

Zarządzanie flotą pojazdów miejskiego transportu publicznego^{1,2}

JÓZEF SUDA

dr inż., Politechnika Warszawska, Wydział Transportu, Zakład Sterowania Ruchem i Infrastruktury Transportu, 00-662 Warszawa, ul. Koszykowa 75, tel. 22 234 75 85, e-mail: jsu@wt.pw.edu.pl

JACEK LENARTOWICZ

mgr inż., Miejskie Zakłady Autobusowe Sp. z o.o., Wydział Zarządzania Przewozami, 01-710 Warszawa, ul. Włociańska 52, tel. +48 600 250 689, e-mail: jacek.lenartowicz@mza.waw.pl

Streszczenie: Artykuł prezentuje metodykę zarządzania flotą pojazdów miejskiego transportu publicznego. Opisano działania podejmowane od momentu tworzenia rozkładów jazdy przez wyspecjalizowane jednostki Urzędu Miasta st. Warszawy do czynności operacyjnych wykonywanych przez służby przewoźnika. Jako przykład wybrano proces zarządzania realizowany przez największego w Polsce operatora miejskiego transportu publicznego – Miejskie Zakłady Autobusowe Sp. z o.o. w Warszawie. Szczególną uwagę poświęcono czynnościom operacyjnym podejmowanym przez pracowników Wydziału Zarządzania Przewozami MZA (WZP), których zadaniem jest nadzór i zarządzanie zadaniami wykonywanymi przez poszczególne „brygady” na liniach komunikacyjnych. Działania te wykonywane są przez pracowników Centrali Ruchu, Ekspedycji na krańcach i Patroli Mobilnych. Wszystkie czynności dyspozytorów, ekspedytorów i instruktorów WZP wspomagane są i dokumentowane w Systemie Zarządzania Ruchem Autobusów (SZRA) MZA.

Słowa kluczowe: transport miejski, transport publiczny, flota pojazdów.

Wprowadzenie

Transport publiczny jest jednym ze środków przemieszczania się osób. Jest bardzo ważny dla ludzi w dużych i średnich miastach, gdzie powierzchnia i infrastruktura drogową uniemożliwiają odbywanie podróży pieszo lub rowerem, a podróżni nie chcą korzystać z własnych pojazdów. Ze względu na konkurencyjną cenę i oszczędność czasu podróży transport publiczny staje się coraz częściej stosowanym sposobem przemieszczania się. Wzrost liczby osób odbywających podróże transportem publicznym zmniejsza natężenie ruchu pojazdów indywidualnych na drogach, co w konsekwencji redukuje ujemny wpływ transportu na środowisko. Ma to szczególne znaczenie przy wzrastającej mobilności społeczeństwa [1].

W celu zwiększenia atrakcyjności podróży transportem publicznym organizatorzy transportu i przewoźnicy wprowadzają szereg innowacji w obszarze infrastruktury i taboru.

Na jakość usług przewozowych miejskiego transportu publicznego wpływa szereg czynników. Szczególnie istotne są oceny pasażera. Ważnymi kryteriami oceny transportu w miastach są jego dostępność, punktualność, regularność i bezpieczeństwo podróży [7].

Artykuł dotyczy działań zarządczych realizowanych przez największego operatora miejskiego autobusowego transportu publicznego w Polsce.

Zarządzanie ruchem pojazdów zbiorowego transportu publicznego

W zarządzaniu ruchem pojazdów zbiorowego transportu publicznego wyróżnić można dwie warstwy:

- wewnętrzną – realizowaną poprzez działania dyspozytorskie, związaną z rozmieszczeniem i przemieszczaniem taboru w czasie i przestrzeni;
- zewnętrzną – realizowaną przez organizatora ruchu drogowego, związaną z uprzywilejowaniem pojazdów transportu publicznego.

Zadania w warstwie wewnętrznej realizowane są przez organizatora transportu i/lub służby ruchu przewoźnika (operatora transportu). Polegają one na wyznaczaniu marszrut lub/i odstępów między pojazdami, które mogą być:

- aktualizowane stosownie do bieżących potrzeb przewozowych oraz zakłóceń (np. PRT, *Transport on Demand* itp.);
- ustalone na podstawie wartości przeciętnych potoków pasażerskich w określonych porach dnia, dniach tygodnia i porach roku.

Najprostszym, najbardziej rozpowszechnionym, choć najmniej efektywnym rozwiązaniem jest system zbiorowego transportu publicznego o ustalonych trasach i rozkładzie jazdy. Zasadniczą częścią takiego rozwiązania jest system sterowania dyspozytorskiego. W systemie tym utrzymywanie, względnie przywracanie utraconej punktualności, a przynajmniej regularności, polega na operatywnym dysponowaniu taboru przypisanym do poszczególnych linii.

Kryteria optymalizacji zarządzania mogą być różne. Najczęściej są to:

- minimalizacja odchylenia od rozkładu jazdy,
- maksymalizacja zysków,
- reagowanie na sytuacje nietypowe (agresje, wypadki, korki itp.).

