

SPIS TREŚCI

Wstęp	3
Przedmowa do drugiego wydania	4
1. Pozycja meteorologii w świecie nauki. Pojęcie pogody	5
2. Atmosfera	8
2.1. Skład i budowa atmosfery	8
2.2. Podziały pionowe atmosfery	12
3. Ciśnienie, gęstość i temperatura	19
3.1. Ciśnienie barometryczne, izobary, podstawowe układy baryczne	23
3.2. Zmiany ciśnienia, gęstości i temperatury z wysokością	31
3.3. Nazewnictwo związane z pomiarem wysokości	40
3.4. Promieniowanie energii słonecznej i ziemskiej	41
3.5. Dobowe zmiany temperatury	52
3.6. Proces adiabatyczny	54
3.7. Pionowy gradient temperatury	57
3.8. Inwersje	58
3.8.1. Inwersja radiacyjna	62
3.8.1.1. Inwersja śnieżna (wiosenna)	63
3.8.2. Inwersja adwekcyjna	64
3.8.3. Inwersja osiadania	64
3.8.4. Inwersja dynamiczna	66
3.8.5. Inwersja tarcia (turbulencyjna)	67
3.8.6. Inwersja frontowa	67
3.8.7. Wpływ inwersji na start, lot i lądowanie statków powietrznych	68
3.9. Stabilność i niestabilność atmosfery (stany równowagi powietrza)	71
3.9.1. Stany równowagi powietrza suchego i wilgotnego	71
3.9.2. Podstawowe metody określania stanu równowagi powietrza	75
3.10. Spadek temperatury wywołany wypromieniowaniem oraz w następstwie adwekcji i konwekcji	78
4. Wilgotność i opady atmosferyczne	81
4.1. Para wodna w atmosferze	81
4.2. Prężność pary wodnej	82
4.3. Temperatura punktu rosy (Td), wilgotność względna, bezwzględna i właściwa	83
4.4. Przemiany fazowe wody (kondensacja, parowanie, topnienie, sublimacja)	85
4.5. Opady atmosferyczne	88
4.5.1. Powstawanie opadów	89
4.5.2. Rodzaje opadów atmosferycznych	91
4.6. Osady atmosferyczne (rosa, szron, szadź, gołoledź)	94
5. Ciśnienie i wiatr	95
5.1. Obszary wysokiego i niskiego ciśnienia – centra oddziaływania atmosfery	95
5.2. Ogólna cyrkulacja atmosfery	97
5.2.1. Prądy strumieniowe (Jet Stream)	100
5.3. Gradient ciśnienia, ruch pionowy i poziomy, konwergencja, dywergencja	106
5.4. Wiatr przyziemny, geostroficzny, gradientowy, termiczny, izalobaryczny i rzeczywisty	112
5.4.1. Przyczyny powstawania wiatru i podstawowe siły oddziałujące na wiatr	114
5.5. Wpływ kierunku i prędkości wiatru na start i lądowanie	126
5.5.1. Uskok wiatru (wind shear)	129

5.5.1.1. Wpływ uskoku wiatru na start i lądowanie statku powietrznego	135
5.5.1.2. Wpływ uskoku wiatru i silnych prądów pionowych na lot statku powietrznego	136
5.5.1.3. Rodzaje uskoków wiatru	138
5.5.1.4. Jednostki używane w pomiarach uskoku wiatru	140
5.6. Związek pomiędzy izobarami i wiatrem, prawo Buys Ballota	140
5.7. Turbulencja i porywy wiatru	142
5.7.1. Turbulencja termiczna	143
5.7.1.1. Turbulencja chmur konwekcyjnych (<i>Cu, Cb</i>)	145
5.7.1.2. Turbulencja ponad chmurami <i>Cu, Cb</i>	147
5.7.1.3. Turbulencja wewnątrz chmur <i>Cu, Cb</i>	147
5.7.2. Turbulencja dynamiczna	148
5.7.3. Turbulencja orograficzna	150
5.7.4. Turbulencja w czasie pogody bezchmurnej	153
