

LORENC Augustyn Krzysztof¹

Wpływ wykorzystania przeciągarki wagonowej na efektywność i koszty procesów załadunku wagonów kolejowych

WSTĘP

Procesy rozładunku i załadunku towarów na wagony kolejowe są znacznie bardziej problematyczne w organizacji niż załadunek naczep pojazdów drogowych. Wynika to z dużego wolumenu przewożonych ładunków, bardzo często dużych gabarytów oraz konieczności przestawiania wagonów i licznych prac manewrowych generujących duże koszty, których znaczna część jest spowodowana pracą lokomotywy. Aby zmniejszyć te koszty konieczne jest poszukiwanie nowych rozwiązań organizacyjnych i procesowych powodujących bardzo często zmianę całego systemu załadunku lub rozładunku towarów.

W niniejszym artykule zostanie rozważony wariant wykorzystania przeciągarki wagonowej (urządzenia przetokowego) do podciągania wahadeł kolejowych przy magazynie wyrobów gotowych. Opisany system może być wykorzystany zarówno w przypadku załadunku towarów na wagony jak również i ich rozładunku.

1. SYSTEM ZAŁADUNKU

W przypadku transportu międzynarodowego bardzo często wykorzystywane są kontenery, które ułatwiają zmianę rodzaju transportu oraz zwiększają bezpieczeństwo ładunku. Kontenery są przewożone za pomocą dwuosioowych wagonów platform typu Ks oraz Kgns. System załadunku towarów do kontenerów najczęściej opiera się o załadunek wózkami widłowymi bezpośrednio z magazynu poprzez rampę załadunkową do kontenerów znajdujących się na wagonach kolejowych. Taki system umożliwia uniknięcie ściągania kontenerów z wagonów i przenoszenia na plac składowania, a więc dodatkowych czynności ładunkowych, jednak z drugiej strony powoduje zablokowanie torów przy magazynie wyrobów gotowych na czas załadunku. Ponadto wymagane jest podstawianie wagonów w formie wahadeł o długości odpowiadającym długości rampy załadunkowej i wymaga każdorazowo po załadunku ponownego zamawiania lokomotywy manewrowej do odstawienia wagonów załadowanych i podstawienia kolejnych wagonów z pustymi kontenerami, co generuje znaczne koszty wynikające z długiego czasu pracy lokomotywy.

W celu skrócenia czasu oczekiwania na podstawienie lokomotywy możliwe jest wykorzystanie urządzenia przetokowego. Schemat poglądowy ilustrujący system załadunku wagonów przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. System załadunku wagonów kolejowych – schemat poglądowy

¹ Mgr inż. A. K. Lorenc, Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny, Instytut Pojazdów Szynowych, Pracownia Systemów Logistycznych, alorenc@pk.edu.pl

Zastosowanie urządzenia przetokowego jest możliwe jedynie tam, gdzie występuje odpowiedni układ torowy – torowisko przed i za rampą załadowniczą o odpowiedniej długości i niekolidujące z innym torowiskiem i infrastrukturą drogową (umożliwiające postój wagonów bez zakłóceń dla pozostałych procesów transportowych). Ponadto istotne jest zapewnienie odpowiednich warunków na torowisku – nie może być ono zanieczyszczone, np. poprzez zapylenie, zalanie lub ładunki stałe spadające na torowisko. Montaż urządzenia przetokowego możliwy jest w torach o dobrym ogólnym stanie technicznym. Standard konstrukcyjny toru musi odpowiadać standardowi konstrukcji nawierzchni dla torów klasy 4. Warunki techniczne utrzymania nawierzchni kolejowej na liniach kolejowych określa instrukcja ID-1 dla torów o rozstawie szyn 1435 mm.

W niniejszym artykule rozważano zabudowę urządzenia przetokowego w torze, tj. wózek holujący bezpośrednio przemieszczający skład wagonów, poruszający się po prowadnicy przymocowanej między szynami na wspornikach z kształtowników stalowych, przemieszczany w obydwie strony (w przód i tył) przy pomocy liny (rys. 2). Zastosowana przeciągarka wagonowa pozwala na przemieszczanie składów o masie do 2000 ton.



Rys. 2. Przeciągarka wagonowa montowania w torowisku (typu UT-7, UNITOR)

Lina jednocześnie powoduje wysuwanie z wózka lub chowanie dwóch par ramion z rolkami stykającymi się z obrzeżami kół wagonu jednej osi i przemieszczającymi lub zatrzymującymi precyzyjnie skład. Wózek urządzenia przetokowego bez rozłożonych ramion nie zakłóca ruchu taboru kolejowego. Sterowanie przeciągarką odbywa się za pomocą przycisków na pulpicie sterowania lokalnego oraz za pomocą manipulatorów na pilocie sterowania zdalnego – radiowego.

