

SPIS TREŚCI

Przedmowa	13
------------------------	----

Rozdział 1

CHARAKTERYSTYKA OBCIĄŻEŃ NAWIERZCHNI LOTNISKOWYCH	15
1.1 Klasyfikacja nawierzchni lotniskowych	15
1.2. Parametry obliczeniowe nawierzchni	18
1.2.1. Schematy obliczeniowe podwozia samolotów	18
1.2.2. Kształt i wielkość powierzchni obciążonych	22
1.2.3. Wymagania odnośnie obciążenia nawierzchni	25
1.2.4. Obciążenia powtarzalne nawierzchni	28
1.2.5. Obciążenie nawierzchni spowodowane intensywnością ruchu	30
1.2.6. Zjawisko skurczu i pęcznienia się płyt nawierzchni betonowych	33
1.2.7. Infiltracja	34
1.2.8. Naprężenia sumaryczne	34
1.2.9. Obciążenia równoważne nawierzchni sztywnych	35
Literatura	49

Rozdział 2

PODŁOŻA GRUNTOWE I PODBUDOWY POD BETONOWE NAWIERZCHNIE LOTNISKOWE	51
2.1. Podłoża gruntowe	51
2.1.1. Obliczeniowe modele podłoża gruntowego	51
2.1.2. Jednoparametrowy, winklerowski model podłoża gruntowego	52
2.1.3. Dwuparametrowy model podłoża gruntowego typu Winklera	54
2.1.4. Modyfikowane koncepcje modelu podłoża sprężystego typu Winklera pod płytą nawierzchni betonowej	56
2.1.5. Współczynnik podatności podłoża	59
2.1.6. Klasyczne zagadnienie Bussinesque'a – półprzestrzeń sprężysta obciążona siłą skupioną	62
2.1.7. Nośność podłoża gruntowego pod nawierzchnie lotniskowe	67
2.1.8. Moduł odkształcenia gruntu	71
2.1.9. Dynamiczny moduł odkształcenia gruntu	75
2.1.10. Wytrzymałość obliczeniowa gruntu	76
2.1.11. Rozkład naprężeń na głębokości podłoża gruntowego	78
2.1.12. Wymagania projektowe dla podłoży gruntowych pod nawierzchnie sztywne (betonowe)	80
2.2. Praktyczne aspekty związane z przygotowaniem podłoża gruntowego pod nawierzchnie lotniskowe	83
2.3. Podbudowy pod betonowe nawierzchnie lotniskowe	84

2.3.1. Podbudowy z istniejących nawierzchni lotniskowych	84
2.3.2. Rodzaje nowych podbudów pod lotniskowe nawierzchnie betonowe	84
2.3.3. Zastosowanie przekładek z geowłókniny	88
Literatura	90

Rozdział 3

PARAMETRY OBLICZENIOWE MATERIAŁÓW STOSOWANYCH

W BUDOWIE NAWIERZCHNI BETONOWYCH	91
3.1. Właściwości mechaniczne materiałów nawierzchni sprężystych	91
3.2. Beton do nawierzchni lotniskowych – wytrzymałość na ściskanie	92
3.3. Wytrzymałość betonu na rozciąganie przy zginaniu	95
3.4. Wytrzymałość betonu na bezpośrednie rozciąganie	96
3.5. Wytrzymałość betonu w czasie	98
3.6. Naprężenia dopuszczalne dla betonu	99
3.7. Moduły sprężystości betonu	100
3.7.1. Statyczny moduł sprężystości	100
3.7.2. Równanie opisujące moduł sprężystości betonu	102
3.7.3. Dynamiczny moduł sprężystości	103
3.8. Współczynnik Poissona	104
3.9. Skurcz betonu	105
3.10. Pęczniecie betonu	107
3.11. Wytrzymałość betonu na obciążenia uderowe	108
Literatura	108

Rozdział 4

METODY OBLICZANIA NAWIERZCHNI SPRĘŻYSTYCH

4.1. Konstrukcyjne elementy nawierzchni	109
4.2. Metody obliczeń nawierzchni sztywnych	111
4.2.1. Założenia metody Westergaarda dla obciążeń zewnętrznych	111
4.2.2. Obliczenie naprężeń w płycie nawierzchni od obciążenia zewnętrznego	112
4.2.3. Kolejność obliczeń nawierzchni metodą Westergaarda dla obciążeń zewnętrznych	123
4.2.4. Przykład obliczeniowy	123
4.5. Metoda Picketta i Raya	125
4.6. Tok obliczeń dla metody Picketta i Raya	127
4.7. Przykład liczbowy obliczenia naprężeń metodą Picketta i Raya	132
4.8. Obliczenie nawierzchni z uwzględnieniem wpływu krawędzi współpracujących	134
4.9. Pojedyncze połączenia dyblowane płyt	135
4.10. Nośność grupy dybli	139
4.11. Kolejność obliczeń nawierzchni połączonych przez dyblowanie	143

4.12. Obliczenie szczelin w nawierzchniach betonowych	144
4.13. Obliczanie nawierzchni żelbetowych	149
4.14. Obliczanie nawierzchni wstępnie sprężonych	153
4.15. Metoda Federalnej Agencji Lotniczej (FAA) obliczania nawierzchni sztywnych	156
4.16. Przykład liczbowy wykorzystania metody FAA do sprawdzenia poprawności obliczeń nawierzchni metodą stanów granicznych	160
4.17. Pomocnicze metody wyznaczania naprężeń w płytach nawierzchni betonowych	165
Literatura	175

