

C. INNOWACYJNA GOSPODARKA TRANSPORTOWA

C.6 TRANSPORT TRAMWAJOWY

C.6.4 INNOWACYJNY TRAMWAJ; WSPÓŁCZESNE TRENDY W BUDOWIE
I EKSPLOATACJI TRAMWAJÓW; ROLA TRAMWAJU W MIEŚCIE
XXI WIEKU

UWAGI DO REFERATU

Ad. 2 – opory ruchu pojazdów szynowych są – jeśli pominąć opór powietrza – ok. 3× mniejsze niż pojazdu kołowego o tej samej masie. Daje to przewagę „na dzień dobry”.

Sprawność rekuperacji można podnieść stosując rekuperację wewnątrz pojazdu (w supekondensatorach) – jest ona sprawniejsza od przesyłu mocy niskonapięciową siecią 600 V DC.

Problemem ekonomicznym jest rozbudowana infrastruktura (zarówno drogi, jak i sieć trakcyjna) – tymczasem autobus może „pasożytować” na drogach publicznych. O ile drogi szynowe są niezbędne, to sieć trakcyjna już niekoniecznie. Porównując autobusy z silnikiem diesla i trolejbusy okazuje się, że trolejbusy są o 30% droższe w eksploatacji (identycznie elektrobusesy). Zatem sposobem poprawy ekonomiki jest pójście w kierunku napędu autonomicznego. Silnik diesla jest obecnie „na cenzurowanym”, natomiast ciekawą propozycją byłby napęd wodorowy. Ma on zalety:

- Można na niego dostać dotacje (podobne, jak autobusy wodorowe, które już zamówił np. Lublin)
- Jest cichszy od silnika diesla (stosuje się ogniwa paliwowe)
- Nie angażuje energetycznej sieci przesyłowej
- Pozwala wyzyskać energię odnawialną, gdy ta występuje w nadwyżce (silne nasłonecznienie, silny wiatr) – energia z OZE via elektrolizer gromadzona jest w postaci wodoru w cysternach. Taka energia jest ok. 5-krotnie tańsza od tej pobieranej z sieci energetycznej.

Alternatywą jest zasilanie podstacji trakcyjnych ze stacjonarnych ogniw paliwowych (pozostaje wtedy koszt sieci trakcyjnej, ale sama energia jest tania).

Ad. 3. Wyższe ograniczenie prędkości dla tramwajów. W Kurytybie na korytarzach, gdzie funkcjonuje system BRT (Bus Rapid Transport), autobusy mają dozwoloną prędkość 80 km/h, zaś samochody osobowe 30 km/h. Tam – inaczej niż w Polsce – „przeszło” rozwiązanie mające „administracyjnie” wymusić przewagę autobusu BRT (prędkość handlowa 27 km/h) nad samochodem osobowym.

Co więcej – proponuję, by w przypadku tramwajów i torowiska wygradzonego (w tunelu, na estakadzie) myśleć nawet o zezwoleniu na ruch z prędkością 100..120 km/h (oczywiście ma to sens przy zwiększeniu odległości międzyprzystankowych do 2..3 km – wtedy pozwala na osiągnięcie prędkości handlowej 40 km/h, dotyczy zatem naprawę szybkiego tramwaju).

Ad. 6. Hałas – trzeba rozróżnić hałas od infrastruktury i od pojazdu.

Co do hałasu generowanego przez infrastrukturę i wibracji wprowadzanych do otoczenia – jest trochę firm (np. GERB), które żyją z tłumienia hałasu bądź produkcji rozwiązań wytwarzających mniejszy hałas niż rozwiązania klasyczne.

Hałas torowiska skutecznie tłumią nawierzchnie zintegrowane (tzw. zintegrowana nawierzchnia kolejowo-drogowa), gdzie szyna jest zatopiona w rowkach płyty betonowej z użyciem mieszaniny granulatu korkowego i poliuretanu (np. system Edilon)(Sedra, który obniża hałas o 10..15 dB) czy granulatu korkowego i poliuretanu (system Tines – tańszy, ale gorzej tłumiący). Wielką zaletą toru płytowego jest długoletnia stabilność toru (Tines deklaruje dopuszczalne odkształcenia do 1 mm). Również część drogowa jest bardzo trwała. Koszt – nawierzchnia tramwajowo-drogowa SDS firmy Edilon)(Sedra, dostępna również jako „zielony tor”, w wersji SDS-E kosztuje 120..150 euro/mtp, żywotność 10..15 lat.

Hałas na zwrotnicach i krzyżownicach można radykalnie zmniejszyć stosując zwrotnice z ruchomym dziobem i krzyżownice z ruchomymi skrzydłami. Rozwiązanie jest drogie inwestycyjnie, ale nie tylko generuje znacznie mniej hałasu, lecz ma trwałość ok. 5× większą niż klasyczna zwrotnica. Co więcej – pozwala na przejazd z większą prędkością. W Polsce zwrotnice takie wytwarza Huta Ozimek (grupa Tractec), minimalny promień R 3000 mm.

Tor płytowy może współpracować z matą wibroizolacyjną (takie rozwiązanie wydaje się stosunkowo „tradycyjne”).

Możliwe są jeszcze ciężkie wibroizolatory sprężynowe. Ich szczególną cechą jest konwersja częstotliwości do infradźwięków (zwykle 5..8 Hz). Wprowadzają zatem jedynie wibracje. Zaletą wibroizolatorów sprężynowych jest możliwość zabudowy pod torem klasycznej budowy. Mankamentem wibroizolatorów jest trudność utrzymania: ich stalowe sprężyny nie mogą być zalewane wodą, zaś przestrzeń wokół sprężyn nie może być zasypaana piaskiem. W konsekwencji wibroizolatory takie wymagają odwodnienia i otworów inspekcyjnych na tyle dużych, by możliwe było czyszczenie przestrzeni wokół sprężyn.

Hałas we wnętrzu pojazdu – producenci potrafią robić ciche pojazdy, lecz to kosztuje (powoduje wzrost ceny całego tramwaju o ok. 30%). Dlatego pojazdy dobrze wytłumione zamawiają bogate kraje (Arabia Saudyjska, USA itp.). Jest to nie tylko kwestia „wygłuszenia” masą tłumiącą i dodatkowych wibroizolacji, lecz stosowania komponentów generujących „u źródła” mniejszy hałas, np. specjalne wykonania rdzeni magnetycznych dławików, cichsze wentylatory, cichsze silniki, materiały konstrukcyjne tłumiące wibracje np. dural zamiast stali itp. W Polsce realia rynkowe (przetargi) wymuszają „cięcie po kosztach” we wszystkich obszarach, w których to możliwe. Dlatego pojazdy zamawiane dla polskich operatorów posiadają tłumienie na poziomie elementarnym.

