. Prędkości charakterystyczne wznoszenia i pułap samolotów z ST	177
5.2.4. Prędkości charakterystyczne wznoszenia i pułap samolotów z TSŚ	182
5.3. WZNOSZENIE SAMOŁOTU Z TSO Z UWZGLĘDNIENIEM WPŁYWU ŚCIŚLIWOŚCI POWIETRZA	187
5.4. WPŁYW RÓŻNYCH CZYNNIKÓW NA WZNOSZENIE SAMOŁOTU	192
5.4.1. Formuły podstawowe do oceny wpływu różnych czynników na $w_{\max}$	192
5.4.2. Wpływ zmiany ciągu/mocy na maksymalną pionową prędkość wznoszenia $w_{\max}$	199

5.4.3. Wpływ zmiany masy na maksymalną pionową prędkość wznoszenia $w_{\max}$	200
5.4.4. Wpływ zmiany współczynnika siły oporu C_{xa0} na maksymalną pionową prędkość wznoszenia $w_{\max}$	202
5.4.5. Wpływ zmiany powierzchni skrzydła S na maksymalną pionową prędkość wznoszenia $w_{\max}$	202
5.4.6. Wpływ zmiany temperatury powietrza T na maksymalną pionową prędkość wznoszenia $w_{\max}$	203
5.4.7. Formuły podstawowe do oceny wpływu różnych czynników na pułap samolotu	204
5.4.8. Wpływ różnych czynników na pułap samolotu z TSO	205
5.4.9. Wpływ różnych czynników na pułap samolotu z ST	208
5.4.10. Wpływ różnych czynników na pułap samolotu z TSS	209
5.4.11. Wpływ temperatury powietrza na pułap samolotu	214
5.5. WZNOSZENIE NIEUSTALONE SAMOŁOTU	218
5.6. BAROGRAM WZNOSZENIA	224
5.7. TRAJEKTORIA WZNOSZENIA	227

ROZDZIAŁ 6

OPADANIE SAMOŁOTU	229
WSTĘP	229
6.1. PODSTAWOWE PARAMETRY USTALONEGO OPADANIA	230
6.1.1. Opadanie i lot poziomy wykonywane na tym samym kącie natarcia	230
6.1.2. Opadanie i lot poziomy wykonywane z tą samą prędkością lotu	231
6.1.3. Maksymalna prędkość opadania samolotów	234
6.2. BIEGUNOWA PRĘDKOŚCI OPADANIA	238
6.3. LOT ŚLIZGOWY	239
6.3.1. Warunki, prędkość i kąt lotu ślizgowego	239
6.3.2. Zasięg lotu ślizgowego	240
6.3.3. Pionowa prędkość w locie ślizgowym	241
6.3.4. Czas lotu ślizgowego	241

6.3.5. Biegunowa prędkości lotu ślizgowego	244
6.3.6. Uwagi dotyczące realizacji lotu ślizgowego	249
6.3.7. Lot ślizgowy z uwzględnieniem wiatru	250
6.4. WPŁYW RÓŻNYCH CZYNNIKÓW NA MAKSYMALNĄ PRĘDKOŚĆ OPADANIA SAMOLOTU	251
6.4.1. Formuły podstawowe do oceny wpływu różnych czynników na maksymalną prędkość opadania	251
6.4.2. Wpływ ciągu na prędkość maksymalną $V_{\max}$ opadania samolotów z TSO	254
6.4.3. Wpływ mocy i sprawności śmigła na prędkość maksymalną $V_{\max}$ opadania samolotów z napędem śmigłowym	255
6.4.4. Wpływ zmiany współczynnika siły oporu C_{xa0} na prędkość maksymalną $V_{\max}$ opadania samolotów	257
6.4.5. Wpływ zmiany powierzchni skrzydła S na prędkość maksymalną $V_{\max}$ opadania samolotów	258
6.4.6. Wpływ zmiany masy samolotu m na prędkość maksymalną $V_{\max}$ opadania samolotów	259
6.4.7. Wpływ zmiany kąta pochylenia toru lotu γ_a na prędkość maksymalną $V_{\max}$ opadania samolotów	260
6.5. WPŁYW RÓŻNYCH CZYNNIKÓW NA KĄT OPADANIA SAMOLOTU	262
6.5.1. Formuły podstawowe do oceny wpływu różnych czynników na kąt opadania samolotu	262
6.5.2. Wpływ zmiany masy m na kąt opadania samolotu	263
6.5.3. Wpływ zmiany współczynników sił aerodynamicznych na kąt opadania samolotu	264

