

Zintegrowane systemy kolejowo- -tramwajowe

Zachodzące w ostatnich latach w Europie zmiany zasad finansowania pasażerskiego transportu publicznego stworzyły dogodne warunki do integracji tradycyjnych dotąd odrębnych systemów transportu miejskiego i kolejowego regionalnego. Korzyści, jakie można uzyskać tworząc zintegrowany system transportu publicznego, zwłaszcza szynowego, są tak duże, że po udanym debiucie takiego systemu w 1992 r. w Karlsruhe, Niemcy, gwałtownie wzrosło zainteresowanie tego rodzaju rozwiązaniami organizacyjnymi. Obecnie w Europie jest realizowanych, bądź znajduje się fazie planowania, kilkadziesiąt podobnych projektów [1]. Projekty systemów kolejowo-tramwajowych są także opracowywane w Polsce.

Koncepcja integracji obu dotychczas odrębnych systemów transportowych – współlistnienia pociągów i tramwajów na torach kolejowych – ma wiele zalet, z których najważniejsze to:

- mniejsze nakłady na infrastrukturę niż w przypadku budowy lub rozbudowy oddzielnych sieci tramwajowych i kolejowych;
- bardziej efektywna organizacja transportu w zakresie połączeń centrów miast z odległymi przedmieściami i osiedlami satelickimi;
- niższe koszty eksploatacji zintegrowanego systemu.

Wykorzystanie tych zalet wymaga jednak zaistnienia odpowiednich warunków ekonomicznych, polegających na stworzeniu kompetentnych ośrodków władzy odpowiedzialnych za organizację transportu na poziomie regionów i wyposażonych w środki finansowe odpowiednie do potrzeb. Nic więc dziwnego, że najbardziej podatny grunt dla takich rozwiązań zaistniał w Niemczech, gdzie polityka regionalizacji transportu publicznego jest prowadzona od wielu lat z dużą konsekwencją. Ważne dla powodzenia projektów jest także prorynkowe nastawienie kolei, która strzegąc tradycyjnego monopolu na dostęp do infrastruktury, może utrudnić ich realizację także ze szkodą dla własnych interesów.

Projekty tramwajowo-kolejowe są głównie planami dotyczącymi infrastruktury, z którą wiążą się duże koszty. W tym względzie nie różnią się one od innych planów dotyczących transportu publicznego i muszą więc konkurować o finansowanie z istniejącymi już środkami transportu. Projekt musi więc zyskać poparcie już we wczesnej fazie, jako profesjonalna i racjonalna propozycja akceptowalna dla lokalnych władz politycznych.

Realizacja tych projektów nie byłaby też możliwa bez znaczącego postępu w technologii budowy pojazdów szynowych, jaki nastąpił w końcu XX wieku. Aczkolwiek pierwsze projekty tych pojazdów znacznie różniły się między sobą pod względem zastosowanych rozwiązań technicznych, to obecnie w miarę wzrostu zapotrzebowania na nie pojawiły tendencje standaryzacji części rozwiązań technicznych. Celem tych prac jest obniżenie kosztów jednostkowych produkcji pojazdów, co będzie miało duży wpływ na całkowite koszty realizacji projektów systemów kolejowo-tramwajowych.

Dotychczasowe rozwiązania techniczne

Definicja zintegrowanego systemu kolejowo-tramwajowego obejmuje wiele różnych pod względem technicznym i organizacyjnym rozwiązań. Zasadniczo można dokonać podziału pojazdów do obsługi tych systemów na pojazdy typu:

- tramwajowego, z adaptacją do poruszania się po torach kolejowych;
- kolejowego, z możliwością jazdy po klasycznych lub wzmocnionych torowiskach tramwajowych.

Wybór typu pojazdu ma duży wpływ na jego koszt. Pojazd typu kolejowego jest droższy, ale ma też zaletę spełnienia najbardziej ostrych wymagań, jakie mogą zostać postawione przez zarządzającego siecią kolejową. Takie rozwiązania zastosowano w Zwickau, Niemcy, i w Linzu, Austria. W tych przypadkach pociągi kolei regionalnych (lekkie autobusy szynowe o napędzie spalinowym) korzystają ze wspólnych, ale krótkich odcinków z pojazdami tramwajowymi.

Jeżeli zasilanie pojazdu odbywa się zarówno w strefie miejskiej (tramwajowej) i na liniach kolejowych z sieci trakcyjnej, to w zdecydowanej większości przypadków wartości napięć zasilania w obu systemach są różne. Zastosowanie jednego poziomu napięcia zasilania możliwe jest tylko wówczas, gdy wykorzystywane tory kolejowe są niezelektrofikowane i nie przewiduje się ich elektryfikacji wysokim napięciem. Takie rozwiązanie funkcjonuje w systemie Metrolink w Manchester, gdzie niewykorzystane lub słabo wykorzystane odcinki linii kolejowych zostały zelektryfikowane tym samym napięciem co sieć miejska – 750 V.

