

Stanisław Janusz CIEŚLAKOWSKI¹

ZAGROŻENIE BEZPIECZEŃSTWA WAGONÓW BŁĘDNYM DZIAŁANIEM HAMULCÓW ODSTĘPOWYCH

Streszczenie. W pracy opracowano metodę obliczania dopuszczalnej wartości błędu działania hamulców odstępowych w automatycznych systemach rozrządania wagonów.

SAFETY RISK OF RAIL CARRIAGES BY UNSATISFIED ACTING OF DISTANCE BRAKES

Summary. A method of computing acceptable value of operating error of distance brakes in automatic carriage marshalling systems is developed.

1. WPROWADZENIE

Przewozy kolejowe, polegające na przemieszczaniu osób i towarów, realizowane są dzięki pracy pociągów pasażerskich i towarowych.

Uruchamianie pociągów jest poprzedzane wykonywaniem pracy manewrowej, polegającej na zestawieniu wagonów w skład pociągu.

Praca manewrowa w ruchu pasażerskim jest znikoma w porównaniu do pracy manewrowej w ruchu towarowym.

W ruchu towarowym skład pociągu cechuje ciągła zmienność liczby wagonów, zmienność wielkości poszczególnych relacji wagonów, różnorodność przewożonych ładunków, różne występowanie stacji nadania i stacji przeznaczenia jako punktów naładunku i wyładunku wagonów.

W węzłach kolejowych na przecięciu zasadniczych ciągów tranzytowych oraz w pobliżu ośrodków przemysłowych o znacznej pracy ładunkowej zachodzi potrzeba wykonywania znacznej pracy manewrowej. Wagony przybywające do tych miejsc trzeba podzielić według kierunków odjazdu oraz stacji docelowych przewozu, a następnie zestawić je w pociągi.

Czynności te wykonuje się na stacjach rozrządowych, manewrowych i zakładowych.

Podstawowy zakres pracy manewrowej na tych stacjach stanowi rozrządanie i zestawianie składów pociągów towarowych.

Duże stacje rozrządowe, manewrowe i zakładowe są wyposażone w systemy rozrządania grawitacyjnego, umożliwiające najbardziej wydajne rozrządanie wagonów.

Każdy wagon towarowy w czasie swojego tylko jednego obrotu jest przynajmniej 3 razy rozrządzany z wykorzystaniem systemów rozrządania grawitacyjnego:

¹ Politechnika Radomska Wydział Transportu, Instytut Systemów Transportowych, ul. Malczewskiego 29, 26-600 Radom, tel. 48/3617723

- po załadunku na stacji rozrządowej rejonu załadunku,
- przed wyładunkiem na stacji rozrządowej rejonu wyładunku,
- jako wagon próżny po wyładunku na stacji rozrządowej rejonu wyładunku.

W latach 1876 – 1889 w Niemczech i we Francji wyposażono pierwsze stacje w systemy rozrządzania grawitacyjnego.

Stacje wyposażone w systemy rozrządzania grawitacyjnego budowane są w dalszym ciągu na kolejach zagranicznych, m.in. w krajach zachodnich. Przykładami są tu stacje rozrządowe Monachium Północ w Niemczech i Domodossola we Włoszech wybudowane w latach dziewięćdziesiątych XX wieku.

Na sieci PKP znajduje się 100 stacji rozrządowych, manewrowych i zakładowych z systemami rozrządzania grawitacyjnego.

Wiele z nich wymaga modernizacji.

O negatywnych skutkach rozrządzania może świadczyć wielkość strat ponoszonych w wyniku kolizji wagonów i rozbijania ładunków spowodowanych przez systemy rozrządzania grawitacyjnego.

Straty te szacuje się na PKP w skali roku na ok. 100 mln złotych.

Systemy rozrządzania grawitacyjnego mogą być przyczyną zagrożeń bezpieczeństwa nie tylko wagonów i ładunków, ale również ludzi pracujących na stacjach rozrządowych, manewrowych i zakładowych.

Stacje rozrządowe, manewrowe i zakładowe stanowią podstawowe ogniwo w organizacji przewozów ładunków.

Organizacja przewozów niemasowych opracowana przez PKP CARGO SA opiera się na 121 stacjach manewrowych, w tym 10 rozrządowych.

