



## TECHNIKA TRANSPORTU SZYNOWEGO

Stanisław Janusz CIEŚLAKOWSKI

# OBLICZANIE STOPNIA OBCIĄŻENIA GÓREK ROZRZĄDOWYCH

### *Streszczenie*

*W pracy opracowano metodę obliczania stopnia obciążenia górek rozrządowych, m.in. z uwzględnieniem procesu technologicznego pracy stacji rozrządowych. Metodę tę implementowano na jednej ze stacji rozrządowych.*

## WSTĘP

W punktach skrzyżowania kilku linii kolejowych w miejscach powstawania lub zanikania znacznych potoków wagonów, jak np. w rejonie wielkich miast, albo w pobliżu wielkich zakładów produkcyjnych oraz w innych dogodnych punktach sieci kolejowej, zachodzi potrzeba wykonania znacznej pracy manewrowej.

W punktach tych zlokalizowane są stacje rozrządowe, manewrowe i zakładowe. Przybywające do nich wagony trzeba podzielić według kierunków odjazdu oraz stacji docelowych przewozu, a następnie zorganizować je w pociągi, które w miarę możliwości powinny przebywać jak najdłuższą drogę bez przeróbki.

Większość stacji rozrządowych nie przerabia całego przepływającego przez nie potoku wagonów, gdyż część wagonów przejeżdża przez te stacje w pociągach tranzytowych bez przeróbki. Praca z pociągami tranzytowymi na stacji rozrządowej ogranicza się wtedy do zmiany lokomotywy, drużyny pociągowej, ogłędzin technicznych i handlowych wagonów. Pociągi towarowe tranzytowe złożone z grup relacyjnych wymagają dużej pracy manewrowej, polegającej na wymianie, uzupełnieniu lub odczepieniu grup wagonów w związku ze zmianą obowiązującej normy największego dopuszczalnego ciężaru składu pociągu na dalszej drodze przewozu.

Podstawowy zakres pracy manewrowej stanowi rozrządzanie i zestawianie składów pociągów towarowych. Udział wagonów pochodzących z własnego naładunku stacji rozrządowej i manewrowej w zestawianych przez nie pociągach jest zazwyczaj znikomy w porównaniu z ogólną liczbą przetaczanych przez nie wagonów.

Rozrządzanie wagonów odbywa się przeważnie przez górki rozrządowe.

## 1. SFORMUŁOWANIE PROBLEMU

Od początku lat 90. ubiegłego wieku w polskim transporcie kolejowym dało się zaobserwować wiele niekorzystnych zjawisk. Należą do nich m.in.:

- zniekształcenie struktury międzygałęziowej – od 1990 roku nastąpił około 200% wzrost wykonywanej pracy przewozowej transportem samochodowym i około 50% spadek pracy przewozowej w transporcie kolejowym,
- niedostateczny udział PKB na inwestycje modernizacyjne i rozwojowe – według standardów Unii Europejskiej udział ten powinien kształtować się na poziomie 1,5% a w Polsce był niższy niż 0,3%,
- brak warunków do uczciwej konkurencji międzygałęziowej, gdyż nie wprowadzono żadnych mechanizmów internalizacji kosztów zewnętrznych transportu poprzez pełne wdrożenie zasady „zanieczyszczający płaci”.

Jeżeli użytkownicy nie płacą pełnych kosztów społecznych transportu, to są faktycznie subwencjonowani, co powoduje zniekształcenie cen i kosztów w działalności transportowej. Struktura gałęziowa kosztów zewnętrznych transportu towarowego i pasażerskiego w Polsce jest następująca: 97% - transport drogowy, 3% - transport kolejowy.

Silna konkurencja ze strony transportu samochodowego sprawia, że kolei coraz trudniej walczyć o niewielkie partie ładunków, których przewóz daje pracę górkom rozrządowym. Jednak bez ich utrzymywania rywalizacja o takie ładunki z tirami nie będzie możliwa w ogóle.

W pracy obliczono, m.in. stopień obciążenia górki rozrządowej w latach 1988 - 2010 na jednej z reprezentacyjnych stacji rozrządowych PKP, co daje obraz zmian tego obciążenia na całej sieci PKP.

