

Janusz WOCH

WYBRANE ASPEKTY BADANIA I OPTYMALIZACJI RUCHU DROGOWEGO W WARUNKACH JEGO KONGESTII NA TERENIE GÓRNOŚLĄSKIEGO OKRĘGU PRZEMYSŁOWEGO

Streszczenie. W artykule poruszono kwestie badania i optymalizacji ruchu drogowego w warunkach jego kongestii na wybranych odcinkach i obszarach w Górnośląskim Okręgu Przemysłowym (m.in. w miastach Bytom, Siemianowice Śl., Katowice, Radzionków, Tarnowskie Góry). W ramach pracy określono wpływ ruchu kołowego na płynność ruchu pojazdów tramwajowych w warunkach współużytkowania powierzchni jezdni z innymi pojazdami. Zbadano charakterystykę kształtowania się kolejek na wlotach skrzyżowań z sygnalizacją świetlną w oparciu o model Webstera. Na podstawie badań i analiz ruchu kołowego na wybranych rondach wdrożono model obliczania przepustowości rond kompaktowych. W ramach problemów optymalizacyjnych zajęto się w przedmiotowej pracy dwoma problemami. Pierwszym z nich jest koordynacja zamknięć drogowych, z kolei drugim określenie sposobu monitorowania ruchu drogowego w celu ustalenia możliwości sterowania ruchem w czasie rzeczywistym.

Wszystkie wymienione wyżej zagadnienia są częścią szerszego programu badawczego mającego na celu przygotowanie struktur danych i algorytmów obliczeniowych dla celów systemowego sterowania ruchem w gęstych sieciach transportowych. Z uwagi na skrótowy charakter niniejszego opracowania przedstawiono w nim jedynie zarys problemów rozpatrywanych w ramach pracy BK.

SELECTED ASPECTS FROM RESEARCH AND OPTIMISATION OF THE TRAFFIC MOVEMENT IN JAM CONDITIONS ON GOP AREA

Summary. The article presents the selected aspects researches and optimisation of the traffic movements in jam conditions on GOP area including cities: Bytom, Siemianowice Śl., Tarnowskie Góry, Katowice itp. The first area of the research had to answer – what troubles of tram traffic are related with road traffic at unseparated from roadway tram subrades? Research also had to answer about queue characteristic on intersection with signalling. In this work we also elaborate method how to obtain a capacity at some of the GOP compact roundabout. At the end of the works we define some aspects of road closure and traffic monitoring systems.

1. WPROWADZENIE

Problemem współczesnej inżynierii ruchu drogowego nie jest w chwili obecnej optymalizacja dyskretnych fragmentów sieci transportowej czy też pojedynczych węzłów transportowych. Na temat optymalizacji pojedynczych węzłów transportowych istnieje bogata literatura opracowana w latach 50., 60. i 70. ubiegłego stulecia [1,2]. Bieżącym problemem

jest optymalizacja całych fragmentów sieci transportowej (wydzielonych logicznie z określonego systemu transportowego). Zadaniem, przed jakim stoją obecnie inżynierowie ruchu, zarządcy sieci drogowych, jest zbudowanie zintegrowanego systemu zarządzania ruchem drogowym działającym w czasie rzeczywistym. Praktyka pokazuje, że załączki takich systemów funkcjonują, zaś ich dotychczasowa obsługa pozwala na prowadzenie dalszych prac w kierunku ich rozwoju. Przykładem mogą być: system 5T działający w Turynie (Włochy), system SYPTE działający w hrabstwie Yorkshire (Anglia), systemy działające na wschodnim wybrzeżu USA obejmujące takie metropolie, jak Boston etc. Polskim odpowiednikiem jest system Cezar wdrażany w Warszawie czy załączki takich systemów w Poznaniu i Krakowie.

Problemem, jaki zawsze powstanie w wyniku wdrażania zintegrowanego systemu sterowania ruchem drogowym, jest dostosowanie procedur optymalizacyjnych i sposobów definiowania struktur danych do specyfiki lokalnej. Problem ten zwany jest potocznie kalibracją modelu. Kalibracja procedur obliczeniowych jest z reguły przeprowadzana po uprzednim zrewidowaniu metod w odniesieniu do rzeczywistych obiektów zlokalizowanych w terenie.

