

ELEMENTY ERGONOMII I BEZPIECZEŃSTWA W TRANSPORCIE MIEJSKIM

W artykule zwrócono uwagę na zagrożenia płynące ze zbyt intensywnego rozwoju transportu drogowego w porównaniu z innym transportem w tym kolejowym. Brak zrównoważonego rozwoju transportu generuje i dalej będzie generował różnego rodzaju zagrożenia dla ludzi i środowiska. Są to zagrożenia bezpieczeństwa ruchu jak i zwiększona zachorowalność ludzi spowodowana zanieczyszczeniem środowiska. Poruszono konieczność ciągłej modernizacji infrastruktury drogowej w oparciu o nowe rozwiązania techniczne i większe doświadczenie wynikające z badań i obserwacji systemów transportowych.

WSTĘP

W ciągu ostatnich 100 lat liczba ludności na świecie zwiększyła się 4-krotnie, emisja dwutlenku węgla wrosła 17-krotnie, a produkcja towarów 40-krotnie. W 2030 r. ludność świata będzie liczyć pewnie około 8 miliardów z czego około 60% będzie żyła w miastach.

W ostatnich latach następuje coraz szybszy napływ ludności ze wsi do miast (w 1970 r. w aglomeracjach mieszkało 37% ludności świata).

W wielu miastach świata wprowadzane są obecnie eksperymentalne rozwiązania komunikacyjne.

Na ostatnim kongresie Międzynarodowej Unii Transportu Publicznego (UITP) w Dubaju (kwiecień 2011 r.) przyjęto program PTx2 (Public Transport x2), tj. podwojenie udziału transportu publicznego w transporcie miejskim do 2025 r.

Jazda w mieście należy do najtrudniejszych i wymagających największej koncentracji uwagi i umiejętności od kierowcy. Ogromne natężenie ruchu, duża liczba skrzyżowań, tłumy pieszych, a także sznury pojazdów, a do tego jeszcze światła regulujące ruchem, czy pasy ciągle i przerywane oraz strzałki na drodze powodują początkowo pewien strach i nieśmiałość w prowadzeniu pojazdu. Dodać do tego trzeba włączające się do ruchu pojazdy mające pierwszeństwo jazdy (autobusy, tramwaje, pojazdy uprzywilejowane), ogromną liczbę parkujących i przejść dla pieszych [6]. Jazda w mieście wymaga opanowania do perfekcji manewrów: włączania się do ruchu, wyprzedzania i zmiany pasa ruchu, co związane jest z ciągłą obserwacją okrężną włączaniem, w odpowiednim czasie kierunkowskazów. Należy również patrzeć na sygnalizację świetlną oraz znaki poziome i pionowe. Problemy te są m. in. przedmiotem rozważań w artykule.

1. EKOLOGICZNA PRZEWAGA TRANSPORTU ZBIOROWEGO NAD INDYWIDUALNY

Motoryzacja w miastach to wróg numer jeden dla zdrowia i życia jego mieszkańców. W miastach dochodzi do emisji ponad 1000 trujących składników spalin, co stanowi dla jego mieszkańców ogromne niebezpieczeństwo wzrostu zachorowań na choroby nowotworowe i układu krążenia. Zanieczyszczenia motoryzacyjne są znacznie gorsze od przemysłowych, gdyż rozprzestrzeniają się w dużych stężeniach na niskich wysokościach. W ciągu godziny samochód zużywa około 6000 litrów tlenu i zmienia go w spalinę. Wzdłuż pasów drogi dopiero w odległości 100-200 metrów jest czysta gleba. W ciągu roku do wód oceanów dostaje się około 4 mln ton ropy naftowej, zatruwając środowisko naturalne. Transport

