

DROŹDZIEL Paweł¹
 OPIELAK Marek²
 RYBICKA Iwona³

Bezpieczeństwo transportu pasażerskiego w komunikacji miejskiej

*Autobusy miejskie,
 Bezpieczeństwo ruchu drogowego,
 Komunikacja miejska,*

Streszczenie

Ciągły wzrost aktywności człowieka oraz rozwój techniki powoduje systematyczne zwiększanie się występowania różnorodnych zagrożeń. Jednym z ważniejszych problemów w tym zakresie, z jakim możemy się spotkać w Polsce, jest bardzo niski poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego. Wynika to z wielu czynników i uwarunkowań. Dlatego też prowadzi się wiele działań mających na celu poprawę bezpieczeństwa podczas transportu ludzi. Jednym z nich jest wzrost bezpieczeństwa pojazdu, które związane jest z jego właściwościami konstrukcyjnymi takimi jak budowa nadwozia i podwozia. W artykule zaprezentowano przegląd rozwiązań konstrukcyjnych wpływających na wzrost bezpieczeństwa w transporcie pasażerów komunikacji miejskiej.

SAFETY OF PASSENGER TRANSPORT IN PUBLIC TRANSPORT

Abstract

The continuous increase in human activity and development of technology result in a systematic increase in the occurrence of various hazards. One of the major problems in this respect, that may be observed in Poland is a very low level of road safety. This is due to many factors and conditions. Therefore, many activities are carried out aimed at improving safety in the transportation of people. One of them is to an increase in the vehicle safety, which is related to its structural properties such as the construction of the body and the chassis. This article presents an overview of design solutions leading to increased safety in passenger transportation in public transport.

1. WSTĘP

Jednym z ważniejszych problemów, jakie dotyczą dzisiaj Polskę, jest bardzo niski poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego na tle innych krajów europejskich. Obecnie na drogach krajowych w wyniku wypadków drogowych ginie bardzo wiele osób, a wiele zostaje kalekami do końca życia [12]. Cena, jaką płaci społeczeństwo za szybki rozwój transportu drogowego, jest stosunkowo duża. Szczególnie trudna sytuacja z zakresu bezpieczeństwa ruchu drogowego występuje w większości dużych i średnich miast. Zwiększenie liczby pojazdów na ich terenie spowodowało: wzrost natężeń ruchu, zatłoczenie dróg i ulic, problemy z parkowaniem oraz zwiększenie zanieczyszczenia środowiska. Powstała konieczność rozszerzenia tradycyjnego zakresu drogownictwa, które początkowo obejmowało zagadnienia budowy i projektowania dróg o zagadnienia organizacji i bezpieczeństwa ruchu. Rezultatem było powstanie i szybki rozwój dyscypliny naukowej, jaką jest inżynieria ruchu drogowego. Dodatkowo wzrost aktywności i rozwój techniki samochodowej spowodował zwiększenie innych zagrożeń, jakie mogą oddziaływać na człowieka w czasie transportu.

Metody przeciwdziałania zagrożeniom należą do dziedziny wiedzy zwanej bezpieczeństwem. Przeciwdziałanie występowaniu tych zagrożeń odbywa się już na etapie projektowania nowych środków transportu zbiorowego [1,2]. Z tego względu wydaje się interesujące przybliżenie nowych rozwiązań konstrukcyjnych zwiększających bezpieczeństwo dla takich przewozów. Niniejszy artykuł prezentuje taki przegląd. Dodatkowo, w skrócie opisano przyczyny najczęstszych zdarzeń losowych oraz infrastrukturę transportu miejskiego.

2. NAJCZĘSTSZE PRZYCZYNY ZDARZEŃ DROGOWYCH

Do najczęstszych przyczyn zdarzeń drogowych zaliczyć możemy:

- a) środowisko drogi;
- b) cechy techniczno-eksploatacyjne nawierzchni drogowej;
- c) prędkość pojazdu;
- d) warunki atmosferyczne.

¹Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny; 20-618 Lublin; ul. Nadbystrzycka 36. Tel: + 48 81 538-42-58, Fax: + 48 538-42-58, E-mail: p.drozdziel@pollub.pl

²Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny; 20-618 Lublin; ul. Nadbystrzycka 36. Tel: + 48 81 538-42-63, Fax: + 48 538-42-63, E-mail: m.opielak@pollub.pl

³Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny; 20-618 Lublin; ul. Nadbystrzycka 36. Email: ik.rybicka@gmail.com

Wśród cech środowiska drogi, które bezpośrednio wpływają na bezpieczeństwo ruchu drogowego w miastach wyróżnia się [10]:

- a) charakterystykę sieci drogowej miasta;
- b) warunki atmosferyczne, jezdni oraz charakterystykę oznaczenia drogi;
- c) charakterystykę techniczno-eksploatacyjną nawierzchni drogowej;
- d) parametry ruchu, takie jak natężenie, struktura rodzajowa i kierunkowa ruchu;
- e) parametry geometryczne elementów sieci drogowej;
- f) cechy organizacji.

Z oficjalnych statystyk wynika, że nieprawidłowy stan jezdni jest przyczyną ponad 6% kolizji drogowych oraz ponad 2% wypadków. Problem ten wynika głównie z niewłaściwej konstrukcji nawierzchni oraz wieloletnich zaniedbań w zakresie ich utrzymania. Obecnie większość dróg w Polsce nie jest dostosowana, do intensywnego ruchu ciężkiego [2]. Dodatkowo nadmierna prędkość liniowa pojazdu przyczynia się do wzrostu prawdopodobieństwa powstania zdarzenia drogowego. Prawdopodobieństwo to będzie oczywiście tym większe, im w większym stopniu zostanie przekroczona prędkość bezpieczna [11].

