

Piotr PIĄTKOWSKI¹
Ryszard LEWKOWICZ²

BEZPIECZEŃSTWO W POJAZDACH KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ

W artykule przedstawiono wybrane zagadnienia związane z bezpieczeństwem pojazdów komunikacji miejskiej. Opisano kluczowe elementy bezpieczeństwa związane z układem podwozia i nadwozia autobusu. Zagadnienia te, jako jedne z kluczowych odnoszą się do wyboru środka transportu w miastach zarówno przez jego mieszkańców jak i osób odwiedzających. Innym czynnikiem z tym związanym może być powód dotarcia do miejsc o ograniczonym ruchu samochodów, gdzie jedynym środkiem transportu są pojazdy komunikacji publicznej. Wynikiem końcowym artykułu są wnioski odnoszące się do poziomu bezpieczeństwa pojazdów komunikacji miejskiej.

SECURITY OF CITIES PUBLIC TRANSPORT VEHICLES

The main problems of security in public transport (PT) vehicles were presented in this article. As well the chassis and body as a main component of buses security were presented too. Those problems refer to choice of means of transport by citizens and visitors to travel in city. Another issue is reaching the places accessible only by PT, where entering of cars is not allowed. The results of this article are conclusions concerning the security of PT vehicles.

1. WSTĘP

Współczesna zbiorowa komunikacja miejska realizowana przez pojazdy drogowe i szynowe nabiera coraz bardziej znaczenia strategicznego dla miast i jego mieszkańców. Władze miast, wobec coraz większej liczby pojazdów na drogach, wprowadzają coraz częściej ograniczenia i wyłączenia z ruchu dróg. Odbywa się to szczególnie w okolicach centrów miast oraz ich części zabytkowo-turystycznych. Działania te szczególnie nie sprzyjają komunikacji samochodowej. Taki sposób oddziaływania na infrastrukturę transportu miejskiego prowadzi do samoczynnego procesu zamiany samochodu na środek komunikacji publicznej przez jego mieszkańców oraz osoby wizytujące miasto. Ze względu

¹, Politechnika Koszalińska, Wydział Mechaniczny, Katedra Transportu, ul.Raławicka 15-17, 75-620 Koszalin, tel: +48 94 34 78 355 e-mail: piotr.piatkowski@tu.koszalin.pl

² Politechnika Koszalińska, Wydział Mechaniczny, Katedra Transportu, ul.Raławicka 15-17, 75-620 Koszalin tel: + 48 94 34 78 267, Fax: + 48 94 34-26-753, e-mail: ryszard.lewkowicz@tu.koszalin.pl

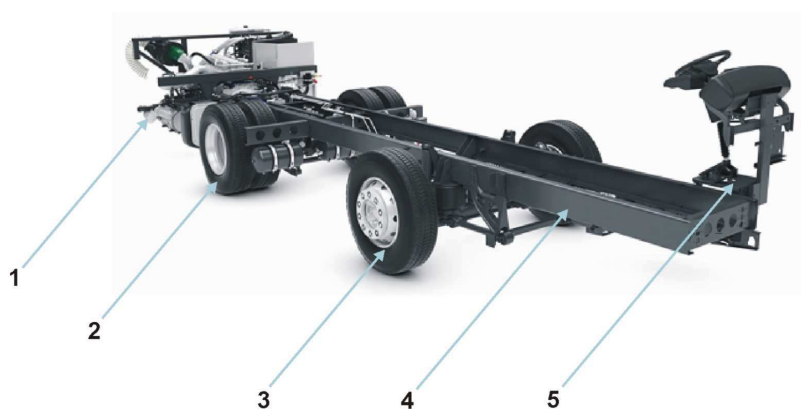
na taką tendencję należy zwrócić uwagę na zagadnienia związane bezpieczeństwem transportu zbiorowego w miastach. Bezpieczeństwo ruchu pojazdów komunikacji zbiorowej w mieście należy rozpatrywać ze względu na;

- warunki pogodowe,
- zachowanie pasażerów,
- sposób prowadzenia pojazdu i zachowanie kierowcy,
- stanu technicznego pojazdu,
- stanu technicznego drogi i jej oznakowania,
- natężenia ruchu.