5.7.5. Turbulencja w obszarach prądów strumieniowych (CAT – <i>Clear Air Turbulence</i>)	154
5.7.5.1. CAT na niższych poziomach lotu	155
5.7.6. Turbulencja w śladzie samolotu	156
5.7.7. Wpływ turbulencji na lot	157
5.7.8. Określanie intensywności turbulencji	157
5.7.9. Wskazówki dotyczące wykonywania lotów w strefie turbulencji	159
5.7.10. Poryw wiatru	159
5.8. Wiatry lokalne, wiatr halny, bryza morska i lądowa, wiatry dolinne i górskie	160
5.8.1. Inne wiatry lokalne istotne dla lotnictwa	167
5.9. Efekt deformacji przepływu powietrza spowodowany topografią terenu	169
6. Tworzenie się chmur i warunki lotu w chmurach	173
6.1. Warunki kondensacji pary wodnej. Rola jąder kondensacji w procesie skraplania	174
6.2. Rodzaje chmur	175
6.2.1. Chmury konwekcyjne (<i>Cu, Cb</i>)	181
6.2.2. Chmury falowe i orograficzne (<i>Cc, Ac, Sc</i>)	184
6.2.3. Chmury warstwowe i warstwowo kłębiaste (<i>St, Sc</i>)	185
6.2.4. Chmury naślizgowe (frontowe – <i>Ci, Cs, As, Ns</i>)	186
6.2.5. Wpływ inwersji na rozwój chmur	187
6.3. Warunki lotu w chmurach i w strefach chmurowych frontów atmosferycznych	188
6.3.1. Warunki lotów w chmurach niskich warstwowych i warstwowo-kłębiastych <i>St i Sc</i>	189
6.3.2. Warunki lotów w chmurach kłębiastych <i>Cu</i> i kłębiastych opadowych <i>Cb</i>	191
6.3.3. Warunki lotów w chmurach piętra średniego <i>Alto cumulus</i> i <i>Alto stratus</i>	194
6.3.4. Warunki lotu w chmurach warstwowych opadowych <i>Ns</i>	195
6.3.5. Warunki lotów w chmurach <i>Cirrus, Cirro cumulus</i> i <i>Cirro stratus</i>	196
6.3.6. Warunki lotów w frontowych systemach chmurowych	197
6.3.6.1. Warunki lotów w systemie chmurowym frontu ciepłego	197
6.3.6.2. Warunki lotów w systemie chmurowym frontu chłodnego pierwszego rodzaju	199
6.3.6.3. Warunki lotów w systemie chmurowym frontu chłodnego drugiego rodzaju	200
6.3.6.4. Warunki lotów w systemie chmurowym frontów okluzji	201
6.3.6.5. Warunki lotów w systemie chmurowym frontów drugorzędnych	203
7. Mgła, zamglenie i zmętnienie	206
7.1. Rodzaje mgieł	206

7.1.1. Mgła radiacyjna	206
7.1.2. Mgła adwekcyjna	207
7.1.3. Mgła z wyparowania	208
7.1.4. Mgła frontowa	208
7.1.5. Mgła orograficzna	209
7.1.6. Mgła marznąca	209
7.2. Tworzenie się i rozpraszanie (zanik) mgieł	209
7.3. Widzialność, rodzaje widzialności, jej ograniczenia przez hydro- i litometeory	210
7.3.1. Widzialność w mgłach	212
7.3.2. Widzialność w opadach	213
7.3.3. Widzialność w zmętnieniu	214
7.3.4. Widzialność przy zamgleniu	214
7.3.5. Ograniczenie widzialności przez dym	215
7.3.6. Ograniczenie widzialności przez pył, kurz i piasek	216
7.3.7. Widzialność przy niebie niewidocznym	216
7.3.8. Ograniczenie widzialności wskutek zamieci i zawiei śnieżnych	217
7.4. Ocena prawdopodobieństwa wystąpienia ograniczeń widzialności	217