W pracy tej zbadano kilka aspektów użytecznych dla potrzeb przyszłego zintegrowanego systemu sterowania komunikacją publiczną w Górnośląskim Okręgu Przemysłowym. Zbadano wpływ ruchu kołowego na płynność ruchu pojazdów tramwajowych w sytuacji korzystania obydwu środków transportu ze wspólnej jezdni. Należy zauważyć, że w konurbacji górnośląskiej jest to problem nagminny. Wręcz specyfiką tego obszaru o starej zabudowie (wąskie jezdnie) z przełomu XIX i XX wieku jest to, że znaczne fragmenty sieci dróg kołowych pokrywają się z torowiskami.

Określono charakterystyki kolejek powstających na wlotach skrzyżowań wyposażonych w sygnalizację świetlną. Kolejki te w warunkach kongestii ruchu na znacznych obszarach górnośląskiej sieci transportowej i związanych ze starym ponad stuletnim typem zabudowy, niewielkich odległościach pomiędzy podstawowymi węzłami są jednym z podstawowych problemów dla inżyniera ruchu. Obliczono przepustowości wybranych rond kompaktowych na terenie konurbacji górnośląskiej. Problem wymiarowania rond urasta w chwili obecnej do miana kluczowego zagadnienia w związku z coraz większą popularnością stosowania tego rozwiązania komunikacyjnego w analizowanym obszarze, a związanym z potrzebą uspokojenia ruchu. Ponadto przedstawiono prace dotyczące koordynacji zamknięć w sieci drogowej oraz wybrane problemy monitorowania ruchu drogowego.

Wbrew pozorom w okresie najbliższych kilku-kilkunastu lat koordynacja zamknięć drogowych stanowić będzie o jakości systemu transportowego w konurbacji górnośląskiej. W najbliższych latach uruchomione zostaną na tym obszarze znaczne środki inwestycyjne z UE przeznaczone na modernizację układu drogowego. Indukuje to konieczność wdrożenia do systemu zarządzania ruchem modułu koordynacji zamknięć drogowych, który w tych warunkach będzie określał jakość całego systemu transportowego Śląska.

2. WŁYW RUCHU KOŁOWEGO NA PŁYNNOŚĆ RUCHU POJAZDÓW TRAMWAJOWYCH W PRZYPADKU KORZYSTANIA OBYDWU ŚRODKÓW TRANSPORTU ZE WSPÓLNEJ JEZDNI

W chwili obecnej na obszarze konurbacji górnośląskiej trwają intensywne prace nad modernizacją linii tramwajowych w kierunku wprowadzenia rozwiązań określanych jako tzw. „szybki tramwaj”. Lokalne warunki geologiczne i urbanistyczne nie pozwalają jednak na całkowite wyłączenie oddziaływania tramwaju ze strefy ruchu kołowego. Wiąże się to z licznymi zakłóceniami ruchu związanymi z obecnie stosowanymi skrzyżowaniami jednopoziomowymi i wspólnymi powierzchniami drogi współużytkowanymi zarówno przez

środki transportu kołowego, jak i szynowego. W celu określenia wzajemnego oddziaływania obydwu środków transportu przeprowadzono badania w wybranych miastach (np. Sosnowiec). W wybranych lokacjach tramwaj operuje jako środek transportu niewydzielony z jezdni ogólnodostępnej. Badania te miały na celu określić zasadność dążenia do wydzielania torowiska tramwajowego z obszaru jezdni ogólnodostępnej „bez względu na koszty”. Przy braku akceptacji społecznej realizacja takich inwestycji prowadziłaby w efekcie do całkowitej likwidacji trakcji tramwajowej jako najdroższego środka transportu. Ponadto zwróćmy uwagę, że wydzielenie niezależnej drogi dla ruchu tramwajowego pociąga za sobą w niektórych przypadkach zmniejszenie dostępności tego środka transportu w stosunku do innych, np. autobusów. W ramach przedmiotowych badań wykonano:

- oznaczenia „na gruncie” wielkości geometrycznych badanych odcinków na planie sytuacyjnym,
- pomiar wolumenu ruchu środków transportu kołowego i obliczono na tej podstawie poziom swobody ruchu (PSR),
- pomiar czasów przejazdu tramwaju przez badany odcinek,
- obserwacje zachowań uczestników ruchu w wybranych fragmentach sieci transportowej,

Badaniem objęto wszystkie wyznaczone w tym celu odcinki na fragmentach pozbawionych wpływów niezależnych od ruchu wspólnego z innymi pojazdami. W dalszej kolejności porównano (na podobnych odcinkach) otrzymane wielkości czasów przejazdu z wielkościami dotyczącymi odcinków wydzielonych z ruchu innych pojazdów i pieszych.