Rozdział 5

WYMIAROWANIE NAWIERZCHNI BETONOWYCH METODĄ STANÓW GRANICZNYCH

5.1. Obliczanie płyt nawierzchni betonowej w oparciu o hipotezę współczynnika c podłoża	181
5.2. Tok postępowania przy wyznaczaniu naprężeń w płycie betonowej – metoda stanów granicznych	195
5.3. Przykład liczbowy	196
Literatura	199

Rozdział 6

SZCZEGÓLNE PRZYPADKI OBLICZEŃ NAWIERZCHNI SPĘŻYSTYCH

6.1. Wiadomości wstępne	201
6.2. Obliczenie wzmocnień nawierzchni betonowych	202
6.3. Obliczenie naprężeń w płytach podczas zmian objętości gruntu	206
6.4. Analiza stadium zniszczenia płyty	211
6.4.1. Obliczenie płyt betonowych w stadium zniszczenia	211
6.4.2. Obliczenie płyt żelbetowych w stadium zniszczenia	214
6.5. Nośność nawierzchni wyznaczanych wg metody (ACN-PCN) Aircraft Classification Number – Pavement Classification Number	218
6.5.1. Metoda Aircraft Classification Number – Pavement Classification Number (ACN – PCN)	218
6.5.2. Określanie wartości liczby ACN	222
6.5.3. Oceny nośności nawierzchni lotniskowych	223
6.5.3.1. Ocena techniczna nośności nawierzchni lotniskowych	224
6.5.3.2. Ocena nośności nawierzchni oparta na metodzie wymiarowania	224
6.5.3.3. Ocena nośności oparta na pomiarach wykonanych na nawierzchni	225
6.6. Modele nawierzchni lotniskowych i ich analiza	227
6.7. Metody określenia dynamicznej nośności nawierzchni	231
6.7.1. Analiza numeryczna i interpretacja wyników	235

6.8. Zagadnienia przestrzenne. Model fizykomechaniczny	237
6.9. Analiza teoretyczna rozkładu ugięć nawierzchni dla zagadnienia przestrzennego	241
Literatura	243

Rozdział 7

NAPRĘŻENIA TERMICZNE W BETONOWYCH NAWIERZCHNIACH LOTNISKOWYCH

7.1. Temperaturowe uwarunkowania pracy betonowych nawierzchni lotniskowych	245
7.2. Bilans termiczny nawierzchni	246
7.3. Przemieszczanie się ciepła w nawierzchni betonowej	248
7.4. Temperatura nawierzchni podczas jednostronnego nagrzewu	250
7.5. Obliczeniowe parametry temperatury pola w nawierzchniach betonowych	254
7.6. Temperatura pola w nawierzchni o złożonej konstrukcji	258
7.7. Wybrane problemy wymuszonych obciążeń termicznych betonowych płyt lotniskowych	263
7.8. Praktyczne metody wymiarowania płyty na obciążenia termiczne według metody Westergaarda	269
7.8.1. Obliczanie naprężeń termicznych przy liniowym przebiegu zmian temperatury	269
7.8.2. Obliczanie naprężeń termicznych przy nieliniowych zmianach temperatury	275
7.8.3. Obliczanie naprężeń termicznych przy zmianie średniej temperatury betonu	277
7.9. Przykład liczbowy wyznaczenia naprężeń termicznych w płycie betonowej	280
7.10. Stateczność płyt nawierzchni betonowej pod działaniem temperatury	282
7.11. Liniowe przemieszczanie betonowych płyt nawierzchni	288
Literatura	289

Rozdział 8

WYBRANE PROBLEMY DYNAMIKI LOTNISKOWYCH PŁYT NAWIERZCHNI LOTNISKOWYCH

8.1. Wstęp	291
8.2. Podstawowe prawa i zasady mechaniki analitycznej	291
8.3. Dyskretnie i ciągłe modele płyt	297
8.4. Modele tłumienia	304
8.5. Dynamiczne oddziaływanie ruchomych obciążeń na nawierzchnię	305
8.6. Ruch samolotu po nierównej nawierzchni	311
8.6.1. Model teoretyczny dla określenia parametrów sprężysto-tłumiących samolotu	312

8.6.2. Określenie wpływu nierówności nawierzchni lotniskowej na parametry ruchu samolotu	316
8.6.3. Niestacjonarne oddziaływanie samolotu na nawierzchnię z nierównościami typu progowego	324
Literatura	338

Rozdział 9

KOMPUTEROWE METODY WYMIAROWANIA NAWIERZCHNI

LOTNISKOWYCH	339
9.1. Metoda elementów skończonych	339
9.2. Macierz sztywności prostokątnego elementu skończonego	340
9.3. Modelowanie podłoża gruntowego metodą elementów skończonych	346
9.4. Modelowanie płyty nawierzchniowej wg metody elementów skończonych	349
9.5. Metoda różnic skończonych do obliczania nawierzchni lotniskowych	353
9.6. Układ równań różnicowych	358
Literatura	351

Rozdział 10

SYSTEMOWE KONSTRUOWANIE I OPTYMALIZACJA NAWIERZCHNI

SPRĘŻYSTYCH	363
10.1. Obliczanie nawierzchni sztywnych	363
10.2. Kryteria optymalizacji i funkcja celu	369
10.3. Kryteria optymalizacji i funkcja celu w projektowaniu nawierzchni	375
10.4. Przykład stosowanych obecnie systemów konstrukcyjnego projektowania	376
Literatura	383