Elementem otoczenia, który ma znaczący wpływ na bezpieczeństwo ruchu drogowego, są warunki atmosferyczne. Do najważniejszych zjawisk atmosferycznych zalicza się:

- a) opady deszczu;
- b) opady śniegu;
- c) mgłę;
- d) silny i porywisty wiatr;
- e) temperatury otoczenia (szczególnie ujemne);
- f) położenie słońca (jazda pod słońce) [1].

Dodatковым elementem otoczenia, jest infrastruktura drogowa, gdzie klasycznym przykładem ograniczenia kierowcom widoczności pieszych i pieszym widoczności nadjeżdżających pojazdów jest niewłaściwa lokalizacja przystanków autobusowych. Najczęstszym błędem jest lokalizowanie ich bezpośrednio przed przejściami dla pieszych lub naprzeciw siebie. Duży wpływ na zdarzenia mają dodatkowe czynniki takie jak: natężenie ruchu pieszego i samochodowego, geometria odcinka, prędkość pojazdów, oznakowanie tego miejsca, widoczność przez pieszych nadjeżdżających pojazdów, długość przejścia, oświetlenie przejścia itd.

3. INFRASTRUKTURA TRANSPORTU MIEJSKIEGO

Określenie miejski zwraca uwagę na obszar działania transportu. Transport miejski obejmuje zasięgiem granice administracyjne miasta, ale także tereny podmiejskie. Podstawą zakwalifikowania określonych obszarów podmiejskich do obsługi przez transport miejski ma charakter ruchu pasażerskiego na tych obszarach. W ramach transportu miejskiego są eksploatowane środki transportu należące do różnych gałęzi transportu. Podstawową rolę odgrywają:

- a) środki transportu szynowego, tzn. metro, kolej miejska i tramwaj;
- b) środki transportu kołowego, tzn. autobus, trolejbus, samochód osobowy.

Na infrastrukturę transportu miejskiego wpływa infrastruktura różnych gałęzi transportu o specyfice wynikającej z dostosowania do obsługi potrzeb przewozowych, występujących na obszarach zurbanizowanych. Składają się na nią:

- a) drogi i ulice wraz z całym wyposażeniem, służącym do organizacji ruchu kołowego i pieszego;
- b) torowiska metra, kolei i tramwajów;
- c) sieć energetyczna zasilająca metro, koleje, tramwaje i trolejbusy;
- d) podstacje energetyczne;
- e) przystanki, stacje i węzły przesiadkowe;
- f) zajezdnie autobusowe, tramwajowe i trolejbusowe;
- g) parkingi.

Podstawą klasyfikacji ulic są ich funkcje komunikacyjne i związane z nimi uwarunkowania techniczne. Oprócz funkcji komunikacyjnych ulice pełnią funkcje socjologiczne, kompozycyjne i estetyczne oraz wyznaczają obszary o odmiennym przeznaczeniu. Ze względów funkcjonalnych w układzie komunikacyjnym miasta wyróżnia się:

- a) autostrady, zlokalizowane poza obrębem miasta, przeznaczone do sprawnego połączenia różnych aglomeracji i łączące się bezkolizyjnie z układem dróg miejskich;
- b) arterie główne o znacznym obciążeniu ruchem;
- c) arterie międzydzielnicowe, łączące poszczególne dzielnice miasta;
- d) zbiorcze ulice mieszkaniowe, łączące poszczególne zespoły mieszkalne;
- e) ulice mieszkaniowe, stanowiące dojazd do poszczególnych budynków, połączone z ulicami zbiorczymi.

Zgodnie z wytycznymi projektowania ulic, wprowadzono następujący podział ulic tworzących podstawowy układ uliczny miasta [3]:

- a) miejska droga ekspresowa (E);
- b) ulica główna ruchu przyspieszonego (GP);
- c) ulica główna (G);
- d) ulica zbiorcza (Z);
- e) ulica lokalna (L);
- f) ulica dojazdowa (D).

4. KLASYFIKACJA I WYMAGANIA STAWIANE AUTOBUSOM

Autobus to pojazd samochodowy do przewozu osób, który ma więcej niż 9 miejsc siedzących (łącznie z fotelem kierowcy). Liczba miejsc dla pasażerów siedzących i stojących powinna być ustalona, aby nie nastąpiło przekroczenie dopuszczalnej masy całkowitej autobusu. Od liczby przewożonych pasażerów zależy długość i masa całkowita autobusu. W tablicy 1 podano klasyfikacje autobusów ze względu na liczbę przewożonych pasażerów.