Jako kryterium oceny jakości w ruchu tramwajów przyjęto:

- średnią prędkość jazdy tramwaju na analizowanym odcinku z oddziaływaniem ruchu kołowego,
- współczynnik zmienności czasu przejazdu wybranego odcinka.

Ocena wpływu niewydzielenia torowiska z jezdni powoduje konieczność porównania otrzymanych danych w stosunku do poziomu odniesienia, w tym przypadku ruchu pojazdów kołowych. Mały wolumen ruchu pojazdów samochodowych nie stwarza dla komunikacji tramwajowej żadnej przeszkody; może ona prawidłowo funkcjonować nawet przy torowisku zabudowanym w ramach wspólnej jezdni. W większości wariantów zarówno prędkości, jak i odchyłki od wielkości średnich są zbliżone do odcinków całkowicie wydzielonych porównywalnej długości.

Rozpatrując wyniki badań, można postulować budowę nowych niewydzielonych linii tramwajowych. Należy przy tym założyć następujące warunki:

- na ulicy o ruchu dwukierunkowym torowisko powinno być umieszczone w środku jezdni (oś torowiska powinna być zgodna z osią jezdni),
- na ulicy o ruchu jednokierunkowym torowisko powinno być umieszczone przy jednej z krawędzi jezdni, ale z zachowaniem odstępu około 0,5 m dla zachowania swobodnego korytarza w obrębie skrajni taboru tramwajowego,
- w miarę możliwości torowisko powinno być odsunięte od prawej krawędzi jezdni o co najmniej 2,5 m (przy tramwaju normalnotorowym prawa szyna odsunięta od krawędzi jezdni o około 3 m) dla utrzymania swobody ruchu samochodów osobowych poza torowiskiem,
- należy separować miejsca parkingowe od torowiska, w przypadku gdy korzystanie z takowych wiąże się z koniecznością wjazdu na torowisko [4,5,16,17].

3. DŁUGOŚĆ KOLEJKI NA SKRZYŻOWANIU Z SYGNALIZACJĄ ŚWIETLNA W MODELU WEBSTERA I WSPÓLCZEŚNIE NA PRZYKŁADZIE SKRZYŻOWAŃ W KONURBACJI GÓRNOŚLĄSKIEJ

Rozpatrując przedmiotowy problem długości kolejek na skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną, przyjęto do dalszych badań model Webstera z 1958 oraz polską metodę obliczania przepustowości z 2004 [1,2,3,13]. W zagadnieniu tym zaprezentowano ponadto porównania wyników obliczania długości kolejek na wlotach skrzyżowań z sygnalizacją świetlną przy zastosowaniu obu wymienionych formuł. Długość kolejki pojazdów tworzącej się na wlocie na skrzyżowanie z sygnalizacją świetlną jest jedną z ważniejszych miar warunków ruchu. Ponadto wielkością taką są straty czasu przypadające na jeden pojazd pokonujący obszar kolizji skrzyżowania.

Jakość ruchu na skrzyżowaniu, a ściślej - jego warunki, zależy głównie od rozwiązań geometrycznych i organizacji ruchu. Inne istotne parametry kształtujące jakość ruchu na skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną to: natężenia ruchu wraz ze strukturą kierunkową i rodzajową, zastosowane urządzenia sterowania ruchu. Nie należy zapominać o istotnym oddziaływaniu sąsiednich skrzyżowań z sygnalizacją świetlną [3].