Do zalet przeciągarki wagonowej można zaliczyć przede wszystkim:

- niskie koszty eksploatacji,
- możliwość przemieszczania dużych składów,
- dokładność pozycjonowania,
- możliwość przetaczania przez rozjazdy.

2. MODEL SYSTEM ZAŁADUNKU TOWARÓW Z POZIOMU RAMPY

W celu dokonania analizy porównawczej wariantu z systemem załadunku z poziomu rampy oraz systemu wykorzystującego dodatkowo przeciągarkę wagonową utworzono modele matematyczne pozwalające obliczyć czas oczekiwania na podstawienie lokomotywy t_{ol} , czas pracy lokomotywy t_{pl} , oraz całkowite koszty roczne K_t . W przedstawionym modelu założono przewóz jednego kontenera 40'

na każdym wagonie. Przy wykorzystaniu przeciągarki wagonowej możliwe jest wykorzystanie całej długości torowiska znajdującej się przy magazynie umożliwiającą swobodny postój wagonów podstawionych do załadunku bez zakłócenia ruchu innych pojazdów na sieci. Długość torowiska za rampą załadunkową musi być przynajmniej taka sama jak długość torowiska przed rampą, co jest warunkiem koniecznym aby wykorzystać przeciągarkę wagonową.

Czas oczekiwania na podstawienie lokomotywy t_{oi} można obliczyć za pomocą następującego równania:

$$t_{oi} = \frac{l_{ws}}{l_{wt}} \cdot t_{pw} \quad [h] \quad (1)$$

gdzie:

l_{ws} – liczba wagonów/kontenerów w całym składzie [szt.]

d_r – długość rampy załadunkowej [m]

d_t – długość torowiska umożliwiająca postój wahadła [m]

d_w – całkowita długość wagonu ze zderzakami [m]

t_{pw} – czas oczekiwania na podstawienie wahadła [h]

l_{wt} – liczba wagonów na torze [szt.] $l_{wt} \in C$

dla wariantu bez przeciągarki wagonowej $l_{wt} = l_{wr}$

dla wariantu z przeciągarką wagonową $l_{wt} = d_t/d_w$

l_{wr} – liczba wagonów przy rampie [szt.], wynik należy zaokrąglić w dół, $l_{wr} = (d_r/d_w)$

Przy czym wartość l_{ws}/l_{wr} powinna być zaokrąglona w górę

Czas pracy lokomotywy t_{pl} uwzględniający czas dojazdu z punktu stacjonowania lokomotywy do rampy załadunkowej przy magazynie opisuje zależność:

$$t_{pl} = \frac{l_{ws}}{l_{wt}} \cdot \left(t_m + 2 \cdot \frac{d_s}{v_j} \right) \quad [h] \quad (2)$$

gdzie:

l_{ws} – liczba wagonów/kontenerów w całym składzie [szt.],

l_{wt} – liczba wagonów na torze [szt.] $l_{wt} \in C$

dla wariantu bez przeciągarki wagonowej $l_{wt} = l_{wr}$

dla wariantu z przeciągarką wagonową $l_{wt} = d_t/d_w$

t_m – czas czynności manewrowych [h]

d_s – średnia odległość do punktu stacjonowania lokomotywy [m]

v_j – prędkość jazdy [m/s]

Przy czym wartość l_{ws}/l_{wr} powinna być zaokrąglona w górę

Natomiast roczny koszt pracy lokomotywy i przeciągarki wagonowej K_{lp} opisuje zależność:

$$K_l = \sum_{i=1}^j (t_{pl} \cdot K_{pl} + t_{pp} \cdot K_{pp}) \quad [zł] \quad (3)$$

gdzie:

t_{pl} – czas pracy lokomotywy [h]

K_{pl} – jednostkowy koszt pracy lokomotywy [zł/h]

t_{pp} – czas pracy przeciągarki wagonowej [h]

K_{pp} – jednostkowy koszt pracy przeciągarki wagonowej [zł/h]

j – ilość składów kolejowych w ciągu roku [szt.]

Opisany powyżej model matematyczny jest zgodny z rzeczywistością i został zweryfikowany w oparciu o dane empiryczne.