7.5. Niebezpieczeństwa w locie wynikające ze słabej (małej) widzialności pionowej, skośnej i poziomej	218
7.6. Wpływ chmur niskich i ograniczonej widzialności na loty	219
8. Masy powietrza. Pogoda w układach barycznych	222
8.1. Opis i czynniki wpływające na właściwości mas powietrza	222
8.2. Klasyfikacja mas powietrza, rejon pochodzenia	224
8.2.1. Klasyfikacja geograficzna mas powietrza	224
8.2.2. Klasyfikacja termodynamiczna mas powietrza	225
8.2.3. Rejon pochodzenia mas powietrza i ich krótka charakterystyka	226
8.3. Zmiany mas powietrza w czasie ich przemieszczania (transformacja)	230
8.4. Tworzenie się wyżu i niżu (antycyklonu i cyklonu)	231
8.4.1. Powstawanie, podział i regeneracja antycyklonów	231
8.4.2. Tworzenie się, podział i regeneracja cyklonów	234
8.5. Pogoda związana z układami barycznymi	238
8.5.1. Pogoda w antycyklonach (w wyżu)	238
8.5.2. Pogoda w siodłach barycznych	241
8.5.3. Pogoda w cyklonach (w niżu)	241
9. Fronty atmosferyczne	244
9.1. Tworzenie się chłodnych i ciepłych frontów atmosferycznych	245
9.2. Rodzaje frontów atmosferycznych, granice pomiędzy masami powietrza	247
9.3. Tworzenie się frontu ciepłego	248
9.4. Chmury i pogoda związana z frontem ciepłym	249
9.5. Pogoda w ciepłym wycinku cyklonu	252
9.6. Tworzenie się frontu chłodnego	253
9.7. Chmury i pogoda związana z frontem chłodnym	254
9.8. Okluzje	256
9.8.1. Okluzja chłodna	257
9.8.2. Okluzja ciepła	257
9.9. Chmury i pogoda związane z frontami okluzji	258
9.10. Fronty stacjonarne	260
9.11. Chmury i pogoda związane z frontami stacjonarnymi	261
9.12. Linie szkwałów (linie nawałnic lub linie niestałości)	261
9.13. Reguły przemieszczania się frontów i układów ciśnienia	262

10. Oblodzenie	266
10.1. Warunki sprzyjające tworzeniu się lodu, prędkość narastania pokrywy lodowej . . .	267
10.2. Skutki pokrycia szronem, lodem matowym, lodem szklistym	270
10.3. Wpływ dużych prędkości lotu na oblodzenie	272
10.4. Oblodzenie elementów samolotu i zespołu napędowego	273
10.4.1. Oblodzenie skrzydeł i ogona	273
10.4.2. Oblodzenie układów sterowania	275
10.4.3. Oblodzenie anteny	275
10.4.4. Oblodzenie rurek Pitot'a i Venturi	275
10.4.5. Oblodzenie szyby kabiny	275
10.4.6. Oblodzenie gaźnika	276
10.4.7. Oblodzenie kanałów wlotowych powietrza	278
10.4.8. Oblodzenie łopatek sprężarki	279
10.4.9. Oblodzenie silników odrzutowych i turbinowych	279
10.4.10. Oblodzenie śmigła	279
10.5. Oblodzenie w chmurach, strefach frontowych i obszarach górskich	280
10.5.1. Oblodzenie w chmurach wewnątrzmasowych <i>St</i> i <i>Sc</i>	280
10.5.2. Oblodzenie w chmurach o budowie pionowej <i>Cu</i> i <i>Cb</i>	281
10.5.3. Oblodzenie w systemie chmurowym frontu ciepłego	281
10.5.4. Oblodzenie w systemie chmurowym frontu chłodnego	282
10.5.5. Oblodzenie w obszarach górskich	284
10.6. Loty w zimie, zapobieganie oblodzeniu i usuwanie oblodzenia	284
