ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2005
Seria: TRANSPORT z. 58 Nr kol. 1688

Stanisław Janusz CIEŚLAKOWSKI[1]

ZAGADNIENIE BEZPIECZNEJ LOKALIZACJI DRUGIEGO ROZJAZDU W SYSTEMACH ROZRZĄDZANIA GRAWITACYJNEGO

Streszczenie. Stacje rozrządowe, duże stacje manewrowe, zakładowe i portowe stanowią jedne z podstawowych węzłów infrastruktury logistycznej. Newralgicznym obiektem tej infrastruktury logistycznej są systemy rozrządzania grawitacyjnego. Występuje w nich duża liczba uszkodzeń wagonów kolejowych oraz wzrost kosztów pracy manewrowej (przestawianie „mylników") spowodowanych m.in. błędną lokalizacją niektórych elementów infrastruktury logistycznej.

Ważnym problemem jest lokalizacja drugiego rozjazdu kolejowego w systemach rozrządzania grawitacyjnego. Zagadnienie to jest istotne, gdyż około 20% staczających się po sobie odprzęgów wagonowych rozdziela się już na drugim rozjeździe, a przeciętny koszt naprawy uszkodzonego wagonu wynosi około 10.000 zł.

W pracy obliczono bezpieczną odległość drugiego rozjazdu od pierwszego załomu górki rozrządowej.

THE ISSUE OF SAFE LOCATING OF SECOND TURNDOT IN THE GRAVITATIONAL MARSHALLING SYSTEMS

Summary. Marshalling, large shunting, workshop, and port yards are among essential parts of the logistics infrastructure. Gravitational marshalling systems are key items of the logistics infrastructure. They are characterised by high incidence of wagon damage and increased costs of shunting operations (switching of wrong routed wagons), caused, among other things, by wrong location of some components of the logistics infrastructure.

Location of the second railway points in gravitational marshalling systems is a major issue. The problem is significant since about 20% of car drafts that roll consecutively become separated as early as at the first points, with the cost of repairing a railway wagon averaging PLN 10 000.

1. WSTĘP

Niezbędnym warunkiem funkcjonowania systemu logistycznego jest istnienie określonej infrastruktury. Infrastruktura powinna umożliwiać sprawną i niezakłóconą realizację wszystkich funkcji logistyki. W skład infrastruktury logistyki rozpatrywanej w skali makroekonomicznej wchodzą zatem [3]:

[1] Wydział Transportu, Politechnika Rdomska.

- drogi wszystkich gałęzi transportu, w tym także transportu przemysłowego, a więc rurociągi i gazociągi;
- węzły transportowe, a zwłaszcza porty morskie, rzeczne i lotnicze, terminale kontenerowe, kolejowe stacje przeładunkowe i rozrządowe, terminale transportu kombinowanego;
- budynki i budowle umożliwiające magazynowanie i składowanie wraz z ich technicznym wyposażeniem, umożliwiającym manipulację ładunkami i realizowanie podstawowych funkcji, jak np.: kompletację, dekompletację i pakowanie oraz pola odkładcze, fronty załadunkowo-wyładunkowe, rampy i itp.;
- elementy węzłowej infrastruktury logistyki, takie jak: centra dystrybucji, centra usług logistycznych, dzielnice magazynowo-transportowe;
- urządzenia i środki przetwarzania oraz przesyłania informacji wraz z niezbędnym oprogramowaniem.

Infrastruktura procesów logistycznych, umożliwiając realizację podstawowych procesów logistycznych, wywiera jednocześnie wpływ na ich przebieg, sprawność, a co ważniejsze – na wielkość kosztów.

Infrastrukturę procesów logistycznych należy rozpatrywać jako system techniczno-organizacyjny, którego podstawowym kryterium optymalizacji powinna być minimalizacja kosztów logistyki przy zapewnieniu sprawności i niezawodności procesów logistycznych [3]. Można tu dodać, że i przy zapewnieniu bezpieczeństwa procesów logistycznych.

Węzły kolejowe dzielą się na podstawowe i pomocnicze. Węzły podstawowe obejmują: stacje rozrządowe i duże stacje manewrowe.

Węzły pomocnicze obejmują pozostałe stacje manewrowe i stacje pośrednie.

Stacje rozrządowe na PKP to: Warszawa Praga, Skarżysko Kamienna, Łódź Olechów, Tarnowskie Góry, Kraków Prokocim, Zajączkowo Tczewskie, Zabrzeg Czarnolesie, Szczecin Port Centralny, Poznań Franowo, Wrocław Brochów.