W tym opracowaniu prezentowana jest metoda wyznaczania długości kolejki maksymalnej zaproponowana przez Webstera, ponadto przedstawiono sposób wyznaczania długości kolejek – maksymalnej i pozostającej określone na podstawie polskiej metody obliczania przepustowości [13]. Użycie metody tzw. „polskiej” jest obecnie zalecane zarówno przy projektowaniu nowych, jak i modernizacji istniejących skrzyżowań drogowych. W przedmiotowym opracowaniu przedstawiono także średnie liczby zatrzymań pojazdów dla obu modeli.

W celu dokonania porównania długości kolejek zastosowano jednakowe parametry wejściowe. Jedna z prezentowanych formuł powstała blisko 50 lat temu, zatem model Webstera (starszy) nie uwzględnia najnowszych uwarunkowań i tendencji w projektowaniu skrzyżowań z sygnalizacją świetlną. Podstawową różnicą jest oczywiście zastosowanie różnych modeli. Model Webstera oparty jest na zasadzie stanu ustalonego (model „steady-state” jak w teorii kolejek), natomiast w metodzie polskiej zastosowano model „zależny od czasu” (model “time-dependent”).

W przypadku modeli stanu ustalonego, gdy wartość intensywności ruchu ρ zbliża się do 1, średnie opóźnienie dąży do ∞ . Aby uwzględnić występowanie okresowego przeciążenia w modelach strat czasu, wprowadzono dodatkowy parametr – t_a . Jest to czas [s], w którym natężenie osiąga bądź nieznacznie przekracza natężenie nasycenia. Stąd nazwa modeli - modele zależne od czasu. W tych modelach po dokonaniu tzw. transformacji współrzędnych krzywa strat czasu przy $\rho \geq 1$ nie dąży asymptotycznie do nieskończoności, ale do prostej opisanej równaniem:

$$d_a = \frac{t_a \cdot (\rho - 1)}{2 \cdot 3600} \quad (1)$$

Porównanie wyników otrzymanych na podstawie obliczeń w wybranych obiektach, formuł określających długość kolejki maksymalnej u Webstera, w metodzie polskiej wykazało znaczne różnice. Kolejki szacowane na podstawie współczesnego modelu są dłuższe. Im dłuższy cykl sygnalizacji (przy jednakowym podziale sygnału zielonego na grupy sygnalizacyjne), tym większe zaobserwowano rozbieżności w otrzymanych wynikach. W skrajnych przypadkach różnica wynosiła ponad 50% dla intensywności ruchu przekraczającej 0,75.

Natężenie ruchu w śródmieściach miast konurbacji górnośląskiej okresowo przekracza możliwości obsługi w czasie trwania sygnału zielonego (w godzinach szczytu jest to „normą”), dlatego tworzą się kolejki na wlotach skrzyżowań. Zestawienie metod odległych od siebie o prawie 50 lat dobitnie świadczy o tym, jak zmieniły się metody modelowania warunków ruchu odpowiadających rzeczywistym sytuacjom na skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną.

Model Webstera i model z metody polskiej zostały stworzone w oparciu o różne metody: model stanu ustalonego – gdzie z założenia intensywność ruchu pozostaje mniejsza od jedności; model zależny od czasu – w którym dopuszcza się okresowe przeciążenia. Użycie metody polskiej jest obecnie zalecane – zarówno przy projektowaniu nowych, jak i modernizacji już istniejących skrzyżowań drogowych [13].

4. MODEL WYZNACZANIA PRZEPUSTOWOŚCI WLOTÓW PODPORZĄDKOWANYCH ROND KOMPAKTOWYCH NA PRZYKŁADZIE WYBRANYCH OBIEKTÓW KONURBACJI GÓRNOŚLĄSKIEJ

W 2006 roku na obszarze Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego przeprowadzono badania i analizy ruchu na małych rondach. Na tej podstawie zbudowano oryginalny model, który posłużył dla celów wyznaczania przepustowości wlotów podporządkowanych małych rond. Wspomniane wyżej badania i obserwacje z 2006 roku miały za zadanie opracowanie jednego z podstawowych zagadnień, dotyczącego budowy modelu, a mianowicie rozwiązania problemu akceptacji odstępów czasu w strumieniu nadrzędnym przez pojazdy z wlotów podporządkowanych kompaktowych rond. Przeprowadzono w analizowanym okresie wnikliwe badania wykorzystania odstępów czasu pomiędzy pojazdami poruszającymi się po jezdni małego ronda przez włączające się z wlotu podporządkowanego pojazdy na trzech rondach zlokalizowanych odpowiednio w:

- Radzionkowie (podstawowy parametr średnica zewnętrzna ronda = 25 m); obiekt ten zlokalizowany jest w centrum Radzionkowa,
- Tarnowskich Górach (podstawowy parametr średnica zewnętrzna ronda = 30 m); rondo to usytuowane jest na peryferiach miasta,
- Siemianowicach Śl. (podstawowy parametr średnica zewnętrzna ronda = 36 m); obiekt zlokalizowany w ścisłym centrum miasta,

Zbieranie danych celem określania odstępów granicznego napotkało na liczne trudności w odniesieniu do pojazdów zatrzymanych na wlocie ze względu na fakt, iż na małych rondach w trakcie przeciążenia ruchem najczęściej dochodzi do dużego spowolnienia ruchu. Kolejki tworzą się na tych obiektach w takim przypadku jedynie sporadycznie. W związku z powyższym zebranie odpowiedniej ilości danych do analizy wymagało wykonywania pomiarów po kilka dni niezależnie na każdym z badanych obiektów. Graniczny odstęp czasu dla każdego małego ronda wyznaczono na podstawie zmierzonych odstępów odrzuconych i odstępów wykorzystanych przez poszczególnych kierowców na wlotach.

Każdy uczestnik ruchu drogowego na rondzie, a ściślej na jego wlocie, może zaakceptować tylko jeden odstęp w strumieniu ruchu pojazdów nadrzędnych, natomiast może odrzucić kilka odstępów, które określa jako niewystarczające. Drew w „Traffic Flow Theory and Control” podaje, że gdyby dla każdego zatrzymanego na wlocie pojazdu rozpatrywać wszystkie odstępy odrzucone, to procentowy udział odstępów zaakceptowanych w każdym interwale czasu nie odzwierciedlałyby rzeczywistej wartości (byłaby to wartość zanizowana). Celem uniknięcia tego błędu w oszacowaniu długości odstępu dla każdego pojazdu zatrzymanego należy rozpatrzyć tylko dwa odstępy: najdłuższy odrzucony odstęp oraz odstęp zaakceptowany. Dla pojazdu, który włączył się do ruchu bez zatrzymania na wlocie, należy

rozpatrzeć tylko pierwszy dostępny odstęp. Zgodnie z przyjętą koncepcją zostały wykonane pomiary w analizowanych obiektach. Odstęp krytyczny można wyznaczyć graficznie lub algebraicznie za pomocą wzoru podanego przez Drew.

Wartość odstępu krytycznego (granicznego) uzależniona jest także od prędkości pojazdów na jezdni ronda. „Streszczenie polskich seminariów bezpieczeństwa ruchu drogowego z 1999” podaje, że prędkość pojazdu w chwili przejazdu przez małe rondo wynosi dla samochodu osobowego około 38 [km/h], natomiast nie może przekroczyć 40-45 [km/h]. Według „Wytucznych projektowania skrzyżowań drogowych” z 2001 elementy geometryczne małych rond zapewniają przebieg ruchu z prędkością od 20-30 [km/h] (z wyjątkiem większych pojazdów). W związku z powyższym zostały przeprowadzone pomiary prędkości przejazdu pojazdu testowego wokół wyspy centralnej małego ronda w kształcie koła (lub o kształcie zbliżonym do koła) na kilku małych rondach. W opracowaniu wyników rozróżniono, czy pojazd poruszał się w ruchu swobodnym (niezakłóconym ruchem innych pojazdów), czy też prędkość pojazdu była częściowo ograniczona przez pojazd poruszający się przed pojazdem testowym. Obliczono, że średnia prędkość pojazdów w ruchu niezakłóconym ruchem innych pojazdów wynosi 37.75 [km/h], natomiast średnia prędkość pojazdów, w sytuacji gdy przed pojazdem testowym poruszał się inny pojazd, wynosi 29.27 [km/h]. Ogólnie prędkość podczas pomiarów wahała się w granicach 25-40 [km/h], a wartość średnia ogólna z pomiarów wyniosła 33.51 [km/h].

