

ZAJĄC Grzegorz¹
MŁYNARSKI Stanisław¹
MICHNEJ Maciej¹

WYBRANE CZYNNIKI ODDZIAŁYWANIA MIEJSKIEGO TRANSPORTU SZYNOWEGO NA BEZPIECZEŃSTWO I KOMFORT PASAŻERÓW

WSTĘP

Jednym z głównych czynników decydujących o wyborze przez potencjalnego pasażera rodzaju środka transportu do przemieszczania się w aglomeracji miejskiej jest komfort podróżowania, który stanowi złożone zagadnienie obejmujące aspekty: wizualne, cieplne, wibracyjne i akustyczne. W procesie przemieszczania się środkami komunikacji szynowej człowiek narażony jest na szereg oddziaływań, które w pewnej mierze mogą decydować o jego chwilowym stanie psychofizjologicznym, mając wpływ na wybór danego środka transportu w przyszłości, pod warunkiem istnienia alternatywy. Transport szynowy należy do najmniej uciążliwych dla środowiska gałęzi transportu lądowego. Analizując poszczególne rodzaje niekorzystnych oddziaływań tego transportu na otoczenie, w ujęciu społecznym, ludność najczęściej skarży się na dyskomfort spowodowany hałasem i drganiami. Z analizy wybranych pozycji literatury wynika m.in., że działanie na organizm dwu i więcej uciążliwych czynników takich jak np. drgania i hałas powodują zwiększenie sumarycznego efektu ich niekorzystnego oddziaływania, w stosunku do sytuacji gdyby każdy z nich występował oddzielnie [1].

1. TRANSPORT SZYNOWY W AGLOMERACJACH MIEJSKICH I BEZPIECZEŃSTWO PODRÓŻY

Sprawność przewozowa oraz walory ekologiczne sprawiają, że transport szynowy w komunikacji miejskiej znajduje coraz większe zastosowanie. Wielkość, charakter i specyfika oraz prowadzona polityka transportowa miasta determinują rozwój transportu miejskiego. W rezultacie transport w całości stanowi element infrastruktury społeczno-gospodarczej, rozumianej jako wyodrębniona część systemu. Zadaniem infrastruktury jest zapewnienie podstawowych warunków rozwoju systemu społeczno-gospodarczego jako całości i rozwoju pozostałych podsystemów.

Sprawne funkcjonowanie miejskiego transportu zbiorowego charakteryzuje szereg walorów, które odnosić należy do użytkowników tego systemu transportu. Jednocześnie funkcjonowanie transportu publicznego może oddziaływać także na podmioty nie będące użytkownikami systemu jak np. osoby przemieszczające się w samochodach osobowych, jako ogół społeczności lokalnej.

Ważnym wskaźnikiem efektywnego wykorzystania transportu szynowego w komunikacji miejskiej jest aspekt pozytywnego wizerunku odnośnie stopnia bezpieczeństwa podróży. Bezpieczeństwo w tym zakresie rozumiane jest, jako bardzo małe prawdopodobieństwo uczestnictwa w wypadku drogowym, praktycznie znikome zagrożenie czynnikami przyrodniczymi i czynnikami wywodzącymi się z procesu eksploatacji. Natomiast narażenie na agresję ze strony osób trzecich w drodze do i z przystanków, na przystankach i w pojazdach obecnie ma istotne znaczenie.

Ten właśnie wymiar bezpieczeństwa nabiera coraz większego znaczenia wraz z rozszerzającym się poziomem agresji w niektórych grupach społecznych. Przedsiębiorstwa komunikacyjne zostały zmuszone do podjęcia bliskiej współpracy z organami statutowo zobowiązanymi do zapewnienia ładu i bezpieczeństwa w miejscach publicznych. Niezależnie od tego konieczne jest prowadzenie innych