Tab. 1. Typowe wartości parametrów autobusów w poszczególnych kategoriach [4]

Kategoria	Liczba pasażerów	Masa całkowita t	Długość m
Mikrobusy	od 9 do 16	do 3.5	do 6
MINI	do 50	6÷9	6÷8
MIDI	do 75	12÷15	9÷10
MAXI	do 120	16÷19	11÷12
MEGA	powyżej 120	24÷28	do 18

Autobusy miejskie są przeznaczone do przewozu pasażerów w obrębie miast i w ruchu podmiejskim, mają z reguły więcej miejsc stojących niż siedzących. Można je podzielić:

- ze względu na liczbę pokładów na:
 - jednopokładowe;
 - dwupokładowe (piętrowe).
- ze względu na wysokość podłogi nad poziomem jezdni na:
 - niskopodłogowe, z podłogą na wysokości 350÷370 mm;
 - średnio podłogowe, z podłogą na wysokości ok. 600 mm;
 - wysoko podłogowe, z podłogą na wysokości powyżej 720 mm.
- ze względu na liczbę członów na:
 - jednoczłonowe;
 - dwuczłonowe (przegubowe).

Trolejbusy to autobusy napędzane energią elektryczną czerpaną z sieci napowietrznej. Ograniczeniem stosowania trolejbusów jest konieczność budowy kosztownej sieci trakcyjnej. Opłacalność eksploatacja trolejbusów jest uzasadniona w przypadku częstego kursowania na krótkich odcinkach.

Duży wpływ na bezpieczeństwo podróżowania pasażerów ma konstrukcja foteli i ich mocowanie. W wyniku zderzenia czołowego pasażerowie przemieszczają się do przodu, a na fotele działają duże siły bezwładności, proporcjonalne do masy pasażera i występującego opóźnienia. Mocowanie foteli do podłogi autobusu powinno wytrzymać te obciążenia, a tylna część foteli nie powinna powodować obrażeń dalej siedzących pasażerów. Wyposażenie wnętrza autobusu nie może mieć ostrych i wystających elementów. Ochrona przeciwpożarowa autobusów zapewnia stosowanie niepalnych materiałów obiciowych, układu gaśniczego w przedziale silnika oraz detektorów dymu w przedziale bagażowym, przedziale silnika i toalecie. Na polskim rynku jest trzech silnych graczy, oferujących różne metody aktywacji systemu i gaszenia: Dafo Forrex, Firetrace i Fogmaker [13], od lat związane z rynkiem pojazdów komunikacji miejskiej. Autobusy długości przekraczającej 6 m powinny być wyposażone w wyjścia awaryjne, których liczba zależy od liczby miejsc dla pasażerów i wynosi od 3 do 5, oraz dwie gaśnice, z których jedna powinna być umieszczona możliwie blisko kierowcy, a druga wewnątrz autobusu, w miejscu łatwo dostępnym [4]. Miejsce kierowcy powinno być oddzielone od przedziału pasażerskiego chroniąc go przed pogorszeniem widoczności drogi w momencie włączenia oświetlenia wewnątrz autobusu.

Szczegółowe wymagania określone w przepisach [9] dotyczą układu hamulcowego, ogumienia, foteli i pasów bezpieczeństwa. Ponadto autobus o dopuszczalnej prędkości 100 km/h powinien być wyposażony w:

- a) tachograf o zakresie pomiarowym co najmniej do 125 km/h;
- b) ogranicznik prędkości o nastawionej prędkości granicznej 100 km/h;
- c) wyściełane siedzenia z oparciami wysokości co najmniej 650 mm lub 560 mm w przypadku siedzeń w ostatnim rzędzie;
- d) wyściełane podłokietniki na skraju każdego zespołu dwóch siedzeń, uniemożliwiające przemieszczenie się pasażerów na boki;
- e) pasy bezpieczeństwa;
- f) przegrodę zabezpieczającą kierowcę przed uderzeniem z tyłu;
- g) urządzenia zabezpieczające bagaż przed przemieszczeniem się w przestrzeni pasażerskiej.

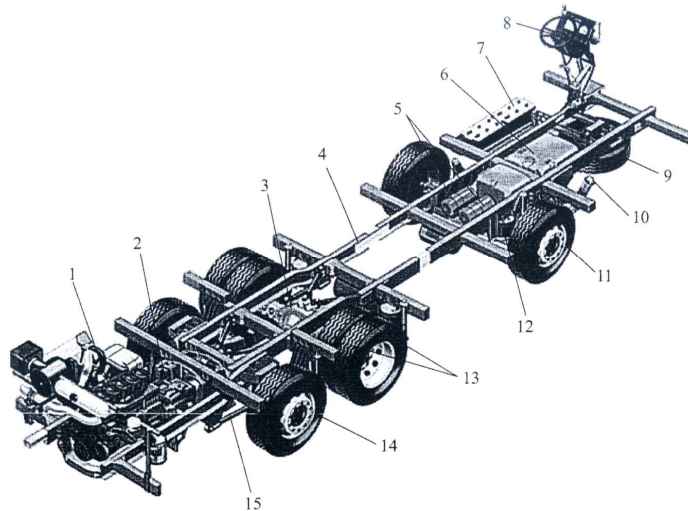
Polska norma [8] określa szczegółowe wymagania odnoszące się do autobusów o liczbie miejsc siedzących większej niż 22. Dotyczą one w szczególności:

- a) rozkładu masy na osie;
- b) zdolności manewrowania;
- c) drzwi pasażerskich i wyjść bezpieczeństwa;
- d) zabezpieczenia przeciwpożarowego (przedział silnika, układ zasilania paliwem, instalacja elektryczna);
- e) oświetlenia i urządzenia wnętrza (liczba miejsc pasażerskich, dostęp do drzwi pasażerskich i wyjść bezpieczeństwa, wymiary foteli i przejść, poręcze i uchwyty, stopnie wejściowe, półki bagażowe, pokrywy podłogowe).