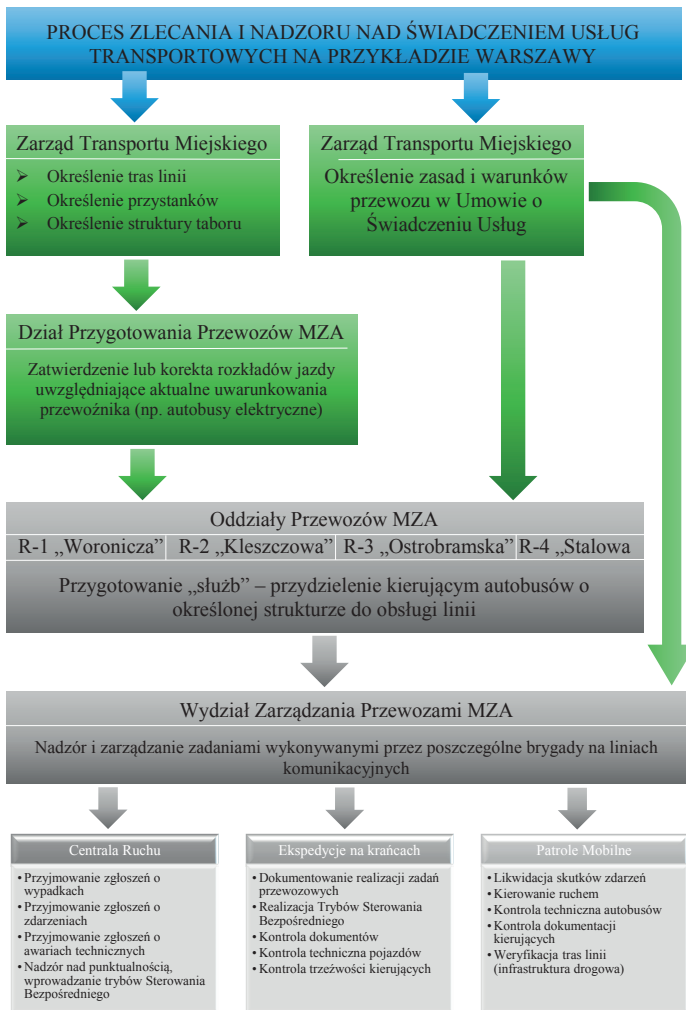
Pierwszym elementem determinującym zarządzanie transportem publicznym jest sformułowanie zadań przewozowych, określających trasy linii, strukturę taboru i czasy odjazdu z poszczególnych przystanków [6].

¹ ©Transport Miejski i Regionalny, 2018. Wkład autorów w publikację: J. Suda 50%, J. Lenartowicz 50%.

² Artykuł przygotowany na XIII Konferencję „Zintegrowany transport publiczny w obsłudze miast i regionów”, Zakopane 24–26.10.2018 r.

Uczestnicy procesu zarządzania flotą pojazdów transportu publicznego

Zarządzanie flotą pojazdów transportu publicznego jest procesem złożonym, realizowanym przez wiele podmiotów. Pierwszym krokiem jest identyfikacja potrzeb i sformułowanie zadań. W Warszawie za organizację transportu odpowiada Zarząd Transportu Miejskiego (ZTM), wyspecjalizowana jednostka podlegająca Biuru Polityki Mobilności i Transportu Urzędu m.st. Warszawy.



Rys. 1. Schemat organizacji zarządzania

Zarząd Transportu Miejskiego to jednostka powołana w celu organizowania, zarządzania i nadzorowania lokalnego transportu zbiorowego na terenie aglomeracji warszawskiej, określa wielkości potoków pasażerskich, źródła i cele podróży. Na tej podstawie, opracowuje trasy linii komunikacyjnych, rozkłady jazdy i zleca zadania poszczególnym operatorom.

W Warszawie największym operatorem są Miejskie Zakłady Autobusowe Sp. z o.o. realizujące prawie 40% wszystkich przewozów Warszawskiego Transportu Publicznego (w roku 2017 – 39,6%). Miejskie Zakłady Autobusowe w Warszawie jako przewoźnik w transporcie publicznym jest jednocześnie największym publicznym operatorem autobusowym w Polsce, przewożąc 452 mln pasażerów rocznie (2017) i jednym z większych w Europie [4]. Ponadto jest li-

derem miejskiego transportu publicznego, biorąc pod uwagę zarówno liczbę eksploatowanego taboru, jak i wolumen realizowanej pracy przewozowej.

Nadzór nad realizacją zadań i zarządzanie flotą pojazdów

Nadzór i zarządzanie zadaniami wykonywanymi przez autobusy (około 1380) i inne pojazdy (radiowozy, pogotowia techniczne, holowniki itp.) wykonywane są przez jednostki Wydziału Zarządzania Przewozami MZA (WZP MZA). Należą do nich: Centrala Ruchu, Ekspedycje na krańcach linii (11) i patrole mobilne wyposażone w radiowozy (13) i motocykle (2).

Centrala Ruchu

Nad autobusami w ruchu czuwa Wydział Zarządzania Przewozami, w ramach którego funkcjonuje centrum zarządzania zwane Centralą Ruchu. Jest to nowoczesny punkt dowodzenia, w którym całą dobę operatorzy monitorują ruch autobusów na ulicach.

Do podstawowych zadań dyspozytorów należy:

- przyjmowanie zgłoszeń o wypadkach,
- przyjmowanie zgłoszeń o zdarzeniach w autobusach,
- przyjmowanie zgłoszeń o awariach autobusów,
- nadzór nad punktualnością,
- wprowadzanie i realizacja trybu Sterowania Bezpośredniego (SB), przy zawieszeniu obowiązującego rozkładu jazdy.