Czynnikiem wpływającym na hałas wewnątrz tramwaju jest wężykowanie. Jest ono tłumione przez tłumik wężykowania, a ten tłumik swoją pracą wprowadza wibracje w pudło. Wyeliminowanie tłumika wężykowania poprzez zastosowanie techniki ARS (Active Radial

Steering) zmniejsza hałas wewnątrz pudła o 4 dB (takie są doświadczenia z wózkami WAKO Flexxtronic).

Względnie tanim (w zestawieniu z wysoką skutecznością) rozwiązaniem jest zawieszenie na miechach powietrznych. Wymaga to jednak – zarówno ze względu na gabaryty, jak i specyfikę pracy - założenia obecności miechów powietrznych od samego początku projektowania pojazdu. Spośród tramwajów produkowanych w Polsce to rozwiązanie posiada tylko tramwaj PESA Jazz.

PROPOZYCJA REFERATU autorstwa Marka Bogusza

MATERIAŁY

Zastosowanie w budowie wózków (kolejowych, tramwajowych) kompozytu hybrydowego zawierającego włókna karbonowe i włókna ze stali nierdzewnej zatopione w termoplastycznej osnowie (materiał stosowany w przemyśle kosmicznym oraz od 2022 w rowerach Enduro).

https://portal.bikeworld.pl/artukul/testy_i_nowosci/nawosci_sprzetowe/19020/rewolucyjne_e_enduro_kellys_theos_f_2022

https://portal.bikeworld.pl/artukul/testy_i_nowosci/nawosci_sprzetowe/18489/nieoficjalnie_kellys_zbuduje_razy_z_innowacyjnego_materialu

Zalety:

- Wysoka odporność na udary, tłumienie wibracji
- Niskie koszty wykonawcze - elementy z tego kompozytu formuje się metodą wtrysku.
- Materiał ten nadaje się do recyklingu (co pozwala na dość konserwatywne nadawanie resursów).

PROWADZENIE WÓZKA W TORZE

Celem jest rozwój taki konstrukcji wózków, aby radykalnie podwyższyć żywotność torów tramwajowych (w porównaniu z tradycyjnym wózkiem o sprzężonych zestawach kołowych). Dotyczy to:

- Ciasnych łuków – gdzie samoprowadzenie jest nieefektywne, zaś koła rozprężone nie stanowią pełnego remedium (redukuja poślizgi wzdłużne do niezgodności prędkości płaszczyzny tocznej i obrzeża, pozostawiają jednak duże kąty nabiegania).
- Prostych – gdzie koła rozprężone (lepsze w łukach) wykazują „klejenie się” do jednego z toków szynowych (co – pomimo spokojnego biegu – powoduje silne podcinanie szyn).

Inspiracją jest być wózek Bombardiera określany jako „Flexx Tronic WAKO boogie” (niekiedy „WAKO boogie”), który łączy przechyl pudła (akronim WACO) z techniką aktywnego sterowania skrętem zestawów kołowych (akronim ARS - Active Radial Steering). Sam przechyl pudła na klasycznym wózku zwiększa koszt utrzymania infrastruktury o 60%, zastosowanie pudła dwupokładowego jeszcze bardziej. Tymczasem nowe wózki radykalnie zmniejszyły zużycie toru - inwestycja w nowe wózki zwróciła się w ciągu zaledwie dwóch

lat. (Inna sprawa, że mankamentem wzmiankowanego typu wózka są wibracje – przykra konsekwencja stosowania możliwie uproszczonych rozwiązań)

<https://www.globalrailwayreview.com/article/5797/combining-capacity-with-track-friendly-technology-flexx-tronic-wako-and-ars-from-bombardier/>

W tym celu należy rozwinąć konstrukcje charakteryzujących się prowadzeniem bezbrzeżowym (również w ciasnych łukach) bądź przynajmniej redukujące siły działające na kołnierz (tj. cechujące się małymi kątami nabiegania). Poszukiwane są rozwiązania tanie inwestycyjnie i utrzymaniowo, stąd raczej nie powinien być to system ARS (Active Radial Steering), a przynajmniej „pełny ARS”.

Wchodzą w grę trojaki działania konstrukcyjne (stosowane z osobna bądź łącznie):

1. Poprawa skuteczności centrowania położenia zestawu w torze (aż do poziomu dostatecznego w najciaśniejszych łukach) z wykorzystaniem zasady samoprowadzenia (wężykowania) również dla ciasnych łuków. Jest to możliwe na dwa sposoby (w przypadku podatnego zawieszenia obydwa można zaliczyć do ARS):
 - Zapewnienie powiększonej (względem tradycyjnego zestawu kołowego) różnicy promieni toczenia kół:
 - a. profil o podwyższonej stożkowatości (rozwiązanie znane, o ograniczonej skuteczności, wiążące się z częstszym reprofilowaniem koła bądź ograniczeniem nacisku).
 - b. podział koła na części – stożek i kołnierz, mogące przesuwać się względem siebie poosiowo (rozwiązanie raczej niespotykane, trudne mechanicznie). To rozwiązanie może być trudne do scertyfikowania.
 - Wymuszenia zadanej różnicy prędkości kątowych między kołami zestawu (dyferencjał sterowany elektromechanicznie albo elektrohydraulicznie, bądź sprzęgnięcie wirtualne - niezależne napędy kół charakteryzujące się wysoką sztywnością). Ta grupa propozycji wydaje się bardziej realna.
2. Ograniczone wpływanie na wężykowanie (zestawu kołowego zawieszono podatnie w wózku albo całego wózka):
 - aktywne tłumienie oscylacji:
 - a. o nadmiernej amplitudzie
 - b. albo tylko w fazie, w której zwrot jest niepożądany
 - sterowanie parametryczne – zmiana parametrów decydujących o częstotliwości i amplitudzie oscylacji.
3. Poprawa efektywności samoprowadzenia zestawu przedniego poprzez zastosowanie zasady wózka o budowie mieszanej (znanej od trzech dekad w wersji kolejowego wózka tocznego, z samoczynnym hydraulicznym przełączaniem sprzęgnięcia kół zależnie od kierunku jazdy):
 - z przodu zestaw z samoprowadzeniem (sprzężony, ewentualnie rozwiązania opisane w p. 1)
 - z tyłu koła rozprężone (bądź sprzęgnięte poprzez dyferencjał)

Efektywność samoprowadzenia tego typu wózka wynika z faktu, że eliminuje znaczny moment sił tarcia przeciwdziałający obrotowi wózka (wywoływanemu przez samoprowadzenie przedniego zestawu) wprowadzany przez tylny zestaw kołowy.