Bezpieczeństwo całego transportu kolejowego w dużej mierze zależy od bezpiecznego działania stacji rozrządowych, manewrowych i zakładowych, których nerwalicznymi systemami są systemy rozrządzania grawitacyjnego.

2. WYPOSAŻENIE SYSTEMÓW ROZRZĄDZANIA GRAWITACYJNEGO

W latach 1984 – 1991 zmodernizowano i wyposażono w automatyczny system rozrządzania wagonów 14 górek rozrządowych.

System ten składał się z następujących zespołów i urządzeń:

- hamulców towarowych odstępowych i docelowych (ETH11, ETH10),
- radarowego systemu sterowania hamulcami,
- systemu pomiaru wolnej długości torów kierunkowych (SKT-1),
- systemu identyfikacji odprzegów,
- systemu pomiaru oporów toczenia wagonów,
- pulpitu zintegrowanego (EAB-3),
- systemu indywidualnego i samoczynnego nastawiania zwrotnic,
- mikrokomputerowego systemu realizującego funkcję automatycznego sterowania rozrządzania oraz z systemu kierowania pracą stacji.

Zastosowanie automatycznych systemów rozrządzania miało przede wszystkim na celu:

- poprawę warunków i bezpieczeństwa pracy przy rozrządzaniu wagonów,
- zmniejszenie strat spowodowanych uszkodzeniem ładunków i taboru kolejowego w czasie rozrządzania wagonów.

Obecnie elementy systemów na tych stacjach zostały wyeksploatowane i systemy nie spełniają powyższego celu.

Sterowanie rozrządzaniem nie odbywa się w wielu przypadkach automatycznie, lecz jest realizowane przez człowieka-operatora.

W 2004 roku w systemie przemieszczanie pojedynczych wagonów i grup wagonowych przewieziono 52000000 ton towarów, co stanowiło 33% całkowitej liczby przewiezionych przesyłek towarowych. Jednakże ponad 70% wagonów PKP CARGO SA użytych do przewozów uczestniczyło w pracach manewrowych na stacjach rozrządowych, manewrowych i zakładowych.

W 2006 r. na sieci PKP pracuje 21 górki rozrządowych wyposażonych w zużyte automatyczne systemy rozrządzania. Są to górki zlokalizowane na następujących stacjach: Zabrzeg Czarnoleskie, Kraków Nowa Huta, Gdynia Port, Kraków Prokocim, Poznań Franowo (1 tor kierunkowy wyposażony w hamulce grzybkowe KX-HTC-3), Rybnik Towarowy, Skarżysko-Kamienna, Szczecin Port Centralny, Tarnowskie Góry (2 górki), Łazy (19 torów wyposażonych w hamulce grzybkowe TDJ-302), Wrocław Brochów, Warszawa Praga, Warszawa Główna Towarowa, Lublin Tatary, Łódź Olechów, Jaworzno-Szczakowa, Kielce Herbskie, Tarnów Filia, Toruń Główny, Węgliniec. [1,2,3,4]

W 2004 r. średnio na dobę na tych górkach rozrządowych rozrządzano 12231 wagonów. Natomiast maksymalnie w ciągu doby rozrządzano na nich 19147 wagonów. Widać stąd, że średnio w roku tylko przez te górki rozrządza się około 4500000 wagonów.

3. CHARAKTERYSTYKA STANOWISKA PRACY OPERATORA SYSTEMÓW ROZRZĄDZANIA GRAWITACYJNEGO

Praca operatora hamulców torowych polega na obsłudze zintegrowanego pulpitu EAB-3. Pulpit ten przeznaczony jest do centralnego sterowania pracą urządzeń automatycznego systemu rozrządzania wagonów w grawitacyjnych systemach rozrządowych i łączy w sobie funkcje nastawiania zwrotnic w strefie podziałowej oraz funkcje regulacji prędkości odpręgów. Pulpit EAB-3 zawiera elementy sygnalizacyjno-manipulacyjne następujących urządzeń systemów [5]: nastawiania zwrotnic (SNZ-2), układów kontroli zajętości odcinków izolowanych zwrotnicowych, ręcznego i automatycznego sterowania hamulcami torowymi odstepowymi i docelowymi (SHT1, ETH-1), sterowania systemem elektrohydraulicznego napędu, hamulców torowych (SHN-1), systemu pomiaru długości torów kierunkowych (SKT-1), systemu automatycznego sterowania hamulcami docelowymi (SHD-1), mikrokomputerowego systemu SNZ-3 sterowania zwrotnicami i hamulcami odstepowymi.

