

Igor Gisterek¹Marek Krużyński²

OCENA MOŻLIWOŚCI I ZASADNOŚCI URUCHOMIENIA TRAMWAJU DWUSYSTEMOWEGO WE WROCŁAWIU³

Przedmiotem artykułu jest analiza możliwości technicznych uruchomienia przewozów tramwajowych, łączących centrum Wrocławia z centrami wybranych ośrodków miejskich na terenie województwa dolnośląskiego, z wykorzystaniem – na odcinkach międzymiastowych – torowisk kolejowych, lecz z założeniem ograniczonego wykorzystania dworców dla lepszego zbliżenia przystanków do największych generatorów ruchu.

Wprowadzenie

Wraz z postępującym rozwojem ośrodków miejskich oraz rosnącymi wymaganiami społeczeństwa w zakresie czasu i komfortu podróży, coraz trudniej zapewnić atrakcyjne połączenia realizowane za pomocą transportu zbiorowego. Nawet w zmodernizowanych systemach komunikacji zbiorowej, gdzie odpowiednimi nakładami inwestycyjnymi osiągnięto wysoki poziom sprawności i powiązania poszczególnych środków transportu, ciągle istnieje konieczność realizowania przesiadek w bardzo licznych przypadkach dłuższych podróży.

Odpowiedzią na taki stan rzeczy stał się projekt wyeliminowania konieczności przesiadek przy podróżach międzymiastowych w relacjach centrum–centrum, realizowanych za pomocą transportu szynowego. Próby zastosowania takiej komunikacji były prowadzone już dawno, podczas pierwszej fali rozwoju transportu szynowego. Niezwykła popularność licznych w tamtym okresie tramwajów podmiejskich czy międzymiastowych, zwanych też dojazdowymi (tzw. interurbans), przyczyniała się do wykorzystania pomysłowości wynalazców w dziedzinie łączenia korytarzy ruchu kolejowego i tramwajowego. Również we Wrocławiu przez ponad pół wieku funkcjonowało rozwiązanie polegające na zastosowaniu toru trójshynowego na odcinku plac

Staszica – most Osobowicki dla wspólnego prowadzenia ruchu tramwaju elektrycznego i parowej Kolejki Wrocławsko-Trzebnicko-Prusickiej.

W drugiej fali rozwoju transportu szynowego, datującej się od lat 90. XX wieku i trwającej do dzisiaj, dostrzeżono znaczny potencjał drzemący w porzuconych przez koleje państwowe liniach znaczenia miejscowego. Wkrótce okazało się, że korytarze te można zaadaptować na potrzeby tramwaju.

Modele tramwaju dwusystemowego

W potocznym rozumieniu tramwaj dwusystemowy jest utożsamiany z Modelem Karlsruhe, czyli wykorzystaniem czynnej infrastruktury kolejowej przez pojazdy o charakterze tramwajowym. W rzeczywistości liczba przypadków, a co za tym idzie ich założenia techniczne, stopień integracji infrastruktury i przyjęte standardy różnią się dość znacznie. Ponadto założenie, że tramwaj dwusystemowy łączy wyłącznie zalety kolei i tramwaju, jest nadużyciem. W rozbudowanych sieciach transportowych i tak nie ma możliwości całkowitego wyeliminowania konieczności przesiadek. Wprowadzenie drugiej generacji systemów tramwajowo-kolejowych pozwoliło na szersze i świeższe spojrzenie na Model Karlsruhe, ponieważ projektanci byli bogatsi już o niemal dwie dekady doświadczeń eksploatacyjnych. Analiza innych przypadków modelowych pozwala stwierdzić, że odmienność zastosowanych rozwiązań miała służyć lepszemu dopasowaniu systemu transportowego do specyficznych warunków lokalnych oraz, że bezrefleksyjne przeszczepianie istniejących rozwiązań technicznych może nie przynieść oczekiwanych rezultatów.