## 2. METODA BADAWCZA I WYNIKI

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

Staczone 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, 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 nastawianie rozjazdów, konieczne jest regulowanie prędkości toczenia się poszczególnych wagonów lub odpręgów. W tym celu wagony lekkobieżne muszą być hamowane za pomocą hamulców torowych. 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 wykluczał dodatkowe opory na łukach i nie wydłużał drogi toczenia się wagonów.

Wymienionym warunkom najbardziej odpowiada wiązkowy układ torów w grupie torów pod górką.

Zdolność przetwórczą górki rozrządowej  $N$  należy obliczać ze szczególnym uwzględnieniem procesu technologicznego pracy stacji rozrządowej.

Umożliwia to następujący, zaproponowany przez autora wzór:

$$N = (1 - \lambda) \cdot W \cdot \frac{1440 - T}{t_z} \text{ [wag/d]} \quad (1)$$

gdzie:

W - średnia liczba wagonów w rozrządzanym składzie pociągów (33),

$\lambda$  - współczynnik rezerwy technicznej (0,3),

T - czas nieproduktywny dla górkii rozrządowej (200 min),

$t_z$  - średni czas zajęcia górkii rozrządowej przez jeden przeciętny skład wagonów [min].

$$t_z = t_{dos} + t_r + t_d \text{ [min]} \quad (2)$$

gdzie:

$t_{dos}$  - czas dosuwania składu pociągu do wierzchołka górkii [min.],

$t_r$  - czas rozrządzania [min.],

$t_d$  - czas dopychania odpręgów wagonowych na torach kierunkowych (4 min.).

Wagony będą bezpiecznie rozrządzane, jeżeli spełniony zostanie warunek:

$$T_0 + t_L - t_C \geq t_s + t_{re} + t_p \text{ [s]} \quad (3)$$

gdzie:

$T_0$  - czas od momentu rozpoczęcia staczania wagonu poprzedniego do momentu rozpoczęcia się staczania wagonu następnego [s],

$t_L$  - czas jazdy wagonu lekkobieżnego od wierzchołka górkii do hamulca odstępowego [s],

$t_C$  - czas jazdy wagonu ciężkobieżnego od wierzchołka górkii do hamulca odstępowego [s],

$t_s$  - czas sterowania (1,1 s),

$t_{re}$  - czas przetwarzania informacji przez człowieka w sytuacji wyboru (0,34 s),

$t_p$  - czas podnoszenia hamulca (0,83 s).

Zakładając maksymalną prędkość napychania składu  $V_0 = 1,4$  m/s, przeprowadzono obliczenia kinetyczne według algorytmu podanego w pracy [2]. Z obliczeń tych otrzymano wartości  $T_0$ ,  $t_L$ ,  $t_C$ .

Jeżeli warunek bezpieczeństwa (3) nie jest spełniony, to obniża się prędkość napychania składu.

Otrzymuje się wówczas inne wartości  $t_{dos}$ ,  $t_r$ .

Można teraz obliczyć zdolność przetwórczą górkii rozrządowej N.

Stopień obciążenia SO górkii rozrządowej można wyrazić wzorem:

$$SO = \frac{N_{rz}}{N} \quad (4)$$

gdzie:

$N_{rz}$  - rzeczywista liczba wagonów rozrządzonych przez górkę [wag/d]

Czas rozrządzania składu  $t_r$  zależy od długości składu pociągu i prędkości napychania.

Występuje jednak problem z wagonami z ograniczeniami w rozrządzaniu (z i zp).

Liczba pociągów z tymi wagonami dochodzi często do 60% wszystkich pociągów rozrządzanych.

Problem ograniczeń w rozrządzaniu wagonów uregulowany jest Instrukcją o technice pracy manewrowej Ir - 9 § 10 ust. 17 pkt. 1 [8].

Tabor, który należy szczególnie ostrożnie przetaczać dzieli się na:

- tabor, którego nie wolno odrzucać ani staczać i na który nie wolno odrzucać ani staczać innego taboru tj.:

