Spis treści

ROZDZIAŁ I. WIADOMOŚCI WSTĘPNE I POJĘCIA PODSTAWOWE . . . 9

1. Wprowadzenie . . . 9
   1.1. Transport w produkcji . . . 9
   1.2. Rodzaje transportu i jego cechy . . . 9
   1.3. Środki transportu . . . 10
   1.4. Rys historyczny rozwoju przemysłu dźwigowego w Polsce . . . 11
   1.5. Znaczenie transportu wenątrzzakładowego . . . 12
   1.6. Jednostki ładunkowe . . . 13
   1.7. Wydajność dźwignic i przenośników . . . 13
2. Podstawowe cechy dźwignic . . . 14
   2.1. Zasady normalizacji i główne parametry dźwignic . . . 14
      2.1.1. Udźwigi . . . 15
      2.1.2. Prędkości robocze . . . 15
      2.1.3. Średnice elementów podstawowych . . . 16
      2.1.4. Moduły, odległości osi i przełożenia . . . 16
      2.1.5. Rozpiętości bram i mostów . . . 16
      2.1.6. Wysięgi i momenty obciążeń żurawi . . . 18
      2.1.7. Moce i obroty znamionowe silników . . . 18
      2.1.8. Liczby zbliżone do liczb normalnych . . . 18
   2.2. Podział dźwignic . . . 19
      2.2.1. Podział dźwignic ze względu na cechy ustrojowe . . . 19
      2.2.2. Podział dźwignic ze względu na natężenie pracy . . . 21
   2.3. Ekonomiczne kryteria doboru dźwignic . . . 24
3. Typowe dźwignice w wybranych układach transportowych . . . 25
   3.1. Typowe dźwignice oraz mechanizacja transportu w zakładach budowy maszyn . . . 25
      3.1.1. Suwnice pomostowe . . . 27
      3.1.2. Wspornica i żuraw pościenny . . . 41
      3.1.3. Wciągnik hakowy . . . 43
      3.1.4. Wózek widłowy wysokiego podnoszenia . . . 45
   3.2. Mechanizacja transportu i typowe dźwignice w oddziale wielkopiecowym . . . 50
      3.2.1. Suwnice mostowe . . . 50
      3.2.2. Wywrotnica wagonowa naboczna . . . 53
      3.2.3. Wyciąg pochyły wielkopiecowy . . . 56
   3.3. Mechanizacja transportu i typowe dźwignice w stalowni . . . 56
      3.3.1. Suwnice do transportu złomu . . . 56
      3.3.2. Suwnica wsadowa . . . 59
      3.3.3. Suwnice lejnicze . . . 59
      3.3.4. Suwnica do wyciskania wlewków . . . 61
   3.4. Mechanizacja transportu i typowe dźwignice na placach budowy . . . 62
      3.4.1. Żuraw wieżowy ; . . . 62
      3.4.2. Żuraw samojezdny . . . 65
   3.5. Mechanizacja transportu i typowe dźwignice w portach . . . 67
      3.5.1. Żuraw wypadowy czteroprzegubowy chwytakowy . . . 68
      3.5.2. Ładowarko-zwałowarki . . . 72
      3.5.3. Mostowiee z przejezdnym żurawiem chwytakowym podwieszonym . . . 75
      3.5 4. Żurawie wypadowe hakowe do przeładunku drobnicy . . . 76