3. WYNIKI ANALIZY WARIANTOWEJ

W ramach badań wykonano analizę dwóch wariantów, tj. załadunku produktów do kontenerów bezpośrednio z poziomu rampy załadowniczej przy magazynie wyrobów gotowych przy czym wagony kolejowe były podstawiane w formie wahadeł o długości odpowiadającej długości rampy. W drugim przypadku następowało podstawianie wahadeł dłuższych niż rampa załadownicza, jednak krótszych niż całkowita długość linii kolejowej, co umożliwiło ich dalsze przestawianie przy pomocy przeciągarki wagonowej.

Do przeprowadzonej analizy wariantowej wykorzystano następujące dane:

- długość wagonu ze zderzakami (typu Ks, Kgns): 13,86 m,
- liczba wagonów/kontenerów w całym składzie: 36 szt.,
- czas załadunku jednego kontenera z poziomu rampy: 40 min,
- maksymalny czas oczekiwania na podstawienie wahała: 120 min,
- czas czynności manewrowych: 30 s,
- średnia odległość do punktu stacjonowania lokomotywy: 800 m,
- prędkość jazdy: 2,7 m/s,
- pojemność kontenera: 30,48 t,
- koszt pracy lokomotywy: 150 zł/h,
- koszt pracy przeciągarki wagonowej: 30 zł/h,
- liczba załadowywanych składów rocznie: 50 szt.,
- czas podstawienia wózka przeciągarki: 40 s,
- czas podpięcia/wypięcia wózka przeciągarki: 15 s,
- czas jazdy przeciągarki: 40 s,
- czas powrotu przeciągarki do położenia początkowego: 40 s,
- czas dodatkowych czynności operacyjnych dla przeciągarki: 300 s.

Aby w pełni określić optymalne rozwiązanie, które będzie możliwe do wdrożenia i efektywne z uwagi na transportochłonność i koszty, rozważono podopcje o różnej długości rampy załadowniczej i różnej długości wykorzystywanego torowiska. W wariantach rozważono różną długość rampy załadowniczej, tj. 80, 90, 100, 110, 120 m oraz długość torowiska 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400 m.

Na podstawie przedstawionego modelu oraz przyjętych danych obliczono macierze transportochłonności dla obu systemów załadunku (tabela 1, tabela 2).

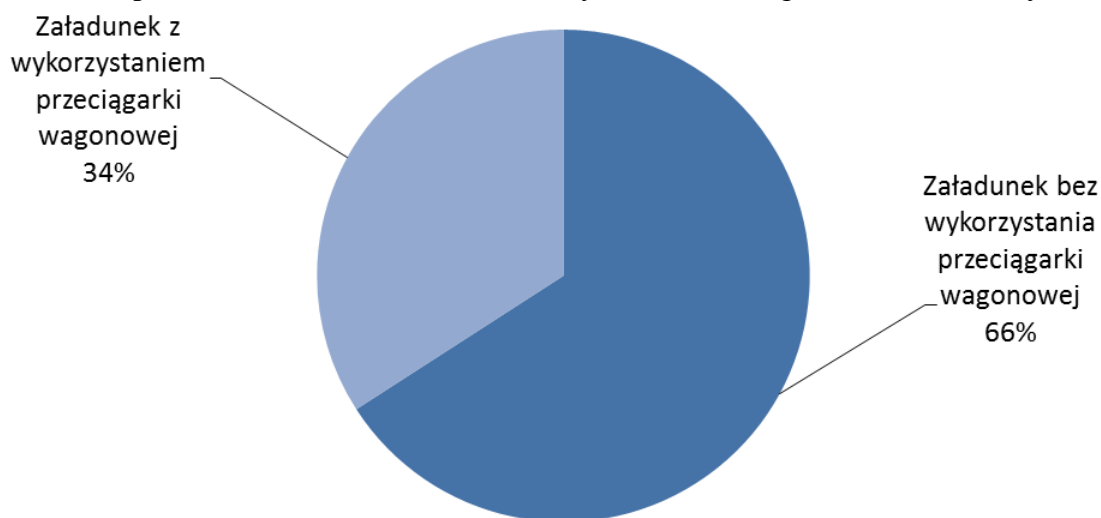
Tab. 1. Macierz transportochłonności dla systemu załadunku z rampy [tkm]