4.1 Rozwiązania techniczne stosowane w podwoziu autobusu

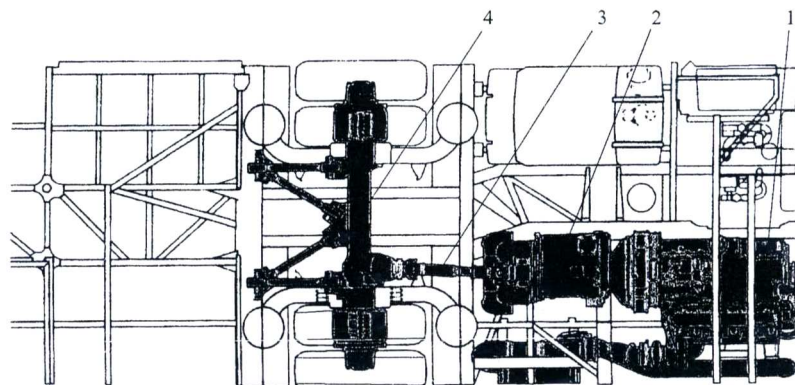
Ze względu na rozmiary i obciążenia układu napędowego, jezdnego i nośnego podwozia autobusów są konstrukcyjnie zbliżone do podwozi samochodów ciężarowych. Ogólną budowę podwozia autobusu dalekobieżnego pokazano na rysunku 1 [4]. Podwozie składa się z kilku modułów, pozwalających na uzyskanie różnych wariantów wyposażenia i modeli autobusów:

- moduł przestrzeni, obejmujący część ramy podwozia, pulpit kierowcy i mechanizm kierowniczy;
- oś przednia z zawieszeniem i kołami wraz z mechanizmem zwrotniczym;
- środkowa część ramy, zawierająca podpodłogową przestrzeń bagażową; zmiana długości tej części podwozia umożliwia budowę autobusów o rozstawie osi kół jezdnych od 3 do 6 metrów;
- tylny most z zawieszeniem;
- moduł tylny, obejmujący silnik z osprzętem, skrzynię biegów i wał napędowy.



Rys. 1. Ogólna budowa podwozia autobusu dalekobieżnego (Scania); 1 – silnik, 2 – skrzynia biegów, 3 – moduł napędowy, 4 – rama podwozia, 5 – zbiornik sprężonego powietrza, 6 – zbiornik paliwa, 7 – akumulatory, 8 – pulpit kierowcy, 9 – koło zapasowe, 10 – wlew paliwa, 11 – koło przednie, 12 – miech gumowy zawieszenia, 13 – koło bliźniacze mostu napędowego, 14 – koło osi wleczonej, 15 – drążek reakcyjny zawieszenia [4]

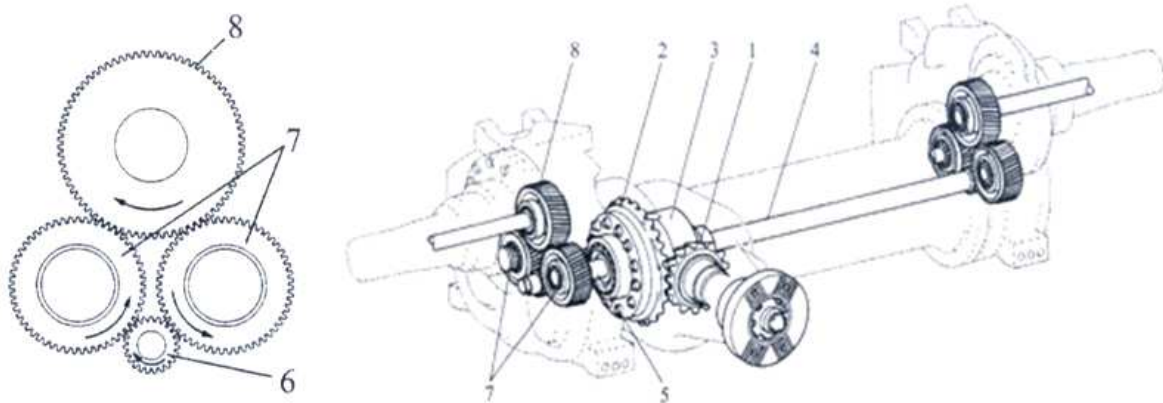
Silnik w autobusie może być umieszczony przed lub nad osią przednią, w części środkowej pomiędzy osiami lub z tyłu autobusu (rys. 2). Wadą umieszczenia silnika z przodu jest znaczna odległość między silnikiem a napędzanymi kołami tylnymi. Zabudowanie silnika pod podłogą pomiędzy osiami wymusza podwyższenie poziomu podłogi, co utrudnia dostęp do silnika oraz izolację akustyczną silnika od przestrzeni pasażerskiej. Najczęściej stosowanym obecnie rozwiązaniem jest umieszczenie silnika w tylnej części autobusu. Wówczas silnik może być ustawiony pionowo lub poziomo, wzdłużnie lub poprzecznie lub symetrycznie względem wzdłużnej osi symetrii autobusu. Zaletą tych rozwiązań jest brak istotnego wpływu przedziału silnika na wymiary przestrzeni pasażerskiej, wygodny dostęp do silnika w celu jego obsługi lub naprawy, możliwość odizolowania akustycznego silnika od wnętrza autobusu oraz niewielka odległość między zespołami układu napędowego. W autobusach miejskich niskopodłogowych coraz częściej jest stosowane pionowe ustawienie silnika z osprzętem umieszczonym nad nim, tzw. układ wieżowy. Przedział silnikowy powinien być starannie izolowany akustycznie.