2. STRUKTURA POJAZDU

Pojazd samochodowy przeznaczony do transportu ludzi w obrębie miasta posiada typowe dla jego przeznaczenia cechy. Cechy funkcjonalne pojazdu takie jak np.; wygoda wsiadania i wysiadania, automatyka sterowania otwieraniem drzwi, zespół komunikacji pasażer-kierowca, systemy telepatyczne nakierowane są przede wszystkim na wygodę podróżowania użytkowników, możliwie niską emisyjność, zwrotność oraz bezawaryjność. Drogowe pojazdy komunikacji miejskiej w ogólnej postaci stanowią pochodną pojazdu ciężarowego. Odróżniają je jednak, oprócz przeznaczenia, wspomniane cechy funkcjonalne.

Konstrukcja nadwozia pojazdu w ogromnej większości oparta jest na podłożu ramy (rys. 1) lub stanowi ona konstrukcję samonośną szkieletową (rys. 2).



Rys. 1 Podwozie autobusu miejskiego Volvo B7R [9]; 1 – silnik, 2 – oś napędowa, 3 – oś prowadząca, 4 – rama, 5 – kolumna kierownicza



Rys. 2 Samonośna struktura nadwozia niskowejściowych autobusów Solbus segmentu midi[6]; 1 – elementy ściany bocznej, 2 – kolumna kierownicza, 3 - grupa podłogowa

Układ przeniesienia napędu jest bardzo podobny do układów stosowanych w pojazdach ciężarowych z tą jednak różnicą, że w przypadku autobusów miejskich o liczbie pasażerów powyżej czternastu silnik nie znajduje się z przodu, ale w jego części centralnej pod podłogą lub w części tylnej pojazdu.

Nadwozia autobusów na ogół dzieli się;

- nadwozia zakryte z silnikiem wysuniętym ku przodowi (rys. 3a),
- nadwozia otwarte z odkrywanym dachem i tylną ścianą lub tylko z dachem rozsuwanym (autokar – rys. 3b),
- nadwozia zakryte typu wagonowego, stosowane przeważnie we współczesnych autobusach (rys. 3c i 3d).

Nadwozie typu wagonowego charakteryzuje się tym, że silnik wbudowany jest wewnątrz nadwozia (obok siedzenia kierowcy) lub pod podłogą nadwozia. Cechą charakterystyczną nadwozi autobusów miejskich jest rozwiązanie mechanizmów drzwi pojazdu. Zazwyczaj drzwi są składane do wewnątrz i przeważnie otwierane automatycznie przez siłowniki powietrzne, hydrauliczne lub elektromagnetyczne uruchamiane włącznikami zainstalowanymi w pobliżu miejsca pracy kierowców (szoferkach) lub konduktorów. Autobusy, podobnie jak współczesne samochody osobowe, wyposażone są w urządzenia wentylacyjne, ogrzewcze i klimatyzacyjne.

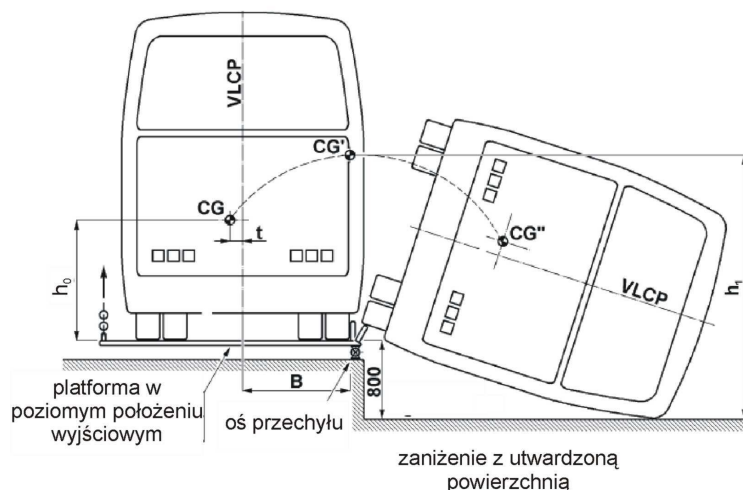


Rys.3 Przykłady nadwozi autobusów miejskich [materiały własne]; a) zakryte, b) odkryte, c) wagonowe przegubowe, d) wagonowe