- a) wagony z podróżnymi,
- b) wagony salonowe, doświadczalne, laboratoryjne, pomiarowe, wagowe, podstacje elektryczne, inne służące innym celom, np.: gospodarczym, socjalnym itp.,
- c) nieczynne pojazdy trakcyjne,
- d) pojedyncze wagony ciężkie o masie brutto większe niż 120 ton,
- e) wagony załadowane przesyłką przekraczająca skrajnie ładunkową lub przesyłkę o masie 60 ton w jednej sztuce oraz wagony załadowane kontenerami wielkimi (o długości 6 m i większe),
- f) wagony ogrzewcze, wagony z czynnym ogrzewaniem piecowym oraz wagony uszkodzone oznaczone nalepkami oznaczającymi nieprzydatność wagonu do jazdy na własnych kołach,
- g) pojazdy specjalne np. żurawie kolejowe, maszyny do robót torowych, pługi odśnieżne itp.,
- h) wagony bez ław pokrętnych z ładunkiem leżącym na dwu lub więcej wagonach (np.: długie szyny, pręty stalowe i inne długie elastyczne przedmioty),
- i) wagony oznaczone nalepką ostrzegawczą nr 8 i 15 zgodnie z RID i zał. 2 do SMGS, za wyjątkiem próżnych, oczyszczonych wagonów po towarze niebezpiecznym,
- j) wagony cysterny oznaczone pasami różnych kolorów, za wyjątkiem próżnych oczyszczonych wagonów po towarze niebezpiecznym.

Jeżeli górka rozrządowa wyposażona jest w urządzenia samoczynnego przestawiania zwrotnic, wagony z rozstawem osi wewnętrznych większym od ustalonego w regulaminie technicznym mogą być staczane pod warunkiem wyłączenia automatycznego przestawiania zwrotnic i przejścia na ręczne sterowanie,

- 2) wagony, które wolno odrzucać i staczać pod warunkiem, że odpręg będzie hamowany dobrze działającym wagonowym hamulcem ręcznym; do wagonów tych należą:
  - a) wagony z ludźmi nie będącymi podróżnymi, jeżeli zostali oni ostrzeżeni o mającym nastąpić odrzuceniu lub staczaniu wagonu,
  - b) wagony z przesyłką żywych zwierząt,
  - c) zespoły wagonów z aparaturą chłodniczą,
- 3) wagony, które wolno odrzucać i staczać pod warunkiem, że odpręg będzie hamowany dobrze działającym ręcznym hamulcem wagonowym, a jeżeli to jest niemożliwe, dwoma płozami hamulcowymi, do wagonów tych należą:
  - a) próżne wagony osobowe, pocztowe, bagażowe, sypialne i restauracyjne,
  - b) wagony niekryte załadowane pojazdami, okrągłakami albo innymi staczającymi lub przesuwanymi się przedmiotami,
  - c) wagony z ławami pokrętnymi, połączone samym ładunkiem lub rozworą, albo wagonem pośrednim,
  - d) wagony oznaczone nalepką ostrzegawczą nr 13 według RID,
  - e) wagony zawierające zwłoki.

Zabrania się przejazdu przez tor na górce rozrządowej taboru oznaczonego znakiem zabraniającym takiego przejazdu, o ile regulamin techniczny nie stanowi inaczej.

Tabor, którego nie wolno odrzucać ani staczać należy przestawiać lokomotywą sprzęgniętą z taborem.

Czas rozrządzenia wydłuża się wówczas do ok. 20 min., co należy uwzględnić w obliczaniu czasu  $t_r$ .

Stopień obciążenia górki rozrządowej, w oparciu o powyższą metodę, obliczono dla reprezentacyjnej stacji rozrządowej PKP na przestrzeni kilkudziesięciu lat.

Stacja ta jest jednokierunkową dwugrupową stacją rozrządową o kierunku pracy północ-południe, wyposażoną w jedną górkę rozrządową oraz:

- 16 torów przyjazdowych,

- 32 tory kierunkowo-odjazdowe,
- 3 tory odjazdowe w kierunku północno-wschodnim
- 3 tory odjazdowe w kierunku południowo-wschodnim,
- 2 tory wyciągowe,
- 2 tory komunikacyjne w grupie kierunkowo-odjazdowej,
- 1 tor komunikacyjny w grupie przyjazdowej,
- 1 tor na górcie rozrządowej.