ROZDZIAŁ II. TEORETYCZNE PODSTAWY BUDOWY I OBLICZANIA MECHANIZMÓW DŹWIGNIC . . . 81

1. Ogólna charakterystyka własności mechanizmów . . . 82
   1.1. Przełożenie prędkości i przełożenie sił (momentów) . . . 82
   1.2. Sprawność . . . 83
      1.2.1. Sprawność przy różnych kierunkach przepływu strumienia mocy . . . 83
      1.2.2. Sprawność przy obciążeniu częściowym . . . 84
   1.3. Własności układów cięgnowych . . . 86
   1.4. Zredukowany moment obciążenia . . . 88
      1.4.1. Momenty występujące na l wale mechanizmu podnoszenia w ruchu ustalonym . . . 88
      1.4.2. Momenty występujące na l wale mechanizmu jazdy w ruchu ustalonym . . . 90
      1.4.3. Momenty występujące na l wale mechanizmu obrotu w ruchu ustalonym . . . 90
   1.5. Dobór przełożenia układu mechanizmu . . . 91
2. Nieustalony ruch mechanizmów o więziach sztywnych . . . 92
   2.1. Określenie cech uproszczonego modelu dynamicznego . . . 93
   2.2. Zasady przeprowadzania redukcji mas . . . 93
      2.2.1. Redukcja mas o ruchu obrotowym . . . 93
      2.2.2. Redukcja mas o ruchu prostoliniowym . . . 94
      2.2.3. Moment zamachowy . . . 95
   2.3. Równania ruchu . . . 95
      2.3.1. Równania okresu rozruchu . . . 96
      2.3.2. Równania okresu hamowania . . . 96
   2.4. Praktyczne wykorzystanie równań ruchu . . . 97
      2.4.1. Wyznaczenie przyspieszeń . . . 97
      2.4.2. Określenie czasu ruchu nieustalonego . . . 97
   2.5. Wyznaczenie przeciążeń członów układu w okresach ruchu nieustalonego . . . 99
3. Podstawowe równania układu dwumasowego z pojedynczą więzią sprężystą . . . 102
   3.1. Ogólne zasady wyznaczania parametrów zastępczego układu dwumasowego odwzorowującego ruch rzeczywistego układu mechanizmu dźwigowego . . . 102
   3.2. Obciążenie więzi sprężystej przy rozruchu . . . 105
      3.2.1. Rozruch przy niena-piętej więzi sprężystej . . . 105
      3.2.2. Rozruch przy więzi sprężystej wstępnie napiętej momentem M obciążenia zespołu podstawowego . . . 107
      3.2.3. Rozruch przy zluzowanej więzi sprężystej . . . 107
   3.3. Obciążenie więzi sprężystej przy hamowaniu . . . 108
      3.3.1. Hamowanie przy więzi sprężystej wstępnie napiętej . . . 108
      3.3.2. Hamowanie przy więzi sprężystej mającej luz . . . 109
      3.3.3. Hamowanie przy nienapiętej więzi sprężystej . . . 111
   3.4. Zależności robocze . . . 111
      3.4.1. Podstawowe równania okresu rozruchu . . . 111
      3.4.2. Podstawowe równania okresu hamowania . . . 113

3.4.3. Zasady doboru wstępnego napięcia -kompensatora 113
4. Wpływ ciężaru zawieszonego na cięgnach na mechanizmy jazdy, obrotu i wypadu 115
4.1. Podstawowe równania wahadłowego ruchu ciężaru 115
4.2. Oddziaływanie ciężaru zawieszonego na cięgnach na układ mechanizmu 116
5. Praktyczne wykorzystanie równań dynamiki . 118
5.1. Wpływ czasu narastania impulsu siły wymuszającej na wielkość dynamicznej nadwyżki obciążenia 118
5.2. Zasady wyznaczania dynamicznych obciążeń sprężystych więzi mechanizmów dźwignic 120

ROZDZIAŁ III. NAPĘD I STEROWANIE DŹWIGNIC . . 123

1. Ogólny przegląd własności napędów 123
1.1. Napęd ręczny 123
1.1.1. Napęd członów wykonawczych . 123
1.1.2. Napęd elementów sterowych 124
1.2. Napęd silnikowy 125
1.2.1. Własności podstawowe 125
1.2.2. Przegląd porównawczy 127
2. Elektryczny napęd dźwignic 129
2.1. Budowa i cechy trójfazowych silników asynchronicznych 129
2.1.1. znakowanie silników dźwignicowych . 130
2.1.2. Prędkość obrotowa 130
2.1.3. Moment 131
2.1.4. Względny czas pracy 131
2.1.5. Dane znamionowe 132
2.1.6. Regulacyjne charakterystyki silnika pierścieniowego 132
2.1.7. Dane katalogowe krajowych silników pierścieniowych typu dźwigowego . 133
2.2. Zasady doboru silnika 139
2.2.1. Dobór silnika z warunków rozruchu . 139
2.2.2. Sprawdzenie nagrzewania się silnika . 141
2.2.3. Wpływ warunków pracy dźwignicy na dobór silników i aparatury 144
2.3. Sterowanie dźwignic 145
2.3.1. Zasady sterowania silnikiem 147
2.3.2. Typowe układy sterowania dźwignic . 149
2.3.3. Współpraca asynchronicznych silników pierścieniowych w równoległych układach napędowych 161
2.3.4. Specjalne układy sterowania asynchronicznymi silnikami pierścieniowymi 163
2.4. Rozmieszczenie aparatury elektrycznej, zabezpieczania i zasilania dźwignic energią elektryczną 165
2.4.1. Rozmieszczenie aparatury elektrycznej 165
2.4.2. Zabezpieczenia 169
2.4.3. Zasilanie dźwignic energią elektryczną 171
3. Mechaniczne hamulce dźwignic 175
3.1. Hamulce szczękowe 177
3.1.1. Mechaniczna charakterystyka hamulca dwuszczękowego 177
3.1.2. Cieplna charakterystyka hamulca dwuszczękowego 179
3.1.3. Budowa i obliczanie hamulców dwuszczękowych 181
a. Normalnie zaciśnięte hamulce samoczynne 181
b. Normalnie zluzowane hamulce sterowane 185
3.1.4. Zużycie okładzin ciernych 186
3.2 Zwalniaki hamulcowe 187
3.2.1. Zwalniaki elektromagnetyczne 187
3.2.2. Zwalniaki elektrohydrauliczne 188
3.2.3. Zwalniaki odśrodkowe 190
3.3. Hamulce taśmowe 191
3.3.1. Zwykły hamulec taśmowy 192
3.3.2. Sumowy hamulec taśmowy 192
3.3.3. Różnicowy hamulec taśmowy . . . 193
3.4. Hamulce osiowe 193
3.4.1. Hamulce osiowe wbudowane w silniki elektryczne 194
3.4.2. Wstrzymujące hamulce osiowe działające pod wpływem obciążenia nosiwem . 195
3.4.3. Odśrodkowe hamulce wstrzymujące 197