Powyższy wózek może być jest jednokierunkowy (stały układ sprzężenia / rozprężenia), może być też dwukierunkowy (alternatywnie do hydraulicznego przełączania sprzęgnięcia kół można zastosować blokowane dyferencjały w obydwu zestawach i - zależnie od kierunku jazdy - blokować jeden z nich; takie rozwiązanie pozwala zbudować wózek napędowy, w którym dwa silniki są przypisane do poszczególnych osi).

TRAMWAJOWE ZESTAWY KOŁOWE ZE ZMIENNYM ROZSTAWEM KÓŁ

O ile dla ciężkiej kolei stan techniki obejmuje sporą gamę dostępnych i uznanych rozwiązań, to brak ich jest w tramwajach, które z reguły są niskopodłogowe. Wbrew pozorom (zazwyczaj sieci tramwajowe postrzegane są jako wyodrębnione typologicznie i organizacyjnie) istnieje spore pole zastosowań komercyjnych takich rozwiązań:

- Realizacja ruchu przechodzącego w przypadku miast posiadających dwie sieci o różnych rozstawach (np. Sofia – 1009 mm i 1435 mm)
- Realizacja ruchu „tram-train” w przypadku miast posiadających wąskotorową sieć tramwajową. W Polsce narzucającym się polem zastosowania mógłby być ruch „interurban” łączący sieci tramwajowe Bydgoszczy i Torunia (obydwie 1000 mm) za pomocą linii PLK (1435 mm). Jest to rozwiązanie:
 - zarówno tańsze niż budowa odrębnej linii (we wzmiankowanym przypadku linia taka miałaby długość 31 km),
 - jak i doskonalsze technicznie (na torach kolei 1067 mm australijskiego stanu Queensland przekroczone 200 km/h, jednak wymaga to bardzo dobrego utrzymania toru i techniki przechyłu pudła sterowanej przez GPS)
 - prostsze organizacyjnie (korzystanie z dwutorowej linii PLK zamiast jednotorowej tramwajowej)
- Umożliwienie konwersji rozstawu torów sieci tramwajowej przy zachowaniu prowadzenia ruchu. Konwersja przynosi korzyści:
 - Zwiększenie prędkości handlowych (szybki tramwaj) na długich liniach
 - Zmniejszenie kosztów utrzymania toru
 - Zmniejszenie wibracji wprowadzanych w środowisko (wąski rozstaw wymaga sztywnego zawieszenia wózków i sztywnego toru, a to ostatnie powoduje wprowadzanie silnych wibracji; większy rozstaw pozwala na zmniejszenie sztywności podparcia szyn)

W przypadku aglomeracji o dużej rozciągłości przestrzennej rozstaw szyn decyduje o „być albo nie być”, gdyż niedostateczna prędkość handlowa staje się „gwoździem do trumny” sieci tramwajowej. W Polsce problem ten najsilniej występuje w Łodzi, gdzie rozległa (kiedyś) wąskotorowa sieć miejska i podmiejska jest – co do czasów przejazdu - niekonkurencyjna względem samochodów i w konsekwencji postępuje jej stopniowa likwidacja.

- Realizacja tramwajowych odcinków ekspresowych (100..120 km/h) mających większy rozstaw szyn niż reszta sieci (1600 mm, 1676 mm a nawet rozstawy nietypowe ok.

2000 mm) przy jednoczesnym pozostawieniu pozostałej infrastruktury jako docelowej. Dodatkową korzyścią jest obniżenie wibracji generowanych przez ruch tramwajowy na „szerokich” odcinkach.

NAPĘD BEZPOŚREDNI

Silniki wieloszczelinowe pozwalające uzyskać potrzebną dla celów trakcyjnych wartość momentu obrotowego przy umiarkowanym wzroście masy (w porównaniu do klasycznych silników wysokoobrotowych).

Silniki z dodatkowym stopniem swobody pozwalające ograniczyć masę drgającą do akceptowalnego dla „koła motorowego” poziomu i chronić przed wibracjami uzwojenia stojana

Rozwój silników reluktancyjnych (SRM – Switched Reluctance Motor) pozwalający zmniejszyć zapotrzebowanie na metale ziem rzadkich.

ZASILANIE TRAMWAJU I TROLEJBUSU PRĄDEM ZMIENNYM

Innowacje mechaniczne, które wydają się przyszłościowe, zostały przypisane do panelu A.9.1.

Innowacja elektryczna, która wydaje się przypuszczalnie ze strony koncernu Siemens to zasilanie prądem zmiennym. Od kilku lat Siemens rozwija zasilanie dla ciężarówek na autostradach. Sieć tego systemu przypomina trolejbusową z tym, że dystans między przewodami wynosi ok. 1 m. Najważniejszą innowacją jest zastosowanie prądu przemiennego (pierwsze prototypy 600 V AC, prawdopodobna wartość docelowa 1200 V AC). Zastosowanie 1200 V AC z zerem pośrodku pozwoli na to, aby napięcia maksymalne względem ziemi nie przekraczały 1 kV, zatem sieć może być konstruowana według przepisów dla niskich napięć.

Próba poszerzenia komercjalizacji tego systemu na trolejbusy jest oczywista (w tym zaadoptowanie napięcia 1200 V AC) przynosi korzyści są ekonomiczne oraz ułatwia budowę długich tras, gdyż:

- Dwukrotnie zwiększa się dystans między podstacjami (dzięki wzrostowi napięcia z 550 .. 600 V do 1200 V), zatem ilość potrzebnych podstacji jest o połowę mniejsza.
- Podstacje AC są zazwyczaj tańsze (ograniczają się de facto do transformatora z zabezpieczeniami).
- Ponadto sieć taka może łatwo być wykorzystana dla potrzeb nietrakcyjnych (przy wykorzystaniu transformatorów 1200V/230V)

W przypadku tramwajów adaptacja systemu jest nieoczywista:

- Sieć jedнопolowa górna sugeruje zastosowanie napięcie 600 V AC – wtedy główną korzyścią jest zredukowanie skutków prądów błędzących (nie zostają one wyeliminowane zupełnie). Oszczędności ekonomiczne są wtedy nieprzekonujące.
- Sieć dwupolowa wymaga podwójnego systemu odbioru prądu. Pozwala na 1200 V AC. Na skrzyżowaniach i rozjazdach najprościej zastosować przewody bez zasilania, a przejazd pojazdu mógłby się odbywać z zasilaniem z superkondensatorów. Ponadto

bardziej złożona jest budowa elektryczna ze względu na odłączanie szyn jako bieguna zasilania.