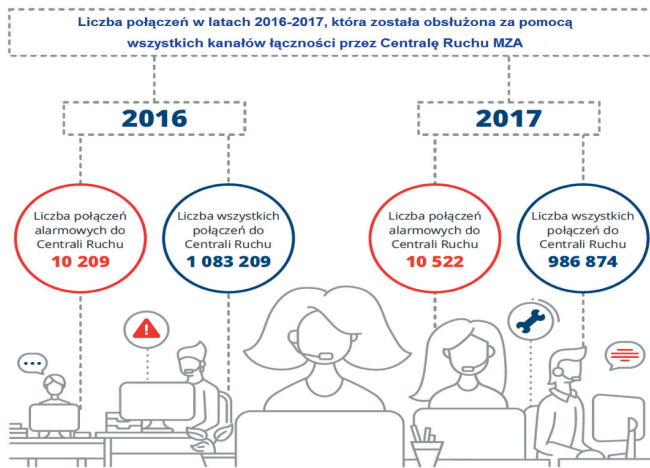
Realizacja tych zadań odbywa się zgodnie ze ściśle określonymi procedurami. Zarówno przyjmowanie zgłoszeń, jak i podejmowanie działań wspomagane są przez zaawansowane narzędzia informatyczne. Służą do tego: System Łączności Alarmowej (SŁA) i System Zarządzania Ruchem Autobusów (SZRA).

W roku 2011 rozpoczęto budowę operatywnego systemu zarządzania (SZRA). Uruchomiono aplikację „Odchyłka”. W autobusach, sukcesywnie, wprowadzano lokalizację satelitarną. W kolejnych latach uruchamiano nowe aplikacje, rozbudowując funkcjonalność do standardów odpowiadających systemom trzeciej generacji. Obecnie innowacyjny System Zarządzania Ruchem Pojazdów MZA integruje 11 aplikacji funkcjonalnych. Przygotowywana jest nowa aplikacja niezbędna dla zarządzania pojazdami elektrycznymi [5].



Rys. 2. Sala operacyjna Centrali Ruchu MZA

Źródło: zdjęcie autorów



Rys. 3. Połączenia obsługiwane przez Centralę Ruchu MZA w latach 2016–2017

Źródło: [4]

W sali operacyjnej naprzeciwko 8 stanowisk dyspozytorów znajduje się ściana wizyjna złożona z dwunastu 47-calowych ekranów. Na co dzień wyświetlana jest na niej mapa z bieżącymi lokalizacjami autobusów. W przypadku wystąpienia poważnych utrudnień w ruchu, dyspozytorzy obrazują na mapie daną okolicę, aby ocenić skalę problemu i opracować plan dalszego działania.

Dyspozytorzy łączą się z kierowcami, instruktorami i pozostałymi współpracownikami podczas przyjmowania zgłoszeń. Łączność ze służbami oraz macierzystymi oddziałami zapewniona jest zarówno poprzez telefonię stacjonarną, komórkową, jak i poprzez cyfrową łączność radiową. Stanowiska dyspozytorów wyposażone są w nowoczesne komputery oraz dotykowe konsole dyspozytorskie.

Liczba połączeń, które zostały obsługiwane w 2017 roku, za pomocą wszystkich kanałów łączności przez Centralę Ruchu wyniosła prawie milion (986 874), z czego 10 522 to połączenia alarmowe.

Obsługa zdarzeń i wypadków w Centrali Ruchu

Praca dyspozytorów i koordynatora Wydziału Zarządzania Przewozami (WZP) MZA wspomagana jest przez aplikację SZRA.

Celem tej aplikacji jest wspomaganie pracy instruktorów dyspozytorów i koordynatora Wydziału Zarządzania Przewozami (WZP) MZA. Instruktorzy uczestniczą w obsłudze zdarzeń nadzwyczajnych takich jak wypadki, kolizje, dewastacje, zaśląbnięcia, bójki lub zanieczyszczenia pojazdu. Zdarzeń tego typu jest rocznie około 7 tysięcy (6861 w roku 2016). Każde z nich wymaga przygotowania dokumentacji pisemnej, a niektóre również fotograficznej. Dokumentacja powstaje zarówno w Centrali, jak i na „mieście”, skąd przesyłana jest bezpośrednio do zasobów systemu.

Rejestr zdarzeń zawiera informacje o numerze brygady i linii, numerze służbowym kierowcy, identyfikatorze zdarzenia, w tym godzinie i miejscu wystąpienia. Rejestr zawiera również informacje o tym, kto został powiadomiony o zdarzeniu i nazwisko instruktora likwidującego jego skutki.

