

SPIS TREŚCI

Przedmowa	11
Rozdział 1. WSTĘP	14
Bibliografia	22
Rozdział 2. PODSTAWOWE OSIĄGI	23
1. Wykres ofertowy	23
2. Zasięg	32
2.1. Zasięg dla stałej prędkości i wysokości	34
2.2. Zasięg dla stałej prędkości i stałego współczynnika siły nośnej	35
2.3. Zasięg dla stałej wysokości i stałego współczynnika siły nośnej	36
3. Długość trwania lotu	42
4. Wznoszenie	44
5. Pętla	53
6. Zakręt prawidłowy	59
7. Zakręt nieustalony	63
8. Wznoszenie - metoda energetyczna	79
9. Zakręt nieprawidłowy (ze ślizgiem i zmianą wysokości)	87
9.1. Przypadek szczególny - poziomy zakręt prawidłowy	94
9.2. Zakręt "nieprawidłowy" - wznoszenie bez ślizgu	95
9.3. Zakręt "nieprawidłowy" - wznoszenie ze ślizgiem	95
10. Dopalacz	96
11. Niesymetria biegunowej	97
12. Wpływ zespołu napędowego na osiągi	101
13. Wpływ wektorowania ciągu na własności manewrowe	105
14. Miary manewrowości samolotu	108
15. Bibliografia	110
Rozdział 3. DYNAMIKA I AERODYNAMIKA DUŻYCH KĄTÓW NATARCIA ...	111
1. Aerodynamika samolotów supermanewrowych	111
2. Aerodynamiczne aspekty sterowania na dużych kątach natarcia	121
3. Różnice w analizie dynamiki samolotów klasycznych i supermanewrowych	122
4. Model matematyczny płata delta umożliwiający analizę dynamiki z uwzględnieniem pękania wirów	124

4.1. Badanie struktur wirowych.....	125
4.2. Rozpad wiru.....	126
4.3. Przybliżony rozkład prędkości w strukturze wirowej	128
4.4. Uśrednione równania Naviera-Stokesa do opisu struktury wiru.....	130
4.5. Dynamika struktur wirowych	131
5. Autorotacja skrzydła.....	135
6. Korkociąg samolotu.....	137
7. Kołysanie skrzydła (wing rock)	146
7.1. Kołysanie skrzydła „delta”	148
7.2. Atraktory ruchu przechylającego.....	153
7.3. Kołysanie generowane na kadłubie	154
7.4. Kołysanie o 3 stopniach swobody	159
8. Odwrotne działanie lotek	160
9. Kinematyka na dużych kątach natarcia	164
10. Pasma (strakes) sterujące układem wirów na kadłubie	167
11. Sprzęganie pochodnych stateczności na dużych kątach natarcia.....	169
12. Bibliografia	172
Rozdział 4. AUTOROTACJA.....	178
1. Sprzężenia bezwładnościowe na okołokrytycznych kątach natarcia	178
2. Bezwładnościowe sprzężenie przechylania i odchylania oraz przechylania i pochylenia	179
3. Wpływ sprzężeń bezwładnościowych na stateczność ruchu	181
4. Porównanie i ocena przydatności metod rozwiązywania zagadnień związanych ze sprzężeniem bezwładnościowym przechylania i pochylenia oraz przechylania i odchylania	194
4.1. Omówienie pierwszej metody	194
4.2. Omówienie drugiej metody	195
4.3. Porównanie obydwóch metod obliczeniowych	195
5. Beczka autorotacyjna	199
6. Obliczenia autorotacji.....	206
6.1. Modele fizyczny i matematyczny przyjęte do symulacji lotu samolotu	206
7. Obliczenia autorotacji na przykładzie samolotu TS-11 ISKRA.....	208
8. Bibliografia.....	216
Rozdział 5. BUFFET	217
1. Buffet usterzenia.....	217
2. Rys historyczny	217
3. Buffet usterzenia spowodowany pękaniem wirów	219
4. Numeryczne symulacje pękania wirów	220
4.1. Sformułowanie analityczne.....	220
4.2. Warunki brzegowe i początkowe	224