- Ma te same zalety, co w przypadku trolejbusów.
- Dodatkową zaletą jest całkowita eliminacja prądów błędzących.

Oczywiście trolejbusy i tramwaje musiałyby być dwusystemowe, aby móc korzystać z istniejących sieci DC. Opracowanie takich pojazdów na kilka lat dałoby to koncernowi Siemens monopol na produkcję pojazdów tego typu.

ROLA TRAMWAJU W MIEŚCIE XXI WIEKU

Poniższe przemyślenia są pokłosiem koncepcji „szyny dla Lublina”, stworzonej i rozwijanej przez Autora od 2013. Obecnie (2024) aktualna jest IV generacja tego projektu.

Niebagatelny wpływ miały też kontakty Autora z krakowskim ZTM i próby (nie w pełni satysfakcjonujące) znalezienia sposobu poprawy krakowskiej komunikacji szynowej.

Aspekty zarządzania interesariuszami (do których należą w szczególności zmotoryzowani mieszkańcy miasta, Ratusz i deweloperzy) były analizowane obszernie w poświęconej „szynie dla Lublina” pracy końcowej na studiach podyplomowych z Zarządzania Projektami na SGH, obronionej w 2022 (odnoszącej się do III generacji projektu).

WPROWADZENIE - SPOŁECZNY ODBIÓR TRAMWAJU

Trzeba się pogodzić z tym, że do dziś społeczny odbiór tramwaju (szybkiego tramwaju, kolei miejskiej, kolei podziemnej/metra, kolei) jest zafałszowany i dominują w nim populistyczne wyobrażenia z czasów Wielkiego Amerykańskiego Skandalu (Anty)Tramwajowego. Dalej szczytem marzeń ludzi przenoszących się ze wsi do miasta jest własny samochód. Jest ważniejszy od własnego mieszkania, wykształcenia, kariery zawodowej. Samochód jest postrzegany jako wyznacznik cywilizacji i sukcesu życiowego. Ludzie tak postrzegający świat zniosą wszelkie niedogodności związane z samochodem, przeciwstawiając je realnym i wyobrażonym, aktualnym i historycznym niedogodnościom tramwaju. Stanowią też potencjalnie najsilniejsze zorganizowane lobby przeciwników komunikacji publicznej.

(Oczywiście istnieją odmienne postawy typu „tramwaj jest trendy/sexy”, negujące potrzebę posiadania własnego, prywatnego samochodu, ograniczające korzystanie z samochodu usługi car sharing; takie postawy są – jak na razie – mniejszościowe i dotyczą osób urodzonych w mieście).

ZANIK RÓŻNIC MIĘDZY TRAMWAJEM, SKM I METREM

Wczesne realizacje tramwaju, kolei miejskiej, metra i szybkiego tramwaju były krótkie, wyodrębnione typologicznie spośród okalających środków transportu szynowego, nieinteroperacyjne (co było zamiarem politycznym – np. casusy Paryża, Krakowa, Toronto i

Montrealu), ale też dość jednolite co do rodzaju (na poziomie ziemi / nad ziemią / pod ziemią), to:

- **Zanik różnic w dziedzinie infrastruktury.** Ekspansja systemów starszych i powstawanie nowych, rozległych linii i systemów odbywa się bez utrzymywania jednego standardu rodzaju wykonania - mogą zawierać odcinki naziemne (kiedyś definiujące tramwaj), podziemne (kiedyś będące wyznacznikiem metra/U-bahn) czy nadziemne (kiedyś będące synonimem SKM/S-bahn). Powoduje to zacieranie różnic funkcjonalnych między różnymi infrastrukturą rodzajami transportu szynowego.
- **Zanik różnic w dziedzinie taboru.** Coraz bardziej przebija się świadomość, że ekonomicznie bardzo sprzyja interoperacyjność. Zazwyczaj jest to interoperatywność z „ciężką koleją”, pozwalająca kolei miejskiej czy tramwajom na obsługę aglomeracji i ruchu podmiejskiego. Skutkiem jest trend unifikacji taboru (często niepełnej) z „ciężką koleją”.
- **Pozostanie różnic operacyjnych między tramwajem szybkim a klasycznym.** Pozostają jedynie różnice operacyjne, wynikające z czynników nietechnicznych: urbanistycznych, społecznych, politycznych. Przesądzają one gęstości przystanków i tym samym o prędkości handlowej).

TREND WZROSTU KOSZTU INFRASTRUKTURY I TABORU

Współczesny rozwój techniki obejmuje dwie komponenty, które pozostają aktualne zarówno w odniesieniu do taboru jak i infrastruktury:

- Stawiane są kolejne wymagania formalne oraz utylitarne, co komplikuje ich projektowanie i budowę. Działa to w kierunku wzrostu ceny.
- Wyroby przemysłowe w miarę zwiększania skali produkcji i opanowywania przez kolejnych producentów tanieją. Działa to w kierunku spadku ceny.

Komponenty te działają przeciwsobnie, jednak wypadkowo cena rośnie.

- Wzrost kosztu taboru (pojazdów) powoduje chęć skompensowania większym obrotem (ilością kursów w ciągu dnia). Osiąga się to różnymi działaniami:
 - po stronie taboru wzrostem jego prędkości i przyspieszeń (co oczywiście wymaga nadającej się do tego infrastruktury).
 - Po stronie infrastruktury jest to optymalizacja przebiegu korytarza umożliwiająca uzyskanie możliwie dobrej prędkości handlowej.
 - Taka optymalizacja po stronie infrastruktury może się to wiązać z dalszym podwyższeniem kosztu infrastruktury ze względu na wyższe wymogi co do nawierzchni torowej i dodatkowe obiekty inżynierskie.
- Wzrost kosztu infrastruktury powoduje większą koncentrację linii – zamiast kilku równoległych linii powstaje jedna linia magistralna. Dla zapewnienia pokrycia obsługą komunikacyjną linia ta albo umiarkowanie zygzakuje, albo posiada krótkie odnogi osiedlowe.

W konsekwencji tendencja ta przesuwaa tramwaj w kierunku szybkiego tramwaju, a następnie kolei miejskiej / metra.