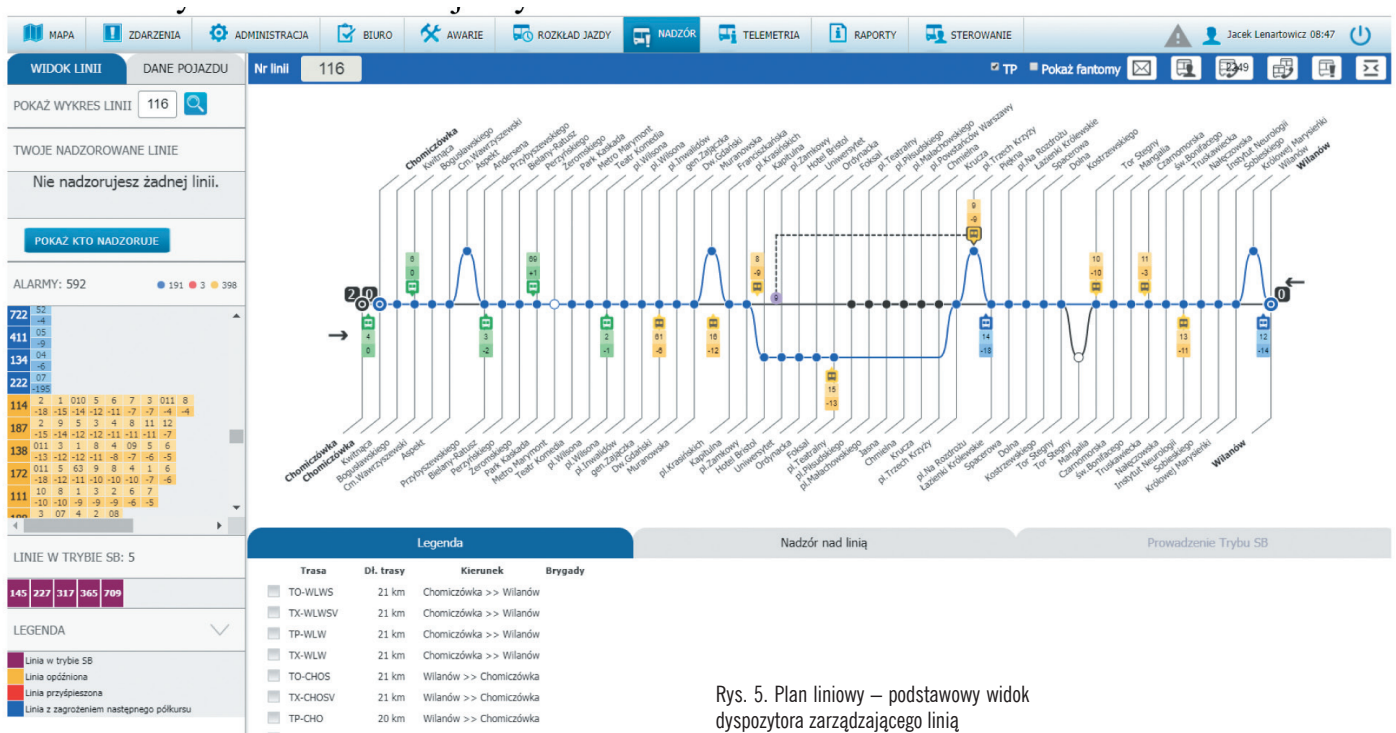
Nadzór nad punktualnością i sterowanie bezpośrednio z Centrali Ruchu (tryb SB)

Praca dyspozytora nadzorującego lub sterującego linią z CR wspomagana jest aplikacją „Nadzór”. W module tym prezentowana jest między innymi różnica pomiędzy rzeczywistym czasem odjazdu autobusu z przystanku a czasem odjazdu przewidzianym rozkładem jazdy przygotowanym przez Zarząd Transportu Miejskiego. Gdy autobus jest przyspieszony ponad 1 minutę lub opóźniony powyżej 3 minut, generowany jest alarm podający numer linii, brygady i wartość odchylenia od rozkładu jazdy w minutach.

Kolory oznaczają wagę alarmu. Kolor czerwony oznacza przyspieszenie, żółty opóźnienie, niebieski to opóźnienie takie, że autobus nie rozpocznie następnego kursu punktualnie.