5. METODA KOORDYNACJI ZAMKNIĘĆ W DROGOWEJ SIECI TRANSPORTOWEJ

Skutkiem czasowego ograniczenia ruchu spowodowanego prowadzeniem robót inżynierskich są zakłócenia ruchu prowadzące do okresowych przeciążeń lub wyłączeń pewnych fragmentów dróg. W skrajnych przypadkach liczba takich wyłączeń fragmentów sieci drogowej może prowadzić do zaburzenia funkcjonowania całego układu drogowego. Jest to bezpośrednią przyczyną powstawania globalnych opóźnień w sieci ulic. Sieć drogowa konurbacji górnośląskiej jest szczególnie podatna na zakłócenia ruchu wynikające z okresowych zamknięć wybranych fragmentów dróg z uwagi na rozmiar inwestycji, jakie w tej chwili realizowane są na tym obszarze. Sposobem zmniejszania tych opóźnień są działania w celu odpowiedniej koordynacji w czasie rozmieszczenia zamknięć w sieci. Działania te zakładają jednoczesne prowadzenie robót, dla których korzystne jest przeniesienie obciążenia ruchowego na odpowiednie drogi okružne [18,20].

Celem pracy jest opracowanie metody optymalizacji zamknięć ulic oraz budowa narzędzi informatycznych wspomagających proces planowania zamknięć w sieci drogowej. Analiza obejmuje przypadki pojedynczego ograniczenia ruchu oraz koordynację zamknięć jednoczesnych. System może ponadto służyć jako narzędzie szybkiego reagowania w przypadku zdarzeń losowych, np. wypadku lub awarii.

Podstawowym kryterium optymalnej koordynacji zamknięć w sieci ulic jest minimalizacja w skali globalnej oczekiwanych opóźnień. Istotą optymalizacji rozmieszczenia prac drogowych w sieci jest opracowanie takiego układu jednoczesnych zamknięć, aby różnica pomiędzy globalnymi opóźnieniami spowodowanymi zamknięciami odcinków w różnych dniach okresu planowania a globalnymi opóźnieniami przy jednoczesnym zamknięciu tych odcinków była maksymalna.

Optymalizacja wyboru grupy odcinków zamykanych w tym samym dniu dokonywana jest na podstawie analizy związków ruchowych pomiędzy nimi. Sposób organizacji ruchu w czasie zajęcia pasa jezdni lub całego jej odcinka ma bezpośredni wpływ na wielkość opóźnień, jakich doznają poszczególni użytkownicy sieci drogowej.

Podstawowym zadaniem jest więc wybór odpowiedniego wariantu organizacyjnego dla każdego układu zamknięć jednoczesnych.

W zagadnieniu optymalizacji zamknięć drogowych zastosowanie mają zarówno sprawdzone w warunkach polskich metody wyznaczania parametrów przepustowościowych podstawowych elementów sieci drogowej oraz rozkładania potoków ruchu na sieć, jak i oryginalne nowe algorytmy służące do wyznaczania związków ruchowych pomiędzy poszczególnymi odcinkami sieci oraz optymalizujących koordynację zamknięć jednoczesnych [21,22,23].

Z problemem ograniczenia ruchu w czasie prowadzenia robót drogowych często związana jest konieczność rozłożenia potoków ruchu zamykanej drogi na pozostałe istniejące w sieci połączenia. Przeniesienie ruchu na drogi okrężne powoduje zmiany dotychczasowych wartości globalnego czasu podróży w sieci ulic. Analiza globalnych opóźnień pozwala ocenić, czy korzystne jest wprowadzenie dodatkowego objazdu na czas prowadzenia robót. Wyznaczenie optymalnych objazdów w poszczególnych dniach planowanego okresu naprawczego jest efektem końcowym analizy rozmieszczenia zamknięć.