Model Karlsruhe

Historia łączenia transportu tramwajowego i kolejowego rozpoczęła się w Karlsruhe w latach 50., gdy prywatny przewoźnik kolejowy Albtal-Verkehrs-Gesellschaft mbH (AVG) z powodu trudności ekonomicznych został zmuszony do restrukturyzacji swojej działalności. Ze względu na spodziewane znaczne potoki podróżnych nie dopuszczono do wprowadzenia autobusów zastępczych. Rozwiązaniem tej pozornie patowej sytuacji okazało się wprowadzenie tramwajów przewoźnika miejskiego Verkehrsbetriebe Karl-

¹ Mgr inż., Politechnika Wrocławska, Instytut Inżynierii Lądowej, Zakład Infrastruktury Transportu Szynowego, igor.gisterek@pwr.wroc.pl

² Dr hab. inż., prof. PWR, Politechnika Wrocławska, Instytut Inżynierii Lądowej, Zakład Infrastruktury Transportu Szynowego, marek.kruzynski@pwr.wroc.pl

³ Niniejszy artykuł został opracowany na podstawie studium zamówionego przez MPK sp. z o.o. we Wrocławiu.

sruhe (VBK). Kolejnym etapem w integracji sieci tramwajowej i kolejowej stało się uruchomienie w roku 1979 przewozów tramwajowych, na należącej do DB i wykorzystywanej w normalnym ruchu linii łączącej Karlsruhe z Neureut, wraz ze zbudowanym w 1989 roku przedłużeniem do Hochstetten. Ciągłe jeszcze nie mogło być mowy o pełnej integracji – linia została zelektryfikowana napięciem tramwajowym, a zastosowanie jednokierunkowych pojazdów wymusiło budowę pętli na końcu linii. Rozpoczęcie przewozów na tej linii umożliwiło połączenie miejscowości leżących na północ od centralnego ośrodka z południowymi, tworząc istotną oś przewozową o przebiegu południkowym z wykorzystaniem torowisk tramwajowych w obrębie miasta.

Od tego momentu datuje się gwałtowny przyrost sieci. W okresie 1994–2006 tylko w latach 1995 i 2000 nie odnotowano budowy nowego połączenia. Obecnie na terenie miasta funkcjonuje 10 linii tramwaju dwusystemowego oraz 7 klasycznego. W roku 2009 po sieci o długości łącznej 123,2 km poruszało się 128 pojazdów szynowych. Istnieją dalsze plany rozwoju i przedłużenia sieci, jednak podstawowym zagadnieniem stała się konieczność poprawy przepustowości tras tramwajowych w centrum miasta, zwłaszcza na głównym ciągu transportowym miasta, jakim jest Kaiserstraße. Przeprowadzone analizy wykazały, że system padł ofiarą własnego sukcesu i wygenerowane przezeń potoki pasażerskie stały się tak znaczne, że w godzinach porannych i popołudniowych regularnie dochodzi do powstawania korków tramwajowych. Podstawowym problemem jest brak możliwości wydłużenia pojazdów ze względu na ich kursowanie w ruchu miejskim, natomiast taktu nie można już dalej zagęścić ze względu na wyczerpanie przepustowości torowisk w kluczowych punktach. Chcąc zapobiec paraliżowi systemu i w efekcie odpływowi niezadowolonych podróżnych do samochodów osobowych, zdecydowano się na wprowadzenie rozwiązania nazwanego Kombilösung. Projekt ten dość znacznie odbiega od pierwotnych założeń, jakie przyświecały twórcom tramwaju dwusystemowego.

Krytycy systemu głoszą zgodnie, że znacznych kosztów tunelu, będącego de facto załącznikiem premetra w mieście, można było uniknąć, gdyby podczas wprowadzania Modelu

Karlsruhe przyjąć inne założenia, polegające raczej na zespoleniu wydajnego systemu kolei aglomeracyjnej i tramwaju miejskiego, bez przenoszenia całego ruchu tranzytowego przez centrum. Koszty projektu oceniano pierwotnie (2006) na 496 mln €, wartość ta została jednak skorygowana w maju 2010 na 630 mln € i, wraz z postępem realizacji, należy liczyć się ze wzrostem tej kwoty.

Model Kassel

Rozwiązanie wprowadzone w Kassel jest częściowo analogiczne do zastosowanego w Karlsruhe, jednak uważna obserwacja poczyniona przez projektantów pozwoliła uniknąć kilku niedociągnięć, jakie cechują starszy z wymienionych systemów. Ponieważ system jest używany dopiero od 2005 roku, trudno jeszcze mówić o bogatych doświadczeniach eksploatacyjnych. Podobnie jak w Karlsruhe zastosowano dwa różne sposoby połączenia komunikacji tramwajowej z kolejową.