W obsłudze pulpitu można wyróżnić trzy poziomy sterowania:

- ręczny,
- półautomatyczny,
- i automatyczny.

Ręczne sterowanie polega na indywidualnej obsłudze przez operatora przycisków zwrotnicznych i ręcznym zadawaniu żądanych prędkości wyjazdu odpręgów z hamulców torowych. Sterowanie półautomatyczne polega na automatycznym sterowaniu zwrotnic i ręcznym zadawaniu żądanych prędkości wyjazdu odpręgów z hamulców torowych. Przy pełnej automatyzacji zarówno zwrotnice, jak i hamulce są sterowane automatycznie. W każdym poziomie sterowania zachowana jest zasada priorytetu dla sterowania ręcznego.

Nowością przy obsłudze pulpitu jest połączenie funkcji operatora hamulców torowych i nastawniczego zwrotnic strefy podziałowej w kompetencjach jednej osoby zwanej operatorem.

4. SFORMUŁOWANIE PROBLEMU

Hamulce torowe to podstawowy element wspomagający pracę rozrządzenia wagonów.

Na sieci PKP znajduje się:

- 45 hamulców ETH 11 i 22 hamulce THS 1 w strefie podziałowej torów,
- 12 hamulców torowych THS 1 na pochylni rozrządowej stacji Szczecin Port Centralny,
- 300 hamulców docelowych typu ETH 10 na torach kierunkowych.

Pogarszający się stan techniczny hamulców torowych doprowadził do znacznego spadku wydajności systemów rozrządzenia grawitacyjnego. Na przykład stacja Skarżysko-Kamienna ma od dłuższego czasu wyłączone 50% układu rozrządowego z hamowania hamulcami torowymi [1,2,3,4].

Aktualnie po 19 latach pracy zmodernizowanego układu rozrządowego A-B-OB stacji Tarnowskie Góry hamulce torowe odstępowe H-3, H-4 dopuszczone są warunkowo do eksploatacji – do czasu utraty skuteczności hamowania; 26 hamulców docelowych pracujących od ukończenia modernizacji w 1986 roku wymaga jak najszybszej wymiany.

Po 16 latach pracy układu rozrządowego C-D stacji Tarnowskie Góry hamulce torowe odstępowe H-1, H-2, H-3, H-4 mają przekroczone parametry zużycia szczęk hamulcowych; hamulce docelowe pracują od ukończenia modernizacji w 1988 roku bez prowadzonych remontów i wymagają wymiany [1,2,3,4].

Utrata skuteczności hamowania przez hamulce odstępowe ETH 11 i THS staje się przyczyną zagrożenia bezpieczeństwa wagonów, szczególnie na początku torów kierunkowych stacji rozrządowych, manewrowych i zakładowych.

Obecnie nie ma metody pozwalającej obliczyć dopuszczalną wartość błędu prędkości wyjazdu wagonów z hamulców odstępowych, która nie powoduje jeszcze wykolejenia ich na hamulcach docelowych, w wyniku przekroczenia maksymalnej prędkości wjazdu na te hamulce.

Należy więc opracować metodę pozwalającą wyznaczyć funkcję F przekształcającą błąd wyjazdu wagonu z hamulca odstepowego ΔV_0 na zagrożenie bezpieczeństwa wagonów kolejowych ZB:

$$F: \Delta V_0 \rightarrow ZB \quad (1)$$

5. METODA BADAŃ I WYNIKI

Hamulce docelowe w strefie podziałowej instaluje się na pochyleniu około 0,012 po jednym hamulcu przed każdą wiązką ośmiotorową. Hamulce docelowe lokalizuje się najczęściej około 65 m za końcem łuku wjazdowego na tor kierunkowy.

Najprostszym sposobem określania prędkości wyjazdu wagonu z hamulców odstepowych jest metoda H. Königa [5], pozwalająca wjeżdżać wagonom na hamulce docelowe z bezpieczną prędkością.