ROZDZIAŁ 7

ZASIĘG I DŁUGOTRWAŁOŚĆ LOTU 267

WSTĘP 267

7.1. ZASIĘG I DŁUGOTRWAŁOŚĆ LOTU SAMOLOTU Z TSO 268

7.1.1. Wpływ prędkości lotu na godzinowe i kilometrowe zużycie paliwa 269

7.1.2. Wpływ wysokości lotu na godzinowe i kilometrowe zużycie paliwa 276

7.1.3. Analityczna metoda obliczania $V_{(b_L)_{\min}}$ i $(b_L)_{\min}$ dla prędkości mniejszych od $V_{\max}$	280
7.1.4. Analityczna metoda obliczania parametrów lotu zapewniających $(b_L)_{\min_min}$ w warunkach lotu z $V_{\max}$	294
7.2. ZASIĘG I DŁUGOTRWAŁOŚĆ LOTU SAMOLOTU Z TSŚ	305
7.2.1. Określenie prędkości $V_{(b_h)_{\min}}$ oraz minimalnego godzinowego zużycia paliwa $(b_h)_{\min}$	306
7.2.2. Określenie prędkości $V_{(b_L)_{\min}}$ oraz minimalnego kilometrowego zużycia paliwa $(b_L)_{\min}$	309
7.3. ZASIĘG I DŁUGOTRWAŁOŚĆ LOTU SAMOLOTU Z ST	313
7.3.1. Wpływ prędkości lotu na godzinowe i kilometrowe zużycie paliwa	315
7.3.2. Dokładna metoda obliczania zużycia paliwa	316
7.3.3. Sposób określenia współczynnika sprawności śmigła η_s	320
7.3.4. Wpływ obrotów na godzinowe i kilometrowe zużycie paliwa – obroty optymalne	322
7.3.5. Przybliżone metody obliczania zużycia paliwa	323
7.3.6. Wpływ wysokości na godzinowe i kilometrowe zużycie paliwa	326
7.4. WPŁYW RÓŻNYCH CZYNNIKÓW NA ZASIĘG I DŁUGOTRWAŁOŚĆ LOTU	327
7.4.1. Formuły podstawowe dla samolotów z TSO	327
7.4.2. Wpływ zmiany współczynnika siły oporu $C_{x\alpha 0}$ na minimalne zużycie paliwa dla samolotów z TSO	333
7.4.3. Wpływ zmiany masy m na minimalne zużycie paliwa dla samolotów z TSO	335
7.4.4. Wpływ zmiany prędkości na minimalne zużycie paliwa dla samolotów z TSO	337
7.4.5. Wpływ zmiany pola powierzchni skrzydła na minimalne zużycie paliwa dla samolotów z TSO	337
7.4.6. Formuły podstawowe dla samolotów z TSŚ	339
7.4.7. Wpływ zmiany współczynnika siły oporu $C_{x\alpha 0}$ na minimalne zużycie paliwa dla samolotów z TSŚ	344
7.4.8. Wpływ zmiany masy m na minimalne zużycie paliwa dla samolotów z TSŚ	345
7.4.9. Wpływ zmiany prędkości na minimalne zużycie paliwa dla samolotów z TSŚ	345

7.4.10. Wpływ zmiany powierzchni skrzydła na minimalne zużycie paliwa dla samolotów z TSŚ	345
7.4.11. Formuły podstawowe dla samolotów z ST	346
7.4.12. Wpływ zmiany współczynnika siły oporu C_{xa0} na minimalne zużycie paliwa dla samolotów z ST	348
7.4.13. Wpływ zmiany masy m na minimalne zużycie paliwa dla samolotów z ST	350
7.4.14. Porównanie wpływu C_{xa0} oraz masy na długotrwałość i zasięg samolotów z różnymi typami silników	350
7.4.15. Obliczanie zasięgu i długotrwałości lotu	352
Literatura	363