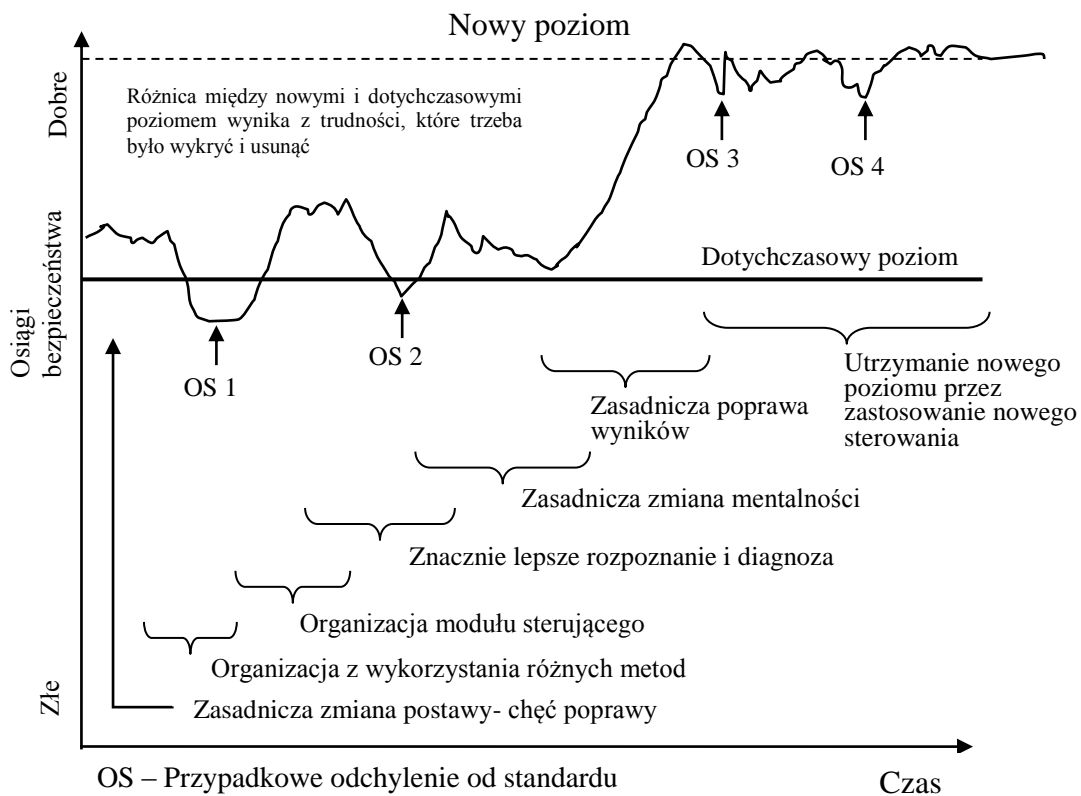
¹ Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Mechaniczny, 31-864 Kraków; al. Jana Pawła II 37, tel: +48 12 374-33-10, m-8@mech.pk.edu.pl

działań zmierzających do wzrostu bezpieczeństwa osobistego pasażerów. Do działań tych można zaliczyć przede wszystkim:

- zatrudnienie agencji ochrony do patrolowania przystanków i pojazdów,
- instalowanie monitorów pozwalających obserwować przystanki i pojazdy,
- zapewnienie łączności kierowców i motorniczych pojazdów ze służbami odpowiedzialnymi za bezpieczeństwo i ład w komunikacji miejskiej,
- przyjmowanie za pomocą bezpłatnej infolinii przez 24 godziny na dobę informacji od pasażerów o potencjalnych i występujących w danym momencie zagrożeniach.

Wszystkie wymienione działania są kosztowne. Podobnie jak w przypadku innych gałęzi transportu, bez nich niemożliwe będzie ukształtowanie pozytywnego wizerunku komunikacji zbiorowej, tak ważnego z punktu widzenia konkurencji z komunikacją indywidualną [8].

Jakość, niezawodność, bezpieczeństwo to parametry, wg których powinno się oceniać system eksploatacji pojazdów szynowych komunikacji miejskiej. W wielu przypadkach, dla różnych systemów transportu w komunikacji miejskiej ocena tych parametrów jest niezadowolająca. Przejście na wyższy poziom osiągow określających bezpieczeństwo w każdej z tych kategorii, jak również dla całości systemu przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Przejście na wyższy poziom osiągow

Nie można godzić się z istniejącym stanem, uważając, iż ingerencja jest konieczna wówczas, kiedy stan ten ulega pogorszeniu. Wszelka działalność, mająca na celu wzrost poziomu świadczonych przez transport szynowy usług, jest konieczna i pożądana.