Najtrudniejszym technicznie jest rozwiązanie problemu zasilania pojazdu różnymi, często znacznie różniącymi się wartościami napięć. Dotychczas takie pojazdy zasilane z dwóch systemów są eksploatowane tylko w Niemczech i Szwajcarii [2].

Różnice w wymaganiach technicznych dla pojazdów tramwajowych i kolejowych

Przepisy w zakresie budowy i eksploatacji pojazdów kolejowych i tramwajowych różnią się w wielu zagadnieniach, ale

nie w sposób wykluczający budowę pojazdów dwusystemowych. Na kolejach europejskich przepisy te mają międzynarodowy charakter i są ujęte w kartach UIC. Dla pojazdów tramwajowych wymagania techniczne są regulowane ustawami i rozporządzeniami wewnętrzkrajowymi. Wymagania UIC dla pojazdów kolejowych są znacznie ostrzejsze niż wymagania dla pojazdów tramwajowych. Wdrożenie zintegrowanych systemów opartych na pojazdach dwusystemowych wymaga określenia kompromisowych rozwiązań prawnych [3]. Aczkolwiek różne lokalne rozwiązania organizacyjne zintegrowanych systemów transportu szynowego funkcjonują w niektórych regionach Europy od dziesiątków lat, to po raz pierwszy problem takich regulacji prawnych pojawił się w Karlsruhe w latach 80., gdzie pojazd typu tramwajowego miał wjechać na tory kolejowe linii magistralnych o prędkości maksymalnej 160 km/h. Miejskie sieci tramwajowe w Niemczech podlegają regulacjom prawnym BOStrass (Verordnung über den Bau und Betrieb von Straßenbahnen – Rozporządzenie o budowie i eksploatacji tramwajów), natomiast systemy kolejowe podlegają regulacji EBO (Eisenbahn-Bau und Betriebsordnung – Kolejowe regulaminy budowy i eksploatacji). Nadrzędną rolę nad nimi spełniają ponadto przepisy AEG (Allgemeines Eisenbahngesetz – Ogólne przepisy kolejowe) [4].

Zasadniczą rolę przy wprowadzaniu pojazdów komunikacji miejskiej na tory kolejowe odegrały warunki sprecyzowane przez VDV (Verband Deutscher Verkehrsunternehmen – Związek Przewoźników Niemieckich), które określiły przyjęcie dla tych pojazdów rozwiązań technicznych stosowanych dla kolei podmiejskiej. Koleje podmiejskie są zwyczajowo włączane do grupy LNT (Leichten Nahverkehrstriebwagen – lekkie pojazdy ruchu podmiejskiego). Wprowadzenie pojazdów LNT do wspólnej eksploatacji z pojazdami EBO na torach kolejowych w ruchu publicznym zostało zatwierdzone podpisaniem ogólnych zasad przez Ministra Komunikacji (Bundesministers für Verkehr – BMV).

Pojazdy LNT charakteryzują korzystne parametry dotyczące bezpieczeństwa ruchu dzięki dużym wartościom opóźnienia hamowania, które musi wynosić – zgodnie z BOStrass – $2,73 \text{ m/s}^2$, co jest istotne w przypadku zapewnienia bezpieczeństwa w kolizjach np. na przejazdach kolejowych. Dla pojazdów LNT wymagana jest minimalna wartość siły statycznej, która nie wywołuje odkształceń plastycznych nadwozia, a która jest przyłożona na wysokości, gdzie usytuowane są osie podłużne zderzaków lub sprzęgów samoczynnych kolejowych pojazdów szynowych o wartości 600 kN. Dla pojazdów kolejowych, według kart UIC, powinna ona wynosić 1500 kN.



Fot. 1. Karlsruhe – tramwaj dwusystemowy na ulicy w centrum miasta

Fot. W. Glass



Fot. 2. Karlsruhe Durach – tramwaj na torach kolejowych

Fot. W. Glass



Fot. 3. Linia Karlsruhe – Worth w Worth zasilana jest napięciem 15 kV

Fot. W. Glass

Odnosnie warunków technicznych BMV (Ministerstwo Komunikacji) określiło w kwietniu 1995 r. wymagania szczegółowe dla pojazdów dwusystemowych:

- ograniczenie maksymalnej prędkości przy eksploatacji wspólnej do 90 km/h;
- możliwości hamowania zgodne z przepisami BOStrass;
- instalacja pociągowych (LNT) i torowych urządzeń oddziaływania pociągu oraz radiolączności w celu przekazywania poleceń hamowania awaryjnego i wezwania pomocy.