tankowcami i spływanie z dróg, czy miejsc produkcji lub dystrybucji paliw (rafinerie, stacje paliwowe, obsługowe itp.), dopełnia obraz wpływu samochodów na otoczenie. Dodatkowym czynnikiem powodującym zagrożenie jest hałas. Zwiększająca się liczba samochodów powoduje zabieranie terenów zielonych i zajmowanie miejsc pod budynkami i obok nich. Uruchamiane pod naszymi oknami samochody o każdej porze dnia i nocy, nie pozwalają na spokojny odpoczynek czy sen. Wynika stąd, że pasażer komunikacji zbiorowej przyczynia się do ochrony środowiska. Autobusy komunikacji miejskiej przy średnim napelnianiu zużywają 2,5 litra oleju napędowego na przewóz 1 pasażera na odległość 100 km. Natomiast średnie zużycie paliwa w samochodach osobowych wynosi obecnie 7,8 l na 100 km. Przy średnim napelnianiu 1,2 osoby daje to zużycie paliwa 6,5 l/100 km/1 pasażera. W szczytowym ruchu porannym (przy dużym napelnianiu autobusów) jednostkowe zużycie paliwa wynosi tylko 0,5 l/100 km/1 pasażera. Tak więc każdy pasażer jadący do pracy pojazdem komunikacji zbiorowej oszczędza ponad 90% CO₂ emitowanego przy przejeździe jednej osoby samochodem osobowym [4]. W jeszcze większym stopniu dotyczy to pasażerów korzystających z tramwajów czy metra ze względu na dłuższe odległości międzyprzystankowe, a zwłaszcza na możliwość rekuperacji energii podczas hamowania.

O przewadze transportu szynowego nad drogowym niech świadczy również fakt, że dla przewiezienia 33000 osób na godzinę kolej potrzebuje pasa o szerokości tylko 5 m, a samochody aż 55 m (16 pasów ruchu).

Jeden samochód zajmuje tyle miejsca na parkingu, co aż 14 rowerów. Waga jednego samochodu sięga 1000 kg, rower posiada masę tylko 15-20 kg [3].

2. ELEMENTY STRATEGII ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU

Institucje międzynarodowe i rządy państw (Komisja Europejska, Europejska Konferencja Ministrów Transportu (ECMT i OECD)) rekomendują strategię zrównoważonego rozwoju systemu transportowego.

W dokumencie Krajowa Polityka Miejska – opracowanego przez Ministerstwo Infrastruktury i Rozwoju Regionalnego w 2014 r. dostrzeżono rolę kolei w przewozach aglomeracyjnych.

Do aktualnych celów polityki mobilności można zaliczyć:

- stopniowe redukcje motoryzacji indywidualnej,
- utrzymanie wiodącej roli transportu zbiorowego,
- zwiększenie roli ruchu pieszego,

- zwiększenie dostępności systemu transportowego dla osób niepełnosprawnych,
- ograniczenie emisji zanieczyszczeń, hałasu, wibracji,
- obniżenie kosztów funkcjonowania systemu transportowego.

Oczekiwany przez pasażerów poziom jakości usług przewoźnych będzie osiągnięty przez realizację m. in.:

- wysokiej niezawodności i częstotliwości połączeń,
- atrakcyjnego czasu podróży,
- komfortu podróży,
- łatwo dostępnej i aktualnej informacji,
- dogodnych systemów biletowych,
- elastyczności systemu.

Druga Zielona Księga COM (2007 r.) 551 „W kierunku nowej kultury mobilności w mieście” z 2007 r. zawiera europejski program działań na rzecz nowej kultury mobilności w mieście. Przedstawiono tam podstawowe kierunki działań.

Zagadnienia nowej kultury mobilności dotyczą m. in.:

- poprawy płynności ruchu przez zwiększenie atrakcyjności podróży transportem publicznym,
- zmniejszenie emisji szkodliwych substancji do środowiska i hałasu,
- propagowania rozwoju nowoczesnych technologii paliwowych,
- wprowadzenie inteligentnych systemów pobierania opłat, informacji pasażerskiej i zarządzania ruchem,
- podniesienie poziomu bezpieczeństwa w pojazdach i obiektach infrastruktury transportu.