		Długość torowiska [m]						
		100	150	200	250	300	350	400
Długość rampy załadowniczej [m]	80	7023	7023	7023	7023	7023	7023	7023
	90	5267	5267	5267	5267	5267	5267	5267
	100	5267	5267	5267	5267	5267	5267	5267
	110	5267	5267	5267	5267	5267	5267	5267
	120	x	4389	4389	4389	4389	4389	4389

Tab. 2. Macierz transportochłonności dla systemu załadunku z rampy przy wykorzystaniu przeciągarki wagonowej [tkm]

		Długość torowiska [m]						
		100	150	200	250	300	350	400
Długość rampy załadowniczej [m]	80	5377	3676	2853	2030	2085	2140	2195
	90	5377	3676	2853	2030	2085	2140	2195
	100	5377	3676	2853	2030	2085	2140	2195
	110	5377	3676	2853	2030	2085	2140	2195
	120	x	3676	2853	2030	2085	2140	2195

Z przedstawionych macierzy jednoznacznie wynika, że dla systemu załadunku z rampy bez wykorzystania przeciągarki transportochłonność jest zależna tylko od długości rampy załadawczej, natomiast w przypadku wykorzystania przeciągarki wagonowej tylko od długości torowiska. Zestawienie transportochłonności w obu analizowanych wariantach przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Koszty pracy lokomotywy rocznie dla analizowanych wariantów

Podobna sytuacja ma miejsce dla macierzy kosztów pracy lokomotywy (tabela 3, tabela 4), jednak w tym przypadku widoczny jest także nieznaczny wpływ długości rampy załadawczej.

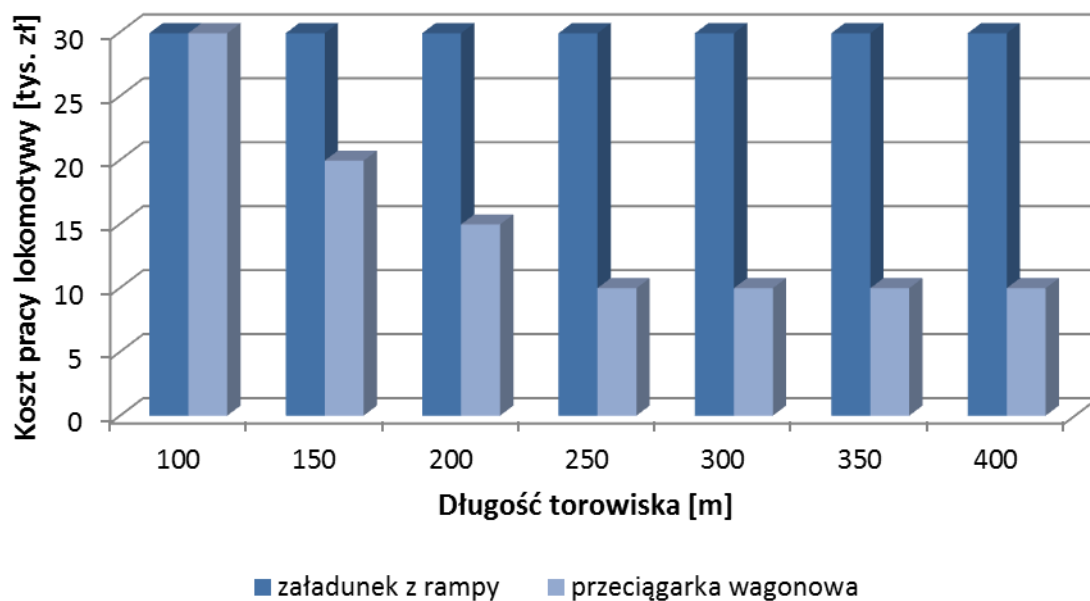
Tab. 3. Macierz kosztów dla systemu załadunku z rampy [zł]

		Długość torowiska [m]						
		100	150	200	250	300	350	400
Długość rampy załadawczej [m]	80	39877	39877	39877	39877	39877	39877	39877
	90	29907	29907	29907	29907	29907	29907	29907
	100	29907	29907	29907	29907	29907	29907	29907
	110	29907	29907	29907	29907	29907	29907	29907
	120	x	24923	24923	24923	24923	24923	24923

Tab. 24. Macierz kosztów dla systemu załadunku z rampy przy wykorzystaniu przeciągarki wagonowej [zł]