MIEJSCE „STREETCAR” W SYSTEMIE KOMUNIKACYJNYM

Wydaje się, że istnieją obecnie tylko dwa obszary, gdzie pozostaje (a i to nie we wszystkich przypadkach) miejsce dla tramwaju klasycznego:

- Śródmieście, gdzie występuje duże zagęszczenie destynacji (generatorów ruchu), a realizacja obiektów inżynierskich może być (w niektórych przypadkach) niewspółmiernie droga w porównaniu z korzyściami. Szczególnie dotyczy to starych miast, gdzie ulice są za wąskie na nasypy czy wiadukty, mnożnik „na przekładki” stosowany przy budowie obiektów podziemnych dochodzi do 3× i do tego pod ziemią jest dużo artefaktów archeologicznych mogących powstrzymać budowę na długi czas.
- Osiedla, do których docierają odnogi boczne – strefy „30 km/h” i „40 km/h”. Często w takich miejscach ułożenie zabudowa blokuje wszelkie korytarze komunikacyjne o dobrych parametrach szybkościowych i zatem również w tym przypadku budowa trasy bezkolizyjnej jest niewspółmiernie kosztowna.

W obydwu przypadkach istnieje dodatkowy argument mający podłoże psychologiczne, aktualny od początku istnienia tramwajów: „linię szynową i jej przystanek łatwiej rozpoznać w terenie”.

PRZESŁANKI SUKCESU KOMUNIKACJI SZYNOWEJ W NIEPRZYCHYLNYM OTOCZENIU

Życie jest brutalne.

Wobec tego, co napisano powyżej, obowiązuje zasada „Zwyciężaj albo giń!”.

Oferta tramwaju czy podobnego szynowego medium komunikacyjnego musi być „ciosem w plecy” dla konkurencji – samochodów osobowych oraz autobusów (i podobnych – trolejbusów, duobusów itp.). Przy tym kryteria oceny muszą być ograniczone wyłącznie do tych, którymi operują „samochodziarze”:

1. Czas podróży „drzwi-drzwi” (łącznie z maksymalnym czasem oczekiwania na pojazd). Wynika to z faktu, że pasażerowie niechętni tramwajowi najlepiej utrwalają najgorsze wspomnienia, a także z faktu, że przy „dojeździe na czas” liczy się czas najbardziej pesymistyczny.
2. Ilość przesiadek i ich uciążliwość.
3. Maksymalna chwilowa prędkość na trasie. Parametr ten jest wprawdzie absurdalny z punktu widzenia inżynierii ruchu, jest jednak bardzo wysoko ceniony w świecie samochodziarskim. Może więc stanowić istotny z psychologicznego punktu widzenia punkt przewagi, a na torowiskach wydzielony / w tunelach / na wiaduktach przewaga ta może zostać osiągnięta. Dlatego w projekcie „szyny dla Lublina” przewidziane są trzy odcinki, gdzie geometria linii pozwala na 100 .. 120 km/h. W tym jeden odcinek biegnący na nasypie między jezdniami – widoczny z ulicy, po której absolutnie nie da się z taką szybkością jechać samochodem (co stanowiłoby swoistą „demonstrację siły”).
4. Koszt podróży transportem publicznym zestawiony z kosztami paliwa / energii potrzebnej dla realizacji analogicznej podróży własnym samochodem (tradycyjnie

samochodziarze nie uwzględniają kosztów zakupu samochodu, jego utrzymania, ubezpieczenia itp.).

Należy przy tym zauważyć, że w punkcie 2 (brak przesiadek) komunikacja publiczna nie uzyska przewagi nad samochodami osobowymi, gdyż w najlepszym razie (połączenie bezpośrednie) może być równa samochodom osobowym.

Również punkt 4 może być trudny do spełnienia. Środkiem do jego realizacji mogłoby być wprowadzenie opłat za wjazd do miasta / śródmieścia (co od wielu lat ma miejsce w Londynie). Proponowana jest integracja opłaty za wjazd z „trawelką” miejską – karta wjazdu powinna jednocześnie być normalną „trawelką” miejską (przy dopuszczeniu darmowego ograniczonego wjazdu pojazdów spoza miasta np. 2 wjazdy danego pojazdu na miesiąc).

Dlatego dla uzyskania przewagi finalnej konieczne jest uzyskanie dużej przewagi w pozostałych punktach (tj. punktach 1 i 3).

Kolejne wymogi, które – celem uniknięcia konfrontacji z lobby samochodowym - zostały uwzględnione przy konstruowaniu projektu „szyny dla Lublina”, są następujące:

5. Nie zabierać samochodom ani jednego pasa ruchu (takie było życzenie ZDiM – Zarządu Dróg i Mostów po zetknięciu się z koncepcją „szyny dla Lublina”). Można przeciąć linią szynową pas ruchu w poprzek (zalecane osłonięcie półrogatkami), można też przesunąć jezdnię - odtworzyć zabrany pas ruchu kosztem trawnika. Mówiąc inaczej – samochodziarzom należy pozostawić stan posiadania, zaś Zarządowi Dróg i Mostów pozostawić wolną rękę.
6. Nie blokować żadnych potencjalnych przyszłych inwestycji drogowych (nawet, jeśli są one przewidywane „w mglistej przyszłości” albo jeśli po powstaniu „szyny” straciłyby rację bytu).

POZOSTAŁE ZALETY I WADY TRAMWAJU, ZNANE TYLKO FACHOWCOM

Przewagi tramwaju nad samochodami i autobusami znane tylko wąskiemu gronu fachowców:

- Wyższa stopa zwrotu inwestycji – tylko w przypadku dobrych prędkości handlowych (szybki tramwaj / metro / SKM):
 - Wzrost prędkości handlowej zwiększa obrót taboru (ilość kursów w ciągu dnia), a to powiększa wpływy z biletów.
 - Wzrost prędkości handlowej zmniejsza ilość potrzebnego taboru.
 - Wzrost prędkości handlowej przyciąga pasażerów generując większe potoki pasażerskie.
- Duża przepustowość, wynikająca z możliwej długości pociągu (nawet do 100 m, gdy najdłuższe eksploatowane w niektórych krajach trójczłonowe autobusy mają 24 m długości). Jest ona wielokrotnie większa, niż samochodów osobowych (co jest dość powszechnie znane), ale też większa, niż autobusów (nawet zorganizowanych w BRT – Bus Rapid System; Kurytyba mająca system BRT po 30 latach jego eksploatacji zdecydowała się na budowę w najbardziej obciążonym korytarzu klasycznego metra).
- Umiarkowane potrzeby co do szerokości własnego korytarza – dzięki temu schowanie pod ziemię linii tramwajowej jest tańsze niż schowanie arterii samochodowej.