3. ZAGROŻENIE BEZPIECZEŃSTWA RUCHU WYNIKAJĄCE Z ISTNIEJĄCEJ INFRASTRUKTURY

Dobrze zaprojektowana droga powinna być prawidłowo ukształtowana. Droga składa się z odcinków prostych, łuków poziomych i pionowych. Parametry geometryczne łuków dobiera się ze względu na przewidywaną prędkość projektową drogi i widoczność.

Ze względów bezpieczeństwa krzywizna łuku pionowego wypukłego powinna być taka, aby kierowca odpowiednio wcześniej zauważył przeszkodę lub samochód nadjeżdżający z przeciwka.

Krzywizna łuku pionowego wklęsłego ogranicza widoczność przy przejeździe pod wiaduktem i widoczność świateł mijania w nocy. W ruchu po łuku poziomym widoczność zależy od położenia kierowcy oraz pozycji przeszkody na drodze i na poboczu [8]. Wady infrastruktury drogowej są często przyczyną wypadków drogowych. Do tych wad należą m.in. [1]:

- zbyt małe odległości pomiędzy skrzyżowaniami,
- nietypowe rozwiązania geometryczne,
- zbyt duże lub zbyt małe wartości promieni do skrętu pojazdów,
- nieodpowiednie programy sygnalizacji świetlnej,
- niedostateczne widoczności sygnalizatorów.

Duże zagrożenie bezpieczeństwa ruchu drogowego generuje lokalizacja dużych ośrodków handlowych i stacji paliw w obszarach skrzyżowań, na których występuje zwiększone natężenie ruchu pojazdów i osób.

Konsekwencją tych lokalizacji jest nadanie wjazdowi i wyjazdowi do nich cech wlotu i wylotu skrzyżowania, podczas gdy z punktu widzenia ustawy Prawo o ruchu drogowym [12] mają one tylko statut wjazdów i wyjazdów z tzw. obiektów przydrożnych [1].

Do najistotniejszych wad infrastruktury drogowej wpływających na zagrożenie bezpieczeństwa pieszych, należą m.in. [1]:

- a) niewłaściwie urządzone przestrzeń w obszarze przejścia dla pieszych, powodująca niedostateczną widoczność pieszego przez kierowcę, co wynika m.in. z:
 - lokalizacji przystanków autobusowych bezpośrednio przed przejściem,
 - usytuowania takich przeszkód, jak reklamy, ogrodzenia w tzw. polach widoczności kierowców oraz pieszych;

- b) nieprawidłowa lokalizacja przejść dla pieszych, np.:
 - w miejscach o ograniczonej widoczności powierzchni jezdni dla kierowców i pieszych (na łukach poziomych lub pionowych wypukłych) o małych promieniach,
 - na spadkach podłużnych o dużych pochyleniach,
 - bezpośrednio na przedłużeniu rekreacyjnych ciągów pieszych;

- c) niewłaściwie urządzone przejścia dla pieszych, np.:
 - zbyt długie przejście,
 - nieodpowiednia geometria wysp azylu,
 - brak lub niedostateczne oświetlenie;

- d) nieprawidłowe usytuowanie i urządzenie przystanków transportu publicznego, w tym:
 - nieodpowiednia lokalizacja przystanków transportu publicznego w obszarze skrzyżowania,
 - brak peronów na przystankach tramwajowych.

Dla zapewnienia bezpieczeństwa ruchu drogowego potrzebne jest skoordynowanie elementów geometrycznych drogi w planie i profilu.

