

CIEŚLAKOWSKI Stanisław Janusz

Zagrożenie bezpieczeństwa wagonów towarowych błędnym obliczaniem grawitacyjnych systemów rozrządowych

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo, wagony towarowe, grawitacyjne systemy rozrządowe.

Streszczenie

W pracy obliczono błędne wartości różnic czasu przejazdu wagonów powodowane zastosowaniem obliczeń ignorujących zmienne położenie punktu zrywu.

RISK TO SAFETY OF GOODS WAGONS DUE TO MISCALCULATION OF GRAVITATIONAL MARSHALLING SYSTEMS.

Abstract

Wrong values of wagon travelling times are discussed due to application of calculations which ignore variable location of the breaking point.

1. WSTĘP

Stacje rozrządowe są skomplikowanymi organizmami technicznymi, a od sprawności ich działania zależy w dużej mierze sprawność całego transportu kolejowego. Stacje te spełniają bowiem i nadal będą spełniać zasadniczą rolę w organizowaniu potoków wagonów towarowych w pociągach.

W procesie unowocześniania kolejnictwa polskiego jest konieczna – obok innych działań – także zasadnicza modernizacja stacji rozrządowych, ze względu na zwiększenie wydajności oraz bezpieczeństwa wagonów i personelu, a także zwiększenie sprawności obróbki przerabianych przez nie potoków wagonów. Modernizacja ta polega przede wszystkim na unowocześnieniu układów torowych oraz automatyzacji i mechanizacji wybranych, istniejących już stacji rozrządowych, na których będzie skoncentrowana praca manewrowa. W pewnych nielicznych przypadkach może również powstać potrzeba budowy nowych stacji rozrządowych.

Rozwój przewozów w pociągach zwartych, niewymagających rozrządzenia, zarówno z ładunkami masowymi, jak i pociągów kontenerowych, wzrost udziału cztero- i więcej osiowych wagonów w całym parku wagonów oraz przejmowanie przez transport samochodowy przewozów na bliskie odległości, a także w mniejszych ratach ładunków – powodują, że zadania stacji rozrządowych nie rosną tak szybko, jak zadania przewozowe kolei ogółem.

Błędne byłoby jednak mniemanie, że nastąpi eliminacja lub radykalne ograniczenie przewozów koleją w pojedynczych wagonach lub grupach relacyjnych, liczących kilka lub kilkanaście wagonów. Po prostu istnieje, i zawsze będzie istniała gospodarcza potrzeba obsługi przewozów kolejowych w ratach rzędu kilkudziesięciu lub kilkuset ton, tj. takich, w których z różnych przyczyn nie będzie się wykonywało samochodami lub w kontenerach, a z drugiej strony są one zbyt małe, aby obsługiwać je w pociągach zwartych ładowności około 2 tysiące do 3 tysiące ton.

Wynika stąd, że będzie to zawsze generowało potrzebę stacjonowania wagonów kolejowych na stacjach rozrządowych, wykorzystujących do tego celu grawitacyjne systemy rozrządowe.

Bezpieczeństwo procesów technologicznych jest ze zrozumiałych względów zagadnieniem bardzo ważnym, szczególnie zaś w takiej dziedzinie jak transport kolejowy. Jednym z istotnych zadań PKP na najbliższe lata jest modernizacja stacji rozrządowych, co spowoduje również unowocześnianie ich procesów technologicznych.

Stacje rozrządowe stanowią węzłowe punkty sieci kolejowej, w których odbywa się rozrządzenie przebywających pociągów towarowych oraz zestawienie nowych pociągów z przeznaczeniem do następnej stacji rozrządowej lub innej stacji docelowej.

Zasadniczą część procesu technologicznego stacji rozrządowych stanowi rozrządzanie wagonów. Może się ono odbywać bez wykorzystania siły ciężkości, albo z górki rozrządowych. Przy rozrządzaniu za pomocą górki rozrządowej, składy pociągowe są dosuwane lokomotywą na górkę z grupy torów przyjazdowych. Skład pociągowy, podzielony na odpręgi, przetaczany jest przez grzbiet górki na odpowiednie tory kierunkowe. Gromadzące się na torach kierunkowych składy są wystawiane na grupę torów odjazdowych, a z nich wysyłane do dalszych stacji.

Zastosowanie górki rozrządowych usprawniło pracę stacji rozrządowych oraz umożliwiło mechanizację i automatyzację procesów rozrządzania.

Waga zagadnień bezpiecznego przetaczania wagonów przez górkę rozrządową jest obecnie doceniana na całym świecie. W Polsce również istnieje potrzeba zajęcia się tą tematyką i włączenia w nurt zainteresowań światowych.

2. SFORMUŁOWANIE PROBLEMU

W celu uproszczenia i skrócenia obliczeń grawitacyjnych systemów rozrządowych, niektórzy projektanci, w obliczeniach dynamiki staczanych wagonów, przyjmują za punkt zerowy punkt załomu stromej pochylni i linii poziomej przechodzącej przez wierzchołek górkę.

