

Spis treści

1. Wstęp	9
2. Pojazdy szynowe – zagadnienia ogólne	11
2.1. Rodzaje transportu szynowego	11
2.2. Historia hamulców kolejowych	13
3. Podstawy hamowania pojazdów szynowych	17
3.1. Cele hamowania i rodzaje hamulców pojazdów szynowych	17
3.2. Przyczepność koło–szyna	19
3.3. Hamulec a bezpieczeństwo jazdy	27
3.4. Skuteczność hamowania	27
3.4.1. Definicje skuteczności hamowania	27
3.4.2. Czynniki ograniczające skuteczność hamowania	29
3.4.3. Moc hamulca cierniego	29
3.5. Siły wzdłużne w pociągach	30
4. Normy dotyczące hamulców i hamowności pociągów	33
4.1. Rodzaje norm dotyczących pojazdów szynowych	33
4.2. Akty normatywne Unii Europejskiej	35
4.3. Normy europejskie (EN) dotyczące hamowania pojazdów szynowych	42
4.3.1. Rodzaje pociągów ujęte w normach	42
4.3.2. Normy europejskie dotyczące hamowania pociągów ciągniętych przez lokomotywę	42
4.3.3. Normy europejskie dotyczące hamowności pojazdów transportu miejskiego lub aglomeracyjnego	44
4.4.4. Normy europejskie dotyczące hamowności pojazdów dużych prędkości	47
4.4. Karty UIC	48
4.4.1. Karty UIC dotyczące hamulca	48
4.4.2. Ocena hamowania pociągów przystosowanych do prędkości maksymalnej do 200 km/h	49
4.4.3. Wyznaczenie masy hamującej na podstawie badań	53
4.4.4. Określenie skuteczności hamowania pociągów na podstawie wartości opóźnienia	55
4.4.5. Podział wagonów towarowych i osobowych ze względu na obciążenie i hamowność	56
5. Hamulec pneumatyczny	61
5.1. Wprowadzenie	61
5.2. Ogólna budowa współczesnego układu hamulca pneumatycznego	62
5.3. Opis działania układu pneumatycznego	63

5.4.	Elementy składowe układu pneumatycznego hamulca pociągu	69
5.4.1.	Sprężarka	69
5.4.2.	Zbiornik główny	69
5.4.3.	Odwadnianie powietrza	69
5.4.4.	Przewód główny	70
5.4.5.	Przewód zasilający	72
5.4.6.	Zawór maszynisty	72
5.5.	Pneumatyczne urządzenia hamulcowe na wagonie	76
5.5.1.	Rodzaje elementów hamulcowych na wagonie	76
5.5.2.	Zawór rozrządczy	77
5.5.3.	Zbiornik sterujący	79
5.5.4.	Zbiornik pomocniczy	79
5.5.5.	Cylinder hamulcowy	79
5.5.6.	Przyspieszacz hamowania nagłego	80
5.6.	Wymagania dotyczące klasycznego kolejowego hamulca pneumatycznego	81
5.7.	Czas uruchamiania układu hamulca pneumatycznego	89
5.8.	Hamulce elektropneumatyczne typu europejskiego	91
5.8.1.	Wprowadzenie. Cel stosowania hamulca elektropneumatycznego	91
5.8.2.	Hamulec elektropneumatyczny typu automatycznego zgodny z kartą UIC	92
5.8.3.	Hamulec elektropneumatyczny z elektropneumatycznym mostkowaniem hamulca bezpieczeństwa	94
5.8.4.	Hamulec elektropneumatyczny pociągów ciągniętych przez lokomotywę z tzw. żądaniem hamowania bezpieczeństwa	96
5.8.5.	Hamulec elektropneumatyczny typu bezpośredniego	96
5.8.6.	Inne typy hamulca elektropneumatycznego projektowane dla pociągów dużych prędkości	97
5.9.	Hamulce pneumatyczne typu amerykańskiego	103
5.10.	Amerykański system elektropneumatyczny ECP	106
6.	Przykłady pneumatycznych urządzeń hamulcowych	109
6.1.	Wprowadzenie	109
6.2.	Sprężenie i przygotowanie powietrza	109
6.2.1.	Typy sprężarek i ich cechy eksploatacyjne	109
6.2.2.	Sprężarki parowe	110
6.2.3.	Sprężarki tłokowe	112
6.2.4.	Sprężarki śrubowe	113
6.2.5.	Sprężarki spiralne	114
6.2.6.	Oziębianie i osuszanie sprężonego powietrza	116
6.3.	Zawór maszynisty w lokomotywowej tablicy hamulcowej firmy IPS Tabor	119
6.4.	Moduł hamulcowy MBF-01 firmy Fablok	123
6.4.1.	Dane ogólne modułu hamulcowego MBF-01	123
6.4.2.	Działanie zaworu rozrządczego ZBF-01	126
6.4.3.	Przekładniki ciśnienia zespołu hamulcowego MBF-01	131
6.5.	Zawór rozrządczy KE dv firmy Knorr	134
6.5.1.	Dane ogólne zaworu KE dv	134
6.5.2.	Opis zasadniczych zespołów	136
6.5.3.	Działanie zaworu rozrządczego KE dv	137