ROZDZIAŁ IV. WŁASNOŚCI MATERIAŁÓW STOSOWANYCH W BUDOWIE DŹWIGNIC ORAZ PODSTAWY WYTRZYMAŁOŚCIOWEGO I ZMĘCZENIOWEGO OBLICZANIA MECHANIZMÓW 198

1. Materiały stosowane w budowie dźwignic . 198
1.1. Stale 198
1.2. Staliwa 203
1.3. Żeliwa 203
1.4. Metale i stopy nieżelazne 203
1.5. Użytkowe własności stali 204
2. Obciążenia mechanizmów dźwignic 205
2.1. Przypadki obciążeń 206
2.2. Określanie obciążeń 207
3. Podstawy obliczeń wytrzymałościowych mechanizmów dźwignic 209
3.1. Uwagi wstępne 209
3.2. Stopień natężenia pracy mechanizmu 211
3.3. Wytyczne obliczania mechanizmów dźwignic w założeniu wytrzymałości nieograniczonej 216
3.4. Współczynniki bezpieczeństwa 222
3.5. Obliczanie części mechanizmów w założeniu wytrzymałości ograniczonej 222
3.5.1. Stopień uszkodzenia części 222
3.5.2. Obciążenia zastępcze 223
4. Zasady obliczania dźwigowych przekładni zębatych 224
4.1. Uwagi o doborze i wstępnym obliczaniu dźwigowych przekładni zębatych 224
4.2. Wstępne obliczanie przekładni zębatych walcowych wg Wissmanna 225
4.3. Zasady obliczania przekładni zębatych wg Niemanna 229
4.4. Obliczanie przekładni stożkowych 235
4.5. Obliczanie przekładni ślimakowych . 235
4.6. Sprzęgła hamulcowe 237

ROZDZIAŁ V. CIĘGNA I UKŁADY WCIĄGAREK BĘBNOWYCH 239

1. Łańcuchy i koła łańcuchowe 239
2. Liny 243
2.1. Konstrukcja i własności lin 243
2.1.1. Podział lin 243
2.1.2 Materiał na liny i obróbka drutu . 246
2.1.3. Trwałość lin 247
2.1.4. Praca lin i ich dozór 248
2.2. Układy linowe 248
2.3. Obciążenie drutów w linie 250
2.3.1. Naprężenia rozrywające wywołane siłą osiową S, 251
2.3.2. Naprężenia zginające 251
2.3.3. Naciski między liną a krążkiem . 253
2.3.4. Wtórne naprężenia zginające 254
2.3.5. Naprężenia skręcające 254
2.4. Praktyczne metody obliczania lin 254
2.5. Możliwości przewidywania trwałości liny 256
2.6. Wpływ poszczególnych parametrów na zachowanie się lin 256
2.6.1. Wpływ promienia przegięcia liny na krążku oraz obciążenia liny siłą osiową na jej trwałość 257
2.6.2. Wpływ długości zginania 259
2.6.3. Wpływ kąta opasania 259
2.6.4. Wpływ korozji 259
2.6.5. Wpływ rodzaju i liczby splotów 260
2.6.6. Wpływ wytrzymałości drutów na trwałość lin 263
2.6.7. Wpływ smarowania na trwałość lin . 264
2.6.8. Wpływ obciążeń tętniących na trwałość lin 264
2.7. Liny torowe 265
2.8. Próby określania trwałości lin w oparciu o badania zmęczeniowe 265
3. Elementy ciągów linowych i zawiesi hakowych . 269
3.1. Długość bębna 269
3.2. Zamocowanie liny na bębnie 269
3.3. Obliczanie bębna linowego 271–
3.4. Warunki zbiegu lin z bębna i krążków . 272
4. Przykładowe rozwiązania konstrukcyjne wciągarek bębnowych 273

