

*transport
priorytet
model*

Jacek MAKUCH¹

WYCINKOWY MODEL ORGANIZACJI I STEROWANIA RUCHEM Z PRIORYTETEM DLA KOMUNIKACJI ZBIOROWEJ W CENTRACH ZATŁOCZONYCH MIAST

W referacie poruszono problem niskiej skuteczności stosowanych obecnie sposobów uzyskania priorytetu dla pojazdów komunikacji zbiorowej w centrach zatłoczonych miast. Jako środek zaradczy zaproponowano adaptację w ruchu miejskim elementów organizacji i sterowania ruchem pociągów stosowanych na kolei. Opracowano założenia modelu obejmującego odcinek elementarny sieci komunikacji zbiorowej. Przedstawiono wnioski dotyczące organizacji i sterowania ruchem miejskim.

1. WSTĘP

Jednym z ważniejszych problemów nękających obecnie większość dużych miast w naszym kraju jest kongestia obejmująca centralne ich obszary, powodująca drastyczne pogorszenie warunków przemieszczania się. Główną przyczyną tego zjawiska jest wzrost liczby samochodów osobowych jaki nastąpił w Polsce w okresie ostatnich 15 lat. Jako środek zaradczy najczęściej proponuje się rozbudowę układu drogowego, tymczasem doświadczenia miast rozwiniętych państw świata, które przeżywały już podobne problemy pokazują, że rozbudowa dróg i parkingów nigdy nie nadąży za wzrostem liczby samochodów osobowych. Jedyną skuteczną receptę widzi się natomiast w rozwijaniu i uatrakcyjnianiu komunikacji zbiorowej (w skrócie KZ).

Stosowanie priorytetu w ruchu pojazdów KZ nie jest niczym nowym. Niestety, pomimo wdrażania rozwiązań takich jak wydzielanie torowisk tramwajowych i pasów autobusowych, stosowanie sygnalizacji świetlnych z detekcją tych pojazdów i akomodacją uwzględniającą minimalizację strat ich czasu, transport zbiorowy w centrach zatłoczonych miast w naszym kraju nie potrafi stać się atrakcyjną alternatywą dla ruchu pojazdów indywidualnych, a przez to przyczynić się do zmniejszenia kongestii.

W referacie prezentowanym 2 lata temu [1] wskazano na jedną z możliwych przyczyn takiego stanu rzeczy, a mianowicie niewłaściwe rozpoznanie charakteru i struktury ruchu pojazdów KZ, co w efekcie powoduje zastosowanie nieodpowiednich środków w celu nadania im priorytetu. Otóż w przeciwieństwie do losowego w czasie i przestrzeni charakteru ruchu pojazdów indywidualnych, ruch pojazdów KZ odbywa się:

- wzdłuż ustalonych tras przebiegu,
- według opracowanych czasowych rozkładów jazdy.

¹ Instytut Inżynierii Lądowej Politechniki Wrocławskiej, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław,
jacek.makuch@pwr.wroc.pl

Tak więc specyfika ruchu pojazdów KZ jest znacznie bardziej zbliżona do ruchu pociągów w sieci linii kolejowych, niż do ruchu samochodów w sieci ulic miejskich, dlatego organizacja i sterowanie ruchem pojazdów KZ powinny być wzorowane na modelu kolejowym, a nie drogowym.

W niniejszym referacie zaprezentowano dalsze rozwinięcie analizowanego problemu w postaci propozycji wycinkowego modelu organizacji i sterowania ruchem ze szczególnym priorytetem dla pojazdów KZ, z myślą o stosowaniu go w centrach zatłoczonych miast.