6.6. Zawór rozrządczy SW4 firmy Faiveley (SAB-Wabco)	141
6.6.1. Dane ogólne zaworu SW4	141
6.6.2. Działanie zaworu rozrządczego SW4-C	143
7. Układy hamulca ciernego wytwarzające siłę hamowania	149
7.1. Wprowadzenie	149
7.2. Kompozytowe materiały cierne stosowane w hamulcach	150
7.3. Hamulec klockowy	152
7.3.1. Układ hamulca na pojeździe	152
7.3.2. Układy dźwigniowe hamulca klockowego	155
7.3.3. Bloki hamulcowe	157
7.3.4. Klocki hamulcowe	158
7.4. Hamulec cierny tarczowy	174
7.4.1. Układ hamulca na pojeździe	174
7.4.2. Rodzaje tarcz hamulcowych	178
7.4.3. Okładziny cierne hamulca tarczowego	183
7.4.4. Hamulce tarczowe węglowe	190
7.5. Hamulec cierny uruchamiany hydraulicznie	191
7.6. Hamulec cierny uruchamiany elektrycznie	194
8. Urządzenia regulacji hamulca ciernego	197
8.1. Regulacja luzu układu dźwigniowego	197
8.2. Regulacja siły hamowania w funkcji obciążenia	198
8.3. Elementy ważące	202
8.4. Regulacja nacisku klocków w funkcji prędkości	203
9. Hamulec szynowy	205
9.1. Hamulec szynowy cierny	205
9.2. Hamulec szynowy na prądy wirowe	208
9.3. Hamulec magnetyczny liniowy (Maglev)	211
10. Inne typy układów hamulcowych	213
10.1. Hamulec elektrodynamiczny (elektryczny)	213
10.2. Hamulec hydrodynamiczny	216
10.3. Hamulec aerodynamiczny	217
10.4. Hamulec sterowany radiowo	219
10.5. Hamulec uruchamiany mechanicznie	219
11. Współdziałanie różnych systemów hamowania (<i>blending</i>)	221
12. Urządzenia przeciwoślizgowe	223
13. Oznaczenia i nastawy klasycznego układu hamulcowego pociągu ...	229
14. Niesprawności działania układu hamulca pociągu	233
15. Próby hamulca	237
15.1. Szczegółowa i uproszczona próba hamulca	237
15.2. Oprządzowanie prób hamulca	238

15.3. Stanowiska do badań całopociagowych i wagonowych	238
15.4. Autorskie stanowisko pomiarowe.....	239
16. Symulacyjna metoda analizy pracy układu hamulca pneumatycznego.....	243
16.1. Modelowanie układów hamulca pneumatycznego	243
16.2. Opis zjawisk w pneumatycznym układzie hamulcowym pociągu	246
16.3. Matematyczny opis przepływu powietrza w układzie przewodu głównego	247
16.4. Przyłączanie aparatury hamulcowej do PG lub odgałęzień do przewodu głównego	250
16.5. Określenie parametrów modelu przewodu głównego	251
16.5.1. Straty przepływu	251
16.5.2. Uwzględnienie objętości dodatkowych	253
16.5.3. Wymiana ciepła z otoczeniem	254
16.6. Modele zaworów hamulcowych	255
16.6.1. Rodzaje i cechy modelowania zaworów hamulcowych	255
16.6.2. Model uproszczony	256
16.6.3. Model funkcjonalny rozwinięty	257
16.6.4. Model szczegółowy	258
16.6.5. Model zaworu maszynisty	261
16.7. Modele zaworów rozrządczych	263
16.7.1. Model funkcjonalny zaworu rozrządczego H1E1	263
16.7.2. Model szczegółowy fragmentu zaworu rozrządczego H1E1	265
16.7.3. Model zaworu rozrządczego KE _{dv} firmy Knorr	267
16.7.4. Model zaworu rozrządczego SW4-C firmy Faiveley	268
16.8. Model kompletnego układu hamulcowego	270
16.9. Obliczanie hamowności i dynamiki pociągu	271
17. Analiza pracy i doskonalenie układu hamulca pneumatycznego	275
17.1. Wprowadzenie	275
17.2. Analizy podstawowych właściwości przewodu hamulcowego	275
17.2.1. Fragment przewodu głównego wybrany do analiz	275
17.2.2. Rozmycie zjawisk falowych	275
17.2.3. Tłumienie przepływu w przewodzie	276
17.2.4. Odgałęzienia przewodu głównego	277
17.3. Analizy porównawcze całopociagowego układu hamulca pneumatycznego	279
17.3.1. Układ odniesienia i zbiorcze wyniki porównań układów hamulcowych	279
17.3.2. Długość przewodu głównego	283
17.3.3. Przekrój przewodu głównego	283
17.3.4. Opór przewodu głównego	284
17.3.5. Rodzaj sprzęgu międzywagonowego	285
17.3.6. Odgałęzienia przewodu głównego	286
17.3.7. Wymiana ciepła	287
17.3.8. Zastosowanie przewodu zasilającego	287
17.4. Parametry aparatów hamulcowych	288
17.4.1. Przepustowość zaworu maszynisty	288
17.4.2. Skuteczność hamowania służbowego w porównaniu z hamowaniem nagłym	289
17.4.3. Czas napełniania cylindra	290

17.4.4. Czułość i nieczułość zaworów rozrządczych	290
17.4.5. Zaskok	290
17.4.6. Przyspieszacz początku hamowania	291
17.5. Okładziny cierne	292
17.6. Siły wzdłużne w pociągu elastycznym	293
17.7. Nastawienie „długa lokomotywa”	295
17.7.1. Definicja nastawienia	295
17.7.2. Analizy nastawienia „długa lokomotywa”	297
17.7.3. Podsumowanie nastawienia „długa lokomotywa”	300
17.8. Nietypowe układy hamulcowe pociągu, układ hamulcowy pociągu bimodalnego	301
17.8.1. Charakterystyka układu hamulcowego pociągu bimodalnego	301
17.8.2. Obliczenia symulacyjne układu pneumatycznego pociągu bimodalnego	303
17.8.3. Określenie hamowności pociągu bimodalnego	305
18. Podsumowanie	309
Literatura	311