Rys. 2. Silnik leżący umieszczony wzdłużnie na zwisie tylnym (MAN NL 223); 1 – silnik, 2 – skrzynia biegów, 3 – wał napędowy, 4 – most napędowy [4]

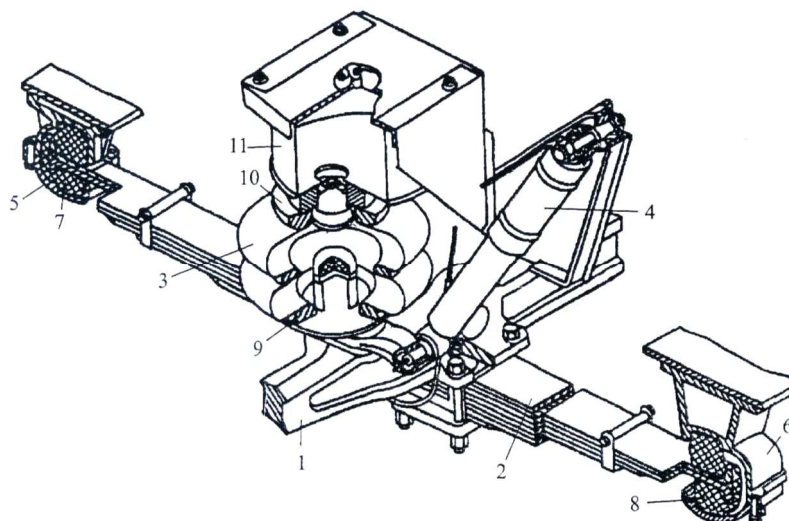
Najczęściej stosowanym źródłem napędu w autobusach jest silnik spalinowy o zapłonie samoczynnym. Silniki o zapłonie iskrowym są stosowane w mikrobusach. Większe autobusy mają zwykle silniki o zapłonie samoczynnym, sześciocyldrowe rzędowe.

W układzie napędowym stosuje się mechaniczne, półautomatyczne lub automatyczne skrzynie biegów oraz retarder. Zblokowana z cylindrem skrzynia biegów jest połączona wałem napędowym z przekładnią główną mostu napędowego. W autobusach o wysoko położonej podłodze może być zastosowany standardowy most napędowy z centralnie położoną przekładnią główną. W autobusach niskopodłogowych są stosowane tzw. mosty portalowe, z nisko i asymetrycznie położoną przekładnią główną (rys. 3). Przekładnie o mostach portalowych są dwustopniowe. Pierwszy stopień stanowi przekładnia główna, a drugi zwolnice. Koło talerzowe 2 ma małą średnicę, dzięki czemu przekładnia główna nie zajmuje dużo miejsca. Moment obrotowy z przekładni głównej jest przenoszony przez mechanizm różnicowy 3 na półosi napędowe 4 i 5. Na końcu każdej półosi jest osadzone koło zębate 6, które poprzez koło pośrednie 7 napędza koło zębate 8, skąd moment obrotowy jest przekazywany na piastę koła napędowego. Ze względu na asymetryczne położenie przekładni głównej półoś 4 jest znacznie dłuższa niż półoś 5.



Rys. 3. Portalowy most napędowy (SCANIA); 1 – zębnik, 2 – koło talerzowe, 3 – obudowa mechanizmu różnicowego, 4 i 5 – półosi napędowe, 6 – koło napędzające zwolnicy, 7 – koło pośrednie, 8 – koło napędzane zwolnicy [4]

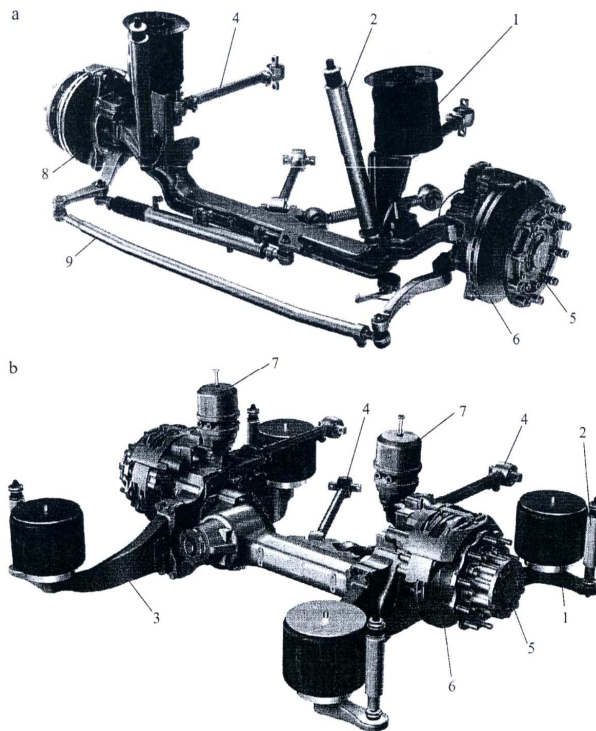
Koła osi przedniej mogą być połączone z ramą poprzez zawieszenie niezależne lub zależne. Elementami sprężystymi w zawieszeniu autobusu mogą być resory piórowe lub miechy pneumatyczne. Stosuje się również zawieszenie kombinowane z resorami i miechami pneumatycznymi. Przykład zawieszenia kombinowanego osi przedniej pokazano na rysunku 4.