Starszy sposób okazał się możliwy do wdrożenia na odzinku dawnej kolei dojazdowej, użytkowanej od 1985 roku wyłącznie w ruchu towarowym i utrzymywanej w zasadzie ze względów strategicznych (bocznica prowadząca do obiektu wojskowego) oraz sentymentalnych (na jednej ze stacji zgromadzono bogatą kolekcję historycznego taboru szynowego). Rozpoczęta w 1997 i zakończona w 2001 roku modernizacja tej jednotorowej linii prowadzącej do Hessisch Lichtenau była powiązana z elektryfikacją napięciem tramwajowym (600 V DC). Ze względu na konieczność zachowania skrajni kolejowej przy jednoczesnym wykorzystaniu niskopodłogowego taboru tramwajowego o mniejszej szerokości pudła, zdecydowano się na wprowadzenie w rejonie wybranych przystanków skomplikowanego rozwiązania, polegającego na wykonaniu podwójnego zaplotu.

Drugie rozwiązanie, wykorzystane w Modelu Kassel zakłada funkcjonowanie pojazdów dwusystemowych, zdolnych do poruszania się zarówno po tramwajowej, jak i kolejowej infrastrukturze. System tramwajowy i tak borykał się z taborom o dwóch różnych szerokościach pudła, ponieważ wozy serii 400 miały 2,20 m szerokości, a wagony serii 600 – 2,40 m, zdecydowano więc, że możliwe jest wprowadzenie trzeciego gabarytu, który będzie bardziej dopasowa-



Fot. 1. Karlsruhe, dawny dworzec Albtalbahnhof, obecnie przystanek – granica między systemem kolejowym i tramwajowym



Fot. 2. Przystanek Niederkaufungen Mitte koło Kassel, widoczny splot szynowy dla wygodnej obsługi peronów pojazdami o szerokości 2,40 m przy zachowaniu skrajni kolejowej

ny do skrajni kolejowej. Dlatego też pojazdy RegioTram wyprodukowane przez Alstom jako RegioCitadis mają standardową dla tramwajów dwusystemowych szerokość pudła wynoszącą 2,65 m. Sieć połączeń regionalnych w Kassel obejmuje obecnie 4 linie (RT 3, 4, 5 i 9). Do roku 2005 ruch tramwajów regionalnych na wymienionych wyżej liniach odbywał się z czołowego dworca Kassel Hauptbahnhof w kierunku zachodnim, bez przejazdu przez miasto. Dla usprawnienia komunikacji postanowiono zmienić ten stan rzeczy przez przebudowę jednego z dotychczasowych, poziomych peronów na dość stromą rampę, prowadzącą pod budynek dworca. Rozwiązanie to jest o tyle interesujące, że mogłoby stać się inspiracją dla niefunkcjonalnego, a znakomicie położonego względem centrum Dworca Świebodzkiego. Wydaje się, że w obowiązujących planach należy uwzględnić przeprowadzenie od tej stacji tunelu kolei miejskiej i aglomeracyjnej, przechodzącego pod ścisłym centrum miasta i obsługującego szybkim taborem o wielkiej pojemności największe generatory ruchu. Należy również dodać, że proponowana przebudowa nie może spowodować uszczuplenia zabytkowej substancji wrocławskiego dworca, pomimo konieczności daleko idącej ingerencji w strefie peronów.

Model Chemnitz

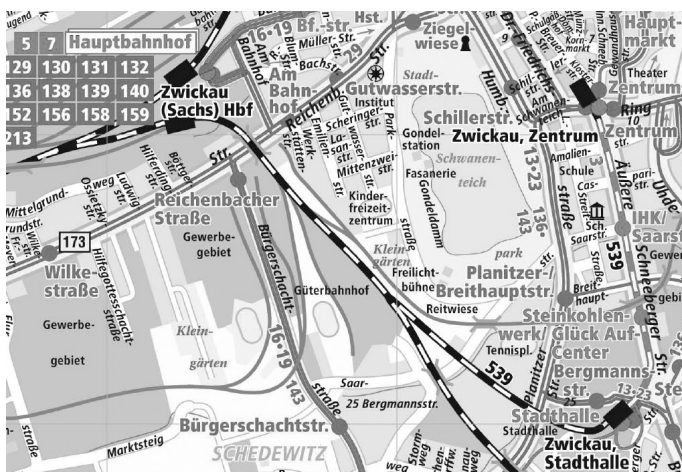
Następnym interesującym przypadkiem jest rozwiązanie zastosowane w saksońskim mieście Chemnitz. Pierwotny rozwój sieci tramwajowej w tym mieście przebiegał w dość niezwykle sposób, istniały tam bowiem dwa uzupełniające się systemy: wąsko- i normalnotorowy. Pod koniec lat 50. zdecydowano o ujednoczeniu sieci tramwajowej. Prace projektowe miały jednocześnie polegać na uproszczeniu tras przez przesunięcie ich na nowe, szerokie ulice. Trudności gospodarcze NRD spowodowały, że nowych torów zbudowano znacznie mniej, niż skasowano starych, dodatkowo odcięto od tramwaju prawie całe stare centrum i północną część miasta.