2. IDEA MODELU

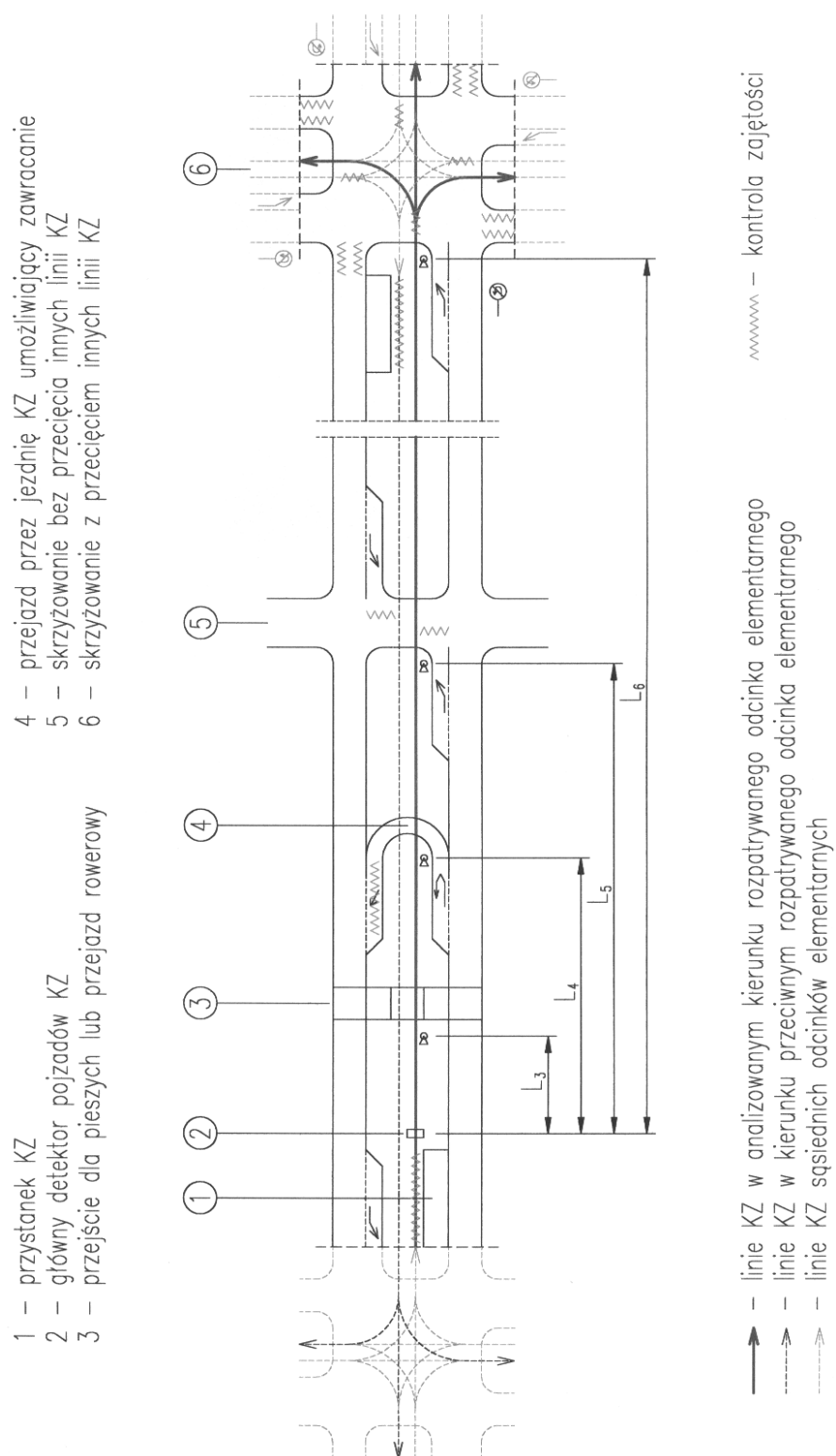
Jako pojazdy KZ w analizowanym modelu brane są po uwagę tradycyjne środki transportu zbiorowego poruszające się w poziomie ulicy, czyli: tramwaje, autobusy i trolejbusy. W przypadku pokrywania się tras różnych rodzajów rozpatrywanych pojazdów KZ zakładana jest integracja ich infrastruktury w postaci wspólnych pasów ruchu (jezdni, torowisk zabudowanych) wraz z przystankami [2]. Następnym założeniem w analizowanym modelu jest pozostawienie ruchu tych pojazdów w poziomie ulicy poprzez rezygnację z budowy bezkolizyjnych skrzyżowań, odcinków tunelowych lub na estakadach i dopuszczenie kolizyjnych przecięć strumieni ruchu pojazdów KZ ze strumieniami innych uczestników ruchu miejskiego.