Rys. 4. Zawieszenie kombinowane osi kół przednich autobusu Liaz 667; 1 – belka osi kół, 2 – resor, 3 – miech pneumatyczny, 4 – amortyzator, 5 i 6 – wspornik resoru, 7 i 8 – poduszki gumowe, 9 – dolny wspornik miecha, 10 – górny wspornik miecha, 11 – zbiornik sprężonego powietrza (akumulator ciśnienia) [5]

Sztywna belka osi kół 1 jest zawieszona z obu stron resoru 2 i miechach pneumatycznych 3. Resor pełni rolę elementu sprężystego i prowadzącego oś kół. Drgania zawieszenia są tłumione przez amortyzator 4 i przez tarcie pomiędzy piórami resorów.

Na rysunku 5 pokazano przykład zawieszenia pneumatycznego sztywnej osi przedniej i portalowego mostu napędowego. Oś przednia jest zawieszona na dwóch miechach pneumatycznych 1, a most napędowy na czterech. Tłumienie drgań zapewniają amortyzatory hydrauliczne 2. Pneumatyczne zawieszenie osi w autobusach jest połączone z elektronicznie sterowanym układem poziomowania nadwozia ECAS (ang. Electronically Controlled Air Suspension). W autobusach miejskich możliwość regulacji wysokości zawieszenia wykorzystuje się przy wymianie pasażerów na przystankach. Jest to tzw. „przyklęk autobusu”, układ sterujący ciśnieniem w zawieszeniu powoduje obniżenie poziomu prawej strony podłogi autobusu nawet o wartość 80 mm. Skutkuje to poprawą komfortu wsiadania i wysiadania pasażerów, szczególnie w starszym wieku, osób na wózkach inwalidzkich czy też z wózkami dziecięcymi.



Rys. 5. Pneumatyczne zawieszenie autobusu; a – oś przednia, b – portalowy most napędowy, 1 – miech pneumatyczny, 2 – amortyzator, 3 – wahacz, 4 – drążek reakcyjny, 5 – piasta koła, 6 – tarcza hamulcowa, 7 – siłownik hamulców, 8 – zwrotnica, 9 – drążek poprzeczny mechanizmu zwrotniczego [4].

W autobusach są stosowane mechanizmy hamulcowe bębnowe i tarczowe, sterowane coraz częściej dwuobwodowym układem elektropneumatycznym. W nowych konstrukcjach autobusów standardowym wyposażeniem są ABS i EBS. Wymaganą zwrotność autobusu uzyskuje się dzięki dużym wartościom kąta skrętu kół przednich, sięgającym 50÷55°. W autobusach trzyosiowych stosuje się skręcanie kół osi tylnej, która jest zwykle nienapędzaną osią wleczoną. Skręt tych kół może odbywać się samoczynnie, ale wówczas uzyskuje się małe wartości kątów skrętu kół. W celu uzyskania znacznych wartości kąta skrętu kół tylnych wprowadza się ich skręcanie za pomocą układu hydraulicznego, sterowanego elektronicznie.

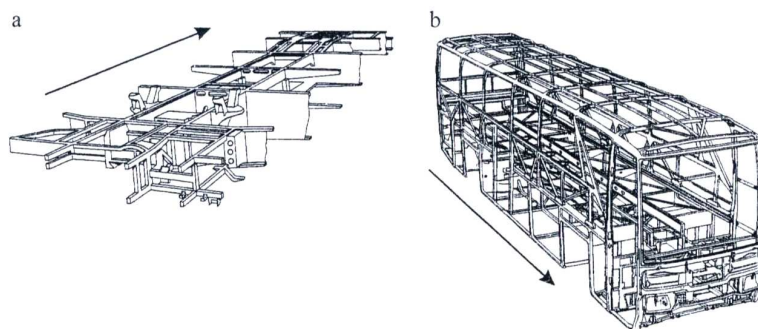
4.2 Nadwozie autobusu

Nadwozia autobusów zwykle mają kształt zbliżony do prostopadłościanu. Wynika to z konieczności zapewnienia dużej powierzchni użytkowej wewnątrz autobusu, jednak nie korzystnie wpływa na właściwości aerodynamiczne. Duża powierzchnia czołowa autobusu wywołuje znaczne opory powietrza w czasie jazdy, co powoduje zwiększone zużycie paliwa. Duże powierzchnie boczne zwiększają wrażliwość autobusu na silne podmuchy wiatru co może niekorzystnie wpływać na stateczność jazdy. W celu zmniejszenia oporów powietrza stosuje się zaokrąglenia ściany pionowej z przodu, przechodzące na dach, oraz zaokrąglenie przednich słupków dachu.

Nadwozie autobusu może być zabudowane na ramie podwozia lub stanowić konstrukcję samonośną. Rama autobusu jest zbudowana, podobnie jak rama samochodu ciężarowego, z podłużnic i belek poprzecznych (rys. 6a). Szkielet nadwozia mocowany jest do ramy poprzez spawanie lub za pomocą połączeń śrubowych. Nadwozie samonośne stanowi kratownicę przestrzenną wykonaną z cienkościennych kształtowników (rys. 6b). Taka konstrukcja zapewnia dużą sztywność przy stosunkowo małej masie nadwozia [9].