Konieczność zapewnienia właściwej niezawodności i szeroko rozumianego bezpieczeństwa pojazdów szynowych wynika z faktu, iż obiekty te decydują o bezpieczeństwie ludzi i mają wpływ na zagrożenie środowiska. W celu zapobiegania negatywnym zjawiskom towarzyszącym uszkodzeniom obiektów eksploatacyjnych istnieje konieczność przewidywania tych uszkodzeń i eliminowanie przyczyn ich powstawania. Potrzeba łącznego traktowania problemów jakości, niezawodności i bezpieczeństwa oraz ekologii pojazdów szynowych została już wykazana w pracach krajowych i zagranicznych [8]. Pod pojęciem bezpieczeństwa transportu należy rozumieć stopień przystosowania

systemu do zapewnienia zdrowia i życia oraz ochrony środowiska w trakcie użytkowania pojazdów. Bezpieczeństwo transportu szynowego rozumieć należy jako właściwość polegającą na realizacji przewozu bez wypadków w czasie jego wykonywania. W trakcie użytkowania pojazdu można się spotykać się z wieloma szczególnymi sytuacjami, które jako zbiór zaistniałych warunków związane są z obniżeniem poziomu bezpieczeństwa. Warunki takie powstają w sytuacjach takich, jak:

- uszkodzenia i niesprawności poszczególnych zespołów i części pojazdów,
- błędy w trakcie użytkowania oraz niewłaściwa eksploatacja,
- naruszenie przepisów dotyczących użytkowania,
- warunki zewnętrzne pochodzące ze środowiska w którym użytkowany jest pojazd.

Analizując bezpieczeństwo według stopnia zagrożenia wyróżnia się sytuacje szczególne, które podzielić można na:

- sytuacje skomplikowane, które powodują wyłączenie uwagi na źródło wywołujące określoną sytuację,
- sytuacje niebezpieczne, charakteryzujące się tym, że zapobieganie przejścia ich w sytuację awaryjną lub katastroficzną jest zapewnione przez właściwe działania załogi,
- sytuacje awaryjne, charakteryzujące się wymogami szybkich i trafnych decyzji oraz działań obsługi, aby nie przeszły w stan katastroficzny,
- sytuacje katastroficzne, są sytuacjami w których uniknięcie uszkodzeń pojazdu, skażenia środowiska czy też śmierci ludzi jest praktycznie niemożliwe.

Współczesne konstrukcje pojazdów są coraz bardziej złożonym zespołem połączeń układów mechanicznych, elektrycznych oraz elektronicznych. Wynika to ze zwiększonego wzrostu wymagań stawianym współczesnym środkom transportu lądowego. Zwiększanie osiągnięć i obciążeń środków transportu powoduje coraz większy wpływ niezawodności pojazdów na bezpieczeństwo ich użytkowania. Dlatego też zwiększenia bezpieczeństwa użytkowania pojazdów należy poszukiwać również w zwiększaniu ich niezawodności. Bezpieczeństwo użytkowania pojazdów w pewnym określonym systemie obejmuje cały wachlarz problemów i uwarunkowań zależnych między innymi od takich czynników jak:

- stan niezawodnościowy pojazdu, wyznaczony przez niezawodność jego zespołów funkcjonalnych i elementów.
- stan niezawodnościowy operatora, wyznaczony przez jego cechy,
- stan niezawodnościowy urządzeń sterujących ruchem i zabezpieczających przejazd pojazdu, wyznaczany przez stan niezawodnościowy ich elementów,
- stan warunków klimatycznych i terenowych, wyznaczany przez cechy tych warunków,
- stan systemu obsługi pojazdu, wyznaczany przez cechy określające (prawidłowe wykonanie przeglądów, napraw, i innych obsług pojazdu).

Natomiast ogólne bezpieczeństwo pojazdu jest wyznaczone przez sumę wszystkich cech dotyczących bezpieczeństwa i związanych z eksploatacją pojazdu.

Miara bezpieczeństwa wiąże się ściśle z normatywnym pojęciem bezpieczeństwa przejazdów. Jako pojęcie normatywnego bezpieczeństwa przejazdów należy rozumieć dowolną probabilistyczną charakterystykę rozpatrywanych zmiennych wielkości lub zdarzeń losowych. Jako przykładową miarę bezpieczeństwa zaproponować można:

- liczbę przejechanych kilometrów na jeden statystyczny wypadek,
- wielkość strat poniesionych w wyniku wypadków przypadających na jeden przejechany kilometr,
- liczbę ofiar wypadków na jeden pasażero-kilometr,
- prawdopodobieństwo bezpiecznego przejazdu pojazdu.
- prawdopodobieństwo przekroczenia granicznych wartości parametrów takich jak np. emitowany hałas.

Miara bezpieczeństwa, wyznaczona jako charakterystyka probabilistyczna zmiennych wielkości lub zdarzeń losowych która nie wskazuje na określone uwarunkowania, jest bezwarunkową miarą bezpieczeństwa przejazdu pojazdu. Warunkową miarą bezpieczeństwa przejazdu określa się każdą

charakterystykę probabilistyczną zmiennych wielkości lub zdarzeń losowych opisujących bezpieczeństwo przejazdu, która jest wyznaczona przy określonych warunkach.