4.3. Równania drgań statecznika	225
5. Sprężone zagadnienie drgań i opływu	230
5.1. Schemat obliczeniowy do numerycznego rozwiązywania równań opływu	230
5.2. Rozkład na czynniki (faktoryzacja)	233
5.3. Podział wektora - strumienia (flux splitting).....	234
5.4. Strumienie lepkie	236
6. Zapis matematyczny "w języku Mechaniki Ciała Stałego"	236
7. Równania deformacji siatki.....	239
7.1. Warunki początkowe i brzegowe.....	239
8. Buffeting usterzenia - metoda rozwiązania i przykładowe wyniki.....	240
9. Prace badawcze nad buffetingiem prowadzone w Instytucie Lotnictwa.....	242
9.1. Prace badawcze nad poprawą zdolności manewrowych samolotu I-22	246
9.1.1. Badania osłabienia rozwoju kryzysu falowego skrzydła przez zastosowanie generatorów wirów	246
9.1.2. Projektowanie aerodynamiczne skrzydła transsonicznego	248
9.2. Badania aerodynamiczne układu z przednim usterzeniem zamocowanym blisko skrzydła	252
9.3. Projektowanie aerodynamiczne i eksperymentalne badania tunelowe samolotu szturmowego Kobra-2000	255
9.3.1. Projektowanie aerodynamiczne skrzydła i obliczenia numeryczne.....	257
9.3.2. Badania eksperymentalne	257
10. Bibliografia.....	262
 Rozdział 6. DYNAMIKA LOTU SAMOŁOTU BOJOWEGO NA DUŻYCH KĄTACH NATARCIA.....	 267
1. Rozważania ogólne	267
2. Dynamika lotu na dużych kątach natarcia	269
3. Wymagania narzucone na krzywą momentu pochylającego	272
4. Metody obliczeń charakterystyk aerodynamicznych dla dużych kątów natarcia.....	275
5. Wstępna analiza manewru Kobra	275
6. Dynamiczne równania ruchu	276
7. Charakterystyki aerodynamiczne	277
8. Stan równowagi - małe kąty natarcia	283
9. Stan równowagi - duże kąty natarcia	284
10. Wyniki symulacji numerycznych	285
11. Dynamiczne wejście na duże kąty natarcia	294
12. Poprawa charakterystyk na dużych kątach natarcia	297
13. Podsumowanie i wnioski.....	301
14. Bibliografia.....	302

Rozdział 7. METODY PANELOWE - MOŻLIWOŚCI I OGRANICZENIA	306
1. Wprowadzenie	306
1.1. Układy silnie sprzężone aerodynamicznie	308
1.2. Zmiana charakteru rozwoju CFD, w tym i metod panelowych	309
1.3. Komplementarność CFD i metod eksperymentalnych	311
2. Klasyczne sformułowanie podstaw metody panelowej	312
2.1. Równania opływu potencjalnego	312
2.2. Rozwiązanie	313
2.3. Sprowadzenie zadania do układu liniowych równań algebraicznych, warunki brzegowe	315
2.4. Obciążenia aerodynamiczne	318
2.5. Parkietyzacja powierzchni	319
2.6. Wyznaczenie współczynników wpływu	322
2.6.1. Źródło	322
2.6.2. Dipol	324
2.6.3. Wir	325
2.7. Przykładowa parkietyzacja (program PB Panel [7])	326
2.7.1. Niektóre problemy związane z tworzeniem modeli siatkowych	328
2.7.2. Układy współrzędnych	329
2.7.3. Wstępne przetwarzanie danych geometrycznych	330
2.8. Obliczanie współczynników wpływu	331
2.9. Parametry opływu	333
2.10. Warunki brzegowe - wektor prawych stron układu równań	333
2.10.1. Płaty nieskończenie cienkie - warunek Neumanna [11]	333
2.10.2. Kadłuby i płaty grube - warunek Dirichleta	334
2.10.3. Kadłuby i płaty nieskończenie cienkie - warunek mieszany	334
2.11. Budowa układu równań z uwzględnieniem śladów wirowych	335
2.12. Obliczenia lokalnych i globalnych parametrów opływu	336
2.12.1. Lokalne prędkości opływu	336
2.12.2. Rozkład ciśnienia	338
2.12.3. Globalne siły i momenty aerodynamiczne	338
3. Podstawy matematyczne metod panelowych	339
3.1. Wstęp	339
3.2. Wybór osobliwości	340
3.3. Metody klasyczne i zmodyfikowane	341
3.4. Całkowe sformułowanie zagadnienia brzegowego	341
3.5. Model Eulera i jego uproszczenia	343
3.6. Równanie Bernoulliego	344
3.7. Równanie pełnego potencjału	345
3.8. Modele perturbacyjne	346
3.9. Ważniejsze oznaczenia i związki matematyczne	347
3.9.1. Wirowość powierzchniowa	347