Głównym celem proponowanego rozwiązania jest zapewnienie pojazdom KZ (pomimo dopuszczonej kolizyjności) parametrów ruchu najbardziej zbliżonych do tych, jakie miałyby one w przypadku zastosowania tras bezkolizyjnych. W tym celu, w modelu:

- na odcinkach poza miejscami kolizji założono wydzielenie pasów ruchu pojazdów KZ z ruchu pojazdów indywidualnych środkami znacznie bardziej skutecznymi niż ciągła linia oznakowania poziomego [3], takimi jak: separatory, krawężniki, pasy zieleni; generalnie brane są pod uwagę nie tyle wydzielone pasy ruchu, lecz osobne wydzielone jezdnie dla pojazdów KZ - umieszczone równoległe do jezdni ogólnodostępnych, najlepiej w osi ulicy (w pasie rozdziału jezdni w przeciwnych kierunkach),
- w miejscach kolizji strumieni ruchu pojazdu KZ z innymi uczestnikami ruchu (piesi, rowerzyści, pojazdy indywidualne) lub z innymi pojazdami KZ założono zastosowanie sterowania ruchem w postaci sygnalizacji świetlnych, ze szczególnym priorytetem dla pojazdów KZ.

Proponowany wycinkowy model w postaci odcinka elementarnego sieci KZ przedstawiono na rys.1.

W analizowanym modelu wydzieloną jezdnię dla pojazdów KZ umieszczono w pasie rozdziału dwujezdniowej dwukierunkowej ulicy, lecz rozważania pozostają również aktualne w przypadku ulicy jednokierunkowej (jezdni KZ z boku) lub przeznaczonej wyłącznie dla pojazdów KZ. Na długości odcinka elementarnego, dla lepszej przejrzystości wyjaśnień, wyróżniono i poddano dalszej analizie jedynie jeden kierunek ruchu pojazdów KZ (od lewej do prawej strony rysunku), oczywiście wszystkie rozważania pozostają również aktualne dla przeciwnego kierunku ruchu pojazdów KZ.



Rys.1. Analizowany model w postaci odcinka elementarnego sieci KZ

W analizowanym modelu określono następujące jego elementy składowe:

- przystanek KZ (element nr 1),
- główny detektor pojazdów KZ (element nr 2),

Kolizje z innymi rodzajami uczestników ruchu:

- przejście dla pieszych lub przejazd rowerowy (element nr 3),
- przejazd przez wydzieloną jezdnię dla pojazdów KZ umożliwiający zawracanie pojazdom indywidualnym (element nr 4),
- skrzyżowanie bez przecięcia innych linii KZ (element nr 5),
- kolizja z innymi rodzajami uczestników ruchu oraz z innymi strumieniami ruchu pojazdów KZ - skrzyżowanie z przecięciem innych linii KZ (element nr 6).

Zasady funkcjonowania urządzeń sterowania ruchem w obrębie odcinka elementarnego zdefiniowano w sposób następujący:

- pojazdom KZ przydziela się jedynie przejazdy nie kolidujące z żadnym innym strumieniem ruchu (podawane sygnalizatorami kierunkowymi),
- w przypadku kolizji pojazdów KZ z innymi strumieniami ruchu tych pojazdów - sygnały przejazdu przydziela się w pierwszej kolejności pojazdom KZ opóźnionym w stosunku do rozkładu jazdy, ale z uwzględnieniem zajętości przystanków położonych na wylotach ze skrzyżowań; ruch pozostałych rodzajów uczestników ruchu odbywa się "w tle" strumieni ruchu pojazdów KZ, oczywiście z zachowaniem pewnych granicznych wymogów (minimalne czasy otwarcia, maksymalny odstęp pomiędzy dwoma kolejnymi otwarciem),
- kontrolowana jest zajętość stanowisk przystanków położonych na zjazdach ze skrzyżowań, tak aby nie przydzielać wjazdu na przystanki, dopóki są one zajęte; uwzględniane są różne długości eksploatowanego taboru KZ (np. na pojedynczy przystanek tramwajowy o długości 30 m można równocześnie przyjąć dwa standardowe autobusy o długości 12 m),
- główny detektor pojazdów KZ położony za przystankiem rejestruje nie tylko zgłoszenie wyjazdu pojazdu KZ z przystanku, ale również jego dalszy kierunek jazdy, opóźnienie w stosunku do rozkładu jazdy oraz typ pojazdu (długość),
- w przypadku kiedy "w tle" ruchu strumieni pojazdów KZ nie odbywa się ruch żadnego uczestnika innego rodzaju (piesi, rowerzyści, pojazdy indywidualne), faza z tym strumieniem jest przywoływana tylko wtedy, gdy pojawi się pojazd KZ mogący wykorzystać tą fazę,
- kontrolowane jest wykonywanie przejazdów pojazdów KZ w przydzielanych im fazach, tak aby po zakończeniu przejazdu jak najszybciej mieć możliwość przejścia do innych faz ruchu, a jednocześnie aby nie dopuścić do sytuacji, w których kierowca lub motorniczy w wyniku chwilowej nieuwagi lub innej niemożności ruszenia pojazdem "przegapił" przydzielony mu sygnał przejazdu,
- stosowana jest kontrola zajętości zjazdów pojazdów indywidualnych z miejsc kolizji ze strumieniami pojazdów KZ i w sytuacjach gdy są one zajęte, nie przydziela się na nie wjazdu pojazdom indywidualnym,
- urządzenia sterowania ruchem kierują przestawianiem zwrotnic tramwajowych i trolejbusowych, kontrolują również zajętość zwrotnic w celu zabezpieczenia przed ich przestawieniem podczas przejazdu pojazdu KZ.

W analizowanym odcinku elementarnym przystanek dla pojazdów KZ umieszczono na samym jego początku, bezpośrednio za skrzyżowaniem będącym zakończeniem poprzednich odcinków elementarnych. W publikacjach dotyczących transportu zbiorowego często

podejmuje się problem poprawnej lokalizacji przystanków - za, czy przed skrzyżowaniem. Oba rozwiązania mają swoje wady i zalety. W niniejszym opracowaniu wybór miejsca lokalizacji przystanku wynika z faktu, iż czas wymiany pasażerów na przystanku jest czynnikiem obciążonym losową zmiennością. Nawet jeśli założymy równomierny dopływ pasażerów do przystanku oraz stałocykliczne kursowanie pojazdów KZ (co już mocno odbiega od warunków rzeczywistych), to na podstawie pomiarów i obserwacji zachowań pasażerów można stwierdzić, że w dwóch analogicznych sytuacjach, pasażerowie za jednym razem "rozdzielą się" równomiernie do wszystkich drzwi w taborze, a w następnym przypadku będą wsiadać tylko przez co drugie drzwi, przez co czas wymiany na przystanku stanie się dwa razy dłuższy. Uwzględnić również należy pojawiające się nie za każdym razem osoby na wózkach inwalidzkich oraz z wózkami dziecięcymi, przy których obsłudze czas postoju na przystanku ulega dodatkowemu wydłużeniu. Uwzględniając powyższe właśnie czas wymiany pasażerów na przystanku uznano w analizowanym modelu jako jedyny losowo zmienny i trudny do oszacowania składnik czasu, a następnie w celu wyeliminowania wpływu tego elementu na jak najefektywniejsze dostosowanie funkcjonowania sygnalizacji świetlnych w miejscach kolizji analizowanego odcinka elementarnego umieszczono przystanek na samym jego początku, jeszcze przed głównym detektorem pojazdów KZ.

3. WNIOSKI DOTYCZĄCE ORGANIZACJI I STEROWANIA RUCHEM

Analiza proponowanego modelu nasuwa następujące wnioski dotyczące sposobów organizacji i sterowania ruchem w obszarach, w których stosowanie modelu może być brane pod uwagę (centra zatłoczonych miast).

Na skrzyżowaniach z przecinaniem się i przeplataniem różnych kierunków strumieni pojazdów KZ przebiegających w osiach ulic (element nr 6 modelu), w celu uzyskania bezkolizyjnych przejazdów pojazdów KZ, bardziej wskazane jest stosowanie rozwiązań z sygnalizacją czterofazową - z dwoma fazami dla relacji na wprost i dwoma dla przeciwnych lewoskrętów, zamiast skrzyżowań z wyspą centralną i sygnalizacjami dwufazowymi lub czterofazowymi z kolejno otwieranymi wlotami. Jednakże nawet przy zastosowaniu proponowanej sygnalizacji czterofazowej z fazami dla kierunków na wprost i lewoskrętów należy wprowadzić na tego typu skrzyżowaniach zakazy zawracania dla pojazdów indywidualnych na każdym z wlotów.