Po zjednoczeniu Niemiec zdecydowano o poważnej modernizacji systemu. Miała ona polegać na rozwoju tras i wprowadzeniu nowego całkowicie niskopodłogowego taboru. Przebudowano centralny przystanek, obsługujący dziś nawet 100 tysięcy pasażerów dziennie (całe miasto liczy niecałe 250 tysięcy mieszkańców) oraz wykonano połączenie miejskiej sieci tramwajowej z siecią kolejową w Altchemnitz, w celu wydłużenia trasy do miejscowości Stollberg, z wykorzystaniem toru dawnej Würschnitzalbahn. Obecnie sieć liczy 5 linii o charakterze miejskim i jedną linię wykorzystującą korytarz kolejowy o długości około 16 km. Wysoka sprawność systemu sprawiła, że planowana jest dalsza rozbudowa sieci połączeń. Projekt zakłada wprowadzenie tramwaju na perony Chemnitz Hauptbahnhof oraz obsługę połączeń do Burgstädt, Mittweida i Hainichen za pomocą hybrydowego taboru dieslowsko–elektrycznego. Do ciekawostek należy zaliczyć fakt, że wozy starszych generacji (Tatry T3D) miały wyjątkowo szerokie pudła (2,50 m), więc modernizacja infrastruktury w celu dopuszczenia pojazdów Variobahn w wielu przypadkach nie była konieczna.

Model Zwickau

Zupełnie odmienne podejście do idei łączenia systemu tramwajowego i kolejowego prezentuje rozwiązanie zastosowane w Zwickau. Dla lepszego powiązania miasta z rejonem (związek taryfowy Verkehrsverbund Mittelsachsen VMS) i dzięki specyficznemu układowi linii tramwajowych i kolejowych w mieście zdecydowano o wypuszczeniu wybranych połączeń kolejowych na ulice. Przebudowa torowiska na odcinku około 1,2 km pozwoliła na przejazd szerszych pojazdów kolejowych (szerokość pudła wozów RegioSprinter – 2,97 m). Ponieważ tramwaje miejskie posiadają rozstaw 1000 mm, konieczne było wykonanie trzeciej szyny i skomplikowanego układu rozjazdów. Również ze względu na różnice w skrajni pojazdów kolejowych i tramwajowych nie można było zastosować wysokich, równych z podłogą pojazdów krawędzi przystankowych. Nie jest to szczególnie komfortowe rozwiązanie, ponieważ wysokość podłogi w szynobusach musiała pozostać kompatybilna z wysokością peronów kolejowych i wynosi 58 cm, w wejściu 53 cm.

Model Zwickau prezentuje odwróconą filozofię tramwaju dwusystemowego – zamiast wypuścić tramwaj na trasy kolejowe, dopuszczono wybrane, lekkie i możliwie niskopodłogowe składy kolejowe do samego centrum miasta. Rozwiązanie takie wymaga od pojazdów kolejowych pełne-



Rys. 1. Fragment planu miasta Zwickau z ukazaniem odcinka trójszynowego (po prawej stronie, pionowo)



Fot. 3. Przystanek Zwickau Zentrum jest końcowy dla szynobusu i przelotowy dla tramwaju

go wyposażenia tramwajowego (kierunkowskazy itp.), ale wydaje się to prostsze, niż budowanie od zera tramwajów dwusystemowych. Torowisko musi z kolei zostać wykonane zgodnie z wyśrubowanymi normami, ponieważ nacisk osiowy zastosowanych szynobusów przekracza ponad dwukrotnie średni nacisk osiowy tramwajów. Kontrowersyjne jest również zastosowanie trakcji spalinowej, podczas gdy na odcinku miejskim istnieje tramwajowa sieć trakcyjna.

