

Józef Stokłosa, Tadeusz Cisowski

Analiza koncepcji pociągów towarowych typu push-pull

Kierunki polityki transportowej krajów członkowskich Unii Europejskiej sformułowano w Białej Księdze, gdzie w pkt. 2. pt. „Wizja konkurencyjnego i zrównoważonego systemu transportu” postawiono między innymi następujące cele do osiągnięcia: „... do 2030 r. 30% drogowego transportu towarów na odległości większe niż 300 km należy przenieść na kolej lub transport wodny, a do 2050 r. powinno to być ponad 50% tego typu transportu. Ułatwi to rozwój efektywnych, ekologicznych korytarzy transportowych”.

Aby to osiągnąć należy prowadzić prace badawcze i wdrożeniowe nad specjalistycznym taborem oraz dysponować zapleczem logistycznym i infrastrukturą przeladunkową. Wśród przedsięwzięć zmierzających do podwyższenia efektywności transportu kolejowego istotną rolę spełniają działania w zakresie obniżenia kosztów wytwarzania, eksploatacji i utrzymania pojazdów trakcyjnych. Drogą do osiągnięcia tego celu jest między innymi koncepcja pociągów towarowych typu push-pull.

Samobieżny zestaw z kabiną i platformą do przewozu kontenerów Cargo Sprinter

W 1996 r. koleje niemieckie DB AG zamówiły w firmach Bombardier-Waggonfabrik-Talbot i Windhoff samobieżne zestawy kolejowe do przewozu kontenerów i nadwozi wymiennych.

W rezultacie wyprodukowano dwa warianty takich pociągów.

Zestaw firmy Windhoff (rys. 1) o długości całkowitej 90,36 m składa się z pięciu wagonów z dwiema kabinami na każdym końcu składu i jest w stanie przewozić do 10 nadwozi wymiennych typu C782 lub kontenerów klasy C o masie do 16 t każdy. Prędkość maksymalna zestawu Cargo Sprinter z pełnym obciążeniem 160 t wynosi 120 km/h.

Konstrukcja zestawu firmy Bombardier-Waggonfabrik-Talbot również składa się z pięciu wagonów: dwóch skrajnych z kabinami sterowniczymi i układami napędowymi oraz trzech środkowych – doczepnych.

Człony środkowe w rozwiązaniu firmy Bombardier-Waggonfabrik-Talbot wykonano jako wagony przegubowe oparte na wspólnych wózkach.

Aby pociąg Cargo Sprinter mógł konkurować na rynku przewozów towarowych z pojazdami ciężarowymi, koszty jego wytworzenia powinny być niższe niż koszty produkcji taboru ciężarowego o podobnej ładowności. W związku z tym do napędu zastosowano typowe mechanizmy samochodów ciężarowych. W dwóch wagonach napędnych (skrajnych) znajdują się po dwa silniki spalinowe firmy Volvo o mocy 265 kW (tab. 1). W rezultacie moc całkowita pociągu wynosi 1060 kW.

Podstawowe parametry pociągu Cargo Sprinter firmy Windhoff przedstawiono w tabeli 1.



Rys. 1. Schemat pociągu firmy Windhoff (kolorem czarnym zaznaczono oś napędową) [8]

Tabela 1

Podstawowe dane systemu Cargo Sprinter [8]

Długość całkowita	90 360 mm
Masa własna pociągu	118 t
Ładowność maksymalna	160 t
Wysokość powierzchni ładunkowej od główki szyny	1130 mm
Wysokość ładunku	2650 mm
Prędkość maksymalna	120 km/h
Silnik	6-cylindrowy firmy Volvo
Moc silnika/obroty	265 kW/2050 obr./min
Liczba silników	4
Moc całkowita	1060 kW
Hamulec	tarczowy (2 tarcze w zestawie kołowym)

Napęd od silników przenoszony jest poprzez automatyczną skrzynkę przekładniową na wewnętrzny zestaw kołowy każdego wózka jezdnego w wagonach skrajnych. Układ napędowy rozmieszczony jest poniżej poziomu podłogi wagonu, co umożliwiła w wagonach skrajnych, oprócz umieszczenia kabiny sterowniczej, również przewóz dwóch nadwozi wymiennych (rys.1).