Warunkowa miara bezpieczeństwa pojazdu określana jest strukturą niezawodnościową, konstrukcją, technologią wykonania i wieloma innymi właściwościami, które kształtują jego niezawodność. Z tego wynika, że miara bezpieczeństwa posiada bezpośredni związek z miarą niezawodności. Poznanie przyszłych stanów niezawodnościowych pojazdów pozwoli na kontrolę i pomiar bezpieczeństwa użytkowania pojazdu.

2. HAŁAS I DRGANIA W TRANSPORCIE SZYNOWYM

Dynamiczny rozwój cywilizacyjny sprawił, że hałas towarzyszy człowiekowi w ciągu jego całego życia. Hałas generowany przez systemy transportowe przyczynia się do pogorszenia stanu środowiska, wpływając na jego naturalny proces funkcjonowania. W Unii Europejskiej hałas emitowany przez transport szynowy stanowi 10% globalnej emisji hałasu generowanego przez transport lądowy [3]. Szacunkową wartość kosztów zewnętrznych emisji hałasu przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Szacunkowe koszty zewnętrzne emisji hałasu przez transport szynowy w Unii Europejskiej[5]

Lp.	Koszty zewnętrzne emisji hałasu*	wartość
1.	Koszty zewnętrzne emisji hałasu transportu szynowego w [PKB]	0.001 ÷ 0.2
2.	Koszty zewnętrzne emisji hałasu transportu szynowego w [euro]	10 202 336 800 ÷ 2 040 467 360 000
3.	Koszty zewnętrzne emisji hałasu transportu szynowego na osobę w [euro]	22 ÷ 4486

Przedział wartości przedstawiony w tabeli 1 wynika z przyjętych różnych metod wyceny przez zespół badaczy, który dokonał oszacowania [5]. Przywołane wartości stanowią argument dla badań wibroakustycznych pojazdów szynowych mających na celu poszukiwanie rozwiązań pozwalających ograniczyć hałas generowany przez transport szynowy.

Wysoki poziom emisji hałasu zazwyczaj uwarunkowany jest lokalnym złym stanem technicznym infrastruktury, taboru lub brakiem właściwych technicznych środków ograniczających powstawanie i propagację hałasu (np. system smarowania szyn, ekrany akustyczne). Przeprowadzone badania naukowe i analizy porównawcze [6] wykazały, że hałas o tym samym poziomie generowany przez transport szynowy kolejowy jest mniej irytujący dla odbiorców niż hałas drogowy. Również hałas emitowany przez tramwaje jest mniej dokuczliwy w porównaniu z hałasem emitowanym przez autobusy [7]. Wynika to m.in. różnic w charakterystyce częstotliwościowej widma hałasu.

Zagadnienia komfortu wibracyjnego w literaturze krajowej występują najczęściej pod pojęciem komfortu związanego z wrażliwością pasażera na drgania generowane przez pojazd szynowy podczas jazdy. W odniesieniu do szynowego transportu miejskiego brak jest jednoznacznych - formalnych kryteriów pozwalających na ocenę poziomu komfortu jazdy. Z uwagi na krótki czas ekspozycji oraz dynamikę zmian wartości przyspieszenia drgań, należy brać pod uwagę przede wszystkim chwilowe odczucia pasażera. Dotyczy to głównie komfortu w aspekcie chwilowych zaburzeń ruchu oraz komfortu na krzywych przejściowych i łukach.

3. BADANIA KOMFORTU WIBROAKUSTYCZNEGO W TRAMWAJACH

Powstawanie, propagacja hałasu i drgań w pojazdach szynowych jest procesem bardzo złożonym i skomplikowanym. Wynika to z faktu, że badane systemy mają złożoną strukturę dynamiczną zależną od wielu czynników zmiennych w czasie. Dlatego w praktyce rzadko prowadzi się badania tych systemów w ujęciu holistycznym. Najczęściej badania ogniskowane są wokół określonego kierunku lub zakresu np. dotyczącego wpływu modyfikacji jednego z układów na procesy wibroakustyczne zachodzące w pojeździe.

Pomiary drgań i hałasu w tramwajach wykonywano podczas realizacji procesów przewozowych, zgodnie z obowiązującym rozkładem jazdy. Przy lokalizacji punktów pomiarowych wykorzystywano normy PN-92/K-11000, PN-90/S-04052. Ponadto, przy pomiarze drgań ogólnych korzystano z norm: PN-91/N-01352, PN-91/N-01354, PN-90/K-11001, PN-90/K-11003 oraz ISO 2631. W badaniach wykorzystywano aparaturę pomiarową, której wykaz zaprezentowano w tabeli 1.