10.7. Środki ostrożności i unikanie warunków oblodzenia	288
11. Burze	289
11.1. Klasyfikacja i charakterystyka burz	289
11.1.1. Klasyfikacja burz	289
11.1.2. Krótka charakterystyka burz	290
11.1.2.1. Burze konwekcyjne	290
11.1.2.2. Burze adwekcyjne	290
11.1.2.3. Burze frontu chłodnego	291
11.1.2.4. Burze na froncie ciepłym	292
11.1.2.5. Burze frontu okluzji	292
11.1.2.6. Burze orograficzne	293
11.1.2.7. Burze nocne	294
11.1.2.8. Linie szkwałów	294
11.2. Wymagane warunki do powstawania burz	295
11.3. Stadia rozwoju burz	296
11.4. Rozpoznawanie dogodnych warunków powstawania burz	302
11.5. Niebezpieczeństwo dla samolotów spowodowane burzami	303
11.6. Skutki wyładowań i silnej turbulencji towarzyszących burzom	305
11.6.1. Proces powstawania wyładowań atmosferycznych w czasie burz	305
11.6.2. Zjawiska optyczne wywołane wyładowaniami atmosferycznymi	307
11.6.3. Efekt oddziaływania wyładowań elektrycznych na statek powietrzny	307
11.6.4. Turbulencja chmur burzowych	310
11.7. Zalecenia podczas lotów w rejonach burzowych	312
12. Pogoda w rejonie górzystym	313
12.1. Niebezpieczeństwa podczas lotu w rejonie górzystym	313
12.2. Wpływ terenów górzystych na procesy atmosferyczne	314
12.3. Rozwój i skutki inwersji w dolinach	317

13. Klimatologia i meteorologia tropikalna	320
13.1. Pojęcie klimatu i podstawowe czynniki klimatotwórcze	320
13.2. Ogólna cyrkulacja troposferyczna w różnych porach roku w Europie	322
13.3. Pogoda międzyzwrotnikowa	326
13.3.1. Wyże podzwrotnikowe	328
13.3.2. Obszar pasatów	328
13.3.3. Równikowa bruzda niskiego ciśnienia	329
13.3.4. Międzyzwrotnikowa Strefa Zbieżności (ITCZ)	330
13.3.5. Monsuny	332
13.3.6. Cyklony tropikalne	334
13.4. Długie fale zachodnie (fale Rossbyego)	339
13.4.1. Procesy odcinania i blokady	342
13.4.2. Fala wschodnia	343
13.5. Pogoda lokalna (makroklimat, mezoklimat, topoklimat, mikroklimat)	344
13.6. Warunki klimatyczne Polski	348
14. Pomiar wysokości	352
14.1. Operacyjne aspekty nastawień ciśnienia	353
14.1.1. Błędy ciśnienia i ich poprawianie	354
14.1.2. Błędy temperatury i ich poprawianie	354
14.2. Wysokość ciśnieniowa, wysokość gęstościowa	356
14.3. Wysokość względna (height), bezwzględna (altitude), poziom lotu (<i>flight level</i>)	357
14.4. Atmosfera standardowa wg ICAO (ISA – <i>International Standard Atmosphere</i>)	358
14.5. Kody „Q” (<i>QNH</i> , <i>QFE</i> , <i>QNE</i> , <i>QFF</i>) – nastawienie wysokościomierza	359
14.5.1. Nastawienie wysokościomierza na <i>QFE</i>	361
14.5.2. Nastawienie wysokościomierza na <i>QNH</i>	362
14.5.3. Nastawianie wysokościomierza na ciśnienie standardowe <i>QNE</i>	366
14.5.4. Obliczanie rzeczywistej wysokości lotu – przykłady	369
15. Organizacja meteorologiczna	372
15.1. Biura Meteorologiczne i Lotniskowe Stacje Meteorologiczne	373