Skrajne człony napędowe wyposażone są w sprzęgi samoczynne i zderzaki w celu łączenia zestawów w składy o długości do 630 m, ponadto poprzez sprzęg samoczynny poprowadzono złącze magistrali CAN do sterowania połączonymi zestawami. Pomiedzy członami skrajnymi i środkowymi zastosowano sprzęgi śrubowe i zderzaki gumowe. Pociągi Cargo Sprinter nie rozdziela się na stacjach rozrządowych. Rozdzielenie członów zestawu Cargo Sprinter dopuszczalne jest tylko w czasie przeglądów i napraw. Parametry wagonu motorowego przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2

Parametry wagonu motorowego [3]

Długość ze zderzakami	20 190 mm
Odległość między wózkami	13 390 mm
Masa własna wagonu	42,5 t
Ładowność	32 t

Samobieżne zestawy z napędem spalinowym zarówno firmy Windhoff, jak i firmy Talbot zapewniają większą elastyczność w porównaniu z tradycyjnymi pociągami kontenerowymi. Ponadto umożliwiają, dzięki prostemu systemowi ich złączania i rozłączania, bezpośredni transport między małymi terminalami przeladunkowymi.

Jednakże parametry trakcyjne tych pojazdów okazały się niewystarczające, gdyż prędkość konstrukcyjna 120 km/h jest zbyt

mała, aby poruszać się z taktem pociągów pasażerskich, a zbyt duża, aby realizować marszruty grupowe z pociągami towarowymi. Powoduje to, że system o nowatorskiej koncepcji nie mógł wykazać wszystkich swoich zalet w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych. Po kilku latach eksploatacji zestawów Cargo Sprinter koleje niemieckie DB zrezygnowały z ich eksploatacji.

Pociąg towarowy Marti-Express-Shuttle

Do koncepcji towarowego pociągu zmiennokierunkowego typu *push-pull* powróciła w 2008 r. szwajcarska firma Marti Infra. W 2009 r. pierwszy w Szwajcarii pociąg towarowy typu *push-pull* o nazwie Marti-Express-Shuttle dostarczył tuczeń na plac budowy dworca kolejowego Zurych Löwenstrasse [1].

Przebudowa dworca kolejowego bez jego zamknięcia dla pasażerów stanowi ogromny problem natury logistycznej. Projekt budowlany przewidywał zbudowanie w możliwie najbliższej odległości od placu budowy wytwórni betonu. W czasie trwania robót budowlanych należało dostarczyć na plac budowy około 280 tys. t kruszywa. Wykorzystanie do tego celu samochodów ciężarowych spowodowałoby ogromne problemy transportowe w centrum miasta. Zdecydowano się na dostawy transportem kolejowym, który też, ze względu na krótki tor przeładunkowy, wymagał nowej organizacji dostaw ładunku. Miejsce pozyskania kruszywa znajdowało się około 80 km od placu budowy. Aby całkowicie wyeliminować (z braku miejsca) prace manewrowe, zdecydowano się, że najlepszym rozwiązaniem będzie uruchomienie pociągu wahadłowego kursującego między torem przeładunkowym stacji Zurych Löwenstrasse i kopalnią kruszyw.

Pociąg może przewozić 540 t ładunku w 18 pojemnikach wymiennych. Pociąg składa się z lokomotywy elektrycznej, 8 czteroosiowych wagonów platform połączonych krótkim sprzęgiem



Rys. 2. Pociąg Marti-Express-Shuttle z wymiennymi pojemnikami przewozi tuczeń na teren przebudowywanej stacji Zurych-Löwenstrasse [1]



Rys. 3. Lokomotywa elektryczna typu Re 4/4 II w składzie pociągu Marti-Express-Shuttle [1]

w sekcje po dwa wagony, z których każdy może pomieścić dwa pojemniki wymienne, oraz platformy motorowej zmodernizowanej z samobieżnego składu Cargo Sprinter (rys. 2).

Wykorzystując platformę motorową można, w zależności od potrzeb, zmieniać liczbę dwuwagonowych sekcji, bez angażowania lokomotywy manewrowej. W zależności od parametrów linii kolejowej pociąg może rozwijać prędkość do 120 km/h i w sposób optymalny wykorzystywać przepustowość linii kolejowej. Z kabiny maszynisty wagonu motorowego można sterować lokomotywą doczepioną do drugiego końca składu. Pociąg Marti-Express-Shuttle ma maksymalną długość 164 m, jego masa brutto wynosi 870 t. W skróconym wariantcie (trzy dwuwagonowe sekcje) długość pociągu wynosi 132 m.