Duże stacje manewrowe na PKP to m.in.: Lublin Tatary, Kielce Herbskie, Toruń, Łazy, Rybnik Towarowy.

Stacje rozrządowe, duże stacje manewrowe, duże stacje zakładowe i portowe są wyposażone w systemy rozrządzania grawitacyjnego, umożliwiające najbardziej wydajne rozrządzanie wagonów.

Duże stacje zakładowe i portowe to m.in.: Huta Sendzimira, Gdynia Port.

Celem pracy jest wyznaczenie bezpiecznej lokalizacji pierwszego rozjazdu kolejowego w systemach rozrządzania grawitacyjnego.

2. AKTUALNY STAN WIEDZY O ZAGADNIENIU

W pracach [1, 5, 6] przyjmuje się bez dowodu, że pierwszy rozjazd kolejowy w systemach rozrządzania grawitacyjnego powinien być zlokalizowany 25-30m od pierwszego załomu górki.

W pracy [4] obliczono, że pierwszy rozjazd nie powinien być zlokalizowany bliżej niż 18,64 m od wierzchołka górki. W obliczeniach arbitralnie przyjęto różnicę między czasem przejazdu wagonów ciężkobieżnego i lekkobieżnego od wierzchołka górki do początku iglic pierwszego rozjazdu $\Delta t = 1$s. Obliczenia przeprowadzono według algorytmu , który nie został uzasadniony. W obliczeniach przyjęto prędkość napychania wagonów 2 m/s, która nie jest stosowana na PKP. Również przyjęty opór wagonu ciężkobieżnego 6,9 N/kN nie występuje obecnie na PKP. Pokrewnym zagadnieniem dotyczącym minimalnych prędkości staczania się wagonów przez pierwszy rozjazd grawitacyjnych systemów rozrządowych zajmowano się w pracy [7]. Nie badano jednak bezpiecznej lokalizacji drugiego rozjazdu.

3. SFORMUŁOWANIE PROBLEMU

Największe zagrożenie bezpieczeństwa wagonów kolejowych na stacjach występuje podczas ich rozrządzania w systemach rozrządzania grawitacyjnego m. in. na drugim rozjeździe kolejowym.

Obecnie nie ma metody umożliwiającej wyznaczenie bezpiecznej dla wagonów lokalizacji tego rozjazdu. Należy więc opracować funkcję F przekształcającą konfigurację systemu rozrządzania grawitacyjnego K, technologię rozrządzania TE oraz wybrane parametry wagonów P na bezpieczną odległość L początku drugiego rozjazdu kolejowego od pierwszego załomu górki rozrządowej:

$$F : (K, TE, P) \rightarrow L \tag{1}$$

4. METODA BADAŃ I WYNIKI

Prędkość wagonu V_L na początku izolowanego odcinka przediglicowego oddalonego o wartość L od pierwszego załomu górki możemy obliczyć za pomocą wzoru [1]:

$$V_L = \sqrt{V_o^2 + 2g'(i - w_p - w_o)L}\ , \qquad [m/s] \tag{2}$$

gdzie:

V_o – prędkość napychania wagonów, [m/s]

g' – zmodyfikowane przyspieszenie ziemskie, [m/s^2]

i – średnie pochylenie,

w_p – opór jednostkowy wagonu od powietrza,

w_o – jednostkowy opór toczny wagonu.

Ponieważ w_p jest 700 razy mniejsze od i, a w_o jest 16 razy mniejsze od i, to w dalszych obliczeniach wartości te mogą być pominięte. Nieuwzględnienie tych parametrów może być przyczyną błędu rzędu do 3%.

Wzór (2) przyjmuje więc postać:

$$V_L = \sqrt{V_o^2 + 2g'\,i\,L}\ , [m/s] \tag{3}$$

Czas przejazdu t_L wagonu drogi L do początku odcinka przediglicowego można obliczyć ze wzoru:

$$t_L = \frac{2L}{V_o + \sqrt{V_o^2 + 2g'\,i\,L}}\ , [s] \tag{4}$$

Czas jazdy wagonu $t_{L+19,8}$ od pierwszego załomu górki do momentu zjazdu z odcinka izolowanego wynosi:

$$t_{L+19,8} = \frac{2(L + 19,8)}{V_o + \sqrt{V_o^2 + 2g'\,i\,(L + 19,8)}}\ , [s] \tag{5}$$

Wagony bezpiecznie będą przejeżdżać przez pierwszy rozjazd, gdy spełniony zostanie warunek [2]:

$$t_{rz} > t_{tch}, \tag{6}$$

gdzie:

t_{rz} – rzeczywisty czas między zjazdem z odcinka izolowanego wagonu poprzedniego a wjazdem na odcinek przediglicowy wagonu następnego, [s],

t_{tch} – czas technologiczny potrzebny do przestawienia rozjazdu, [s].