Tab 2. Zestawienie aparatury wykorzystywanej w badaniach

Lp.	Nazwa przyrządu	Producent	Typ
1.	Czterokanałowy miernik - analizator poziomu drgań i dźwięku SVAN 948	SVANTEK	948
2.	Miernik poziomu dźwięku	HT ITALIA	HT 169
3.	Mikrofon pomiarowy 1/2"	SVANTEK	SV22
4.	Mikrofon pomiarowy 1/2"	SVANTEK	SV22
5.	Przedwzmacniacz mikrofonowy	SVANTEK	SV12L
6.	Przedwzmacniacz mikrofonowy	SVANTEK	SV12L
7.	Kalibrator dźwięku	RION	NC-74
8.	Trójosiowy piezoelektryczny przetwornik drgań ogólnych w poduszce gumowej	SVANTEK	SV39A
9.	Anometr	LUTRON	AM-4203
10.	Wyposażenie pomocnicze: statywy na mikrofony, taśma pomiarowa, przewody, itp.	-	-

Pomiary wykonano łącznie w 24 tramwajach (11-typu 105Na i 13-typu NGT 6). Odcinki pomiarowe torowiska dobierano tak, aby była możliwość porównania badanych typów tramwajów na tym samym torowisku. W pomiarach uwzględniono trzy typy nawierzchni tramwajowych tj: torowisko zintegrowane z jezdnią wykonane w technologii węgierskiej, torowisko na płytach betonowych z szynami podlewanymi żywicą poliuretanową oraz torowiska wydzielone z szynami S49 posadowionych na podkładach strunobetonowych. Długości odcinków pomiarowych dla poszczególnych rodzajów torowiska zbilansowano w równych proporcjach.

a.

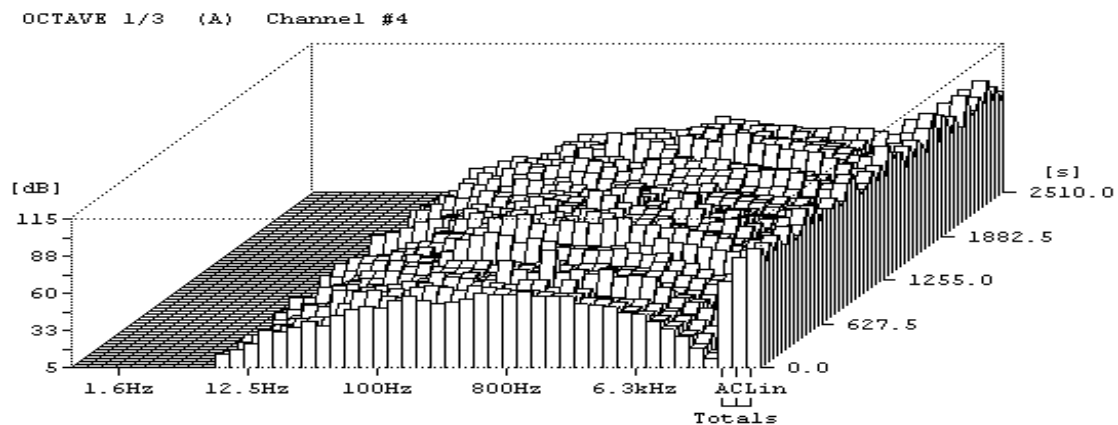


b.