Sterowanie realizowane jest podobnie jak w pociągach regionalnych *push-pull* typu EW-III szwajcarskiego operatora kolejowego BLS. Sygnały sterujące pracą lokomotywy podawane są z kabiny czołowego wagonu motorowego, natomiast z kabiny lokomotywy nie można sterować pracą silników spalinowych wagonu motorowego.

Wagon motorowy typu STmgms-t to zmodernizowany wagon z pociągu Cargo Sprinter. Wagon ma kabinę sterowniczą oraz platformę do przewozu dwóch pojemników wymiennych typu C745. Ostoja oparta jest na dwóch dwuosiowych wózkach serii 67 typu DRRS. Każdy z dwóch silników spalinowych napędza wewnętrzną oś wózka (rys. 4). Dopuszczalne obciążenie wózków wagonu motorowego wynosi 18 t/oś. W czasie pracy trakcji spalinowej zasilanie urządzeń elektrycznych realizowane jest z dwóch generatorów napędzanych od silników spalinowych.



Rys. 4. Platforma motorowa z kabiną sterowniczą i powierzchnią ładunkową [1]

Wagon motorowy wyposażony jest w trzy układy hamulcowe [1]:

- hamulce tarczowe (dwie tarcze na każdej osi);
- zwalniacz (działa tylko w czasie pracy silników spalinowych) i umożliwia zmniejszenie prędkości z 120 km/h do 30 km/h;
- hamulec postojowy z napędem elektrycznym, uruchamiany w sytuacjach awaryjnych z kabiny wagonu motorowego, działa na zaciski tarczowe we wszystkich osiach obu wózków.

Każda z czterech dwuwagonowych sekcji, opracowanych przez firmę AEE Engineering i zbudowaną w Czechach przez firmę Lostr, składa się z dwóch czteroosiowych platform połączonych krótkim sprzęgiem. Ostoja platform stanowi typową konstrukcję do przewozu kontenerów z zamocowanymi punktami do mocowania pojemników wymiennych. Ostoja wagonów platform oparta jest na standardowych wózkach Y25 Lss. Maksymalne obciążenie osi wynosi 22,5 t, dopuszczalna prędkość 120 km/h. Podstawowe parametry towarowego pociągu typu *push-pull* zestawiono w tabeli 3.

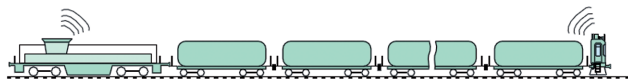
Tabela 3

Podstawowe parametry pociągu Marti-Infra-Shuttle [1]

	Wagon motorowy	Sekcja ładunkowa
Oznaczenie	STmgms-t	Sggrms-z
Układ zestawów kołowych	(1A) (1A)	-
Liczba osi /w tym napędnych	4 / 2	2 x 4 / -
Masa własna [t]	34	36
Masa maksymalna [t]	72	180
Maksymalna masa hamująca [t]	72	144
Dopuszczalny nacisk na oś [t]	18	22,5
Moc silników spalinowych [kW]	2 x 265	
Prędkość maksymalna [km/h]	120	
Długość ze zderzakami [m]	19,74	32,08
Długość powierzchni ładunkowej [m]	15,74	2 x 15,1
Wysokość powierzchni ładunkowej od główki szyny [mm]	1155	
Minimalny promień łuku [m]	75	
Pojemność zbiornika paliwa [l]	940	
Zużycie paliwa [l/100 km]	55	
Zasięg przy pełnym zbiorniku [km]	1600	

System zmiennokierunkowych pociągów towarowych Detacab

Realizację zmiennokierunkowych pociągów towarowych, których zaletą jest wyeliminowanie przestawiania lokomotywy na stacji końcowej, można realizować stosując lokomotywy na końcach składu. Nowa koncepcja, pod nazwą Detacab, zakłada wykorzystanie jednej lokomotywy oraz autonomicznej kabiny sterowniczej maszynisty montowanej na drugim końcu składu (rys. 5). Do realizacji takiej koncepcji można wykorzystać lokomotywy szlakowe wyposażone w system sterowania radiowego. Ponadto wagon końcowy musi być wyposażony w urządzenie do przyłączenia kabiny maszynisty systemu Detacab do sterowania pociągiem.