3. BEZPIECZEŃSTWO BIERNE

System bezpieczeństwa biernego pojazdu samochodowego oparty jest na właściwościach struktury nośnej pojazdu oraz jego wyposażeniu. W przypadku autobusów elementy bezpieczeństwa biernego związanego z wyposażeniem pojazdu to m.in.;

- bezpieczeństwo nadwozia pojazdu,
- pasy bezpieczeństwa,
- poduszki powietrzne kierowcy,
- wyposażenie wnętrza przestrzeni pasażerskiej w elementy wykonane z bezpiecznych absorbujących energię i miękkich materiałów.



Rys. 4 Schemat stanowiska do badania odkształceń nadwozia autobusu według testu określonym regulaminem ECE R-66[5]; CG – środek ciężkości, CG' – położenia środka ciężkości przy 90° przechyleniu, CG'' – położenie środka ciężkości autobusu po teście, VLCP - pionowa płaszczyzna symetrii podłużnej pojazdu, B – odległość płaszczyzny symetrii podłużnej pojazdu od osi obrotu, h0 – początkowa wysokość do środka ciężkości pojazdu, h1 - maksymalna wysokość do środka ciężkości podczas 90° wychylenia, t – odległość środka ciężkości od podłużnej pionowej płaszczyzny symetrii pojazdu

Elementami różniącymi autobusy od samochodów osobowych pod względem dbałości o bezpieczeństwo podróżnych jest właśnie wyposażenie. Trudno zamontować w pojeździe przewożącym ludzi, bardzo często w pozycji stojącej pasy bezpieczeństwa czy poduszki powietrzne. Bezpieczeństwo bierne autobusu miejskiego w odniesieniu do pasażerów oparte jest konstrukcji nadwozia.

Nadwozia pod względem swojej wytrzymałości badane są podczas testów;

- FMVSS No.220 – test bezpieczeństwa autobusów szkolnych podczas przewracania się (koziołkowania),
- ECE R – 66 – znormalizowany test odnoszący się do wielkości odkształcenia struktury nadwozia w stosunku do działającej siły (rys. 4).

Poprawne wyniki testów umożliwiają producentom uzyskanie stosownych certyfikatów oraz produkcję i sprzedaż autobusów na rynkach światowych.

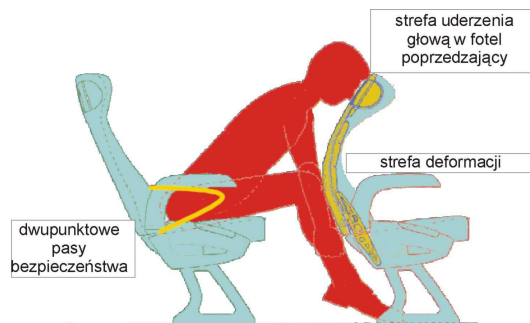
Ze względu na dwojaką formę budowy nadwozia mają one różne funkcje. W przypadku nadwozia opartego na ramie, nadwozie odpowiedzialne jest za zmniejszenie ryzyka obrażeń pasażerów wynikających z zaistnienia wypadku w odniesieniu do działających sił innych niż bezpośrednio kolizyjne.



Rys. 5 Przykład badań nadwozia autobusu wykonanych wg testu ECE R-66[4]; a – przed testem, b – po teście z widocznym odkształceniem części pasażerskiej nadwozia autobusu

Siły te mogą wynikać z kierunku ruchu nadwozia w trakcie kolizji i powstawać na skutek;

- przemieszczania się pasażerów i uderzanie o elementy wyposażenia autobusu oraz współpasażerów,
- „koziołkowania” autobusu
- wynikających z położenia nadwozia po wypadku, np. na boku lub dachu.