15.2. Dostępność informacji meteorologicznych w Biurach i w Lotniskowych Stacjach Meteorologicznych	375
15.2.1. Pozyskiwanie informacji meteorologicznych	376
16. Analiza i prognozowanie pogody	377
16.1. Mapy pogody, symbole, oznaczenia	377
16.2. Mapy pogody dla lotnictwa ogólnego	388
16.2.1. Mapa istotnych zjawisk pogody dla lotnictwa – SIGNIFICANT SIGWX (SWC)	388
16.2.2. Mapy progностyczne	400
16.2.3. Górne mapy wiatrów i temperatur (<i>wind and temperature chart</i>)	405
16.3. Zdjęcia satelitarne i ich interpretacja	409
16.3.1. Analiza zdjęć satelitarnych	412
16.3.2. Rozpoznawanie chmur na zdjęciach satelitarnych	414
16.3.3. Rozpoznawanie systemów chmur frontowych na zdjęciach satelitarnych	416
16.3.4. Rozpoznawanie cyklonów na zdjęciach satelitarnych	418
16.3.5. Analiza prędkości i kierunku ruchu cyklonów na podstawie zdjęć satelitarnych	421
16.4. Naziemne radary meteorologiczne	422

17. Informacje pogodowe dla planowania lotu	426
17.1. Komunikaty i prognozy pogody dla lotniska startu, lądowania, na trasę i dla lotnisk zapasowych	426
17.1.1. Treść i użycie dokumentacji przed lotem	427
17.2. Depesze meteorologiczne dla lotnictwa (METAR/TREND, TAF, SPECI) – rozkodowywanie.	428
17.2.1. Depesza METAR.	428
17.2.1.1. Określanie pogody kolorami.	434
17.2.2. Depesza SPECI.	435
17.2.3. Depesza TAF.	437
17.3. Informacja GAFOR (mapy)	443
17.4. Informacja GAMET	447
17.5. Dostępność meldunków z obserwacji naziemnych dotyczących wiatru przyziemnego, uskuwu wiatru, widzialności.	453
18. Rozgłaszanie informacji meteorologicznych dla lotnictwa.	457
18.1. Wykorzystanie informacji meteorologicznych dostępnych w powietrzu	457
18.1.1. Informacja VOLMET i ATIS	457
18.2. Informacje (ostrzeżenia) SIGMET i AIRMET	458
18.3. PIREP (AIREP)	465
18.4. Informacja o stanie drogi startowej (<i>Runway State Message</i>).	467
18.5. Meldunki śniegowe SNOWTAM	469
18.6. Meldunki ASHTAM, Volcanic ASH Advisory i Tropical Cyclone Advisory	472
19. Obserwacje meteorologiczne	481
19.1. Przyziemne obserwacje i pomiary elementów pogody, przyrządy pomiarowe	483
19.1.1. Pomiar temperatury, ciśnienia, wilgotności.	483
19.1.2. Obserwacje zachmurzenia, widzialności, zjawisk atmosferycznych	485
19.1.3. Pomiar kierunku i prędkości wiatru	491
19.1.4. Zobrazowanie wyników pomiarów meteorologicznych	492
19.2. Sondowanie górnych warstw atmosfery – klucz temp, diagramy termodynamiczne	495
19.2.1. Klucz TEMP	497
19.2.2. Diagramy termodynamiczne, opis i wykorzystanie	502
19.3. Zasady przekazywania obserwacji pogody z pokładu statku powietrznego	508
20. Wybrane pytania testowe z meteorologii na licencję pilota PPL, CPL, ATPL i IR.	510
20.1. Klucz – odpowiedzi	526
21. Wykaz angielskich skrótów i określeń najczęściej występujących w materiałach meteorologicznych	527
Załącznik 1. Tabela zachmurzenia	531
Załącznik 2. Tabela znaczków pogody	532
Literatura.	535