ROZDZIAŁ VI. UKŁADY Z POŚREDNIM NAPĘDEM CIĘGNA 311
1. Podstawy teorii sprzężenia ciernego 311
1.1. Graniczna wartość uzyskiwanego sprzężenia ciernego i jego charakterystyczne parametry 311
1.2. Własności profili rowków cięgnowych . 312
1.2.1. Rowek podcięty 313
1.2.2. Rowek półokrągły 314
1.2.3. Rowek klinowy 314
1.2.4. Zależności obliczeniowe 316
2. Zasady konstruowania i obliczania układów ciernych 317
2.1. Rodzaje układów ciernych 311
2.2. Zasady równoważenia układów dźwigów ciernych 318
2.3. Wyznaczanie wartości wymaganego współczynnika udźwigu 319
2.4. Obliczanie dźwigowych układów ciernych . 320
3. Wciągarki dźwigów ciernych 322
3.1. Wciągarki jednobiegowe 323
3.2. Wciągarki dwubiegowe 325

ROZDZIAŁ VII. MECHANIZMY JAZDY 327
1. Opory toczenia 327
2. Obliczanie nacisków na koła jezdne 328
2.1. Obciążenie kół, bram i mostów 328
2.2. Obciążenia kół podwozi szynowych przewożących ustroje obrotowe np. żurawie 330
2.3. Wpływy wiatru na naciski kół 333
2.4. Obliczanie średnicy koła jezdnego 333
3. Własności napędowe mechanizmów jazdy . 337
3.1. Określanie mocy silników 337
3.2. Wyznaczanie momentu hamulca mechanicznego 337
3.3. Liczba napędzanych kół 338
4. Przykłady rozwiązań konstrukcyjnych mechanizmów jazdy 339

ROZDZIAŁ VIII. MECHANIZMY OBROTU I ZMIANY WYSIĘGU 350
1. Mechanizmy obrotu 350
1.1. Wyznaczanie obciążeń elementów nośnych mechanizmów obrotów 350
1.2. Wyznaczanie momentów oporu przy obrocie 356
1.3. Obciążenia łożysk żurawi słupowych siłami poziomymi 356
1.4. Wymagana moc silnika mechanizmu obrotu 357
2. Mechanizmy zmiany wysięgu 358
2.1. Wyważenie ciężaru nosiwa — prostowodność 358
2.2. Analityczne określenie prostowodnośei układu z kompensacją wielokrążkową 360
2.3. Obciążenia mechanizmu zmiany wysięgu . 361
2.4. Wyznaczanie zastępczego materialnego momentu bezwładności głównych ruchomych mas układów wypadowych 363
2.5. Przełożenie mechanizmu zmiany wysięgu . 364
2.6. Obliczenie śrub i listew zębatych (zębnic) 364
3. Przykłady rozwiązań konstrukcyjnych mechanizmów obrotu i wysięgu 3 63
3.1. Rozwiązanie konstrukcyjne mechanizmów obrotu 365
3.2. Rozwiązanie konstrukcyjne mechanizmów zmiany wysięgu 371

ROZDZIAŁ IX. ZASADY WYZNACZANIA OBCIĄŻEŃ STALOWYCH USTROJÓW DŹWIGNIC I OKREŚLANIE STATECZNOŚCI DŹWIGNIC 384
1. Podział obciążeń i charakter ich występowania 384
2. Obciążenia ustrojów podtrzymujących siłami dynamicznymi i masowymi 385
2.1. Siły dynamiczne ruchów podnoszenia . 385
2.1.1. Redukcja mas ustroju 385
2.1.2. Najprostsze modele dynamiczne stosowane do odwzorowania oddziaływania ciężaru podnoszonego na ustrój podtrzymujący 386
2.2. Siły dynamiczne i masowe ruchów torowych 390
2.2.1. Pionowe siły dynamiczne wywołane nierównościami torów 390
2.2.2. Siły masowe występujące przy nieustalonym ruchu ustrojów przejezdnych . 390
2.2.3. Poziome siły boczne 391
2.2.4. Siły dynamiczne powstające przy najeździe na zderzaki 391
2.3. Siły masowe ruchów obrotu i wypadu . 392
3. Obciążenia ustrojów dźwignic siłami wywołanymi wpływami atmosferycznymi 392
3.1. Obciążenia wywołane wiatrem 392
3:2. Wpływ zmian temperatury na obciążenie ustroju 394
4. Zasady ustalania obciążeń obliczeniowych . 394
4.1. Wytyczne kojarzenia obciążeń 394
4.2. Wyznaczanie obciążeń obliczeniowych . 395
5. Stateczność dźwignic 396