- Wyodrębniony i odseparowany (wygrodzony / w tunelu / na nasypie / na wiadukcie / estakadzie) korytarz szynowy pozwala na większe prędkości (rzędu 100..120 km/h), niż samochody na ogólnodostępnej ulicy.
- Ekologia i oszczędność energii:
 - Oszczędność energii – tramwaj ma ok. 3x mniejsze opory ruchu niż autobus/trolejbus (a także systemy metra na koła ogumionych i tzw. kolei jednoszynowych). Dlatego sieci tramwajowe są projektowane z myślą o dostarczeniu dużej mocy na rozruch i jej odzyskaniu (rekuperacji) podczas hamowania (zwalniania) pojazdu. Natomiast sieci trolejbusowe – mimo tego samego napięcia - projektuje się odmiennie, maksymalizując sprawność przesyłu ciągłej mocy podtrzymującej ruch pojazdu, natomiast ignorując możliwość odzysku energii podczas hamowania.
 - Znaczna (ok. 10-krotna) redukcja podgrzewania powietrza na ulicach: nie tylko mniejsze opory ruchu, lecz również konwersja energii cieplnej na elektryczną / mechaniczną następuje nie w pojeździe, lecz w elektrowni położonej setki kilometrów dalej. Dzięki temu na ulicy tramwaj wydziela 10% tej mocy cieplnej, co autobus.
- Dużo mniejsze wnikanie hałasu akustycznego w zabudowę (kilkadziesiąt metrów) niż hałasu od samochodów (do 300 m), niższy poziom wibracji – tylko w przypadku torów normalnych, podpartych sprężyscie.
- Może występować w roli przyjaznego „streetcar” – tylko na odnogach osiedlowych. Pojęcie „przyjazności” oznacza dobre zdefiniowanie obszaru bezpiecznego, znajdującego się poza skrajnią taboru.
- Stałe i dobrze widoczne trasy transportu szynowego ułatwiają orientację pasażerom.

KONSTRUOWANIE NOWOBUDOWANYCH MAGISTRALNYCH KORYTARZY SZYNOWYCH

TRENDY

Tendencja wzrostowa kosztu infrastruktury. Wczesne systemy transportowe powstawały jako samodzielne (niekiedy izolowane) linie optymalizowane kosztowo do zadań postawionych przed nimi w momencie budowy. Przeladunki i przesiadki były powszechne (przykładowo Średzka Kolej Powiatowa była częściowo na torze normalnym, częściowo na metrowym). Znajdowało to odzwierciedlenie w ustawodawstwie, które było zróżnicowane dla różnych kategorii transportu szynowego. Rozwój masowej motoryzacji wymusił spojrzenie na optymalizację nie z punktu widzenia przewoźnika, lecz pasażera. Dla pasażera wyznacznikiem jakości usługi jest jego czas podróży drzwi-drzwi. Wymaga to:

- zbliżenia przebiegu korytarzy transportowych do generatorów ruchu,
- eliminowania przesiadek (interoperatywność),
- wzrost prędkości,
- wzrost trwałość toru,
- obecność obiektów inżynierskich pozwalających na ruch bezkolizyjnych w wybranych fragmentach korytarza.

Ostatnie trzy czynniki są jakościowe i powodują wzrost kosztu kilometra toru.

Pojawiają się też czynniki związane z wpływem transportu na środowisko:

- Ograniczanie wibracji.
- Różnego rodzaju groźnienia
- Systemy kontroli i zabezpieczenia ruchu

Zatem oszczędności należy szukać:

- Czynniki ekstensywnych:
 - Minimalizować liczbę korytarzy transportowych
 - Minimalizować infrastrukturę szynową (ilość torów, rozjazdów itp.)
 - Minimalizować infrastrukturę trakcyjną
 - Minimalizować ilość taboru
- Należy też korzystać z istniejącej infrastruktury „ciężkiej kolei”

ETAPI – PROCEDURA OPTIMALIZACJI TRASOWANIA KORYTARZA

Wobec kosztu, długotrwałości powstawania i nieelastyczności tras szynowych wybór korytarza „szyny” musi być bardzo staranny i rzetelny.

- Punktem wyjścia jest maksymalizacja liczby generatorów ruchu, które obsługuje korytarz. Wymóg ten ma priorytet przed minimalizacją kosztu budowy. Uzasadnienie:
 - Linia biegnąca „opłótkami” nie przyciągnie pasażerów i poniesie porażkę.
 - Tereny „z dala od głównych ulic” w miastach często są podmokłe. Ziemia w takich miejscach słabo tłumi wibracje i przenosi je na odległości dochodzące do 300 m, tor zbudowany w takim miejscu albo ulega szybkiej deformacji, albo – jeśli ma być trwały – okazuje się nieadekwatnie kosztowny.
- Współczesny tramwaj powinien być szybkim tramwajem, bo tylko taki ma szansę przejąć gros potoków pasażerskich. Dlatego przystanki (stacje) nie mogą być rozmieszczone zbyt gęsto.
 - W ścisłym śródmieściu można dopuścić przystanki rzadziej
 - co 600 .. 800 m,
 - skorelowane z istniejącymi dotąd (tradycyjnymi) lokalizacjami przystanków i punktami przesiadek.
 - Poza śródmieściem przystanki powinny być rzadziej:
 - co 1 .. 1,5 km (licząc w linii powietrznej)
 - przy braku dużych generatorów ruchu mogą być jeszcze rzadziej; takie długie szlaki mogą zawierać łagodny łuk zmieniający kierunek linii nawet do 90°;
 - skorelowane mniej więcej z co drugim przystankiem autobusowym.
- Generalnie nie trasować linii pod budynkami (ze względu na koszty – o tym dalej). Przejścia pod budynkami tylko wyjątkowo i na możliwie krótkich odcinkach.
- Geometria korytarza ma zapewniać dobrą prędkość handlową.
 - W celu spełnienia tego wymogu można dopuścić pewne wydłużenie, zwłaszcza, jeśli obsłuży dzięki temu większą ilość generatorów ruchu.
 - Dopuszcza się pewne obniżenie prędkości na głowicach stacji.

- Na wszystkich etapach projektowania należy rozważać wszystkie w miarę sensowne warianty
 - Wyjątkiem jest sytuacja, gdy przebieg korytarza jest „oczywisty”.
 - Do porównywania sugerowana jest metoda „wyścigu australijskiego”:
 - 1) z puli wariantów wyszukuje się parę, której porównanie daje zgodny wynik dla wszystkich kryteriów bądź przynajmniej dla najważniejszych (kryteria należy uprzednio uszeregować według rankingu ważności)
 - 2) z tej pary odrzuca się wariant gorszy
 - 3) pula wariantów zostaje zubożona o wariant odrzucony
 - 4) powyższą procedurę powtarza się tak długo, aż zostanie tylko jeden wariant (zalecane jest też pozostawienie wariantu rezerwowego – „II wyboru”)

Ta metoda – w przeciwieństwie do punktowej – jest niemal pozbawiona komponentu uznaniowości i daje gwarancję, że wariant wartościowy nie zostanie pominięty.

