

# 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 ciernego .....	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
4.3.4. 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 przeciwpoślizgowe .....	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. Oprzyrządowanie prób hamulca .....	238

15.3. Stanowiska do badań całopociągowych i wagonowych .....	238
15.4. Autorskie stanowisko pomiarowe.....	239
<b>16. Symulacyjna metoda analizy pracy układu hamulca pneumatycznego .....</b>	<b>243</b>
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 <sub>dv</sub> 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
<b>17. Analiza pracy i doskonalenie układu hamulca pneumatycznego .....</b>	<b>275</b>
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 całopociągowego 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 rozrządnych .....	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. Analiza 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