Ponadto ruch mieszany może odbywać się przy spełnieniu następujących warunków:

- wyposażenie szlaków w semafony, zwrotnice zależne od sygnalizatorów, blokadę liniową i urządzenia oddziaływania pociągu, jak również w urządzenia sygnalizacji zajętości toru;
- wprowadzenie ruchu mieszane dozwolone jest tylko na szlakach, na których dopuszczalna prędkość jazdy pociągów jest mniejsza niż 160 km/h;
- jazda w tunelach dwutorowych z maksymalną prędkością mniejszą niż 120 km/h;
- manewry na torach użytkowanych przez LNT tylko pojazdami LNT.

W uzasadnionych przypadkach Ministerstwo Komunikacji (BMV) dopuszcza odstępstwa od istniejących zasad tech-

nicznych, jednak przy zagwarantowaniu takiego samego poziomu bezpieczeństwa.

Odpowiednie regulacje prawne są także przygotowywane we Francji, gdzie do zagadnień bezpieczeństwa ruchu kolejowego przykładają się szczególną wagę. W związku z opracowywaniem pierwszego na dużą skalę projektu systemu kolejowo-tramwajowego w Miluzie, w SNCF powołano specjalnego koordynatora do przygotowania odpowiednich regulacji prawnych i opracowania wymagań technicznych dla pojazdów. Warto zaznaczyć, że projekty zintegrowanych systemów we Francji są przygotowywane przy aktywnym udziale kolei SNCF partycypującej w kosztach projektów [5].

W Polsce nie ma jeszcze odrębnych regulacji prawnych dla pojazdów dwusystemowych. Nie można też skorzystać tak jak w Niemczech z regulacji prawnych dla kolei miejskich, bo takich kolei w Polsce nie ma. Dwa – jedyne w przeszłości funkcjonujące, jako koleje miejskie – systemy: SKM w regionie gdańskim i warszawska WKD, po włączeniu do struktur PKP zostały pod względem prawnym ujednolicone z kolejami normalnotorowymi.

Dla pojazdów tramwajowych obowiązuje rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z 17 września 1999 r. w sprawie warunków technicznych tramwajów i trolejbusów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia (Dz.U. nr 88, poz. 993, z 1999 r.). Parametry techniczne torowisk tramwajowych są określone w rozporządzeniu Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne oraz ich usytuowanie (Dz.U. nr 43, poz. 430, z 1999 r.) oraz w innych przepisach, dotyczących torów i torowisk tramwajowych.

Regulacje prawne dla pojazdów kolejowych są oparte na wymaganiach kart UIC, a dopuszczenia ich do ruchu dokonuje Główny Inspektor Kolejnictwa.

Właściwą drogą wydaje się więc opracowanie odpowiedniego rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej, regulującego zasady funkcjonowania systemów kolejowo-tramwajowych.

Techniczne aspekty budowy pojazdów

Dotychczas wprowadzone do eksploatacji w zintegrowanych systemach kolejowo-tramwajowych pojazdy cechuje ogromna różnorodność rozwiązań począwszy od wzmocnionych konstrukcji pojazdów tramwajowych, do klasycznych lekkich autobusów szynowych o napędzie spalinowym.

Wybór rozwiązania technicznego uwarunkowany jest lokalnymi warunkami organizacyjnymi.

Jeśli pojazd ma być zasilany z kolejowej sieci trakcyjnej, to musi być wyposażony w odpowiednie urządzenia do poboru napięć różniących się między sobą wartościami. W miejskich sieciach tramwajowych stosowane są napięcia 600 i 750 V prądu stałego. Eksploatowane są obecnie zintegrowane systemy korzystające z trakcyjnych sieci kolejowych o napięciach 15 kV 16 2/3 Hz. W projektach znajdują się pojazdy na stosowane na kolejach napięcia 25 kV 50 Hz i 3 kV prądu stałego. Projekty pojazdy dwusystemowego 3 kV/600 V są rozpatrywane dotychczas tylko w Polsce. We



Fot. 4. Tramwaj dwusystemowy w Saarbrücken przed Dworcem Głównym

Fot. W. Glass

Tablica 1

Typowe parametry pojazdów dwusystemowych w porównaniu z parametrami tramwajów konwencjonalnych (na podstawie [12]).

Parametr		Pojazd dwusystemowy	Tramwaj konwencjonalny
Długość	[m]	30 ÷ 40	10 ÷ 40
Szerokość	[m]	2,40 ÷ 2,65	2,20 ÷ 2,65
Pojemność	[pasażerów]	200 ÷ 230	powyżej 100
Udział miejsc do siedzenia	[%]	40	30
Maksymalna prędkość	[km/h]	100	60
Napięcie zasilania	[V]	wielonapięciowe	600, 750
Udział niskiej podłogi	[%]	min 50%	do 100
Wytrzymałość statyczna	[N]	600	200

Francji rozpatrywane są koncepcje pojazdów zasilanych z trzech systemów 25 kV 50 Hz, 15 kV 16 2/3 Hz i 1,5 kV DC.