Ten sposób obliczenia, ignorujący zmienne położenie punktu zrywu, w którym prędkość wagonu przechodzi od stałej prędkości przetaczania przez górkę do wzrastającej prędkości swobodnego staczania, daje błędne wartości różnic czasu przejazdu wagonów przez newralgiczne punkty infrastruktury grawitacyjnych systemów rozrządowych. Zagroza to bezpieczeństwu wagonów.

W pracy wykazano to na wybranym przykładzie.

3. METODA BADAŃ I WYNIKI

Na ukształtowanie górkę rozrządowej, będącej jednym z najważniejszych obiektów stacji rozrządowej, wpływa wiele czynników. Poznanie wszystkich okoliczności, mających wpływ na pracę górkę rozrządowej, jest dla projektanta i eksploatatora nieodzowne.

Staczane wagony, zależnie od ich konstrukcji, a przede wszystkim od ładunku, mają różne prędkości i pod tym względem dzielą się na wagony lekkobieżne i ciężkobieżne. Do wagonów lekkobieżnych należą ciężkoładowne wagony z węglem, rudą i inne, a do wagonów ciężkobieżnych – wagony próżne i wagony z ładunkami pojedynczymi. W celu uniknięcia najeżdżania wagonów lekkobieżnych na wagony ciężkobieżne i dla zachowania między tymi wagonami odstępów czasu na nastawienie rozjazdów, konieczne jest regulowanie prędkości toczenia się poszczególnych wagonów lub odpręgów. W tym celu wagony lekkobieżne muszą być hamowane za pomocą płozów hamulcowych lub hamulców.

Cel ten łatwiej może być osiągnięty, jeżeli zostaną zapewnione:

- możliwa jednakowa długość toczenia się wagonów przy kierowaniu ich na różne tory relacyjne,
- możliwie szybki rozdział staczanych wagonów na poszczególne tory grupy kierunkowej, a w związku z tym, skrócenie wspólnego odcinka drogi przejeżdżanej przez odpręgi o różnych relacjach,
- prawidłowe usytuowanie stanowisk hamowania,
- taki układ dróg zwrotnicowych i połączeń między nimi, który by wyłączał dodatkowe opory na lukach i nie wydłużał drogi toczenia się wagonów.

Wymienionym warunkom najbardziej odpowiada wiązkowy układ rozjazdów w grupie torów pod górką. Każda wiązka obejmuje 8 torów.

Projektowanie planu strefy podziałowej górkę rozrządowej jest procesem heurystycznym.

Ograniczeniami w tym procesie są:

- a) liczba torów na grzbiecie górkę (jeden, dwa lub dwa w jeden),
- b) rozstaw torów grupy kierunkowej (4,75÷6,00 m),
- c) liczba torów w grupie kierunkowej (6, 24, 32, 48),
- d) typy, promienie i skosy przyjętych rozjazdów (1:9, 1:6,6, :4,8) [1].

W zależności od przyjętych ograniczeń i umiejętności projektowania, plan strefy podziałowej przybiera różne kształty.

Bezpieczeństwo procesu rozrządzania zależy od dopuszczalnych prędkości odpręgów oraz od konieczności zachowania w odpowiednich punktach strefy rozgałęznej górkę dostatecznej odległości między kolejno następującymi po sobie odpręgami, potrzebnej dla wykonania czynności sterowniczych. Punktami tymi są zwrotnice, na których rozchodzą się drogi odpręgów lub hamulce torowe, które po zjechaniu jednego odpręgu powinny być nastawione na zahamowanie następnego odpręgu. Najbardziej niekorzystny wpływ na prędkość przetaczania składów wywierają odpręgi jednowagonowe, dające maksymalną częstość ich ruchu, a tym samym maksymalną liczbę odstępów między odpręgami rozrządzanego składu.

Wagony oddzielają się od rozrządzanego składu w momencie przejeżdżania przez punkt zrywu na grzbiecie górkę i od tej chwili zaczyna się ich staczanie. W czasie staczania z górkę zmieniają się odstęp drogi i odstęp czasu między wagonami.

Punkt zrywu, jest to punkt, w którym wagon spychany z górkę zaczyna odrywać się od następnych wagonów, gdzie jego prędkość zaczyna przekraczać prędkość spychania.

Dzieje się to w punkcie, w którym linia wysokości energii kinetycznej wagonu jest równoległa do stycznej do łuku pionowego wyokrągającego grzbiet górkę.

Punkt ten znajduje się w odległości $z = w \cdot R$ od wierzchołka górkę (w – opór jednostkowy ruchu, R [m] – promień wyokrąglenia górkę).

Jak z tego wynika, punkt zrywu zmienia swoje położenie zależnie od wartości oporu ruchu wagonu.

Punkt zrywu wagonu ciężkobieżnego znajduje się dalej od grzbietu górkę (i wyżej) niż punkt zrywu wagonu lekkobieżnego.