Jednak ze względu na utratę skuteczności hamowania przez hamulce odstepowe prędkość wyjazdu jest większa od zadanej przez system automatycznego rozrządzenia.

Matematyczny model ruchu odprzęgu wagonowego toczącego się po torach między hamulcem odstepowym a docelowym przedstawia m.in. praca [5].

Rozwiązując to równanie, otrzymamy wzór na prędkość wjazdu wagonu na hamulec docelowy V_d w funkcji m.in. wjazdu wagonu z hamulca odstepowego V_0 .

Przyrost ΔV_d , którego moduł jest zwany błędem bezwzględnym prędkości wjazdu na hamulec docelowy, spowodowany błędem hamulca odstepowego szacuje się za pomocą różniczki prędkości wjazdu na hamulec docelowy:

$$\Delta V_d \approx dV_d = \frac{\partial V_d}{\partial V_0} \cdot dV_0 = \frac{V_0 \cdot dV_0}{\sqrt{V_0^2 - 4,6}} \quad (2)$$

Obliczenia przeprowadzono dla stosowanej na PKP głowicy 32-torowej. Zakres prędkości wyjazdu wagonów V_0 kształtował się na poziomie 4,6 – 5,2 m/s przy prędkości nachylenia składów 1 – 1,4 m/s.

Dla tych założeń przełożenie błędu ΔV_0 (przyrost prędkości) na hamulcu odstepowym na błąd ΔV_d (przyrost prędkości) na hamulcu docelowym jest następujące:

$$\Delta V_d = 1,13 \Delta V_0 \quad (3)$$

6. WNIOSKI

Z wykonanej pracy wynikają następujące wnioski:

- a. utrata skuteczności hamowania przez hamulce odstepowe może skutkować już zderzeniami wagonów między hamulcami odstepowymi a docelowymi,
- b. dobra skuteczność hamulców odstepowych zapewnia prawidłową prędkość wjazdu wagonów na hamulce docelowe poszczególnych torów 4 – 5,5 m/s,
- c. przekroczenie tej prędkości w przypadku górnej granicy o 1 m/s i dolnej o 1,5 m/s skutkuje wykojeniem wagonów na hamulcu docelowym,
- d. widać stąd, że błąd przyrostu prędkości na hamulcu odstepowym $\Delta V_0 = 0,8$ m/s może spowodować wykojenie wagonów na hamulcu docelowym zlokalizowanym na torze o najmniejszym oporze ruchu, a błąd $\Delta V_0 = 1,3$ m/s – wykojenie wagonu na hamulcu docelowym zlokalizowanym na torze o największym oporze ruchu,
- e. obliczenia te wykonano przy założeniu, że przekroczenie dopuszczalnej prędkości wjazdu wagonu na hamulec docelowy o 1 m/s spowoduje jego wykojenie.

Literatura

1. Jedynek G., Buława M.: SARPO – system automatycznej regulacji prędkości odpręgów. Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna. Aktualne problemy dotyczące funkcjonowania górek rozrządowych na sieci PKP SA Tarnowskie Góry, Zawiercie 14-15.04.05.
2. Ostrowiński K.: Infrastruktura techniczna na górkach rozrządowych zarządzanych przez PKP PLK SA Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna. Aktualne problemy dotyczące funkcjonowania górek rozrządowych na sieci PKP SA Tarnowskie Góry, Zawiercie 14-15.04.05.
3. Rojewski J.: Trudności eksploatacyjne pracy stacji rozrządowych wywołane wypadkami kolejowymi. Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna. Aktualne problemy dotyczące funkcjonowania górek rozrządowych na sieci PKP SA Tarnowskie Góry, Zawiercie 14-15.04.05.
4. Siarkiewicz Z.: Wielkość i rodzaje przewozów towarowych w pojedynczych wagonach realizowanych przez PKP GARGO SA z wykorzystaniem istniejącej sieci kolejowej zarządzanej przez PKP PLK SA Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna. Aktualne problemy dotyczące funkcjonowania górek rozrządowych na sieci PKP SA Tarnowskie Góry, Zawiercie 14-15.04.2005.
5. Cieślakowski S. J.: Stacje kolejowe. WKiŁ, Warszawa 1992.