Do poboru prądu z sieci trakcyjnej stosowane są dwa, oddzielne dla każdego systemu odbieraki prądu lub jeden wspólny (w Saarbrücken).

W dotychczasowych rozwiązaniach niemieckich obwody elektryczne główne w swojej idei są zbliżone do rozwiązań stosowanych w wielonapięciowych pojazdach kolejowych, gdzie jedno z napięć zasilania jest prądu stałego, a drugie przemiennego. Napięcie kolejowe 15 kV jest obniżane przez transformator do poziomu napięcia sieci tramwajowej miejskiej. Pozostała część obwodu jest już wspólna dla obu rodzajów napięć [6]. Wadą systemu 15 kV 16 2/3 Hz jest konieczność stosowania dużego transformatora o masie około 8 t przy przenoszonej mocy około 1 MW, co stanowi około 15% masy całego pojazdu. W przypadku systemu zasilania 25 kV 50 Hz masa transformatora tej samej mocy wynosi tylko 4 t [5].

W pierwszych pojazdach dwusystemowych stosowane były chopery i silniki prądu stałego. Obecnie zastąpione zostały falownikami i silnikami asynchronicznymi klatkowymi. Mniejsze gabaryty silników umożliwiły obniżenie podłogi w wagonach.

W pojeździe dwusystemowym 3 kV/600 V, a więc przystosowanym do warunków polskich, problem transformacji napięcia jest znacznie bardziej złożony. Napięcie 3 kV prądu stałego musi zostać przetworzone przez falownik na przemiennie. Częstotliwość tego napięcia może zostać tak dobrana, aby osiągnąć minimum masy transformatora obniżającego napięcie do poziomu 600 V. Następny etap to wyprostowanie napięcia z wyjścia transformatora. Dalszą część obwodu jest już wspólna dla obu systemów zasilania – składa się z falownika i silników prądu przemiennego [7].

Szacuje się, że masa dodatkowych urządzeń dla systemu 3 kV wynosić będzie około tony, a więc znacznie mniej niż dla systemu 15 kV.

Rozważane są także projekty uproszczonych układów bez transformatora i separacji galwanicznej. Wymagają one jednak analiz zachowania zasad bezpieczeństwa przed przeniesieniem się napięcia między obu systemami [7].

Zasadniczym wyborem jest określenie skrajni pojazdu. Jeżeli pojazd będzie poruszać się po istniejącej sieci tramwajowej, to szerokość pojazdu jest limitowana skrajnią dopuszczalną dla linii tramwajowych.

Wysokość maksymalna skrajni pojazdu jest zdeterminowana przez wysokość przewodu sieci trakcyjnej – między nim a opuszczonym odbierakiem prądu powinna być zachowana odległość 100 mm. Tam, gdzie jazda jest „niska” – przebiega w mieście, wysokość sieci powinna osiągać 3,6 m, co powoduje, że wysokość pojazdu wyniesie 3,4 m. Jazda po sieci kolejowej nie stwarza wtedy problemu, pod warunkiem, że wymiary odbieraka pozwolą na „sięgnięcie” do sieci kolejowej o wysokości 6,5 m.

W tym co się tyczy szerokości nadwozia, to teoretyczna wielkość maksymalna wynosi tu 2,95 m, czyli tyle, ile przykładowo szerokość pojazdów SNCF. Szerokość tramwa-



Fot. 5. Tramwaje w regionie Kolonii kursują po torach linii towarowej *Hafen und Guterkehr Köln AG (HGK)* – uprzednio nieelektryfikowanej; są to linie: 16 Köln – Bonn (uruchomiona ok 1980 r.), 18 Köln – Bonn (uruchomiona ok 1987 r.), 7 do Frechen; na fotografii tramwaj linii 7 Fot. J. Goździewicz