- Niekiedy dla umożliwienia porównania może być potrzebne zrealizowanie dla analizowanych wariantów również etapu II (patrz niżej) i dopiero wtedy porównywanie.

ETAP II – WYBÓR TECHNOLOGII WYKONANIA DLA MINIMALIZACJI KOSZTU INFRASTRUKTURY

Należy „ciąć po kosztach” – poszukując najtańszej realizacji wymaganej prędkości.

Kwestia odporności na klęski żywiołowe i podobne:

- Ogólny wymóg to zdolność do samoczynnego (grawitacyjnego) odwodnienia torowiska. Ma to chronić infrastrukturę przed zalaniem:
 - W razie silnych opadów (oberwanie chmury)
 - W przypadku braku zasilania (awaria, blackout)
 - Dodatkową zaletą tego założenia jest umiejscowienie linii w suchym gruncie, co sprzyja tłumieniu wibracji
 - Odstępstwa są dopuszczalne w ostateczności, wtedy należy dążyć do takiej budowy, by po ewentualnym zalaniu można było szybko przywrócić ruch (w szczególności na narażonych na zalanie odcinkach nie lokować zwrotnic).

Wybór między linią naziemną / nadziemną / podziemną

- Pierwszy wybór to budowa linii jako szybkiego tramwaju na poziomie ziemi, w płytkim wykopie bądź na niewysokim nasypie, gdzie skrzyżowania z drogami:
 - Albo są bezkolizyjne (dwupoziomowe)
 - Albo są w poziomie, zabezpieczone półrogatkami (przepisy dopuszczają to rozwiązanie tylko przy niskim iloczynie ruchu).
- Drugi wybór to linia na nasypie pionowym bądź estakadzie

- To rozwiązanie jest dopuszczalne tylko wtedy, gdy odległość od wiaduktu/estakady do najbliższego budynku przekracza 10 m
- Trickiem pozwalającym na ominięcie powyższego ograniczenia może być obudowanie torowiska „sztucznym tunelem”, jednak jest to kosztowne i może być nieakceptowalne urbanistycznie.
- Trzeci wybór to linia w tunelu, przy czym zaleca się – jeśli to możliwe - lokowanie stacji w wykopie (celem uniknięcia budowy stacji podziemnej, której koszt metra sześciennego jest ok. 20% większy, niż tunelu szlakowego, a przekrój poprzeczny znaczny).
 - Preferowaną technologią to metoda ścian szczelinowych (stropowa, mediolańska):
 - Jej ograniczeniem jest niemożność wykonania tunelu pod zabudową (gdyż wymaga otwarcia powierzchni).
 - Jest tylko o kilkanaście procent droższa od metody odkrywkowej (najtańszej), jednak w przeciwieństwie do niej może być realizowana nawet 30 cm od istniejących budynków.
 - Zapewnia dobrą wibroizolację,
 - Ogranicza czas otwarcia powierzchni do ok. 2 miesięcy (dalsze prace mogą być prowadzone po zamknięciu powierzchni)
 - Daje unikalną możliwość wykonania prac „na przyszłość”: kosztem ok. 15% całości można wylać ściany przyszłego tunelu, które mogą czekać na dokończenia nawet wiele lat, zaś dokończenie budowy nie wymaga powtórnego otwierania powierzchni.
 - Krótkie odcinki pod budynkami (głównie pod narożnikami budynków) wykonać metodami górniczymi bądź tarczą klasyczną (Brunela).

MINIMALIZACJA INFRASTRUKTURY – MIJANKI SZLAKOWE

Sposób poniższy można zasadniczo stosować zawsze, jednak nabiera on dużego znaczenia w obecności budowli inżynierskich.

Wtedy należy (jeśli to możliwe z operacyjnego punktu widzenia) ograniczyć infrastrukturę do linii jednotorowej z mijankami szlakowymi (jest to mijanka obejmująca dwa sąsiadujące przystanki/stacje i szlak między nimi):

- **ZALETY**
 - Pozwala na zmniejszenie długości toru pojedynczego.
 - Pozwala na redukcję obiektów inżynierskich – przy odpowiednio przemyślanym rozłożeniu mijanek szlakowych najtrudniejsze i najdroższe obiekty inżynierskie lokowane są jako pojedyncze na odcinkach jednotorowych.
 - Daje większą tolerancję na opóźnienia niż mijanki stacyjne
- **WADY**
 - Nie pozwala na dowolny cykl ruchu, a przepustowość można zwiększać długością składów albo ruchem paczkowym

- Brak rezerwowania na odcinkach jednotorowych – stąd sugestia stosowania możliwie trwałej nawierzchni: toru płytowego i rozjazdów z ruchomym dziobem (mają trwałość 5× większą od zwykłych).

REDUKCJA KOSZTÓW INWESTYCJI W SIĘĆ TRAKCYJNĄ - MODEL LANDSKRONY

- Dla zmniejszenia kosztów sieci trakcyjnej zastosować model Landskrony (sieć trakcyjna tylko na wybranych odcinkach, pozostałe pokonywane są przy użyciu energii zgromadzonej w superkondensatorach bądź akumulatorach).
 - Efekt ekonomiczny tego modelu zależy od topologii sieci. Model ten opłaca się, gdy sieć obsługuje wiele lokalnych linii penetrujących osiedla i peryferia.
 - Model ten umożliwia „przy okazji” realizację uproszczonych (pozbawionych sieci trakcyjnej) odnóg penetrujących osiedla.

REDUKCJA INWESTYCJI W TABOR POPRZEZ SPECYFICZNY SPOSÓB OPEROWANIA W SZCZYCIE KOMUNIKACYJNYM

Wielkość inwestycji w tabor wynika z potrzeb obsługi szczytów komunikacyjnych.

Potrzeby te można zredukować stosując specyficzny sposób organizacji ruchu w szczycie, który prowadzi do wzrostu obrotu taboru poprzez:

- Zwiększenie prędkości handlowej (o ok. 25%)
- Skrócenie tras (średnio o jeden dystans międzyprzystankowy)

Co więcej, sposób ten zwiększa potoki pasażerskie, gdyż wzrost prędkości handlowej do 40 km/h czyni transport szynowy bezkonkurencyjnym.