Należy dążyć do tego, aby możliwie najwięcej odcinków trasy równomiernie rozmieszczonych wzdłuż drogi dawało możliwość wyprzedzania. W tym celu zaleca się projektować nakładanie się na siebie tych odcinków, gdzie wyprzedzanie nie jest możliwe, tzn. odcinków położonych w krzywych poziomych (łukach i krzywych) oraz w profilu z łukami wypukłymi. Nakładanie to należy projektować tak, aby:

- wzajemne przesunięcie wierzchołka załamań trasy w poziomie i w profilu nie było większe od 1/4 długości odcinka położonego w krzywej przejściowej,
- długość odcinka w łuku poziomym była większa o ok. 10% od długości łuku wypukłego zaokrąglającego załom niwelety,
- zmiana układu trasy od początku krzywej poziomej do początku najbliższego łuku wypukłego była większa od 30 m [11].

4. ERGONOMIA ZNAKÓW DROGOWYCH I SYSTEMÓW INFORMACJI PASAŻERSKIEJ

Bezpieczna jazda zależy głównie od przygotowania kierowcy (70-80%) [6]. Człowiek, jego wiedza teoretyczna i praktyczna oraz predyspozycje fizyczne i psychiczne decydują o bezpieczeństwie ruchu drogowego. Pojazd to głównie jego budowa i stan techniczny, przede wszystkim takich układów jak: oświetlenie, hamulce, układ kierowniczy, koła (opony) oraz wyposażenie. Pojazd i człowiek to ogniwa w łańcuchu zależności, do którego należą również droga i jej wpływ na bezpieczeństwo (ukształtowanie poziome - zakręty i pionowe - wzniesienia i spadki, liczba pasów ruchu, infrastruktura). Między nimi występuje zależność w postaci odbywającego się ruchu drogowego (liczba pojazdów i innych użytkowników drogi), na który ma wpływ oznakowanie, sterowanie ruchem drogowym oraz wpływy atmosferyczno - klimatyczne (słońce, deszcz, śnieg, mgła, widoczność, pora dnia) oraz ekologiczne (smog, spaliny, czyli związana z tym czystość powietrza).

Znaki drogowe to elementy systemu mającego następujące cele: doprowadzić do odpowiedniego miejsca, prowadzić w sposób bezpieczny, zapewnić w trakcie przemieszczania kompletną informację.

Za doprowadzenie do danego miejsca odpowiedzialne są znaki kierunku i miejscowości. Niezbędne są również znaki z grupy uzu-

pełniających, szczególnie dotyczące objazdów. Bardzo przydatne są także znaki poziome uzupełniające, dotyczące kierunków na pasach ruchu.

Prowadzenie w sposób bezpieczny, to głównie rola znaków ostrzegawczych, zakazu i nakazu, oznakowania przed przejazdami kolejowymi oraz sygnalizacji świetlnej. Pomocne są oznakowania poziome, tabliczki do znaków oraz niektóre znaki uzupełniające i informacyjne.

Kompletną informacją w trakcie poruszania się dają głównie znaki informacyjne, choć rola ta przypada również niektórym znakom zakazu oraz wybranym tabliczkom. Dotyczy to zarówno obsługi samochodu, jak i potrzeb fizjologicznych, np. odpoczynek, posiłek, czy nocleg. Należy tu również wspomnieć o takich przydatnych informacjach jak szpital, poczta, punkt informacyjny.

W Polsce stosuje się pięć grup wielkości znaków: wielkie (W), duże (D), średnie (S), małe (M), oraz mini (MI). Najczęściej spotykamy w Polsce rozmiar znaków drogowych pionowych zdefiniowany jako średni w rozporządzeniu ministra infrastruktury z lipca 2003 r., to w przypadku tablic okrągłych (zakazy, nakazy) – tablica o średnicy 80 cm. W przypadku trójkątnych (ostrzegawczych) – bok trójkąta o długości 90 cm. W przypadku kwadratowych lub prostokątnych (informacyjnych) – bok kwadratu lub krótszy bok prostokąta o długości 60 cm [9].