MAPA ZDARZENIA ADMINISTRACJA BIURO AWARIE ROZKŁAD JAZDY NADZÓR TELEMETRIA RAPORTY STEROWANIE Jacke Lenartowicz 08:28										
Zapisy stanowiska	309 (1)	316 (1)	318	312 (1)	313 (3)					
Dzisiejsze	<input type="checkbox"/> Przerwa na odpoczynek <input type="checkbox"/> Opóźnienie na linii <input type="checkbox"/> Pokaż zamknięte									
Ostatnie 24h	Lp.	Br/I/Taborowy/Oddz	Nr. służbowy	R/Z	Numer/Godzina	Typ	Opis	Powiadomienie	Miejsce	Instruktor
Wszystkie	4	1/192/8733/R-1	5496	B ---	ZS/I/PN/9007/18 Dzisiaj 04:29	INNE	opóźniony wyjazd -13 minut	ZTM: 04:30 Oddział: ---	Woronicza ZEA WORONICZA 99	--- Radiowóz: ---
Historyczne	5	063/709/8117/R-1	2750	B ---	ZS/I/PN/9022/18 Dzisiaj 04:49	INNE	opóźniony wyjazd - 5 minut	ZTM: 04:50 Oddział: ---	Woronicza ZEA Woronicza	--- Radiowóz: ---
Karty informacyjne	6	7/500/5427/R-4	3211	B ---	K/W/PN/0564/18 Dzisiaj 05:39	WYPADEK	przewrócenie b/s	ZTM: 05:43 Oddział: ---	Św. Wincentego Rogowska	--- Radiowóz: 313
Bieżący tydzień	7	Rez/D92/---/R-1	-	-	ZS/I/PN/9024/18 Dzisiaj 06:07	INNE	Odwieszenie rez.D92 5:00-06:05	ZTM: 06:07 Oddział: ---	Woronicza ZEA Woronicza	--- Radiowóz: ---
Bieżący rok	8	1/107/1079/R-1	5128	B ---	ZS/I/PN/9025/18 Dzisiaj 06:13	INNE	zła ocena kier. oznakowania przystanku	ZTM: 06:13 Oddział: ---	Pl.Piłsudskiego Pl.Piłsudskiego 01 02	--- Radiowóz: ---
Historyczne	9	62/733/8512/R-1	3552	R 8897 K	KJ/K/PN/5988/18 Dzisiaj 06:28	KOLIZJA	---	ZTM: 06:31 Oddział: ---	al.Katowicka Centrum Mody 01	--- Radiowóz: 312
Kronika	10	7/162/3446/R-4	0975	B ---	ZS/I/PN/9027/18 Dzisiaj 06:44	INNE	Gwałtowne hamowanie przed obcym autobusem	ZTM: --- Oddział: ---	Trocka Targówek 02	--- Radiowóz: 316
Wszystkie	11	1/710/8869/R-1	5952	B ---	ZS/I/PN/9023/18 Dzisiaj 06:50	INNE	---	ZTM: 06:51 Oddział: ---	al.KEN os.Kabaty 05	--- Radiowóz: 316
Historyczne	12	13/189/2212/R-2	5777	R 6234 K	KJ/K/PN/5989/18 Dzisiaj 07:14	KOLIZJA	---	ZTM: 07:15 Oddział: ---	Lazurowa os.Górczewska 01	--- Radiowóz: 309
Meldunki	13	05/202/1839/R-3	2505	R 1412 K	KJ/K/PN/5990/18 Dzisiaj 07:15	KOLIZJA	---	ZTM: 07:17 Oddział: ---	Zamoykiego al.Zieleniecka 09	--- Radiowóz: 313
Lista alarmów	16	010/120/4942/R-4	3537	B ---	KJ/K/PN/5991/18 Dzisiaj 07:39	KOLIZJA	z uciekinierem/ 9:07 kijowska	ZTM: 07:43 Oddział: ---	Radzymińska Piotra Skargi 01	--- Radiowóz: 313
ALARMY: 0	17	1/170/4423/R-4	5449	-	ZS/I/PN/9029/18 Dzisiaj 08:06	INNE	oznaczenie linowego (170 nie zatrzymuje się)	ZTM: 08:09 Oddział: ---	Wielna PKP Zacisze-Wilno 04	--- Radiowóz: ---

Rys. 4. Rejestr zdarzeń



Rys. 5. Plan liniowy – podstawowy widok dyspozytora zarządzającego linią

Na planie liniowym wyświetlane mogą być również tzw. fantomy, informujące, gdzie pojazd powinien być, gdyby jechał zgodnie z rozkładem jazdy.

W przypadku rozregulowania pracy linii dyspozytor podejmuje przewidziane procedurami działania, „zawieszając” obowiązujący rozkład jazdy, wprowadzając Tryb Sterowania Bezpośredniego (TSB) oraz wydając dyspozycje poszczególnym kierowcom. Podczas Trybu Sterowania Bezpośredniego najważniejsza jest regularność kursowania autobusów. Gdy kończą się utrudnienia na linii, dyspozytor zaczyna włączać autobusy w rozkładowe czasy tak, aby zaczęły jeździć bez konieczności jego ingerencji.

Centrala Ruchu, posiadając cztery stanowiska do Trybu Sterowania Bezpośredniego, wspomaga ekspedycje w zarządzaniu ruchem oraz zajmuje się liniami nieekspediowanymi (które na żadnym krańcu nie mają ekspedycji), narażonymi na duże opóźnienia. W razie potrzeby rozpoczyna regulacje. Dodatkowo dyspozytorzy na tych stanowiskach, w przypadku innych utrudnień, rozpoczynają kierowanie autobusów na objazdy. Gdy nie występują utrudnienia powodujące opóźnienia autobusów, dyspozytorzy czuwają, aby kierowcy nie przyspieszali odjazdów w stosunku do rozkładu jazdy. Wszystkie te działania są możliwe dzięki posiadanym systemom, tj. Systemowi Łączności Alarmowej oraz Systemowi Zarządzania Ruchem Autobusów. Działania te mają na celu jak najszybsze przywrócenie rozkładu jazdy. Doświadczony dyspozytor może jednocześnie sterować nawet 7 liniami.

Nadzór i zarządzanie zadaniami przez ekspedycje na krańcach

Dla zapewnienia utrzymania jak najwyższej punktualności, na 11 krańcach linii funkcjonują ekspedycje – terenowe dyspozytornie, w których ekspedytorzy nadzorują kursowanie autobusów na przydzielonych liniach autobusowych


we współpracy z Centralą Ruchu. Jeśli zajdzie taka konieczność, podejmują decyzje w celu utrzymania regularności, punktualności i niezawodności kursowania linii. Jedną z procedur wykorzystywanych do zachowania punktualnych odjazdów z pętli jest Tryb Sterowania Bezpośredniego. Jeżeli autobus przyjedzie na nadzorowany krańiec powyżej 5 minut po czasie rozkładowego odjazdu, ekspedytor lub operator Centrali Ruchu zawiesza obowiązujący na linii rozkład jazdy i zaczyna „ręczne” sterowanie autobusami, dążąc do przywrócenia regularności i punktualności kursowania pojazdów. Ponadto ekspedytorzy dokumentują wykonanie zadań, zajmują się kontrolą dokumentów, stanu technicznego pojazdów i trzeźwości kierowców.