Rys. 2. Rodzaje pojazdów tramwajowych wytypowane do badań
a. 105Na, b. NGT6

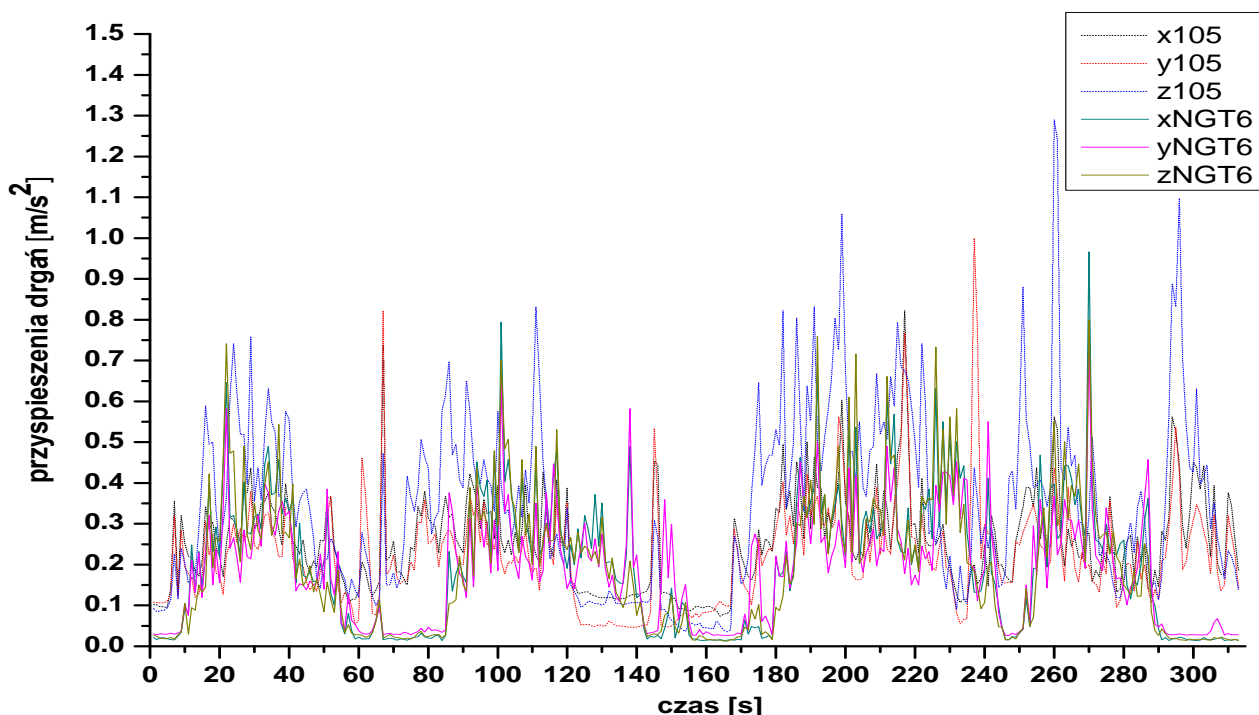
Przykładowe wyniki badań przeprowadzonych na 24 wytypowanych tramwajach eksploatowanych przez MPK S.A. w Krakowie przedstawiono w formie wykresów. Na rysunku 3 pokazano analizę terejową w dziedzinie czasu poziomu hałasu, korygowana filtrem A dla tramwaju NGT 6 i 105 Na.



Rys. 3 Analiza tercjowa w dziedzinie czasu poziomu hałasu, korygowana filtrem A dla tramwaju NGT 6 i 105 Na. Wynik pomiaru z przejazdu odcinka torowiska, od pętli na Kurdwanowie do pętli w Bronowicach po trasie linii 24

Na rysunku 3 można zauważyć dużą zmienność stochastycznych przebiegów poziomu hałasu w poszczególnych pasmach tercjowych, co wymuszane jest istotnym wpływem parametrów torowiska (np. zużycie faliste powierzchni szyny), profil prędkości przemieszczającego się tramwaju, tło hałasu zewnętrznego pochodzącego od innych uczestników ruchu itp.

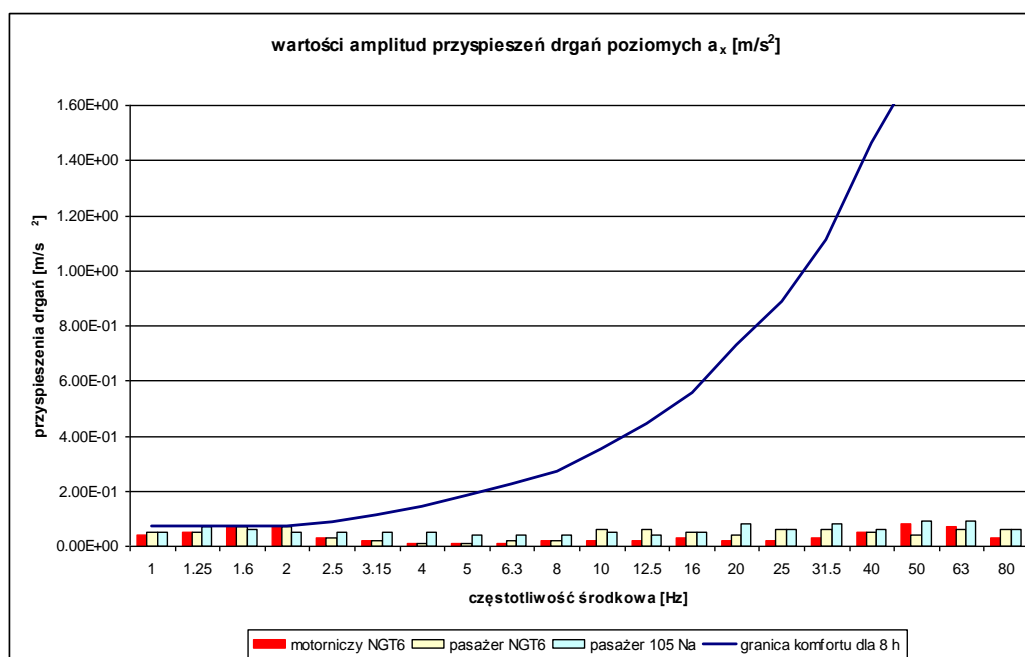
Na rysunku 4 pokazano przykładowy przebieg szczytowych przyspieszeń drgań ogólnych oddziałujących na pasażera siedzącego z przodu wagonu nad pierwszym wózkiem w tramwaju 105 Na i NGT6 zarejestrowanych na odcinku pomiarowym.