Nadwozia samonośne są stosowane w autobusach miejskich, gdzie istotne jest niskie położenie podłogi. Nadwozia autobusów miejskich są bardziej obciążone niż autobusów dalekobieżnych. Autobus miejski ma znacznie więcej miejsc dla pasażerów a obciążenia wzdłużne pojawiające się podczas hamowania i przyspieszania występują znacznie częściej. Duże otwory drzwiowe, o szerokości ok. 1,3 m, zmniejszają sztywność nadwozia, powodując występowanie większych

odkształceń i naprężeń. Odpowiednią sztywność dużych otworów drzwiowych uzyskuje się przez wzmocnienie ścian bocznych, części dachu nad drzwiami i belki progu stopnia wejściowego [7].



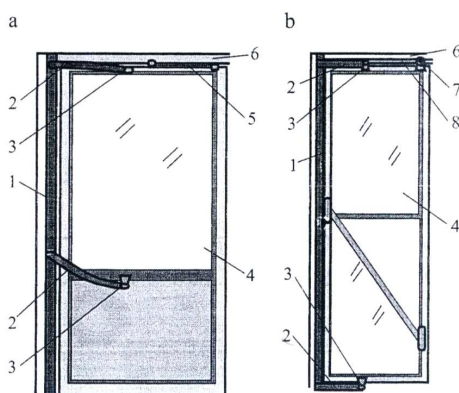
Rys. 6. Rama podwozia autobusu (a) i nadwozie samonośne Mercedes-Benz (b); zwrot strzałki oznacza przód autobusu [6].

Szkieletowa konstrukcja nadwozia autobusu jest pokryta wewnątrz i na zewnątrz tzw. poszyciem, łączonym ze strukturą nośną w technologii zgrzewania, nitowania lub klejenia. Poszycie jest wykonywane z obustronnie cynkowanej blachy stalowej, aluminiowej lub z tworzyw sztucznych. Z blachy aluminiowej wykonuje się zwykle poszycie dachu, elementy drzwi i pokrywy bagażników. Ścianę przednią i tylną wykonuje się coraz częściej z wielko-powierzchniowych elementów z tworzywa sztucznego PWS (poliester wzmocniony włóknem szklanym). Z tworzywa tego jest budowany także dach, w postaci jednolitej płyty przyklejonej do szkieletu. W dachu są zamontowane luki wentylacyjne, które mogą być otwierane ręcznie lub automatycznie z pulpitu kierowcy.

Stosowanie poszycia z metali lekkich oraz tworzyw sztucznych sprzyja zmniejszeniu masy nadwozia oraz zapewnia wyższą odporność korozyjną. Na korozję szczególnie narażone są autobusy miejskie, garażujące na otwartej przestrzeni i eksploatowane w trudnych warunkach, narażonych na działanie spalin, środków chemicznych do oczyszczania nawierzchni ulic w warunkach niskich temperatur zimą itd.

Liczba i konstrukcja drzwi zależy od przeznaczenia autobusu. W autobusach dalekobieżnych zwykle jest ich dwoje drzwi dla pasażerów oraz drzwi kierowcy. Stosowane są tu najczęściej otwierane na zewnątrz drzwi jednoskrzydłowe, szerokości około 0,8 m. W autobusach miejskich stosuje się troje lub czworo dwuskrzydłowych drzwi szerokości około 1,3 m, co umożliwia jednoczesne korzystanie z drzwi przez dwie osoby. Drzwi wszystkich autobusów są otwierane i zamykane automatycznie. Sterowanie ich odbywa się z miejsca kierowcy za pomocą układu elektropneumatycznego. Głównymi elementami układu elektropneumatycznego są siłownik pneumatyczny i zawory elektromagnetyczne, które sterują pracą siłownika. Układ sterowania drzwi jest wyposażony w mechanizm zapobiegający przytrzaśnięciu. Otwiera on samoczynnie drzwi, gdy wystąpi opór przy ich zamykaniu. Układ otwierania drzwi może być zintegrowany z hamulcem postojowym, uniemożliwiając jazdę pojazdu w przypadku niezamkniętych drzwi.

Drzwi otwierane na zewnątrz (rys. 7a) zajmują po otwarciu położenie równoległe do bocznej ściany autobusu (starsze modele Mercedes Benz). Takie położenie zapewnia ramię prowadzące 5, które łączy górną krawędź drzwi z ramą drzwi 6. W mechanizmie otwierającym drzwi do wewnątrz (rys. 7b) oś obrotu drzwi obraca się w przeciwnym kierunku niż w drzwiach otwieranych na zewnątrz [4]. Jest to obecnie najczęściej stosowane rozwiązanie.



Rys. 7. Drzwi autobusu: a – drzwi otwierane na zewnątrz, b – drzwi otwierane do wewnątrz, 1- oś obrotu drzwi, 2 – ramiona drzwi, 3 – przegub, 4 – skrzydło drzwi, 5 – ramię prowadzące, 6 – rama drzwi, 7 – rolka prowadząca, 8 – prowadnica rolki [4]

Znaczną część nadwozia autobusu stanowią okna, w których szyby są osadzone w gumowych uszczelkach lub przyklejane do ram okiennych. Szyba przednia jest wykonana z wielowarstwowego szkła klejonego, a szyby boczne

i tylne ze szkła hartowanego. Szyba ze szkła klejonego zachowuje po rozbiciu spójność a szkło hartowane rozpryskuje się na drobne kawałki. W obu przypadkach rozbite szyby nie stanowią istotnego zagrożenia dla człowieka. Każdy autobus wyposażony jest w ewakuacyjne okna bezpieczeństwa umieszczone z obu stron ściany bocznej w przedniej i tylnej części.