Znaki pionowe powinny być rozmieszczone w odpowiedniej odległości od jezdni. Na drodze skrajna krawędź znaku powinna być oddalona min. 50 cm od krawędzi pobocza. Na ulicy skrajna krawędź znaku, zlokalizowanego na chodniku, powinna być oddalona od krawędznika o 50 do 200 cm. W pasie dzielącym jezdnie drogi dwujezdniowej skrajna krawędź znaku, zlokalizowanego na pasie dzielącym, powinna być oddalona od opaski o min. 50 cm. Na drodze, wzdłuż której biegnie linia tramwajowa, skrajna krawędź znaku powinna być oddalona od osi skrajnego toru o min. 195 cm [9].

Podstawowe pole widzenia kierowcy podczas jazdy zawiera się mniej więcej w ramach kąta 50° - 60°. Jak wynika z badań W.E. Woodsona, optymalna ostrość widzenia występuje przy kącie α=80° [8]. Na tej podstawie możemy wyliczyć widzialność znaków drogowych pionowych przy ładnej pogodzie na odcinku prostym. Widzialność znaków ostrzegawczych wynosi 375 m, zakazów i nakazów – 333 m, a informacyjnych – 250 m. Konieczna wysokość liter umieszczanych na znakach pionowych, aby można było je przeczytać z samochodu, np. z odległości 40 m, powinna wynosić co najmniej 100 mm. zależność wysokości liter na znakach pionowych w zależności od prędkości ruchu na drodze przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Wysokości liter na znakach pionowych w zależności od prędkości ruchu na drodze [8]

Prędkość [km/h]	Wysokość liter [mm]
25	100
40	150
60	250
90	500
110	750

Znaki drogowie wraz z informacyjnym otoczeniem drogi to istotna składowa informacji wizualnej. To istotny zestaw komunikatów wzrokowych mających wpływ na kierowanie pojazdem i bezpieczeństwo ruchu drogowego. Brak ergonomicznego podejścia do kształtowania znaków drogowych może być przyczyną wielu wypadków drogowych.

Informacja dla pasażerów może być uzyskiwana przed podróżą, na przystankach autobusowych lub stacjach kolejowych i w pojeździe.

W pojeździe przekazywane są m.in. następujące informacje:

- nazwa aktualnego oraz następnego przystanku,
- trasa linii,
- data i godzina.

W przypadku systemów informacji pasażerskiej kluczowe znaczenie ma czytelność znaków stosowanych do przekazania informacji.

Szczególnie ważne jest dostosowanie wielkości cyfr i liter do odległości, z której są odczytywane.

PODSUMOWANIE

Z wykonanej analizy wynikają następujące wnioski:

1. W zintegrowanym transporcie publicznym w obsłudze miast i regionów wiodącą rolę, ze względu na ochronę środowiska, powinny mieć autobusy o napędzie hybrydowym oraz transport szynowy.
2. Błędnie zaprojektowana i wybudowana infrastruktura drogowa jest przyczyną zagrożenia bezpieczeństwa ruchu drogowego.
3. Konieczną wysokość liter na znakach drogowych WL należy obliczać z następującego wzoru:

$$WL=2,5 \cdot L \quad [\text{mm}] \quad (1)$$

gdzie:

L – odległość od obserwatora [m].

4. Wysokość liter w zależności od prędkości ruchu WP na drodze można przedstawić wzorem:

$$WP = \frac{v^2}{13} + 50 \quad [\text{mm}] \quad (2)$$

gdzie:

v – prędkość pojazdu [km/h].