Opis kompatybilności systemów i sugerowanych rozwiązań technicznych

Prowadzenie ruchu tramwajowego po liniach kolejowych może odbywać się na trzy sposoby. Pierwszym, dającym największą swobodę działania i pozwalającym na osiągnięcie najlepszych rezultatów względem dopasowania taboru do przystanków, kwestii napięcia w sieci trakcyjnej itp. jest możliwość przejścia linii na wyłączność. W takiej sytuacji należy dostosować linię do wymogów taboru tramwajowego jednosystemowego (takiego, jak obecnie posiadany przez MPK) przez elektryfikację linii napięciem tramwajowym oraz zbudowanie krawędzi peronowych dopasowanych do gabarytów taboru np. o w wysokości ok. 29 cm. Drugim sposobem użytkowania linii jest współdzielenie jej z pociągami o trakcji spalinowej, ale z segregacją ruchu w czasie – ruch tramwajowy prowadzony jest od wczesnych godzin porannych do późnych godzin wieczornych, natomiast ruch kolejowy – w nocy. Rozwiązanie takie umożliwia elektryfikację szlaku napięciem tramwajowym, ale zabudowanie peronów zbliżonych wysokością do podłogi pojazdu wymaga zastosowania skomplikowanych zabiegów technicznych lub organizacyjnych (zaploty torowe). Trzecim, najpełniej realizującym ideę dwusystemowości sposobem korzystania z linii kolejowej, jest prowadzenie ruchu mieszanego – kolejowego i tramwajowego. Rozwiązanie takie pociąga za sobą konieczność zakupu pojazdów dwusystemowych oraz daleko idących modyfikacji w istniejącej sieci tramwajowej, wynikających na przykład z większej szerokości pojazdów, niezbędny jest również kompromis w dziedzinie dopasowania wysokości podłogi w pojeździe do wysokości krawędzi peronowych. Poniżej opisano poszczególne zagadnienia składające się na zbiór pozycji do rozpatrzenia przed wprowadzeniem tej formy transportu w fazę inwestycji lub konkretnego planowania. Należy jednocześnie zaznaczyć, że przed podjęciem decyzji o wprowadzeniu jakiegokolwiek formy tramwaju dwusystemowego w mieście konieczne jest szczegółowe rozpoznanie poniższych problemów w ramach analizy naukowo-technicznej.

Skrajnia taboru

Rozwiązanie zagadnienia skrajni taboru i dopasowania pojazdów do przystanków zależy od sposobu, w jaki będzie użytkowana linia. Można wyodrębnić trzy możliwości, różniące się od siebie zakresem koniecznej przebudowy i efektami takiego rozwiązania:

- przy przejściu linii na wyłączność można zbudować perony o wysokości i odległości od osi toru dopasowanej dla jednego, ale za to dowolnego rozmiaru ta-

boru. W przypadku pojazdów eksploatowanych dotychczas przez MPK Wrocław przy założeniu szerokości pudła przy jego dolnej krawędzi wynoszącej 2,40 m oraz wysokości wejścia do pojazdu wynoszącej 35 cm ponad główkę szyny, peron powinien mieć wysokość 27–29 cm i być odsunięty od osi toru na prostej o 1,235–1,26 m. Jeśli przystanki mają być usytuowane na łuku, należy odpowiednio zwiększyć odsunięcie krawędzi peronowej od osi toru. Gdyby wykonanie peronów o tej wysokości było nadal uznawane za niezgodne z przepisami, należy wystąpić o uzyskanie odstępstwa do odpowiednich czynników ustawodawczych. Przykłady Warszawy, Gdańska czy Krakowa oraz wielu miast Europy Zachodniej pokazują, że stosowanie peronów równych z wejściem do pojazdu jest skuteczną i bezpieczną praktyką;