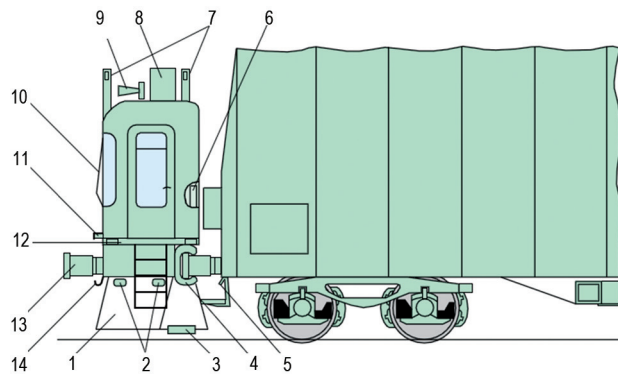


Rys. 5. Schemat pociągu towarowego zmiennokierunkowego składającego się ze standardowych wagonów towarowych, lokomotywy z systemem sterowania radiowego oraz modułem kabiny maszynisty na końcu składu [4]

Wszystkie funkcje sterowania pociągiem w kabinie Detacab są takie same jak w lokomotywie. Pulpit i fotel maszynisty zaprojektowane są zgodnie z wymaganiami ergonomii. Poziom hałasu, temperatury we wnętrzu kabiny odpowiada karcie UIC 651. Pociągi towarowe z zabudowaną kabiną Detacab mogą poruszać się z prędkością 140 km/h [4].

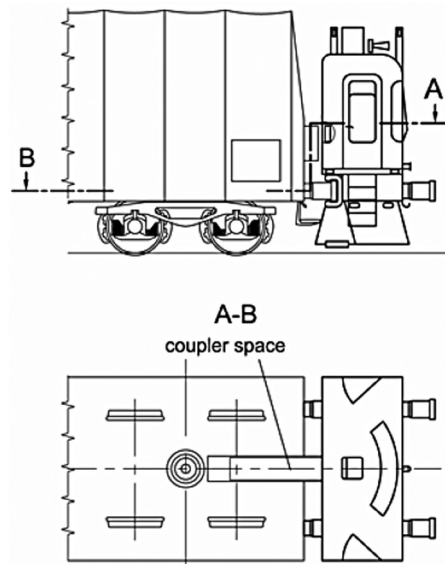
Koncepcja systemu Detacab zakłada zainstalowanie w kabinie sterowniczej systemu ETCS. W procesie formowania składu pociągu moduł kabiny sterowniczej wózkem widłowym lub innym urządzeniem ładunkowym umieszcza się na zderzakach końcowego wagonu, natomiast na miejsce wymontowanego sprzęgu do komory sprzęgowej w ostoi wagonu wsuwana jest specjalna belka stanowiąca wraz z czopami opierającymi się na zderzakach trzy punkty mocowania modułu kabiny do wagonu końcowego (rys. 5). Zdemonstrowany sprzęg mocowany jest z drugiej strony modułu kabiny. Jest to niezbędne w sytuacji gdyby zachodziła

konieczność przyłączenia do wagonu końcowego pociągu dodatkowego wagonu lub do formowania dwóch składów. Obecnie system Detacab został zaprojektowany dla pociągów europejskich z klasycznym sprzęgiem śrubowym. Elementy modułu kabiny Detacab pokazano na rysunku 6.



Rys. 6. Elementy modułu kabiny Detacab [4]

1 - oczyszczacz torów, 2 - otwory do wsuwania widel wózka podnośnikowego, 3 - anteny systemu ETCS, 4 - element podparcia kabiny, 5 - podłączenie przewodu powietrza, 6 - ogrzewanie kabiny, 7 - uchwyty do podnoszenia kabiny, 8 - antena do łączności radiowej z lokomotywą, 9 - buczek, 10 - wycieraczki, 11 - belka wzmacniająca konstrukcję kabiny, 12 - elementy sprężyste zawieszenia kabiny, 13 - zderzak, 14 - sprzęg śrubowy



Rys. 7. Sposób mocowania kabiny Detacab do wagonu końcowego [4]

Kabina maszynisty powinna być wyposażona w niezależny układ wytwarzania energii elektrycznej niezbędnej do zasilania urządzeń sterowania oraz układu klimatyzacji. W pierwszym wariancie do wytworzenia energii elektrycznej w kabinie zamontowano generator napędzany silnikiem wysokoprężnym. Wycieraczki oraz buczek zasilane są z układu pneumatycznego.