Fot. 6. Tramwaj linii nr 16 na przystanku podziemnym w Kolonii

Fot. J. Goździewicz

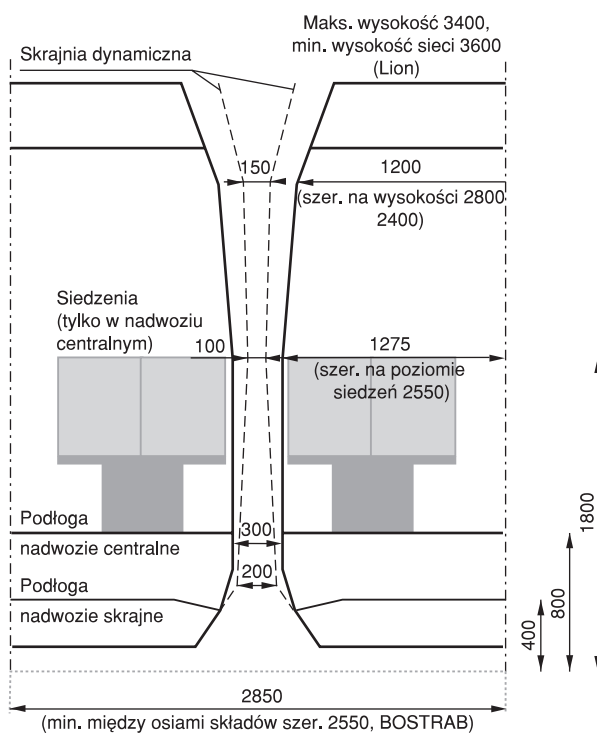
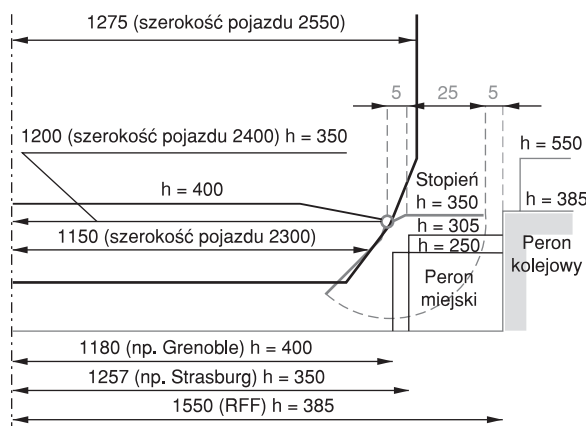


Fot. 7. Tramwaj linii 7 na przystanku Heumarkt w centrum Kolonii

jów jest sporo mniejsza, np. we Francji szerokości te wynoszą 2,32 m w Orleanie czy 2,65 m w Montpellier.

W zależności od lokalnych warunków w miastach szerokość pojazdów tramwajowych waha się w granicach od 2,30 do 2,65 m. Uważa się, że szerokość 2,55 m jest odpowiednia do zapewnienia wystarczającego komfortu i umieszczenia czterech foteli dla pasażerów w pojeździe. Jednak, jeżeli pojazd dwusystemowy korzysta z istniejącej już sieci tramwajowej, to jego szerokość musi być zdeterminowana skrajnią wymaganą dla tych torowisk tramwajowych, chyba że istnieją warunki do jej poszerzenia.

Tak duża różnica szerokości pojazdów kolejowych i tramwajowych sprawia problem z dopasowaniem stopni wejściowych do peronów kolejowych i miejskich tramwajowych.



Szczelina powietrzna o zmiennej szerokości 100-200 mm

Rys. 1. Wymiary standardowe i skrajnia maksymalna na liniach tramwajowych

Dodatkową trudnością są różne wysokości tych peronów. Z tej przyczyny w spotykanych konstrukcjach stosuje się chowany stopień, którego położenie może być regulowane przez maszynistę w zakresie od 380 do 550 mm ponad poziom szyn, a ponadto jest on wysuwany, co ułatwia wsiadanie i wysiadanie, szczególnie kiedy pojazd znajduje się na torach kolejowych, gdzie dodatkowo o około 20–30 cm jest większa skrajnia.

Problem ten w Niemczech został rozwiązany poprzez zastosowanie wysuwanych stopni (palet), aby była możliwa obsługa tych peronów kolejowych, których wysokość przekracza 760 mm ponad główką szyny.

Przyjmuje się też obecnie zasadę, że pojazd dwusystemowy przynajmniej na połowie swojej długości powinien mieć obniżoną podłogę do wysokości co najmniej 550 mm na główką szyny.

Problemy te nie występują wówczas, gdy linie tramwajowe w miastach buduje się lub modernizuje od podstaw. W takich przypadkach stosuje się podwyższone parametry techniczne dla torowisk tramwajowych, które umożliwiają wprowadzenie na niego pojazdów o większym nacisku na oś i o skrajni kolejowej. Klasyczne torowiska tramwajowe nie są przystosowane zasadniczo do przenoszenia obciążeń większych niż 10 ton na oś.