## WNIOSKI

Z pracy wynikają następujące wnioski:

- 1) Z obliczeń kinetycznych dla  $V_o = 1,4$  m/s dla wybranej stacji rozrządowej otrzymano następujące wyniki:  $T_o = 7,1$  s,  $t_L = 31$  s,  $t_C = 34$  s. Spełniony został więc warunek bezpieczeństwa (3).
- 2) Średni czas zajęcia górki rozrządowej z uwzględnieniem wagonów z i zp wyniósł 16,6 min.
- 3) Zdolność przetwórcza górki rozrządowej osiągnęła 1725 wag/d.
- 4) Stopień obciążenia górki rozrządowej w latach 1988 – 2010 był gwałtownie malejący i wynosił odpowiednio: 85%, 98%, 64%, 45%, 42%, 46%, 41%, 63%, 35%, 37%, 37%, 41%, 42%, 37%, 24%, 24%.
- 5) Wyniki te świadczą o kryzysie w ruchu towarowym na PKP.
- 6) Od dłuższego czasu, w związku ze strategią Just in Time produkcji i handlu, w branży logistycznej pojawia się coraz więcej mniejszych zleceń przewozowych z coraz większą częstotliwością dostaw. Ten trend będzie prawdopodobnie trwały, a może ulec nawet zwiększeniu. Dlatego też z perspektywy Green Logistics nie należy spodziewać się przewozów całopociągowych. Sukces kolei może zagwarantować stworzenie warunków dla wzrostu przewozów pojedynczymi wagonami (lub ich grupami) na większą odległość. Przykładem takiego rozwiązania mogą być transalpejskie przewozy towarowe, których liczba wyraźnie wzrasta od czasu liberalizacji rynku transportowego.
- 7) Rada Naukowa przy niemieckim Ministerstwie Transportu, Budownictwa i Rozwoju Miast, pod przewodnictwem prof. dr inż. K. J. Beckmanna przedstawiła wskazania dla niemieckiej polityki transportowej w dobie kryzysu, w których zaleca m.in. wspieranie rozwoju europejskiego systemu Railport dla wzmocnienia jednowagonowych kolejowych przewozów towarowych.

## CALCULATION OF HUMP LOADING

### *Abstract*

*A method of calculating hump load is developed in consideration of the operation process of a marshalling yard, among other factors. The method is also applied to an actual marshalling yard.*

### BIBLIOGRAFIA:

1. Burns D., *Detail services is essential*, Railway Gazette International, nr 9/2010.
2. Cieślakowski St. J.: *Stacje kolejowe*, WKŁ, Warszawa 1992
3. Cieślakowski St. J.: *Forming of hump track systems on the basis of simulated carriage rolling*, 11<sup>th</sup> International „Conference Computer Systems Aided Science, Industry And Transport”, Vol. 1, Zakopane, 3-6 December 2007.

4. Clausecker M., Bönner N., *Nachhaltige Mobilität durch Schienenverkehr: Europäische Perspektiven*, ZEV rail, Nr 1-2, 2010.
5. *Declaration Sustainable Mobility & Transport*, UIC, 2010.
6. Dyduch J.: *Problemy niezawodności i eksploatacji stacji rozrządowych*, Automatyka Kolejowa 11/1984.
7. Gałka J.: *Aktualny stan infrastruktury na stacji rozrządowej Skarżysko Kamienna*, III Ogólnopolska Konferencja Naukowo – Techniczna, Aktualne problemy dotyczące funkcjonowania kolejowych stacji rozrządowych w Polsce, Tarnowskie Góry – Zawiercie 15-16 września 2011.
8. *Instrukcja o technice pracy manewrowej*, Ir – 9 (R-34); PKP PLK S.A., Warszawa 2005.
9. Korzus I.: *Koszty eksploatacji stacji rozrządowej wynikające z procedur związanych z przemieszczaniem wagonów z ograniczeniami w rozrządzie – tzw. wagonów oznaczonych z i zp*. III Ogólnopolska Konferencja Naukowo – Techniczna, Aktualne problemy dotyczące funkcjonowania kolejowych stacji rozrządowych w Polsce, Tarnowskie Góry – Zawiercie 15-16 września 2011.
10. *Krise als Chance , Neue Prioritäten in der Verkehrspolitik*, Internationale Verkehrswesen, nr 10/2009.
11. *Moving Towards Sustainable Mobility: Rail Sector Strategy 2030 and Beyond*, UIC, CER, DB, 2010.
12. *Report on Transport Scenarios with a 20 and 20 Year Horizon*, Tetraplan AS, 2009.
13. Wróbel J.: *Po co nam te górki*, Infrator, nr 4/2012.

**Autor:**

**dr inż. Stanisław Janusz CIEŚLAKOWSKI – UTH Radom**