Przestrzeń pasażerska autobusów jest wyposażona w wydajne układy wentylacji i ogrzewania oraz w klimatyzację. Układ wentylacji zapewnia wymianę powietrza w przestrzeni pasażerskiej około 15 razy na godzinę. Do ogrzewania stosuje się urządzenia grzewcze o mocy, w zależności od wielkości autobusu, od 20 do 40 kW. Ogrzewane powietrze jest rozprowadzane tunelami biegnącymi wzdłuż ścian bocznych nadwozia. Urządzenie klimatyzacyjne jest umieszczone na dachu autobusu, skąd powietrze jest rozprowadzane tunelami pod sufitem [4].

5. WNIOSKI

W artykule zaprezentowano przegląd rozwiązań konstrukcyjnych wpływających na wzrost bezpieczeństwa i komfortu w transporcie pasażerów komunikacji miejskiej. Jak wykazano bezpieczeństwo ruchu drogowego jest uzależnione od wielu czynników. Najistotniejszym z nich jest człowiek, to on zbudował drogi, skonstruował pojazdy, określił reguły poruszania się w ruchu na drodze i jest uczestnikiem tego ruchu, ponoszącym konsekwencje wszystkiego tego, co na ten ruch się składa oraz bezpośrednio kreuje jego bezpieczeństwo. Pozostałe czynniki to: infrastruktura drogowa, otoczenie kierowcy, ergonomiczność, skuteczne oświetlenie, zestrojenie podwozia, a także aktywne systemy zwiększające stabilność jazdy, sposób wykonania poszczególnych elementów nośnych wyposażonych w strefy kontrolowanego zgniotu ze zróżnicowanych gatunków stali.

Ze względu na to, że każde miejsce na sieci drogowej ma swoją specyfikę, dla każdego miejsca powinna być wykonana indywidualna ocena i diagnoza bezpieczeństwa ruchu drogowego. Zatem, nie ma gotowych recept na poprawę bezpieczeństwa ruchu drogowego dla każdego przypadku. Nie wyklucza to jednak faktu, że można wyodrębnić pewne sposoby właściwego i niewłaściwego projektowania oraz organizowania ruchu drogowego.

Zaprezentowane wybrane rozwiązania konstrukcyjne autobusów stanowią tylko niewielki wycinek składający się na poprawę bezpieczeństwa autobusów w ruchu miejskim. Zastosowanie regulowanego automatycznie poziomowania podwozia zwiększa również komfort podróżowania pasażerów. Istotnym problemem z inżynierskiego punktu widzenia jest dobór materiałów użytych do konstrukcji oraz właściwy wybór technologii produkcji nadwozi autobusów miejskich.

Dla bezpieczeństwa czynnego znaczenie mają sprawniejsze układy hamulcowe i kierownicze, ale także urządzenia wspomagające pracę kierowcy. Bezpieczeństwo bierne może ulec poprawie w wyniku dalszego wzmacniania konstrukcji pojazdu oraz wprowadzaniu wyposażenia dodatkowego. Jak pokazuje praktyka poprawę bezpieczeństwa technicznego maszyn i urządzeń w tym pojazdów w ruchu miejskim, osiąga się przy rozwiązaniach systemowych. Działania takie obejmują zestaw uregulowań prawnych, środków inżynierskich i organizacyjnych oraz nadzoru nad ruchem i edukacja.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Wicher J.: *Bezpieczeństwo samochodów i ruchu drogowego*, Warszawa, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności 2002.
- [2] Szczuraszek T.: *Bezpieczeństwo ruchu miejskiego*, Warszawa, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności 2005.
- [3] Towpik K., Gołaszewski A., Kukulski J.: *Infrastruktura transportu samochodowego*, Warszawa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej 2006.
- [4] Prochowski L., Żuchowski A.: *Samochody ciężarowe i autobusy*, Warszawa, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności 2006.
- [5] Ruben A.: *Budowa pojazdów samochodowych*, Rzeszów, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej 1995.
- [6] Orzełowski K.: *Budowa podwozi i nadwozi*, Warszawa, WSiP 1999.
- [7] Sawicki J.: Niskopodłogowe autobusy nr 9/2001.
- [8] PN-S-47010:1999 – Pojazdy drogowe, autobusy – wymaganie podstawowe.
- [9] Rozporządzenie Ministra Transportu i gospodarki Morskiej z 1.04.99 w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz ich niezbędnego wyposażenia (Dz. U nr 44, poz. 432).
- [10] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakimi powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie. Dz. U. 43, poz. 430 z dnia 2 marca 1999.
- [11] Komentarz do warunków technicznych jakimi powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie. Część 1 i 2, Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, Warszawa 2002 – 2003.
- [12] Bazy danych o zdarzeniach o zdarzeniach drogowych w Bydgoszczy, Elblągu, Lublinie, Inowrocławiu, Toruniu, Włocławku. Katedra Budownictwa Drogowego. Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy 1993 – 2008.
- [13] <http://www.transportm.pl/news/32/17/Systemy-automatycznego-gaszenia> styczeń 2011.