Nowoczesne wyspecjalizowane technologie załadunku i wyładunku wagonów zapewniają krótki czas pobytu wagonów w punktach ładunkowych. Zatem nie ma potrzeby odłączania lokomotywy od składu i konfiguracja pociągu może pozostać niezmienną w czasie jednego obrotu składu. W pierwszym etapie eksploatacji pociągów *push-pull* z kabiną Detacab planowane jest zastosowa-

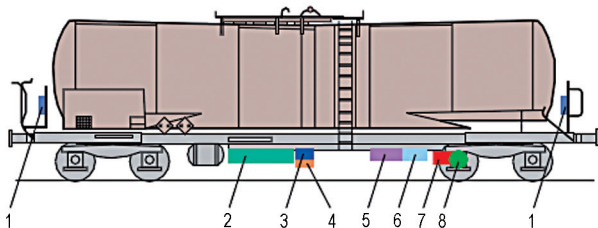
nie lokomotyw małej mocy i wykorzystanie systemu w przewozach na małe odległości. Transport ładunków na średnie i duże odległości można realizować według sprawdzonej technologii Cargo Sprinter. Na węzłowej stacji kilka krótkich składów łączonych jest w jeden pociąg, który ciągnie jedna lokomotywa do docelowej stacji węzłowej, na której po rozdzieleniu składów każdy z nich odprawiany jest do stacji przeznaczenia.

Zakłada się, że taka organizacja przewozów towarowych powinna doprowadzić do zmniejszenia obciążenia na głównych liniach kolejowych oraz zmniejszyć liczbę maszynistów i obniżyć koszty dostępu do infrastruktury.

System FlexCargoRail

System FlexCargoRail został opracowany w celu eksploatacji wagonów towarowych z niezależnym układem napędowym. System zwiększa elastyczność wykonania operacji rozrządowych, a w rezultacie efektywność przewozów ładunków pojedynczymi wagonami. Rozwój w ostatnich latach nowoczesnych rozwiązań w zakresie urządzeń do akumulowania energii pozwala w takich wagonach na zastosowanie do napędu wagonów silników elektrycznych w celach realizacji typowych operacji manewrowych, a także formowania pociągów towarowych z rozproszonym napędem.

Standardowe wagony towarowe wyposaża się w silnik elektryczny, który poprzez przekładnię napędza jedną oś (rys. 8) oraz system zdalnego sterowania radiowego.



Rys. 8. Przykład rozmieszczenia układu napędowego w wagonie cysiermie
1 - panel sterujący, 2 - bateria akumulatorów, 3 - układ sterowania, 4 - urządzenia łączności radiowej, 5 - zespół przetwornic falowników, 6 - wentylator silnika trakcyjnego, 7 - silnik trakcyjny, 8 - przekładnia [5]

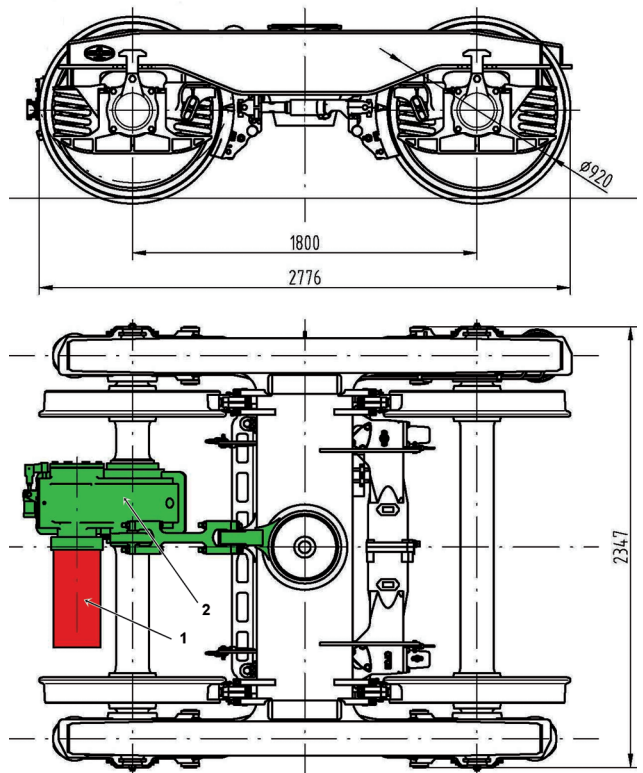
Moc układu napędowego wagonu została dobrana na podstawie następujących wymagań:

- możliwość rozpędzenia dwóch wagonów, z których jeden jest wagonem motorowym do prędkości 25 km/h (całkowita masa odpręgu 180 t);

- zapewnienie minimalnej prędkości 5 km/h przy pochyleniu toru 12,5 ‰;
- stabilna praca w reżimie generatora przy prędkości wagonu motorowego w składzie pociągu do prędkości 120 km/h.

W tabeli 4 zestawiono podstawowe parametry techniczne wagonu systemu FlexiCargoRail. Jak wynika z danych zawartych w tabeli, moc układu napędowego może się zmieniać od 70 do 100 kW w zależności od parametrów toru i reżimów pracy układu.

Na rysunku 9 przedstawiono eksperymentalny wózek napędny wagonu FlexiCargoRail. Wykorzystano standardowy wózek wagonów towarowych Y25Lsd, silnik asynchroniczny 1PV513 firmy Siemens o masie 120 kg, chłodzony mieszaniną wody i glikolu, przekształtnik ELFA na IGBT tranzystorach oraz jednostopniową przekładnię zębatą.



Rys. 9. Zasada rozmieszczenia napędu elektrycznego w wózku napędnym wagonu FlexiCargoRail
1 - silnik asynchroniczny, 2 - przekładnia [7]

Moment napędowy od silnika na oś napędną można było przenieść za pomocą wału przegubowego. Jednakże badania eksperymentalne pokazały, że układ napędowy z wałem przegubowym

Tabela 4

Charakterystyka techniczna wagonu motorowego z napędem elektrycznym [5]

Prędkość [km/h]	Przyspieszenie [m/s ²]	Opory toczenia		Moc na kole [kW]	Współczynnik tarcia	Siła pociągowa [kN]
		na placu bez przyspieszenia [N]	na pochyleniu 12 ‰, prędkość do 5 km/h [kN]			
0	0,05	10635,085	42,608	0,000	0,331	73,160
1	0,10	47,957	41,920	11,645	0,328	72,324
5	0,10	85,951	41,958	58,276	0,314	69,321
10	0,18	149,883	35,790	99,416	0,300	66,193
15	0,12	232,081	23,992	99,967	0,288	63,595
20	0,07	332,536	18,153	100,847	0,278	61,403
25	0,09	451,277	14,311	99,384	0,270	59,529

wym charakteryzuje się mniejszą niezawodnością, spowodowaną niekorzystnym oddziaływaniem sił powstałych w czasie wykonywania manewrów w procesie rozrządania. Ponadto wymaga przeprowadzania częstych czynności obsługowych w porównaniu z rozwiązaniem przedstawionym na rysunku 8.

Do zasilania trakcyjnego silnika elektrycznego wykorzystano akumulatory NiCd oraz w drugiej wersji NiMH. W przyszłości planuje się zastąpienie ich akumulatorami Li-Ion – zdecydowanie lżejszymi od obecnie stosowanych. Bateria akumulatorów w eksperymentalnej wersji wagonu ma masę około 600 kg.

Podsumowanie

Jak widać z przeprowadzonej analizy tendencji rozwojowych koncepcja pociągów towarowych typu *push-pull* stanowi wciąż problem otwarty.