Obsługa zdarzeń i wypadków

Za operacyjny nadzór nad realizacją zadań przewozowych w MZA, oprócz operatorów Centrali Ruchu i ekspedytorów w ekspedycjach, odpowiadają także instruktorzy Nadzoru Ruchu. Odpowiadają oni za realizację procedur, usuwanie skutków wszystkich miejskich zdarzeń, w których udział biorą autobusy MZA. Korzystając z radiowozów i motocykli (w sumie do dyspozycji jest 11 samochodów i 2 motocykle), instruktorzy udają się na miejsce zdarzenia i, w zależności od jego charakteru, podejmują czynności mające na celu zapewnienie bezpieczeństwa jego uczestnikom oraz możliwie szybką likwidację jego następstw. Oprócz tego, przy współpracy z policją, służbami miejskimi i innymi przewoźnikami, dbają o komunikacyjny porządek w sytuacjach nadzwyczajnych. Reagując na bieżąco na wydarzenia, dbają o to, żeby taka sytuacja w jak najmniejszym stopniu nie dotknęła pasażerów. Do ich obowiązków należy również kierowanie ruchem w przypadku nieprzewidzianych wcześniej zmian tras linii spowodowanych zablokowaniem tras podstawowych.

Instruktor, udając się na miejsce zdarzenia, wyposażony jest w laptop z aplikacją umożliwiającą pozyskanie informacji bezpośrednio z baz danych systemu zarządzania. Formularze wprowadzane są do systemu automatycznie. Utworzenie Karty Informacyjnej odbywa się po telefonicznym zawiadomieniu Dyspozytora w Centrali Nadzoru Ruchu przez kierowcę autobusu lub inną osobę. Część pól karty wypełniana jest automatycznie, przy wypełnianiu pozostałych pomagają predefiniowane słowniki. Postępowanie operatorów systemu nadzorowane jest automatycznie zgodnie z obowiązującymi w Wydziale Zarządzania Przewozami MZA procedurami postępowania [2].

Na rysunku 6 została zaprezentowana przykładowa Karta Informacyjna z kolizji wygenerowana z Systemu Zarządzania Ruchem Autobusów.

 KARTA INFORMACYJNA KI/K/PN/5865/18		Miejskie Zakłady Autobusowe Sp. z o.o. Wydział Zarządzania Przewozami 01-710 Warszawa, ul. Włodzka 52 Tel/faks: +48 22 827-37-62	
Typ zdarzenia:	KOLIZJA ; Z OBCYM ; KIEROWCA SAM. OS. PODPISAŁ OSWIADCZENIE	Przyczyna	NIEUSTĄPIENIE PIERWSZENSTWA PRZEJAZDU NA SKRZYŻOWANIU
Data wypadku:	2018-10-05	Godz. zdarzenia:	09:38
Instr. likwidujący:	██████████	Łączna strata:	61 min.
Godz. pracy instruktora:	od 10:00 do 11:25	Miejsce wypadku:	Raszyńska / Koszykowa
POJAZD MZA 1			
Br./Linia:	071 / 128	Nr Rej.:	WX 73211
Oddział:	R-2	Taborowy:	2217
		Marka:	MERCEDES 628
Kierunek: pl. Piłsudskiego			
PRACOWNIK			
Imię Nazwisko:	██████████	Adres:	██████████
Oddział:	██████████	Nr Służbowy:	██████████
Godz.: 3		Ostatni przystanek:	Raszyńska 02
Lata pracy:	██████████	Nr mandatu:	██████████
STRATA - USZKODZENIA			
Uszkodzenia: uszczelka w pierwszych drzwiach, prawy bok w przedniej części		Strata czasowa: 61	
WŁĄCZENIE DO RUCHU: Koniec Pracy Brygady			
Nr Taborowy:	Godzina: 10:39	Oddział: R-2	
Miejsce wł.: Szczęśliwice 05	Kierunek: R-2		
POJAZD OBCY 1 - SPRAWCA			
Pojazd:	██████████	Typ pojazdu:	██████████
Właściciel:	██████████	Nr rejestracyjny:	██████████
Kierowca:	██████████	Adres:	██████████
Uszkodzenie: przedni zderzak, lewa przednia lampa, lewy przedni błotnik			
Nr mandatu:	██████████	Kwota mandatu:	██████████
Ubezpieczenie (Ubezpieczyciel, polisa): ██████████			
OPIS ZDARZENIA			
Kierująca samochodem osobowym, wjeżdżając na skrzyżowanie nie ustąpiła pierwszeństwa jazdy. Uderzyła przodem samochodu w prawy bok autobusu MZA.			
Do wiadomości: R-2, ZTM, NB, NT, RT			
INFORMACJE UZUPEŁNIJĄCE			
Centr. Ruchu powiadomił: Kierowca MZA	O godz.: 09:40		
Zatrzymanie ruchu:	Kierowanie ruchem:		
Interwencja Policji:	Czas pracy Policji:		
Pogotowie techniczne:	Praca pogotowia:		
Pogoda: POGODNIE	Widoczność: DOBRA	Temperatura: 10	
Stan nawierzchni: SUCHO	Rodzaj nawierzchni: ASFALT	Aparat / liczba zdjeć: Aparat 20 / 9	
Wypełnił(a): ██████████			