Sposób ten jest następujący:

Wzrost prędkości handlowej (z 32 km/h do 40 km/h) można uzyskać stosując ruch paczkowy. Polega on na tym, że na odcinkach poza Śródmieściem jeden pociąg z paczki zatrzymuje się tylko na stacjach parzystych, zaś drugi tylko na nieparzystych (zatem każdy pociąg zatrzymuje się co dwie stacje, przejeżdżając bez zatrzymania dystans 2 .. 3 km). UWAGA: pociągi mogą być połówkowe.

- W Śródmieściu obydwa pociągi zatrzymują się na wszystkich stacjach, możliwe jest też urządzenie na jednej stacji peronu przesiadkowego, gdzie obydwa pociągi zatrzymują się naprzeciwko siebie, co umożliwi łatwą przesiadkę w obie strony.
- Ruch paczkowy jest również możliwy na linii jednotorowej z mijankami szlakowymi (aczkolwiek tolerancja na opóźnienia jest wtedy mniejsza).
- Średni kilometraż jest o jeden dystans międzyprzystankowy mniejszy (połowa składów kończy jazdę na przedostatniej stacji linii i analogicznie zaczyna na drugiej).

INTENSYWNIJSZE WYZYSKANIE INFRASTRUKTURY: MODEL ESSEN - SYSTEM BRT „PRZY OKAZJI”

Jest to koncepcja maksymalnego wykorzystanie inwestycji, jaką są tunele/wiadukty przeznaczone dla transportu szynowego, poprzez wprowadzenie do nich trolejbusów / duobusów itp. Jest to tzw. model Essen:

- Nawierzchnia na odcinkach tak wykorzystywanych musi być tzw. zintegrowana kolejowo-drogowa.
- Należy w jakiś sposób pogodzić zasilanie pojazdów szynowych i trolejbusów (bądź któraś z tych dwóch kategorii pojazdów na odcinkach z modelem Essen miałyby zasilanie autonomiczne).
- Należy pogodzić skrajnie i wysokości peronów (dla ruchu pojazdów kołowych w tunelach przepisy wymagają 3,6 m – pozwala to na użycie pojazdów szynowych poszerzonych powyżej poziomu peronu, co jest obecnie często spotykanym sposobem zwiększania przepustowości albo komfortu w systemach metra i kolei miejskich)
- Potrzebne są dodatkowe (niezbyt długie) tunele wprowadzające trolejbusy (wloty trolejbusowe)
- Autobusy działają wtedy jako BRT (Bus Rapid Transport) – ich prędkości handlowe rosną, zatem potrzeba ich mniej (zmniejszenie inwestycji w tabor), a jednocześnie rośnie ich obrót (zwiększenie stopy zwrotu). Zgrubne szacunki tego pierwszego efektu pokazują, że koszt oszczędności na taborze trolejbusowym wynosi ok. ¼ kosztu potrzebnych dodatkowo wlotów trolejbusowych.
- Ulice na powierzchni w sąsiedztwie tuneli zostają zwolnione od trolejbusów.
- Model Essen ułatwia przesiadki – większość realizowana jest przy jednej i tej samej krawędzi peronowej.

MOŻLIWOŚCI ADAPTACJI ISTNIEJĄCYCH TRAS SZYNOWYCH DO WSPÓŁCZESNEJ KONKURENCJI – „TELEPORTACJA”

W starych miastach, gdzie tramwaj klasyczny wegetuje na środku ciasnej ulicy między kwartałami zwartej zabudowy, sytuacja jest patowa:

1. Z jednej strony nie jest konkurencyjny (co do czasu przejazdu) dla samochodów.
2. Z drugiej strony dopuszczenie do przesiadania się pasażerów tramwajów do samochodów spowoduje zakorkowanie ulic i spadek prędkości handlowej zarówno samochodów, jak i tramwajów.

Najprostszą (poniekąd bezinwestycyjną) metodą są ograniczenia administracyjne. W Kurytybie na ulicach, po których poruszają się autobusy systemu BRT osiągające 80 km/h, prędkość samochodów osobowych została ograniczona do 30 km/h. Dzięki temu przegrywają one rywalizację z autobusami BRT, których prędkość handlowa wynosi 27 km/h. W Kurytybie kiedyś udało się wprowadzenie tak drastycznych restrykcji, we współczesnej Polsce wprowadzenie tak radykalnych działań antysamochodowych wydaje się obecnie problematyczne i wątpliwe.

„Teleportacja”. Autor jest zdania, że należy uczynić tramwaj atrakcyjnym. Skoro nic nie można zrobić w kwartałach starej zabudowy, zatem działania ponoszące atrakcyjność należy

zrealizować tam, gdzie to możliwe. Generalnie zamysł polega na stworzeniu długiej linii bez przystanków, pozwalającej na ekspresową „teleportację” między odległymi węzłami sieci:

- W przypadku, gdy możliwe są jakieś inwestycje w korytarzu linii tramwajowej bądź ulicy o korzystnym przebiegu:
 - Dobudowa jednego toru lub para torów między rozsuniętymi torami istniejącej linii tramwajowej (np. na alejach łączących Śródmieście Krakowa z Nową Hutą).
 - Budowa nowej linii ekspresowej (zupełnie bez przystanków bądź z nielicznymi, rzadko rozmieszczonymi przystankami) przez tereny, gdzie istniejąca komunikacja jest dostateczna. Takim proponowanym przykładem jest ulica Stella-Sawickiego w Krakowie). Wtedy proponowane są prędkości od 80 km (tyle osiąga część posiadanego przez Kraków taboru) do 100 km/h (co osiągały pojazdy 105N przed założeniem ograniczników prędkości).
 - Budowa linii w tunelu (rozwiązanie szczególnie atrakcyjne w przypadku ulic zbyt wąskich na pomieszczenie toru). Wtedy można dopuścić nawet 120 km/h (wzorem nowo powstających linii metra, gdzie prędkości maksymalne są w zakresie 140..160 km/h). Proponowanym przykładem jest ul. Pilotów w Krakowie
 - W ostateczności może być to dobudowa torów bocznych na przystankach, na których składy zatrzymujące się byłyby wyprzedzane przez składy jadące non-stop torem głównym.

Rozwiązanie takie w niektórych przypadkach może być szybsze, niż tram-train (jeśli to ostatecznie wiąże się ze znacznym wydłużeniem trasy, jak np. w przypadku Krakowa).

- W przypadku, gdy możliwe jest wykorzystanie istniejącej linii kolejowej:
 - w modelu tram-train (co obecnie w Polsce nie jest realne ze względów prawnych)
 - poprzez budowę w korytarzu linii kolejowej odrębnej linii tramwajowej o dobrych parametrach.