Kolejnym ograniczeniem jest długość pojazdu. Przepisy w różnych krajach określają dopuszczalną długość pociągu tramwajowego (w Polsce do 52 m). Znacznie większym problemem są ograniczenia w zakresie długości poszczególnych wagonów pojazdu, a to ze względu na ograniczenia skrajni na łukach. Dla starych miejskich sieci tramwajowych wymaga to ograniczenia długości wagonów. Jeżeli pojazd będzie trzyczłonowy o długości uważanej obecnie za najbardziej korzystną – od 30 do 37 m, składający się z krótkiego wagonu centralnego i dwóch długich wagonów skrajnych z wózkami na końcach każdego wagonu, to dla szerokości pojazdu 2,55 m i rozstawu osi 3,4 m, na łuku 25 m długość dopuszczalna nadwozi wynosi 7,5 i 11 m. W przypadku, gdy rozstaw osi na łuku 25 m jest większy i dochodzi do 3,72 m, długości te mogą osiągać 10,5 i 13,25 m [5].

Tory tramwajowe są układane z wykorzystaniem szyn rowkowych. Mała głębokość rowka implikuje, że koła pojazdów kursujących po tych torach mają obrzeże o zredukowanych wymiarach. Skądinąd rozjazdy typu kolejowego mają żłobek w krzyżownicy zdecydowanie szerszy niż rozjazdy typowo tramwajowe i obrzeże koła mogłoby podczas przejazdu uderzać w dziób krzyżownicy. Wyjściem jest rozwiązanie zastosowane w Karlsruhe, gdzie poszerzono obręcz koła ze 110 do 135 mm i ma ona ponadto 8-milimetrowe pogrubienie od wewnątrz zestawu, poprawiające prowadzenie w kierownicy. W Orleanie, gdzie istnieje możliwość kursowania tramwaju po torach RFF, poszerzono obręcz do 120 mm. Innym rozwiązaniem jest zastosowanie krzyżownicy o ruchomym dziobie, ale jest to mało praktyczne – łatwiejsze i mniej kosztowne jest zaadaptowanie pojazdu do infrastruktury niż odwrotnie. Sieć tramwajowa przeważnie tworzona jest od podstaw, można więc od razu zastosować np.

szyny typu Broca – kompatybilne z profilem koła, które przeszło już próbę w Karlsruhe – takie, jak 41GP z głębokim rowkiem.

Jak wykazały badania, prowadzone także w Polsce, nominalna średnica okręgu tocznego koła nie może być mniejsza niż 650 mm. W trakcie eksploatacji można dopuścić minimalną średnicę 600 mm. Ponadto profil obręczy koła powinien stanowić modyfikację przekroju UIC-AOC, z wysokością obrzeża 30 lub 32 mm, w takim niezbędnym zakresie, aby umożliwić przejazd pojazdu po szynie rowkowej [8].

Oddzielnym problemem jest możliwość poruszania się pojazdu dwusystemowego po torach o różnych szerokościach. Torowiska tramwajowe o rozstawie szyn 1000 mm nie należą do rzadkości w Europie, chociaż dominującym jest rozstaw 1435 mm, taki jak na kolejach normalnotorowych. Dotychczas w takich przypadkach na terenie miast przyjmowano rozwiązanie z trzecią, dodatkową szyną dla rozstawu 1435 mm [9]. W przypadku projektów wprowadzania pojazdów dwusystemowych na rozległe miejskie sieci tramwajowe będzie wiązać się to z dużymi kosztami modernizacji infrastruktury torowej. Być może wraz z rozwojem technologii wózków z osiami przestawnymi, uzasadnione ekonomicznie okaże się ich zastosowanie do pojazdów dwusystemowych.

Pojazd dwusystemowy powinien być dwukierunkowy, tzn. kabiny sterujące dla kierujących pojazdem muszą znajdować się na obu jego końcach. Drzwi dla pasażerów muszą znajdować się po obu stronach pojazdu.

Odrębnym zagadnieniem, już wcześniej sygnalizowanym, jest określenie minimalnej wartości siły statycznej, która nie wywołuje odkształceń plastycznych nadwozia, a która jest przyłożona na wysokości, gdzie usytuowane są osie podłużne zderzaków lub sprzęgów samoczynnych. W pojazdach tramwajowych siła ta zazwyczaj nie przekracza 200 kN, w pojazdach kolejowych według kart UIC dla ruchu międzynarodowego musi wynosić minimum 1500 kN.

W zagranicznych regulacjach prawnych przyjęto, że wartość 600 kN (stosowana w kolejach miejskich i w lekich autobusach szynowych) jest rozsądnym kompromisem, aczkolwiek nie wyklucza się, że w przyszłości w miarę rozwoju konstrukcji pojazdów możliwe będzie zastosowanie bez zwiększenia kosztów większych wartości. Wytrzymałość nadwozia pojazdu jest tylko pasywnym zabezpieczeniem przed skutkami zderzeń. Obecnie coraz większe znaczenie przywiązuje się do tzw. aktywnych zabezpieczeń, np. systemów zabezpieczenia ruchu, czy zapewnienia wysokich parametrów ruchowych pojazdów, zwłaszcza bardzo dużych wartości opóźnień hamowania. Lekkie pojazdy dwusystemowe wyposażone w kilka niezależnych systemów hamulcowych mogą uzyskać drogi hamownia znacznie krótsze od klasycznych pojazdów kolejowych.