Rys. 6 Schemat ułożenia się ciała oraz podstawowych elementów bezpieczeństwa biernego foteli autobusów podczas wypadku [1]

Rama pojazdu, prócz obciążeń wynikających z jej przeznaczenia, ma za zadanie rozproszyć energię zderzenia poprzez swoje odkształcenie. Niestety taki sposób rozwiązania rozpraszania energii ma pewne ograniczenia związane z jednej strony z określoną nośnością ramy jak i drugiej związanej z maksymalnym opóźnieniem tolerowanym przez organizm ludzki. Dzięki zawansowaniu technologicznemu oraz inżynierii materiałowej współcześnie możemy produkować wysokowytrzymałe struktury

samonośne nadwozi autobusowych z bardzo dobrą zdolnością do rozpraszania energii w poszczególnych elementach stanowiących szkielet nadwozia.

Czynnikiem stanowiącym formę bezpieczeństwa biernego jest także odpowiednie zaprojektowanie siedzeń i elementów wyposażenia autobusu tak, aby w trakcie wypadku pasażerowie nie odnieśli obrażeń wynikających z kontaktu z tymi elementami. Właściwości tych elementów zdefiniowane są przez regulaminy ECE R-80 oraz ECE R-14/16. Elementy wyposażania powinny być tak zaprojektowane, aby mogły choć w części złagodzić skutki kontaktu pasażera poprzez rozproszenie energii kontaktu. Rozpraszanie to odbywa się najczęściej poprzez odkształcenie się tych elementów (rys. 6).

Oprócz wypadków drogowych bardzo ważnym elementem bezpieczeństwa autobusu jest jego poziom zabezpieczenia przeciwpożarowego. Najczęstszą przyczyną pożaru autobusu według pracy Rafała Gradowskiego i Tomasza Lasoty w przygotowanej ekspertyzie pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Andrzeja Szoslanda z Instytutu Pojazdów, Konstrukcji

i Eksploatacji Maszyn Politechniki Łódzkiej są:

- przewody paliwowe łączące filtr paliwa z pompą wtryskową wykonane z gumy, która z upływem czasu pęka, co prowadzi do rozszczelnienia układu paliwowego,
- zwarcia w instalacji elektrycznej na skutek przetarcia warstwy izolacyjnej przewodów,
- zwiększone tarcie pompy paliwa spowodowane paliwem złej jakości lub jego zbyt małym poziomem w zbiorniku pojazdu,
- zapchanie turbosprężarki sadzą ze spalin,
- rozszczelnienie układu dodatkowego ogrzewania pojazdu,
- wysoka temperatura układu hamulcowego (np. przez zablokowanie się któregoś z rozpiereków).

4. ELEMENTY BEZPIECZEŃSTWA CZYNNEGO

Elementy bezpieczeństwa czynnego autobusów miejskich związane są przede wszystkim z ich ergonomicznością, widocznością i wyposażeniem w układy mechatroniczne związane z trakcją pojazdu oraz telematyka. Zawieszenie kół jezdnych odgrywa nieco mniejszą rolę ze względu na to, że autobusy miejskie nie osiągają zbyt dużych prędkości, natomiast wymaga się od nich przede wszystkim możliwie najlepszego tłumienia drgań wynikających z nierówności drogi oraz przechyłów podczas pokonywania zakrętów.

Do elementów wyposażenia elektronicznego wspomagających pracę kierowcy autobusu należy zaliczyć[1,2,4];

- układ ABS,
- układ ESP,
- układ BAS,
- układ ASR,
- ogranicznik prędkości współpracujący z układem napędowym pojazdu oraz układem hamulcowym, w tym hamulcami ciągłego działania (zwalniaczami),
- układ NBS – układ automatycznego hamulca awaryjnego.

Układy te działają podobnie jak układy stosowane w samochodach ciężarowych. Układy telematyczne pozwalają na ciągły nadzór ruchu pojazdu poprzez informację o

pojawiających się utrudnieniach na drodze oraz pozwalają kierowcy lub operatorowi nadzór nad częścią pasażerską autobusu (rys. 7).



Rys. 7 Monitoring wizyjny przestrzeni pasażerskiej w kabinie kierowcy autobusu[8];
1 – pulpit kontrolno sterowniczy, 2 – monitor systemu nadzoru

Za pomocą pulpitu kontrolno sterowniczego kierowca pojazdu może komunikować się z systemem nadzoru ruchu lub bezpośrednio wezwać pomoc w sytuacjach awaryjnych.