- w przypadku prowadzenia ruchu tramwajowego i kolejowego towarowego na jednej linii można posłużyć się jednym z dwóch dostępnych rozwiązań: albo zastosować zaploty torów (fot. 3), co umożliwi obsługę taboru o dowolnej szerokości pudła, albo korzystać z taboru dwusystemowego o szerokości pudła co najmniej 2,65 m z odkładanymi stopniami. Pierwsza opcja pozwala na stosowanie na linii zwykłego taboru miejskiego i budowanie peronów takich samych jak zwykle tramwajowe. Druga opcja pozwala na obsługę pasażerów przy istniejących peronach kolejowych, ale wymaga szerokich ingerencji w sieć torowisk miejskich związanych z wysokością i odległością krawędzi przystanków tramwajowych oraz rozstawem osiowym torów na łukach;
- w przypadku prowadzenia ruchu tramwajów dwusystemowych i kolejowego pasażerskiego niezbędne jest stosowanie peronów o wysokości 55 cm. Umożliwia to pasażerom kolei dogodny warunki wsiadania i wysiadania z pojazdu, natomiast pasażerowie tramwaju są zabezpieczani odkładanym stopniem, zamykającym szczelinę między pojazdem a peronem. Możliwe jest też prowadzenie ruchu według Modelu Zwickau, ale wprowadzenie na sieć tramwajową pojazdów o szerokości ponad 2,90 m i naciskach osiowych 16 ton wymagałoby całkowitej przebudowy torów zarówno ze względu na ich obecny rozstaw osiowy, jak i nośność.

Profil koła i szyny

Współpraca koła i szyny to jedno z najbardziej złożonych zagadnień w tramwajach dwusystemowych. Podstawowe różnice wynikają z odmiennego ukształtowania obręczy kół, szerokości tych elementów, sekwencji promieni wyokrągłych użytych przy ich wykonaniu oraz założonego modelu współpracy z szyną – w torach kolejowych stosuje się pochylenie toków szynowych do wewnątrz toru o wartości 1:20 lub 1:40, w torach tramwajowych te pochylenia nie występują, natomiast najpowszechniej używane rodzaje szyn (Ri60N, S49, LK1) mają główki ukształtowane w taki sposób, że opisywane pochylenie jest niejako zawarte

w profilu szyny. Różny jest też sposób ukształtowania krzyżownicy w rozjazdach, ponieważ krzyżownice kolejowe są przejeżdżane na obręczach z przejściem nad rowkiem na szynę skrzydłową w punkcie skrzyżowania toków szynowych, natomiast krzyżownice tramwajowe przejeżdżane są na obręczach obręczy po łagodnie wznoszącej się rampie wewnątrz rowka krzyżownicy. W tramwajach dwusystemowych, które poruszają się po infrastrukturze kolejowej oraz tramwajowej, stosuje się pośredni profil koła pomiędzy kolejowym a tramwajowym. Dobór najbardziej odpowiedniego z istniejących lub ukształtowanie nowego profilu, bardziej pasującego do wrocławskich uwarunkowań, powinien zostać poprzedzony szczegółową analizą.



Fot. 4. Porównanie krzyżownicy typu kolejowego i tramwajowego

Dopuszczalne tolerancje poszerzeń w łukach

W torach kolejowych w nawierzchni na podkładach drewnianych stosowano poszerzenia rozstawu toków szynowych. Motywem tego działania było zapewnienie spokojnego przejazdu pojazdów o zestawach kołowych umocowanych w długich ramach sztywnych. Wartości poszerzeń w zależności od promienia łuku zestawiono w tabeli 1. Przy stosowaniu podkładów żelbetowych wprowadzanie takiego poszerzenia nie jest możliwe, ponieważ mają one ściśle oznaczony punkt mocowania przytwierdzenia, dlatego w takich łukach stosuje się podkłady drewniane.

Tabela 1

Zestawienie poszerzeń rozstawu toru w łukach			
Lp.	Zakres promieni łuków [m]	Poszerzenie [mm]	Rozstaw [mm]
1	$R \geq 250$	0	1435
2	$200 \leq R < 250$	10	1445
3	$180 \leq R < 200$	15	1450
4	$160 \leq R < 180$	20	1455
5	$160 \geq R$	25	1460

W torach tramwajowych nie wykonuje się planowo poszerzeń rozstawu w łukach. Wynika to z innej filozofii wykorzystania obrzeży kół podczas jazdy [3]. Dopuszczalna tolerancja na podstawie [8] wynosi ± 2 mm na prostych i $-0 +4$ mm w łukach.

Profil podłużny i poprzeczny linii

Zgodnie z przepisami [6] maksymalne pochylenie podłużne linii kolejowych jest zależne od ich kategorii i wynosi odpowiednio 6‰ dla linii magistralnych i pierwszorzęd-

nych, 10‰ dla linii drugorzędnych oraz 20‰ dla szlaków znaczenia miejscowego. Porównując te wartości z zawartymi w wytycznych [11], gdzie dla tramwajów przewidziano maksymalne dopuszczalne pochylenia w zakresie 20–50‰, należy dojść do wniosku, że w każdym miejscu publicznej sieci kolejowej pod tym względem są spełnione wymagania taboru tramwajowego.