Jako rekompensata za brak możliwości zawracania pojazdów indywidualnych na rozważanych skrzyżowaniach, pojawia się konieczność stosowania przejazdów przez wydzielone jezdnie dla pojazdów KZ na odcinkach pomiędzy tymi skrzyżowaniami (co zostało uwzględnione w modelu jako element nr 4).

Na skrzyżowaniach bez przecinania innych linii KZ nie ma potrzeby stosowania sygnalizacji świetlnych przydzielających bezkolizyjne przejazdy wszystkim uczestnikom ruchu, a jedynie pojazdom KZ (element nr 5 modelu).

Na podłużnym styku wydzielonych jezdni dla pojazdów KZ z jezdniami ogólnodostępnymi wskazane jest stosowanie pasów zieleni o szerokości minimum jednego pasa ruchu, gdyż okazują się one bardzo przydatne w miejscach kolizji strumieni pojazdów KZ z innymi rodzajami uczestników ruchu, gdzie mogą być wykorzystane na:

- azyle dla pieszych i rowerzystów (element nr 3 modelu),
- wydzielone pasy dla lewoskrętów (elementy o numerach od 4 do 6 modelu),
- pasy włączania (element nr 4 modelu).

Przy lokalizowaniu miejsc kolizji jezdni dla pojazdów KZ z innymi rodzajami uczestników ruchu niezmiernie ważne jest uzyskanie właściwych odległości oddalenia tych kolizji od głównego detektora pojazdów KZ (odległości L_i w modelu). Kolizje, w przypadku których w stosunkowo najkrótszym czasie można dokonać zmiany fazy sygnalizacji świetlnej z zabraniającej na zezwalającą przekraczanie pojazdom KZ mogą być zlokalizowane bliżej głównego detektora pojazdów KZ. Im ten czas jest dłuższy, wzrastać powinna również odległość oddalenia, ale uwaga! należy brać pod uwagę również kierunek przeciwny (dlatego np. odległość L_5 nie powinna być dłuższa od połowy odległości pomiędzy głównymi detektorami pojazdów KZ odcinków elementarnych w przeciwnych kierunkach).

Przy kształtowaniu sieci KZ wskazane jest uzyskanie siatki o węzłach oddalonych od siebie o długość analizowanego odcinka elementarnego, czyli o średnią długość przystanku w rozważanym rejonie (dlatego właśnie element nr 5 modelu traktowany jest jako skrzyżowanie z ulicą nie prowadzącą linii KZ).

4. PODSUMOWANIE

Proponowane w niniejszym referacie rozwiązanie jest analogią do organizacji i sterowania ruchem stosowanych na kolei. Miejsca kolizji pojazdów KZ z innymi rodzajami uczestników ruchu miejskiego (elementy modelu o numerach od 3 do 5) można porównać z przejazdami kolejowymi w jednym poziomie zabezpieczonymi opuszczanymi rogatkami, natomiast miejsca kolizji pojazdów KZ z innymi pojazdami KZ (element modelu nr 6) - z węzłami i stacjami kolejowymi.

LITERATURA

- [1]. MAKUCH J., Propozycja organizacji i sterowania ruchem ulicznym w centrach miast według modelu kolejowego, II Konferencja "Telematyka i bezpieczeństwo ruchu drogowego", Katowice - Ustroń Jaszowiec 2002.
- [2]. MAKUCH J., Pasy autobusowo-tramwajowe jako rozwiązanie systemowe na obszarze centrum miasta, III Konferencja Naukowo-Techniczna "Problemy komunikacyjne miast w warunkach zatłoczenia motoryzacyjnego", Poznań 2001.
- [3]. MAKUCH J., KRUSZYNA M., Separacyjny model uprzywilejowania transportu zbiorowego w poziomie ulicy, IV Konferencja Naukowo-Techniczna "Problemy komunikacyjne miast w warunkach zatłoczenia motoryzacyjnego", Poznań-Będlewo 2003.