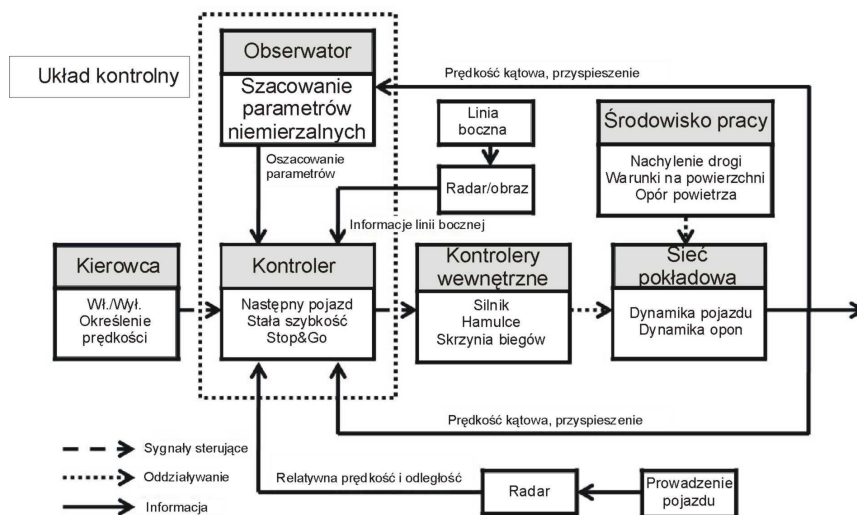
Standardowe systemy bezpieczeństwa czynnego znane już z samochodów osobowych w nowych pojazdach są bardzo często wyposażone w dodatkowe elementy służące podniesieniu ich cech użytkowych oraz zwiększających bezpieczeństwo ruchu takiego pojazdu. Przykładem takiego rozwiązania jest układ aktywnego tempomatu (ACC - *Active Cruise Control*.) wyposażonego dodatkowo w czujnik radarowy (rys. 8). Czujnik ten umieszczony jest ponad linią przedniego zderzaka. Na podstawie analizy sygnału z czujnika radarowego oraz informacji o bieżącym kierunku (czujnik położenia koła kierownicy) i prędkości jazdy sterownik układu dokonuje oceny możliwości najechania na pojazd na kierunku jazdy, jeżeli odległość do tego pojazdu jest mniejsza niż 150m.

W przypadku oceny możliwości zaistnienia takiego zagrożenia sterownik tempomatu przekazuje informację do sterownika silnika o zmniejszeniu mocy i prędkości, a jeżeli to nie wystarcza, w następnym kroku zostają uruchomione hamulce pojazdu.

Hamulce jednak nie są uruchamiane z pełną skutecznością i przypadkach awaryjnych kierowca pojazdu jest informowany przez układ za pomocą odpowiednich sygnalizatorów świetlno-dźwiękowych i musi sam ingerować w układ hamulcowy, aby odpowiednio szybko zmniejszyć prędkość pojazdu.

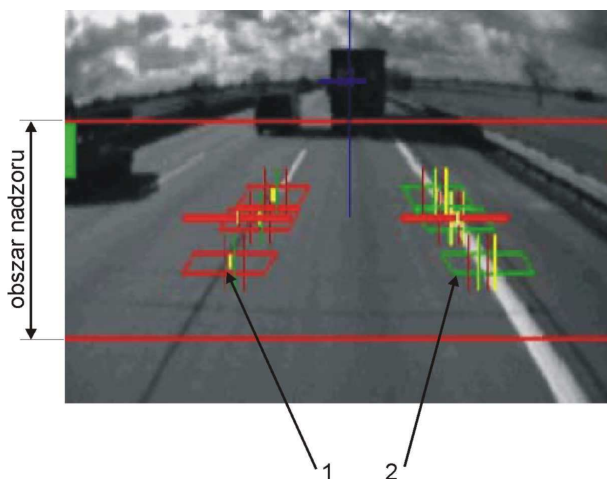
Ta dodatkowa opcja umożliwia realizację zadań systemu z zachowaniem bezpiecznej odległości od pojazdu poprzedzającego. Dzięki temu zmniejszono ryzyko najechania na tył pojazdu poprzedzającego, podczas gdy włączona jest funkcja tempomatu.