Rys. 4. Przebieg wartości szczytowych przyspieszeń drgań w kierunku x, y, z, dla tramwaju NGT 6 (linie ciągłe) i 105 Na (linie przerywane), zarejestrowanych podczas przejazdu odcinka torowiska, od przystanku Urzędnicza do Bronowic

Na rysunku 5 przedstawiono wartości amplitudy przyspieszenia ogólnych drgań poziomych w kierunku osi x (oś zgodna z kierunkiem jazdy tramwaju), oddziałujących na siedzącego pasażera oraz motorniczego podczas przejazdów w badanych tramwajach. Na rysunku tym zaznaczono granicę komfortu dla ośmiogodzinnego czasu ekspozycji na drgania zgodnie z normą ISO 2631, co pozwoliło na ocenę komfortu motorniczego, dla którego kabina tramwaju stanowi miejsce pracy. Niewłaściwy

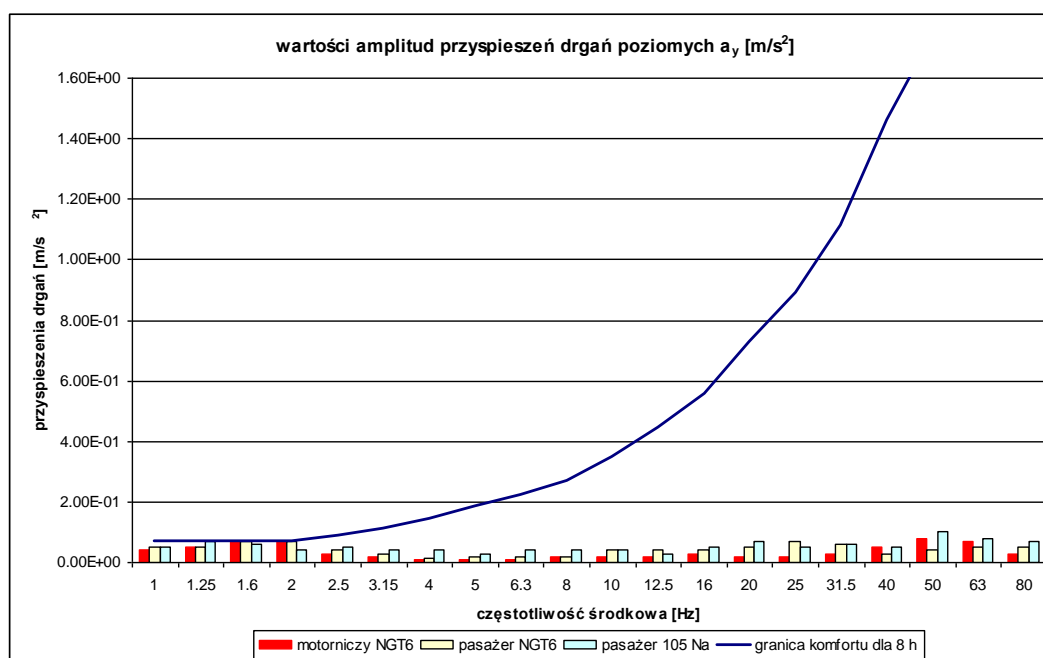
klimat akustyczny i nadmierne oddziaływanie drgań mechanicznych na prowadzącego tramwaj potrafi spowodować zakłócenie jego percepcji zmysłowych, ograniczyć postrzeganie zjawisk z otoczenia itd., co może być przyczyną zagrożenia bezpieczeństwa podróżowania tramwajem.