W przekroju poprzecznym nie przewiduje się również występowania żadnych problemów. Wynika to z faktu, że skrajnia tramwajowa pokazana w [2] zawiera się całkowicie w konturach obrysów zawartych w przepisach [9]. Osobnym zagadnieniem jest kompatybilność taboru i przystanków, co opisano szczegółowo w innych miejscach niniejszego opracowania.

Rodzaj zabudowy nawierzchni i rozjazdów

Nawierzchnia stosowana dotychczas do zabudowy torowisk tramwajowych na obszarze miasta powinna odpowiadać wymogom tramwaju dwusystemowego. Istotnym punktem, na który należy zwracać uwagę, jest wysokość nawierzchni bezpośrednio przylegającej do główki szyny od strony zewnętrznej w przypadku decyzji o wprowadzeniu innego profilu koła niż dzisiejszy tramwajowy na sieć miejską. Wynika to z konieczności zastosowania szerszych obręczy kół, które wystają na zewnątrz toru poza główkę szyny. W takiej sytuacji konieczne jest zachowanie główki szyny jako najwyższego punktu jezdni przez cały okres eksploatacji torowiska.

Co do rodzaju zabudowy nawierzchni, obecnie normą powinno być stosowanie rozwiązań trawiastych, innych zielonych lub dostępnych dla pojazdów samochodowych z zapewnieniem maksymalnej ochrony przed hałasem i wibracjami dzięki zastosowaniu wkładek i podlewów z mas elastycznych. Analiza literatury dowodzi, że jest to jeden z pełnoprawnych sposobów ograniczania hałasu komunikacyjnego w miastach: na Zachodzie do roku 1989 udział tramwajowych torowisk zamkniętych wynosił około 55%, a tradycyjnych otwartych na tłuczniu około 45%. W latach 1990–1999 proporcje te zmieniły się dość wyraźnie, dzieląc udziały pomiędzy torowiska zielone (20%), zamknięte (65%) i otwarte (15%), by po roku 2000 zatrzymać się orientacyjnie w proporcjach 40% torowisk trawiastych i 60% zamkniętych, z całkowitym wyeliminowaniem konstrukcji kolejowej na podsypce tłuczniowej [1].

Opis rozwiązań technicznych stacji i przystanków kolejowych i tramwajowych

Zakres przyjętych inwestycji w przystanki na sieci kolejowej i tramwajowej zależy od przyjętych założeń w dziedzinie struktury ruchu na danej linii, szerokości pudła taboru i innych kluczowych czynników. Prawidłowa identyfikacja tych parametrów ma wielki wpływ na komfort i bezpieczeństwo korzystania z przystanków przez podróżnych.

Dostosowanie infrastruktury przystanków i stacji kolejowych dla potrzeb tramwaju dwusystemowego
Możliwe jest dostosowanie przystanków tramwajowych i kolejowych do potrzeb tramwaju dwusystemowego zgod-

nie z kilkoma schematami postępowania. Jeżeli planuje się przejście linii na wyłączność, istniejące perony i planowane nowe należy zbudować według jednolitego schematu, umożliwiającego wejście do pojazdu bez pokonywania różnicy wysokości. Planując utrzymanie na szlaku kolejowego ruchu towarowego, konieczne jest odsunięcie krawędzi peronowych od osi toru ze względu na różnice w skrajni kolejowej i tramwajowej, co wymaga stosowania zaplotów torowych albo obniżenia peronów do wysokości około 20 cm, co z kolei spowoduje powstanie różnicy poziomów podłogi taboru i peronu.



Fot. 5. Częściowo obniżony peron dla niskopodłogowych tramwajów na stacji Stollberg

Dostosowanie infrastruktury przystanków tramwajowych dla potrzeb tramwaju dwusystemowego