3.9.2. Zmodyfikowany, zespolony potencjał prędkości	348
3.9.3. Potencjał przyspieszeń	348
3.10. Metody wyznaczania położenia fal uderzeniowych ("Shock-capturing" i "shock-fitting").....	349
3.11. "Sztuczna gęstość" (Artificial density) w przepływie transsonicznym	350
3.12. Modelowanie śladu wirowego	350
4. Przykładowe rozwiązanie zagadnienia dwuwymiarowego, stacjonarnego ..	351
5. Wartości główne całek niewłaściwych występujących w metodach panelowych	354
6. Metody panelowe dla przepływów ściśliwych.....	357
6.1. Wprowadzenie	357
6.2. Zmodyfikowane poddźwiękowe metody panelowe	357
6.2.1. Uwagi ogólne.....	357
6.2.2. Połowa metoda panelowa	358
6.2.3. Metoda Hilla	359
6.2.4. Metoda linearyzacji lokalnej (LLM)	360
6.3. Zmodyfikowane naddźwiękowe metody panelowe	360
6.3.1. Uwagi ogólne.....	360
6.3.2. Metoda gradientu potencjału - PGM (Jones method)	361
6.3.3. Metoda Mitsubishi [48]	361
6.3.4. Inne metody spokrewnione	361
6.3.4.1. Pressure Mode Method (PMM).....	361
6.3.4.2. Metoda pudełek Macha (MBM).....	362
6.4. Przykłady zastosowań transsonicznych metod panelowych.....	362
6.4.1. Stosowalność transsonicznych metod panelowych	365
6.5. Przykłady zastosowań naddźwiękowych metod panelowych	366
6.7. Metody panelowe dla przepływów nieustalonych	367
6.7.1. Podstawowe równanie całkowe	367
6.7.2. Klasyczna metoda kraty dipolowej (Doublet Lattice Method - CDLM)	368
6.7.3. Metoda Morino dla ruchu harmonicznego	369
6.7.4. Metoda swobodnej powierzchni wirowej (Free vortex sheet method - FVSM)	370
6.7.5. Metoda Katza-Maskew'a - wariant dla przepływu nieustalonego	372
6.7.6. Metoda siatki dipoli dyskretnych (PDLM)	374
6.7.7. Metoda niestacjonarnej siatki wirowej (UVLM)	376
6.7.8. Uogólniona metoda siatki wirowej (GVLM)	378
6.7.9. Metoda oscylacyjnej siatki wirowej (OVLM)	379
6.8. Metoda siatki wirowej o rozkładzie półciągłym (QVLM).....	382
6.9. Nieliniowa metoda siatki wirowej (NVLM)	383
6.10. Nieliniowa hybrydowa metoda siatki wirowej (NHVLM)	384
6.11. Zmodyfikowana metoda Hessa (MHM).....	386
6.12. Metody pokrewne: Metoda postaci ciśnienia	387

6.12.1. Podstawowa idea metody	387
6.12.2. Metoda nieustalonej linii nośnej	388
7. Przykłady zastosowań niestacjonarnych metod panelowych	389
8. Zestawienie metod obliczeniowych	392
9. Ciągłość obliczeń przy przejściu przez prędkość dźwięku	397
10. Przykładowe wyniki uzyskiwane metodami panelowymi	400
11. Podsumowanie	414
12. Bibliografia	414
Rozdział 8. METODY POLOWE	421
1. Zastosowanie modelu Eulera do wyznaczania odchylenia strug za płatem .	422
2. Wyniki obliczeń	427
2.1. Wzór analityczny (wynikający z teorii linii nośnej Prandtla-Glauerta)	428
2.2. ESDU (Engineering Science Data Units)	429
2.3. DATCOM	429
2.4. Metoda inżynierska Roskama	429
2.5. Metoda inżynierska Raymera	430
2.6. Metoda panelowa niskiego rzędu	430
3. Analiza manewru wyrwania przy użyciu połączonych modeli dynamiki i opływu	435
3.1. Model fizyczny	438
3.2. Modele Matematyczne	438
3.2.1. Model dynamiki lotu	438
3.2.2. Model przepływu	438
3.3. Symulacja przepływu i dynamiki	440
3.4. Rezultaty symulacji	442
4. Wnioski	444
5. Bibliografia	445
Rozdział 9. WYZNACZANIE OBCIĄŻEŃ MANEWROWYCH	447
1. Wprowadzenie	447
2. Dynamiczne równania ruchu	448
3. Postacie drgań	454
4. Wyniki obliczeń, wnioski	455
5. Bibliografia	463
Rozdział 10. FUNKCJE PRZEJŚCIA	464
1. Wstęp	464
2. Model matematyczny	464
3. Bibliografia	472