Czasy te można obliczyć z następujących wzorów:

$$t_{rz} = T_o + t_L - t_{L+19,8}, \text{ [s]} \tag{7}$$

$$t_{tch} = t_s + t_r + t_p, \text{ [s]} \tag{8}$$

gdzie:

T_o – czas od momentu rozpoczęcia staczania wagonu poprzedniego do momentu rozpoczęcia się staczania wagonu następnego, [s],

t_s – czas sterowania (1,1s),

t_p – czas przestawiania rozjazdu (0,8 s),

t_r – czas przetwarzania informacji przez człowieka w sytuacji wybory (czas reakcji), [s].

$$t_r = 0,179 + 0,079 \log_2 n, \text{ [s]}, \tag{9}$$

gdzie:

n – liczba możliwych sytuacji (32).

Dla następujących po sobie dwóch wagonów 2-osiowych i prędkości napychania składu $V_o = 1,4$ m/s, $T_o = 7,14$ s.

Funkcje:

$$f_1 = \sqrt{V_o^2 + 2g' i L} \tag{10}$$

oraz

$$f_2 = \sqrt{V_o^2 + 2g' i (L + 19,8)} \tag{11}$$

można przedstawić za pomocą wzoru Maclaurina. Ułatwi to dalsze obliczenia.

Wstawiając teraz przekształcone funkcje f_1 i f_2 do nierówności (6) otrzymamy:

$$\frac{(x+22)(x-137,88)}{0,2(x+14,5)(x-71)} < 0 \tag{12}$$

Nierówność (12) jest spełniona, gdy:

a) $-22 < L - 14,5$,

b) $71 < L < 137,88$.

Warunek a) należy odrzucić, gdyż $L > 0$. Odpowiedzią jest tylko warunek b).

5. WNIOSKI

Z przeprowadzonych badań wynika, że początek odcinka przediglicowego może być zlokalizowany w odległości 71 m < L < 137,88 m.

Oznacza to, że początek drugiego rozjazdu kolejowego może być zlokalizowany w odległości zawartej między 71 + 5,6 i 137,88 + 5,6, czyli między 76,6m pierwszego 143,5m od pierwszego załomu górki.

W przeciwnym razie przy napychaniu wagonów z prędkością V_o = 1,4 m/s oraz przy spotkaniu wagonów 2-osiowych następuje ich dogonienie na drugim rozjeździe, co skutkuje niemożliwością przestawienia rozjazdu i powstawaniu „mylników", czyli jazdy wagonów na ten sam tor. „Mylniki" należy powtórnie przetaczać na tor przyjazdowy, co wiąże się z dodatkowymi kosztami. Może również nastąpić zderzenie i uszkodzenie wagonów. Przeciętny koszt naprawy wagonu wynosi 10.000 zł.

Problem ten jest bardzo istotny, gdyż ponad 20% staczających się po sobie odprzęgów rozdziela się już na drugim rozjeździe.

Literatura

1. Cieślakowski St. J.: Stacje kolejowe. WKŁ, Warszawa 1992.
2. Cieślakowski St. J.: 2004, Kształtowanie bezpieczeństwa wagonów kolejowych w systemach rozrządzania grawitacyjnego. Praca naukowo-badawcza 2005/47/P. Politechnika Radomska, Radom.
3. Gołembska E., Szymczak M.: Logistyka międzynarodowa. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, Poznań 2000.
4. Kozak T.: Racjonalne układy torów w rejonie górki rozrządowej ze szczególnym uwzględnieniem 32 i 48 torów kierunkowych. COBiRTK, Warszawa 1967.
5. Sutarzewicz D.: Warunki jakim powinny odpowiadać w planie i profilu układy torów górek rozrządowych przystosowanych do mechanizacji i automatyzacji. Automatyka Kolejowa, 6, Warszawa 1983.
6. Sutarzewicz D.: Układy torów stacji rozrządowych. Drogi Kolejowe, 12, Warszawa 1984.
7. Węgierski J.: Układy torowe stacji. WKŁ, Warszawa 1974.