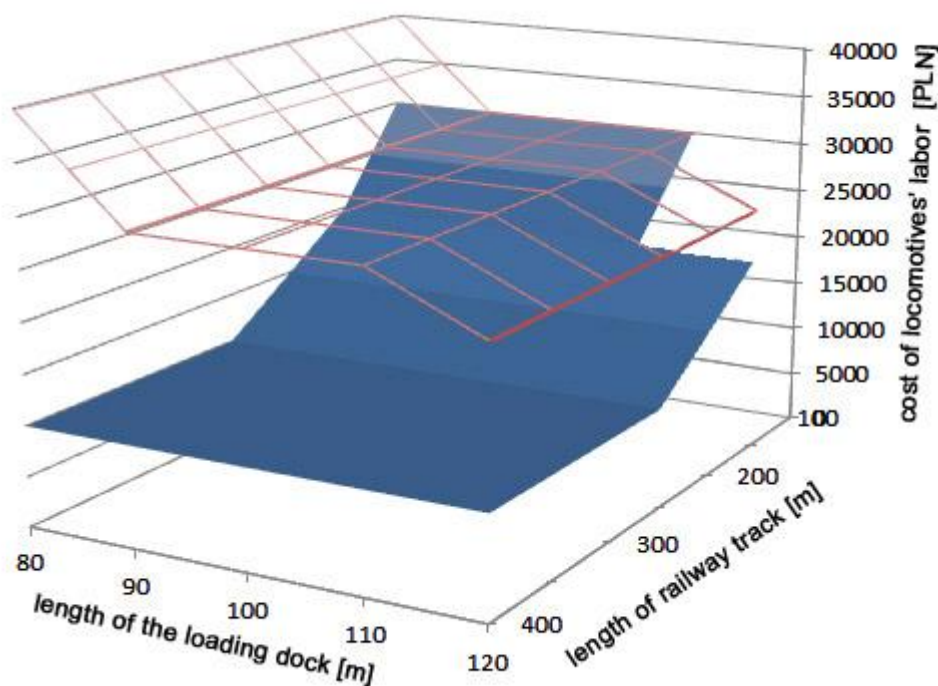
		Długość torowiska [m]						
		100	150	200	250	300	350	400
Długość rampy załadawczej [m]	80	30282	20063	15141	10219	10282	10282	10282
	90	30032	20063	15141	10157	10219	10219	10219
	100	29970	20063	15079	10157	10157	10219	10219
	110	29970	20063	15079	10157	10157	10219	10219
	120	0	20063	15079	10157	10157	10157	10157

Zestawienie porównawcze kosztów pracy samej lokomotywy dla obu wariantów przy długości rampy załadawczej wynoszącej 90 m przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Zestawienie kosztów pracy lokomotywy dla długości rampy równej 90 m.

Z uwagi na maksymalną długość składu wynoszącą 36 wagonów, tj. 498,96 m, nie jest zasadne wykorzystywanie dłuższego odcinka torów niż 250 m, ponieważ przeciągarka nie ma możliwości przetaczania cięższych składów niż 1100 t, a zatem długości 332 m. Zatem wydłużanie toru nie pozwoli zmniejszyć wymaganej ilości postawień lokomotywy, a zatem nie będzie miało wpływu na koszty. Zestawienie kosztów pracy lokomotywy oraz kosztów przeciągarki wagonowej dla obu wariantów przedstawiono na wykresie – rys. 5.



Rys. 5. Koszty pracy lokomotywy i przeciągarki rocznie dla analizowanych wariantów

Jak widać na powyższym rysunku nie jest zasadne wydłużanie rampy załadowniczej, ponieważ jej długość pozwala na zmniejszenie kosztów o około 38% przy wydłużeniu rampy z 80 m do 120 m. Zastosowanie przeciągarki wagonowej pozwala natomiast o zmniejszenie tych kosztów aż o 74% przy

długości rampy załadowniczej wynoszącej 80 m oraz długości wykorzystywanego torowiska wynoszącej 250 m. Ponadto wykorzystanie przeciągarki wagonowej spowoduje większą stabilizację pracy wózków widłowych wykorzystywanych do załadunku. Dodatkowym atutem jest możliwość obsługi przeciągarki wagonowej przez pracownika nie posiadającego dodatkowych uprawnień.

WNIOSKI

Przeprowadzona analiza wykazała, że nie jest zasadne wydłużanie rampy załadowniczej, ponieważ jej długość pozwala na zmniejszenie kosztów o około 38% przy wydłużeniu rampy z 80 m do 120 m. Zastosowanie przeciągarki wagonowej pozwala natomiast o zmniejszenie tych kosztów aż o 74% przy długości rampy załadowniczej wynoszącej 80 m oraz długości wykorzystywanego torowiska wynoszącej 250 m. Wykorzystanie przeciągarki wagonowej spowoduje większą stabilizację pracy wózków widłowych wykorzystywanych do załadunku. Dodatkowym atutem jest możliwość obsługi przeciągarki wagonowej przez pracownika nie posiadającego dodatkowych uprawnień.