Analizy prowadzone we Francji wykazały, że największe prawdopodobieństwo kolizji występuje na przejazdach kolejowych. Rozwiązaniem ostatecznym może być w miejscach szczególnie zagrożonych kolizjami wprowadzenie ograniczeń prędkości [5]. Takie ograniczenia wprowadzono np. w neralgicznych punktach na linii tramwajowej nr 2 w Paryżu,

przebiegającej w znacznej części po zlikwidowanej linii kolejowej.

Pojazdy dwusystemowe są wyposażane w trzy lub cztery rodzaje niezależnych systemów hamulcowych, będących połączeniem wymagań dla pojazdów kolejowych i tramwajowych. Zasadniczym hamowaniem jest hamowanie elektrodynamiczne ze zwrotem energii do sieci trakcyjnej lub z wytraceniem energii na rezystorach hamowania o ile nie ma w danej chwili możliwości zwrotu energii do sieci. Drugim hamulcem jest hamulec pneumatyczny według wymagań kolejowych. Dla zapewnienia standardów bezpieczeństwa na sieciach tramwajowych stosowany jest hamulec elektromagnetyczny szynowy. W niektórych rozwiązaniach stosowane są też typowe tramwajowe hamulce hydrauliczne.

Kolejnym zagadnieniem do rozwiązania jest określenie prędkości maksymalnej pojazdu, co determinuje przyjęcie określonych rozwiązań technicznych i dobór mocy silników. Prędkość pojazdu w obszarze sieci tramwajowej miejskiej jest ograniczona lokalnymi przepisami i waha się w granicach od 50 do 80 km/h. W analizach, przeprowadzanych dla licznych obecnie realizowanych projektów, określono, że prędkość maksymalna pojazdów dwusystemowych na liniach kolejowych nie powinna być jednak mniejsza niż 100 km/h [5]. Rozważane są także projekty (Francja) pojazdów o prędkości maksymalnej 140 km/h. Tak duże prędkości maksymalne, przy jednocześnie bardzo dużych wartościach przyspieszeń i hamowania, umożliwiają osiąganie dużych prędkości handlowych, nieosiągalnych dla klasycznych pociągów regionalnych.

Pojazd musi być ponadto przystosowany do współpracy z kolejowymi urządzeniami zabezpieczenia ruchu i telekomunikacji, które znajdują się na linii, po której ten pojazd się porusza oraz nie powodować zakłóceń w pracy tych urządzeń, a także wyposażony w urządzenia sygnalizujące koniec pociągu, zgodnie z wymaganiami stosowanymi dla kolejowych pojazdów szynowych

Organizacja ruchu pojazdów kolejowo-tramwajowych po torach kolejowych może odbywać się według różnych koncepcji, przy czym można wyróżnić dwa zasadnicze przypadki.

1. Pojazdy te będą jeździć na odcinku kolejowym w sposób taki sam, jak w obszarze miejskim (prędkość maksymalna 70 km/h), z motorniczym prowadzącym pojazd „na widoczność”. Nie ma potrzeby stosowania sygnałów dla „osłony” przestrzeni między tramwajami. Punkty zbiegania się linii tramwajowej z kolejową będą zabezpieczone przez sygnalizację specjalną. Sterowanie zwrotnicami może być wykonywane tak, jak w strefie miejskiej, w sposób automatyczny lub na sygnał radiowy z pojazdu. Kierowanie ruchem tramwajowym będzie dokonywane z centralnego stanowiska kierowania (PCC), jako kontynuacja eksploatacji miejskiej. Konieczny dla bezpieczeństwa rytm przejazdów pociągowych będzie sterowany przez stanowisko zwrotnicowe, które będzie miało bezpośrednie i szybkie połączenie z PCC. Chodzi więc o eksploatację, którą można zakwalifikować jako „cykliczną”

2. Pojazdy zostaną umieszczone w grafiku jazdy (czyli rozkładzie) ruchu kolejowego, wobec czego prędkość maksymalna 100 km/h jest niezbędna dla tramwaju w tej konfiguracji. Ruch tramwajem powinien na torach kolejowych odbywać się tak samo, jak dla pociągu – na odpowiedni sygnał. Należy więc przewidzieć w pojeździe odpowiednie urządzenia zabezpieczenia ruchu (powtarzanie sygnałów w kabinie, kontrola prędkości poprzez nadajniki torowe itp.). Sekwencja odstępów będzie realizowana poprzez punkt regulacyjny lub stanowisko zwrotnicowe z szybkim i bezpośrednim połączeniem z miejskim PCC, w sposób zapewniający maksimum ciągłości obsługi linii tramwajowej. Połączenie radiowe przewodem podtorowym uzupełni system radia klasycznego będącego na wyposażeniu tramwaju.