Innym przykładem nowych technologii z zakresu bezpieczeństwa jest zintegrowanie układu ACC z układem asystenta hamowania BAS. W wyniku połączenia tych układów powstał system aktywnego asystenta hamowania oznaczony, jako ABA (*Active Brake Assist*). Taka modyfikacja pozwala efektywniej kontrolować odległość między pojazdami i w sytuacjach awaryjnych w sposób bezpieczny zmniejszyć prędkość pojazdu nawet gdy wymagane jest awaryjne hamowanie.



Rys. 8 Schemat blokowy systemu aktywnego tempomatu firmy Denso [7]

Kolejny przykład układu elektronicznego wpływającego na poziom bezpieczeństwa czynnego jest system utrzymania pasa ruchu (LGS/SPA – Lane Guard System/SPur Assistant). Jest on szczególnie przydatny w warunkach ograniczonej widoczności (mgła) oraz w przypadku długiej i monotonnej jeździe autostradowej (rys. 9).



Rys. 9 Obraz monitoringu pasa ruchu przez system LGS/SPA [1]; 1 – punkty kontrolne dla pasów ruchu, 2 – punkty kontrolne linii końcowej jezdni

Zazwyczaj układ aktywowany jest automatycznie po osiągnięciu przez pojazd prędkości 60km/h. Natomiast przy prędkości poniżej 75km/h uruchamiany jest tylko alarm najechania na wewnętrzną stronę jezdni. W przypadku, gdy na jezdni nie ma wyznaczonych pasów ruchu układ pozostaje w stanie uśpienia. Asystent pasa ruchu w momencie, gdy wykryje niezamierzoną tendencję do zmiany pasa sygnalizuje tę sytuację kierowcy przez drganie odpowiedniej strony jego fotela. Sygnały dźwiękowe z reguły nie są stosowane ze względu na spokój podróży pasażerów.

Wymienione przykłady nowoczesnych systemów bezpieczeństwa czynnego stosowane są jednak w większości autobusów rejsowych, międzymiastowych i turystycznych. W przypadku typowych autobusów miejskich wiele z tych systemów ma ograniczone zastosowanie ze względu na niewielkie wartości osiąganych przez autobusy prędkości oraz duże zatłoczenia ulic.

5. WNIOSKI

Szereg układów stanowiących system bezpieczeństwa współczesnego autobusu nie ustępuje rozwiązaniom stosowanym w samochodach osobowych. Ze względu na szczególnie charakter użytkowania system bezpieczeństwa autobusu miejskiego nie może być

w pełni wyposażony w dostępne technologie. Z tego powodu pojazd komunikacji zbiorowej będzie bezpieczny wtedy, gdy;

- zostanie zapewniona płynność ruchu takiego pojazdu,
- stan techniczny pojazdu będzie kontrolowana w sposób ciągły z uwzględnieniem prognozowania eksploatacyjnego,
- kierowcy autobusów będą posiadali odpowiednie kwalifikacje oraz będą przechodzili okresowe szkolenia specjalistyczne z zakresu bezpieczeństwa i techniki jazdy,

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Averbek R.: Safety in Bus Traffic, VDA-Presseshop Nutzfahrzeuge – Mobile Zukunft, Frankfurt 8./9. Juli 2004,
- [2] Mariański M.: Autokary wielkiej turystyki, Transport Technika Motoryzacyjna nr 7/8 2010, str.66-73, Wyd. AUTO, Warszawa 2010,
- [3] Ruiz S. at all.: New bus optimized structure to improve the roll-over test (ECE R66) using structural foam (Terocore) with high strength steel, APPlus, IDIADA Automotive Technology S.A, Spain, SAE Paper No. 2009-26-0003
- [4] Wicher J.: Bezpieczeństwo samochodów i ruchu drogowego, WKŁ Warszawa 2004,
- [5] ECE R66-01, "Large Passenger Vehicles with regard to the Strength of their Superstructure", February 2006,
- [6] www.autocentrum.pl/gfx/opisyaut/flota/33438_6.jpg,
- [7] www.globaldensoproducts.com/dcs/accs/,
- [8] www.solarisbus.pl,
- [9] www.volvobuses.com,