Obliczenia drogi wagonów zaleca się zaczynać od wierzchołka krzywej zaokrąglającej załom przed spadkiem stromej pochylni (punkt 0).

Następnym punktem na łuku zaokrąglającym będzie punkt zrywu 1.

Kolejnym punktem jest punkt 2 znajdujący się na łuku i pokrywający się jednocześnie z końcem stycznej leżącym już na stromym pochyleniu.

Przyjmuje się, że wagon, odcinek 0 – 1 (prawie poziomy), pokonuje z prędkością spychania V_0 [m/s].

Natomiast odcinek 1 – 2, wagon pokonuje pod wpływem siły ciężkości. Pochylenie tego odcinka n_3 oblicza się w następujący sposób. Najpierw oblicza się długość stycznej T ze wzoru:

$$T = \frac{R|n_1 - n_2|}{2000} \text{ [m]} \quad (1)$$

n_1, n_2 - wartości pochyłeń sąsiadujących na załomie profilu.

Poziomą odległość między punktami 0 – 2 można przyjąć jako $2 \cdot T$. Różnicę poziomów h punktów 0 i 2 oblicza się ze wzoru:

$$h = T \cdot n_2 \text{ [m]} \quad (2)$$

Stąd:

$$n_3 = \frac{T \cdot n_2}{2T - h} \quad (3)$$

Dalej obliczenia prowadzi się dla wagonu toczącego się już po stromym pochyleniu n_2 .

Natomiast obliczenia ignorujące zmienne położenie punktu zrywu przeprowadza się w ten sposób, jakby wagon toczył się po pochyleniu n_2 już wcześniej na długości T i nie od punktu 0 tylko od początku strome go załomu.

Powoduje to błędy w projektowanych grawitacyjnych systemach rozrządowych i zagraża bezpieczeństwu staczanych wagonów.

Z warunku zachowania energii mechanicznej wynika:

$$V_B = \sqrt{V_A^2 + 2 \cdot g' \cdot (n - w) \cdot l} \text{ [m/s]} \quad (4)$$

gdzie:

V_A - prędkość początkowa wagonu [m/s],

V_B - prędkość końcowa wagonu [m/s],

g' - zmodyfikowane przyspieszenie ziemskie [m/s²],

l - długość odcinka jazdy wagonu [m],

n - pochylenie, po którym toczy się wagon,

w - jednostkowy opór ruchu wagonu.

Zależność (4) wykorzystuje się, w obu metodach, do obliczeń prędkości wagonu w poszczególnych punktach drogi stacjana.

Przykładowe obliczenia przeprowadzono dla grawitacyjnego systemu rozrządowego o stromym pochyleniu $n_2 = 0,05$.

Dla metody dokładnej i uproszczonej otrzymano odpowiednio następujące wyniki:

- czas jazdy wagonu ciężkobieźnego do końca pierwszego rozjazdu wynosi 16,64 s i 12,2 s,
- czas jazdy wagonu lekkobieźnego do początku pierwszego rozjazdu wynosi 11,68 s i 7,86 s,
- prędkość zjazdu wagonu ciężkobieźnego z końca pierwszego rozjazdu wynosi 6,24 m/s i 6,29 m/s,
- prędkość wjazdu wagonu lekkobieźnego na początek pierwszego rozjazdu wynosi 4,91 m/s i 4,95 m/s.

4. WNIOSKI

Z przeprowadzonych badań wynikają następujące wnioski:

1. Uproszczona metoda zawyża prędkości wagonów o rząd 0,04 m/s.
2. Uproszczona metoda zaniża czas stacjana wagonów o rząd 4 s.
3. Uproszczona metoda zaniża czas następstwa wagonów ciężkobieźnego i lekkobieźnego na pierwszym rozjeździe grawitacyjnego systemu rozrządowego o 0,6 s, czyli o około 14%. Wartość ta odpowiada czasowi podnoszenia hamulca i przestawiania zwrotnicy rozjazdu.
4. Widać stąd, że stosowanie uproszczonej metody obliczeń może w pewnych sytuacjach zagrazać bezpieczeństwu staczanych wagonów, szczególnie przy mniejszych stromych pochyleniach, które wygenerują większe rozbieżności z rzeczywistymi wynikami.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Cieślakowski St. J.: *Forming of hump track systems on the basis of simulated carriage rolling*, 11 th International Conference „Computer Systems Aided Science, Industry And Transport”, Vol. 1, Zakopane, 3 – 6 December 2007.

- [2] *Instrukcja o technice pracy manewrowej*, Ir-9 (R-34); PKP PLK S.A., Warszawa 2005.
- [3] Ostroński K.: Funkcjonowanie kolejowych stacji rozrządowych w Polsce. *Infrastruktura transportu* 5/2011.
- [4] Ostroński K.: Projektowanie urządzeń automatycznego rozrządzenia wagonów na górkach rozrządowych. III Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna. Aktualne problemy dotyczące funkcjonowania kolejowych stacji rozrządowych w Polsce. Tarnowskie Góry – Zawiercie. 15-16. 09.2011.