5. Wysokość liter na jezdni powinna wynosić 1,8 m, a ich szerokość 0,8 m.
6. Znaki drogowie wykonane farbą odbłaskowa są widoczne z dużo większej odległości niż znaki wykonane zwykłą farbą matową.
7. Na 120 brytyjskich drogach zainstalowano diody LED oświetlające obrys jezdni. Zasilane są one z małych paneli słonecznych. Modernizacja daje znaczne efekty. Na tych drogach liczba nocnych wypadków spadła o 70%. Kierowcy uzyskują widoczność na 900 m drogi, co daje im 30 s na reakcję. Dla porównania oświetlenie przez reflektory pozostawia tylko 3,2 s na decyzję. Ten dodatkowy czas może uratować życie.
8. Za graniczną odległość L , z jakiej powinien być odczytany najmniejszy znak, należy przyjąć największe oddalenie pasażera od przekazywanej informacji. Do obliczenia wysokości najmniejszego znaku H należy przyjmować wzór:

$$H[\text{mm}] = 5 \cdot L \quad [\text{m}] \quad (3)$$

Największą czytelność (100%) uzyskuje się zapewniając ciemnoniebieskie napisy na białym tle i czarne napisy na białym tle.

BIBLIOGRAFIA

1. Bezpieczeństwo ruchu miejskiego. Praca zbiorowa pod red. T. Szczuraszka WKiŁ: Warszawa 2005 r.
2. Cieślakowski St. J.: Wybrane zagadnienia bezpieczeństwa i ergonomii w transporcie samochodowym. Autobusy 10/2008 r.
3. Cieślakowski St. J.: Ekologia i ergonomia w transporcie publicznym. III Konferencja Naukowo-Techniczna zintegrowany trans-

- port publiczny w obsłudze miast i regionów PublicTrans 2008. Warszawa, 16.05.2008 r.
4. Cieślakowski St. J.: Kształtowanie zrównoważonej mobilności w miastach. VI Konferencja Naukowo-Techniczna zintegrowany transport publiczny w obsłudze miast i regionów PublicTrans 2011. Zakopane, 26-28.10.2011 r.
 5. Cieślakowski St. J.: Ruch pieszy – ważna forma mobilności. VIII Konferencja Naukowo - Techniczna zintegrowany transport publiczny w obsłudze miast i regionów PublicTrans 2013. Zakopane, 23-25.10.2013 r.
 6. Glinka M.: Elementy badań operacyjnych w transporcie, UTH Radom 2016 r.
 7. Gołąbek S.: Poradnik BRDiE. Wyd. Linowski - Orzechowski s.c., Wrocław 1977 r.
 8. Górńska E., Lewandowski J.: Podstawy zarządzania i kształtowania środowiska pracy. OWPW. Warszawa 2002 r.
 9. Human Engineering GUIDE for EQUIP-MENT DESIGNERS. Secondo Editio by Wesley E., Donald W. Conover. Univ. of California Press. Berkeley, Los Angeles 1966 r.
 10. Rozporządzenie ministra infrastruktury w sprawie szczególnych warunków technicznych dla znaków i sygnałów oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunków ich umieszczenia na drogach. DzU z 2003 r., nr 220, poz.2181.
 11. Schlieffke F., VDV – Jahrestagung 2007: Busse und Bahn – Garanten für Standortqualität und Zukunftsfähigkeit. Verkehr und Technik 2007, nr 8, s. 280-288.
 12. Towpik K., Gołaszewski A., Kukulski J.: Infrastruktura transportu samochodowego. OWPW, Warszawa 2006 r.
 13. Ustawa Prawo o ruchu drogowym. Dz. U 98, poz. z 20.06.97 r. wraz z późn. zm.
 14. Wicher J.: Bezpieczeństwo samochodów i ruchu drogowego. WKŁ, Warszawa 2003 r.

Ergonomic and safety in public transport

Presented article draws attention to risks springing from too extensive development of road traffic compared to the railway. Lack of balanced growth of overall transport induces further multiple hazards both to humans and environment. Those include traffic safety hazards and pollution-induced increased disease morbidity. The paper touches upon the need of continuous road infrastructure modernization with up-to-date technical solutions coming from observational studies of traffic systems.

Autorzy:

dr hab. inż. **Stanisław Janusz Cieślakowski** prof. UTH Radom.

dr inż. **Marek Glinka** UTH Radom.