Rys. 6. Karta Informacyjna zdarzenia

Weryfikacja wykonalności rozkładów jazdy przez autobusy elektryczne

Rozkłady jazdy przygotowywane przez Zarząd Transportu Miejskiego są konstruowane pod kątem oczekiwań pasażerów, warunków ruchu i potrzeb kierowców. Rozkłady te nie przewidują wymagań eksploatacyjnych autobusów elektrycznych. Z tego powodu w MZA przeprowadzana jest ich weryfikacja pod kątem możliwości doładowywania baterii na krańcach linii. Cel ten jest realizowany przy wykorzystaniu programu komputerowego umożliwiającego symulację i optymalizację procesu ładowania autobusów w czasie realizacji przez nie zadań przewozowych [2].

Program komputerowy przeznaczony jest do prowadzenia analiz wykonalności rozkładu jazdy przez tabor elek-

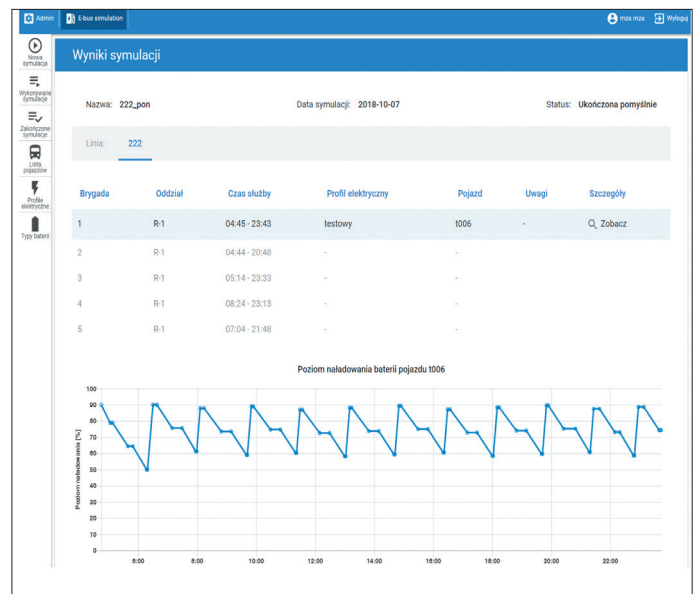
tryczny oraz budowy harmonogramu ładowania elektrycznych autobusów na krańcu linii. Program wykorzystuje rozkłady jazdy brygad autobusowych w celu wykrycia ewentualnych zagrożeń procesów uzupełnienia energii elektrycznej w bateriach autobusów zużytej na kurs.

W ramach symulacji użytkownik programu otrzymuje plan ładowania autobusów obsługujących poszczególne brygady w punktach stanowiących krańce dla danej linii oraz uzyskuje wiedzę o stanach zagrażających realizacji zadań przewozowych.

Program jest aplikacją webową, pracującą w trybie wieloosobowym, z możliwością jednoczesnej pracy minimum 15 użytkowników.

Zakres danych importowanych przez bazę danych programu obejmuje:

- informacje o liniach autobusowych (nr linii, liczba brygad, nazwa przystanków krańcowych itp.),
- struktura taboru obsługującego brygadę,
- rozkład jazdy brygad autobusowych dla linii (nr brygady, odjazdy z przystanków, odległość między przystankami, przyjazdy na krańce, czas postoju, rodzaj dnia, odległość między krańcami itp.),



Rys. 7. Wynik symulacji obrazujący poziom naładowania baterii autobusu

Aktualizacja bazy danych programu odbywa się automatycznie po uruchomieniu aplikacji przez dowolnego użytkownika. Użytkownik może wprowadzać dodatkowe dane nie będące danymi importowanymi, a stanowiące istotne parametry wykonywanych analiz. Dane wprowadzane przez użytkownika to:

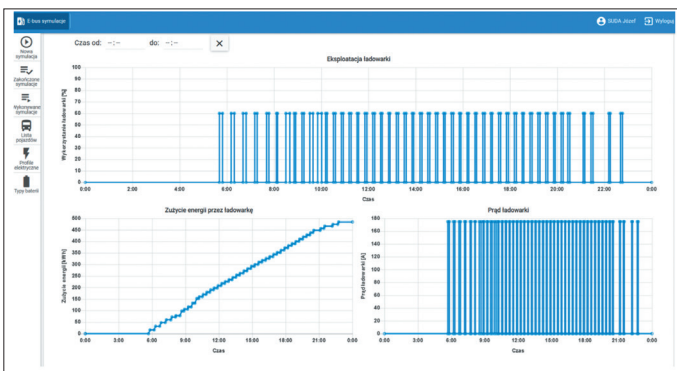
- numer oddziału obsługującego brygadę;
- typ autobusu wraz z jego pełną charakterystyką techniczną (rodzaj baterii, pojemność baterii, maksymalny prąd ładowania, inne dane niezbędne do prawidłowych obliczeń), wybrany z dostępnych we wskazanym oddziale, w ramach wynikającej z rozkładu jazdy klasy pojazdu przypisanej do brygady;
- krańce wyposażone w punkty ładowania;