Samobieżny skład Cargo Sprinter do przewozu kontenerów i nadwozi wymiennych w zasadzie nie sprawdził się w eksploatacji na kolejach niemieckich. Po kilku latach eksploatacji zaprzestano ich stosowania. Była to pierwsza próba przeniesienia koncepcji *push-pull* do przewozów towarowych. Doświadczenia z eksploatacji Cargo Sprinter wykorzystata po kilku latach firma Marti Infra zmieniając nieco koncepcję według schematu pociągów zmienno kierunkowych, od dawna wykorzystywanych w przewozach pasażerskich. Lokomotywa elektryczna ciągnie skład wagonów towarowych, na końcu składu znajduje się wagon motorowy z kabiną sterowniczą. Wagon motorowy spełnia w takim rozwiązaniu podwójną funkcję: w czasie jazdy na szlaku z kabiny tego wagonu maszynista steruje pracą lokomotywy w reżimie pchania składu, natomiast w punkcie ładunkowym wagon motorowy wykorzystywany jest do manewrów składu, eliminując całkowicie zapotrzebowanie na lokomotywę manewrową. Daje to znaczące oszczędności czasu traconego tradycyjnie na manewry.

System Detacab również oparty na zasadzie pociągów zmienno kierunkowych jest obecnie w fazie eksperymentalnej, więc trudno jest wyrokować na temat jego efektywności. Największe kontrowersje może w chwili obecnej budzić konstrukcja wymiennej kabiny sterowniczej pod kątem zapewnienia odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa dla maszynisty w przypadku zderzenia. Niemniej jednak pierwsze próby pokazały efektywność takiej koncepcji pociągów towarowych, zwłaszcza na małe i średnie odległości [4].

Efektywność eksploatacji motorowych wagonów towarowych typu FlexCargoRail w pierwszej kolejności zależy od czasu obrotu wagonu.

Biorąc pod uwagę fakt, że wagon motorowy FlexCargoRail jest w stanie przemieszczać się z własnym napędem, ciągnąc dodatkowo jeszcze jeden wagon, to w zasadzie nie ma konieczności montowania takiego napędu w każdym wagonie towarowym.

Zapewnienie krótkiego czasu obrotu wagonów wymaga zastosowania nowych metod organizacji przewozów towarowych. W tradycyjnych przewozach przesyłek drobnych proces formowania składów pociągów pochłania dużo czasu. Pierwsze eksperymenty z wykorzystaniem wagonów FlexCargoRail, przeprowadzone z pociągami w składzie 4–6 wagonów w relacji między stacjami rozrządowymi, okazały się znacznie bardziej efektywne w porównaniu z tradycyjnymi przewozami pojedynczych wagonów. Motorowe wagony FlexCargoRail można wykorzystać do obsługi bocznic, eliminując lokomotywy manewrowe.

Proponowana koncepcja wagonu motorowego FlexCargoRail upraszcza organizację dostaw ładunków transportem kolejowym według zasady dokładnie na czas. Skład wagonów motorowych, niezależnie od lokomotywy manewrowej może przybyć dokładnie na czas lub dokładnie według określonej kolejności na punkt przeładunkowy. Dzięki temu również, bez angażowania lokomotywy manewrowej wagony próżne bądź ładowne mogą opuścić tory przeładunkowe.



Literatura

- [1] Balmer P., Gerber P.: *Marti Express Shuttle- Der erste normalspurige Cargo Pendelzug der Schweiz*. Eisenbahn Revue 5/2009.
- [2] Dickenbrok B. et al.: ZEVrail 1-2/2009, s. 42–50.
- [3] Eisenbahntechnische Rundschau 10/1997, s. 641–644.
- [4] Hecht M.: *Detachable Freight Cab*. TU-Berlin 11.12.2007. www.ifv-bahntechnik.de
- [5] http://www.irt.rwth-aachen.de/uploads/media/FlexCargoRail_BS.pdf
- [6] Karta UIC-651. *Ukształtowanie kabin maszynisty lokomotyw, wagonów silnikowych, zespołów trakcyjnych i wagonów sterowniczych*. Wyd. 2 Paryż 2000.
- [7] Enning M., Kochsiek J., Jugelt R.: *FlexCargoRail. FlexCargoRailWege zu neuen Bedien-, Sammel- und Verteilkonzepten und Ansätze für den modernen Zugverbund im Schienengüterverkehr*. www.flexcargorail.de
- [8] Stokłosa J.: *Transport intermodalny*. Techniki i technologie. Wydawnictwo WSEI, Lublin, 2011.
- [9] Stuhr H., Dickenbrok B.: Eisenbahntechnische Rundschau 5/2009, s. 230–233.

Józef Stokłosa

Tadeusz Cisowski

Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie
Wydział Transportu i Informatyki