Infrastruktura przystanków tramwajowych w niektórych przypadkach również powinna zostać dostosowana do gabarytów pojazdów dwusystemowych. W sytuacji, kiedy następuje przejście linii kolejowych na wyłączność, można stosować tabor o takich samych wymiarach szerokości pudła i wysokości wejścia jak na odcinku miejskim. Rozwiązanie takie nie wymaga żadnych modyfikacji przystanków tramwajowych. Decyzja o zastosowaniu taboru o szerokości 2,65 m (najpowszechniejszej) niesie ze sobą daleko idące konsekwencje. Należy albo zlikwidować wszystkie krawędzie peronowe równe z podłogą pojazdów na wspólnych trasach tramwajów miejskich i dwusystemowych, albo przebudować je wszystkie na wysokość około 30 cm i szerokość 2,65 m, przy jednoczesnej modyfikacji całego taboru miejskiego kursującego na tych trasach o dodatkowy, wysuwany stopień. Pierwsza z opcji wiąże się ze zniwelowaniem korzyści płynących ze stosowania wozów niskopodłogowych, druga oznacza wielkie koszty. Przypadek wrocławski, gdzie stosowany jest dziś tabor o szerokości na wysokości krawędzi peronowej 2,40 m lub mniejszej, nie umożliwia łatwego wprowadzenia nowych wozów o większej szerokości pudła. Wyposażenie przystanków tramwaju dwusystemowego powinno być tożsame z nowymi przystankami przygotowywanymi dla Tramwaju Plus i obejmować system informacji pasażerskiej, automat biletowy, zadaszenie i inne elementy wymienione w założeniach do tamtego projektu.

Podsumowanie

Powyższe zestawienie idei, koncepcji i praktyk dobrych realizacji z Europy Zachodniej odnośnie ogólnych rozwiązań tramwaju dwusystemowego w żadnym razie nie może zastąpić szczegółowej analizy naukowo-technicznej, która powinna zawierać warianty konkretnych rozwiązań, dobranych z myślą o warunkach wrocławskiej sieci tramwajowej i otaczających miasto linii kolejowych. Dopiero takie zestawienie, konsultowane i współtworzone z przedstawicielami MPK Wrocław, zarządcy miejskich torowisk tramwajowych, zarządcy linii kolejowych oraz autorami projektów tramwaju dwusystemowego na Zachodzie, może stanowić podstawę do podejmowania konkretnych decyzji, które ukształtują układ komunikacyjny miasta na długie lata.

Pomysł wprowadzenia tramwaju dwusystemowego na ulice Wrocławia może przyczynić się do lepszego powiązania obszaru centrum miasta z sąsiednimi miejscowościami, z pominięciem nie zawsze najlepiej usytuowanych stacji kolejowych. Bezpośrednie połączenia między generatorami ruchu stanowią jedno z podstawowych założeń fali renesansu sieci tramwajowych.

Powiązanie poszczególnych środków sprawnie funkcjonującego transportu zbiorowego skutkuje efektem synergii, czyli wzrostem napęnień we wszystkich współpracujących formach komunikacji. Sprawia to, że eksploatacja sieci transportowej jest efektywniejsza i tańsza. Wprowadzenie tramwaju dwusystemowego w układ komunikacyjny Wrocławia niewątpliwie jest możliwe, wymaga jednak szczegółowego opracowania szeregu zagadnień związanych z bezkolizyjnym połączeniem techniki kolejowej i tramwajowej przed rozpoczęciem całego procesu inwestycyjnego.

Literatura

1. Groneck Ch., *Französische Planungsleitbilder für Straßenbahnssysteme im Vergleich zu Deutschland*, rozprawa doktorska, BUW 2007.
2. *Komunikacja miejska. Skrajnia budowl*, Polska Norma PN-K-92009:1998.
3. Lütz Ch., *Verknüpfung von Straßenbahn – und Eisenbahnnetzen*, EI 11/2008.
4. Martinčević I., Brona P., *Systemy kolejowo-tramwajowe na przykładzie Chemnitz i Kassel*. Materiały konferencji „Nowoczesne technologie i systemy zarządzania w kolejnictwie”, Kraków 2009.
5. Müller Ch., *RegioTram Kassel*, „EI – Eisenbahningenieur” 7/2006.
6. *Rozporządzenie MTiGM w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie*, Dziennik ustaw 151:1998.
7. Świderek S., *Poradnik elektromontera sieci trakcyjnej PKP*, WKŁ 1968.
8. *Torowiska tramwajowe. Wymagania i badania*, Polska Norma PN-K-92011:1998.
9. *Warunki techniczne utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych*, Id-1 (D-1) PKP PLK SA, Warszawa 2005.
10. Wesołowski J., *Transport miejski. Ewolucja i problemy współczesne*, Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej, 2003.
11. *Wtyczne techniczne projektowania, budowy i utrzymania torów tramwajowych*, MAGTiOS 1983.