- konfiguracja punktów ładowania na krańcu, w tym liczba punktów ładowania dla linii, moc wyjściowa punktów ładowania;
- stan wyjściowy naładowania autobusów wyjeżdżających z oddziału;
- określenie procentu ubytku naładowania baterii autobusu podczas pobytu na terenie oddziału;
- granice minimalnego i maksymalnego stanu naładowania baterii autobusu;
- czas manewrowy dla danego krańca (z możliwością określenia go dla całego krańca, poszczególnych linii lub brygad), który będzie odejmowany od rozkładowego czasu postoju w celu uzyskania wartości maksymalnego czasu ładowania;
- minimalny czas ładowania na krańcu, przekroczenie którego będzie jednoznacznie ominięciem tego ładowania.

Wynikiem symulacji jest optymalny proces ładowania autobusów, w ramach którego określone zostaną warunki ładowania autobusów na poszczególnych krańcach, dla następujących kryteriów optymalizacyjnych:

- brak konieczności ładowania, w tym gdy czas manewrowy przekracza czas postoju, jeśli nie zaistniało zagrożenie realizacji następnych kursów;
- minimalny czas ładowania niezbędny do realizacji kursu, jeśli na następnym krańcu przewidziane jest ładowanie;
- minimalny czas ładowania niezbędny do zrealizowania dwóch kursów, jeśli na następnym krańcu nie jest przewidziane ładowanie;
- minimalna liczba cykli ładowania niezbędna do realizacji rozkładu jazdy, ze wskazaniem krańców, na których musi nastąpić ładowanie, i minimalnego czasu ładowania;
- ładowanie na każdym krańcu, do osiągnięcia maksymalnego sparymetryzowanego lub maksymalnego możliwego w czasie postoju poziomu naładowania.

W efekcie symulacji określona jest technologia pracy krańca w zakresie kierowania autobusów do poszczególnych punktów ładowania, w tym:



Rys. 8. Wynik symulacji obrazujący poziom wykorzystania ładowarki na krańcu

- skierowanie do pierwszego wolnego punktu ładowania dla swojej linii;
- skierowanie do kolejki dla swojej linii (FIFO).

Przyjęto założenie, że po ostatnim ładowaniu baterie będą maksymalnie naładowane. Wartość ta zostaje przyjęta jako wyjściowy stan naładowania autobusu realizującego następane zadanie przewozowe. Uwzględnione zostają ubytki energii autobusu podczas pobytu na terenie Oddziału. Wartość wyjściowego stanu naładowania autobusu może również zostać narzucona przez użytkownika.

Podsumowanie

Zarządzanie flotą pojazdów miejskiego transportu publicznego jest procesem złożonym, w którym uczestniczy wiele podmiotów. Często mają one odrębne cele i kryteria, jakimi się kierują przy podejmowaniu optymalnych decyzji. Szczególnie istotną jest dobra współpraca między zleceniodawcą usługi transportowej i przewoźnikiem. W wielkim mieście występują zarówno przewidywalne zmiany warunków ruchu (planowe remonty, manifestacje itp.), jak i losowe wynikające z wypadków, awarii lub aktów agresji. Reagowanie na incydenty zakłócające realizację rozkładów jazdy, w szczególności wprowadzanie regulacji w trybie SB na linii, to istotne zadania dyspozytorów w Centrali Ruchu. Użytkowanie autobusów elektrycznych generuje dodatkowe ograniczenia dla optymalnego sterowania linią. W przyszłym roku przewiduje się uruchomienie nowej aplikacji Systemu Zarządzania Ruchem Autobusów dedykowanej dla zarządzania pojazdami elektrycznymi. Podejmowanie decyzji przez dyspozytorów wspomagane będzie symulatorem pozwalającym przewidzieć ich skutki.

Literatura

1. *Benefits Assessment of Advanced Public Transportation US Department of Transportation*, Report Number DOT-VNTSC-FTA-96-7.
2. *Budowa i zakup oprogramowania optymalizującego pracę autobusów elektrycznych na linii*, OPZ SIWZ, materiały MZA, Warszawa 2018.
3. Lenartowicz J., Suda J., *Zintegrowane systemy zarządzania pojazdami Miejskich Zakładów Autobusowych w Warszawie*, Polski Kongres ITS, Warszawa 17.05.2017.
4. Myszkowska M., Kuźmiński J. i zespół, *Raport Zrównoważonego Rozwoju Miejskich Zakładów Autobusowych Sp. z o.o.*, Warszawa 2018.
5. Suda J., *Operatywne zarządzanie miejskim transportem publicznym na przykładzie MZA Warszawa*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2017, nr 12.
6. Suda J., *Systemy zarządzania w transporcie drogowym*, rozdział 8.1 monografii „Systemy informatyczne w zarządzaniu transportem”, Tom 3 Informatyka Gospodarcza, Wyd. C. H. Beck sp. z o.o., Warszawa 2010.
7. Starowicz W., *Jakość przewozów w miejskim transporcie zbiorowym*, Politechnika Krakowska, Kraków 2007.