W Zakładzie Inżynierii Ruchu Wydziału Transportu Politechniki Śląskiej opracowano modele optymalnego rozmieszczenia zamknięć na sieci, które zostały zweryfikowane na podstawie własnej, oryginalnej bazy danych sieci ulic śródmieścia Katowic gromadzonej w latach 1995-2005. Analizowana sieć drogowa, składająca się 224 węzłów położonych na obszarze ścisłego centrum Katowic ok. 7 km², charakteryzuje się zwartą zabudową przestrzenną, przy czym wiele z ulic posiada jednokierunkową organizację ruchu. Dane geometryczno-ruchowe uzyskano na podstawie pomiarów ruchu drogowego prowadzonych w Zakładzie Inżynierii Ruchu na Wydziale Transportu Politechniki Śląskiej.

Wymiernym efektem prac prowadzonych w tym temacie na przestrzeni ostatnich 9 lat są narzędzia informatyczne wspomagające proces optymalizacyjny. Bezpośrednią zaletą budowy nowego oprogramowania jest możliwość dostosowania formatu danych wejściowych i wyjściowych oraz metod obliczeniowych do indywidualnych potrzeb systemu. Oryginalne narzędzia są również niezbędne w przypadku konieczności wielokrotnej aktualizacji parametrów przepustowościowych oraz bezpośredniego dostępu do bazy danych [28,31].

6. PODSUMOWANIE

W powyższym opracowaniu przedstawiono wybrane problemy z zakresu tematyki opracowania zintegrowanego systemu sterowania ruchem drogowym. Problem ten znacznie szerszy składa się z kilkudziesięciu zagadnień podstawowych, które należy opracować w celu wdrożenia przedmiotowego systemu. Do takich problemów, nieomawianych w tej pracy, zaliczyć można określenie wpływu wzajemnego oddziaływania odcinka autostrady A4 na ul. Górnośląskiej z lokalnym układem drogowym, wdrożenie skutecznego systemu parkowania, koordynacje rozkładów jazdy poszczególnych środków transportu etc.

Obecnie na górnośląskiej sieci drogowej realizowanych jest wiele inwestycji liniowych, które w zamierzeniu miały poprawić układ komunikacyjny całego województwa i poszczególnych jego miast. Bez wprowadzenia systemu sterowania tą siecią drogową i jego globalnej koordynacji są to działania skuteczne w perspektywie co najwyżej kilku lat. Równoległe z postępowaniem prac związanych z modernizacją układu drogowego województwa śląskiego rośnie wskaźnik motoryzacji; w tej chwili wynosi ok. 300 poj/1000 mieszkańców. Wskaźnik ten, wykazujący systematycznie tendencję wzrostową, bez wątpienia w najbliższym czasie do roku 2015 osiągnie poziom UE, czyli ok. 500 poj/1000 mieszkańców.

W związku z powyższym należy sformułować tezę, że problemem sieci drogowej woj. śląskiego jest przede wszystkim optymalizacja wykorzystania istniejącej i nowo budowanej sieci drogowej. Same działania w modernizację istniejących i budowę nowych dróg

w odniesieniu do dynamiki wzrostu wskaźnika motoryzacji mogą się okazać niewystarczające w perspektywie roku 2015. Dobitnie obrazuje to przypadek aglomeracji Los Angeles, która borykała się z podobnymi problemami w latach 60. i 70. ubiegłego wieku. W aglomeracji tej przy braku zintegrowania w owym czasie systemu transportowego za pomocą jednego systemu centralnego i zajęcia powierzchni użytkowej miast przez drogi dochodzącym do 50% i więcej nie udało się rozwiązać problemów z transportem.

Rozwój technik IT na przestrzeni ostatnich 16 lat, a szczególnie technik monitorowania i obrazowania, pozwala w chwili obecnej wdrożyć skuteczne zintegrowane systemy sterowania ruchem drogowym. Są to ponadto kwoty znacznie mniejsze od sum przeznaczanych na inwestycje liniowe, z czego wynika, że są to środki, które mogą być wykorzystane bardziej efektywnie.