Jak można zauważyć przypadek pierwszy dotyczy linii kolejowych o bardzo małym natężeniu ruchu lub nawet całkowicie lub okresowo wyłączonych z klasycznego ruchu kolejowego. Drugi przypadek odnosi się do linii kolejowych magistralnych i pierwszorzędných.

Unifikacja parametrów pojazdów dwusystemowych

Rosnące zainteresowanie pojazdami dwusystemowymi sprawia, że dla producentów pojawił się nowy segment rynku taborowego. Dotychczasowe projekty tych pojazdów były realizowane według indywidualnych regionalnych specyfikacji. Zamówienia opiewały z reguły na 15 do 20 szt. pojazdów. Ich cena wynosiła przeciętnie 2,3 mln euro. Analizy prowadzone we Francji, gdzie rozpatrywanych jest obecnie kilkanaście projektów zintegrowanych systemów wykazały, że rynek zbytu na pojazdy dwusystemowe szacowany jest na około 200 szt. w ciągu najbliższych 10 lat. Przy tej ilości cena za pojazd może ulec obniżeniu do 1,8 mln euro [5].

Jest to cena niewiele wyższa niż klasycznych tramwajów. Za tramwaj o długości zbliżonej do 30 m ceny kształtują się powyżej 1,4 mln euro.

Aby uzyskać taką obniżkę kosztów, konieczne jest takie same podejście do konstrukcji pojazdu, jakie zastosowano

dla tramwajów klasycznych. Powinna zostać zastosowana zasada modułowości pojazdów i unifikacji jak największej liczby podzespołów.

Zestawienie optymalnych parametrów technicznych pojazdów dwusystemowych jest przedstawione w tablicy 1, dla porównania zostały także zestawione typowe parametry techniczne konwencjonalnych tramwajów. □

Literatura

- [1] Gotz W.: *Zintegrowane systemy kolejowo-tramwajowe w Europie – stan obecny i perspektywy rozwoju*. Technika Transportu Szynowego 1-2/2001.
- [2] Dąbrowski J.: *Dwusystemowe tramwaje – czyli tramwaj na torach kolejowych*. Technika Transportu Szynowego 7-8/1998.
- [3] Wańkowicz W.: *Zagadnienia formalnoprawne a dwusystemowy Krakowski Szybki Tramwaj*. Technika Transportu Szynowego 1-2/2000.
- [4] Koch G.: *Stadtbahn auf Eisenbahn*. Eisenbahn-Revue International 10/1997.
- [5] *Adapter le tram aux impératifs ferroviaires*. La Vie du Rail. 8.10.2001.
- [6] Vennant. B., Cacciaguera.: *Un tram-train nommé success, l'exemple de Sarrebruck*. Revue generale des chemins de fer no 11-12/1998.
- [7] Giziński Z.: *Układ elektryczny tramwaju zasilanego napięciem 600/3000 V DC*. Materiały konferencyjne SEMTRAK 2000.
- [8] Czyczula W., Tulecki A.: *Budowa i badania eksploatacyjne pojazdu kolejowo-tramwajowego TRAMKOL-02*. Technika Transportu Szynowego 5/2000.
- [9] Wesolowski J.: *Pociągami do centrum Łodzi*. Technika Transportu Szynowego 9/1999.
- [10] Czyczula W.: *Koncepcja zintegrowanego systemu transportu zbiorowego dla Krakowa – dlaczego tramwaj dwusystemowy*. Technika Transportu Szynowego 1-2/2001.
- [11] Czyczula W., Raczyński J.: *Pojazd dwusystemowy jako środek transportu regionalnego*. Technika Transportu Szynowego 11/2000.
- [12] Chaîne. H., Forte P.: *Tram-train in France*. Public Transport International 6/2000.

Seminarium

Koleje lokalne rok po wejściu w życie ustawy o komercjalizacji, restrukturyzacji i prywatyzacji PKP – szanse i zagrożenia

1-3 października 2001 r.

Organizator

Ogólnopolskie Stowarzyszenie Samorządów na Rzecz Kolei Lokalnych

ul. Hetmańska 38

85-039 Bydgoszcz

tel. (52) 584 00 52; tel. kom. 0 600 352 832

fax (52) 349 55 99; (52) 581 21 75

e-mail: biuro@izba-kolei.org.pl

Dyrektor Biura Stanisław Rytlewski