Streszczenie

Procesy rozładunku i załadunku towarów na wagony kolejowe są znacznie bardziej problematyczne w organizacji niż załadunek naczep pojazdów drogowych. Wynika to z dużego wolumenu przewożonych ładunków, bardzo często dużych gabarytów oraz konieczności przestawiania wagonów i licznych prac manewrowych generujących duże koszty, których znaczna część jest spowodowana pracą lokomotywy. Aby zmniejszyć te koszty konieczne jest poszukiwanie nowych rozwiązań organizacyjnych i procesowych powodujących bardzo często zmianę całego systemu załadunku lub rozładunku towarów. W niniejszym artykule rozważono wariant wykorzystania przeciągarki wagonowej (urządzenia przetokowego) do podciągania wahadeł kolejowych przy magazynie wyrobów gotowych. Opisany system może być wykorzystany zarówno w przypadku załadunku towarów na wagony jak również i ich rozładunku.

Słowa kluczowe: przeciągarka wagonowa, procesy załadunku, efektywność, wagony kolejowe

Effect of use broaching wagons on efficiency and costs of processes of wagon train loading

Abstract

Processes' of loading and unloading cargos on railway wagons are more problematic for organize than processes in road transport. It's related with huge volume of cargo transportation, which usually are oversized and require to move rails wagons and many shunting work, which generate considerable costs. Most of them are connected with costs of locomotives work. To reduce that costs, it is necessary to find new management and processes solutions. It enforce to changing whole system of loading and unloading. Methods: In this paper it is consider variant of using railroad car puller for movement of trainset in processes of cargo loading from warehouse. This system could be used in case of wagons loading or unloading.

Keywords: broaching wagon machine, loading processes, effectiveness, railway wagons

PODZIĘKOWANIA



*Prezentowane wyniki badań zostały zrealizowane w ramach projektu
EUREKA E!6726 LOADFIX dofinansowanego
ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju*



BIBLIOGRAFIA

1. Zapytanie ofertowe firmy Unitor s.c. na dostawę i montaż przeciągarki wagonów kolejowych UT-7, z dnia 14.10.2014 r.
2. Strona internetowa: <http://www.unitor.net.pl/> (dostęp z dnia 12.11.2014 r).
3. Katalog wagonów PKP CARGO S.A., Warszawa 2009.
4. Lorenc A., Gajewska T.: Koncepcje rozwoju kolejowych wagonów transportowych w celu zwiększenia konkurencyjności transportu kolejowego, Pojazdy Szynowe 2/2014, Poznań, 2014,

5. Lorenc A., Szkoda M.: Analiza gotowości i niezawodności taboru kolejowego z uwzględnieniem rezerwy eksploatacyjnej, Pojazdy Szynowe 3/2014, Kraków, 2014.
6. Kaczor G., Szachniewicz B.: Zastosowanie koncepcji optymalnej wymiany w systemie utrzymania obiektów technicznych, Logistyka 3/2014, Poznań, 2014.
7. Harrison A., van Hoek R.: Logistics Management and Strategy Competing through the supply chain, 3rd edition, Pearson Education Limited, England 2008.
8. Marciniak Z., Medwid M.: Pojazdy Szynowo-Drogowe, Wyd. OBRPS Poznań 1999.
9. Markusik S.: Infrastruktura logistyczna w transporcie, Tom I Środki transportu, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2009.
10. Markusik S.: Infrastruktura logistyczna w transporcie, Tom II Infrastruktura punktowa, magazyny, centra logistyczne i dystrybucji, terminale kontenerowe, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010.
11. Ocena funkcjonowania rynku transportu kolejowego, UTK, lipiec 2012.
12. Stryjczyk T.: Farna P. (red.), Biała księga 2013 Kolej na działania – mapa problemów polskiego kolejnictwa, Railway Business Forum, Warszawa – Kraków 2013.
13. Witkowski J.: Zarządzanie łańcuchem dostaw, koncepcje > procedury > doświadczenia, wyd. PWE, Warszawa 2010.
14. Wojciechowski Ł.: Wojciechowski A., Kosmatka T., Infrastruktura magazynowa i transportowa, Wyższa Szkoła Logistyki, Poznań 2009.