LITERATURA

1. Webster F. V.: Traffic signal settings. Road Research Paper No. 39, Her Majesty's Stationary Office, London 1958.
2. Webster F. V., Cobbe B. M.: Traffic Signals. Road Research Paper No. 56, Her Majesty's Stationary Office, London 1966.
3. Datka S., Suchozrewski W., Tracz M.: Inżynieria Ruchu, WKiŁ, Warszawa 1997.
4. Instrukcja dla służby ruchu, Przedsiębiorstwo Komunikacji Tramwajowej w Katowicach, Katowice 2000.
5. Molecki A.: Analiza wykorzystania przystanków sieci tramwajowej Zagłębia Dąbrowskiego, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej nr 1675, Gliwice 2005.
6. Gartner N., Messer C. J., Rathi A. K.: Traffic Flow Theory A State-of-the-Art Raport. Transportation Research Board, <http://www.cta.ornl.gov/cta/research/trb/tft.html>
7. Metoda obliczania przepustowości skrzyżowań z sygnalizacją świetlną. GDDKiA, Warszawa 2004.
8. Woch J.: Teoria potoków ruchu (w druku).
9. Dz.U.98.40.232 ROZPORZĄDZENIE MINISTRA TRANSPORTU I GOSPODARKI MORSKIEJ z dnia 19 marca 1998 r. w sprawie warunków i trybu wydawania zezwoleń na przejazd pojazdów nienormatywnych.
10. Molecki A.: Tory odstawcze w komunikacji tramwajowej, TTS - technika transportu szynowego nr 1-2, 2006.
11. Strategia rozwoju miasta Sosnowca do 2015 r., zał. do uchw. 816/XLIII/02 Rady Miejskiej w Sosnowcu z dnia 28 marca 2002 r., Sosnowiec 2002.
12. Jastrzębski W., Marganiec M., Suchozrewski W.: Modelowanie ruchu w wycinku sieci ulic przy zastosowaniu pakietu programów QRS. Modelowanie procesów ruchu. Praca zbiorowa pod redakcją M. Tracza, Zeszyt Naukowy Politechniki Krakowskiej, Kraków 1990.
13. Komar Z., Wolek Cz.: Inżynieria ruchu drogowego - wybrane zagadnienia. Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1994.
14. Krystek R. i inni: Koordynacja sygnalizacji świetlnej - wybrane zagadnienia. WKiŁ, Warszawa 1977.
15. Leśko M., Guzik J.: Sterowanie ruchem drogowym. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2000.
16. Steenbrink P.: Optymalizacja sieci transportowych. WKiŁ, Warszawa 1978.
17. Tracz M., Chodur J., Tarko A.: Przepustowość skrzyżowań z sygnalizacją świetlną. IGPIK, Warszawa 1992.

18. Woch J.: Kształtowanie płynności ruchu w gęstych sieciach transportowych. Polska Akademia Nauk – Oddział w Katowicach, Komisja Transportu. Wydawnictwo Szumacher, Kielce 1998.
19. Żochowska R., Karoń G.: Analiza statystyczna zamknięć drogowych w centrum Katowic. Materiały konferencyjne Międzynarodowej Konferencji i Specjalistycznej Wystawy nt. "Rozwój infrastruktury transportowej Śląska i Północnych Moraw – Część środkowoeuropejskiego systemu transportowego". Ostrawa – Katowice 1997.
20. Żochowska R.: Koordynacja zamknięć w gęstych sieciach drogowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Transport, z. 41, Gliwice 2000.
21. Żochowska R.: Informatyczne narzędzia wspomaganie planowania zamknięć drogowych – przepustowość skrzyżowań bez sygnalizacji świetlnej. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Transport, z. 42, Gliwice 2001.
22. Żochowska R.: Optymalizacja zamknięć w złożonych sieciach drogowych. Materiały konferencyjne I Międzynarodowej konferencji nt. „Transport Systems Telematics TST’ 01”, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Sosnowiec 2001.
23. Żochowska R.: Wyznaczanie macierzy związków ruchowych w gęstych sieciachdrogowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Transport, z. 44, Gliwice 2002.
24. Żochowska R.: Computer Aided Evaluation of Intersection Capacity in Dense Road Network. Materiały konferencyjne II Międzynarodowej konferencji nt. „Transport Systems Telematics TST’ 02”, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Transport, z. 45, Gliwice 2002.
25. Żochowska, R.: Informatyczne narzędzia wspomaganie planowania zamknięć drogowych – przepustowość skrzyżowań z sygnalizacją świetlną. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Transport, z. 46, Gliwice 2002.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Paweł Śniady

Praca wykonana w ramach badań BK 260/RT 5/2006.