Rys. 5. Amplitudy przyspieszeń drgań poziomych, ogólnych w kierunku osi x oddziaływujące na motorniczego i pasażerów tramwajów NGT6 i 105 Na

Z analizy rysunku 5 wynika m.in., że w żadnym tramwaju nie ma przekroczenia granicy komfortu, jeśli chodzi o drgania ogólne w kierunku poziomym.

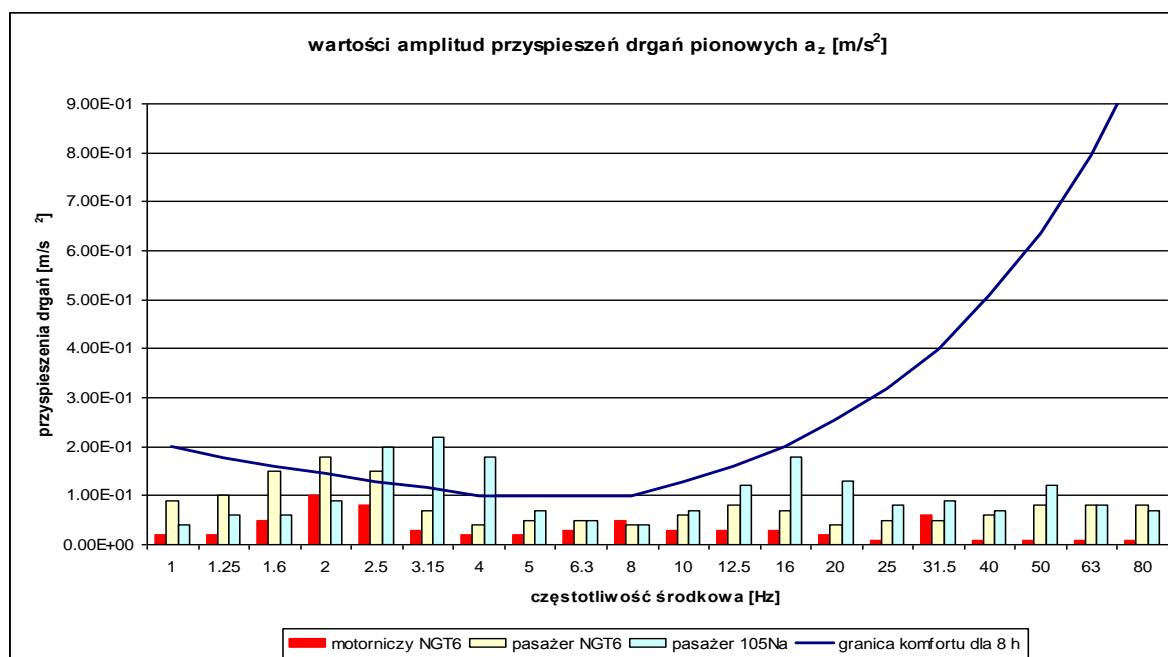
Na rysunku 6 pokazano drgania ogólne poziome oddziaływujące w kierunku osi y, czyli poprzecznie w stosunku do kierunku jazdy tramwaju.



Rys. 6. Amplitudy przyspieszeń drgań poziomych, ogólnych w kierunku osi y oddziaływujące na motorniczego i pasażerów tramwajów NGT6 i 105 Na

Z rysunku 6 wynika również, że w przypadku drgań poziomych poprzecznych w kierunku osi y nie występują przekroczenia granicy komfortu.

Amplitudy przyspieszeń drgań pionowych w kierunku osi z pokazano na rysunku 7.



Rys. 7. Amplitudy przyspieszeń drgań pionowych, ogólnych w kierunku osi z oddziaływujące na motorniczego i pasażerów tramwajów NGT6 i 105 Na

Analizując rysunek 6 można zauważyć, iż jeśli chodzi o przyspieszenia drgań oddziałujące na motorniczego nie przekraczają one granicy komfortu. Natomiast przekroczenia występują dla tramwaju typu NGT6 w częstotliwościach środkowych 2 i 2.5 Hz analizy tercjowej a w przypadku tramwaju 105Na jest to zakres częstotliwości od 2.5 – 4 Hz. Przekroczenia te są jednak niewielkie i odnoszą się do granicy komfortu przewidzianego dla ośmiogodzinnego czasu ekspozycji na drgania - w przypadku pasażerów praktycznie nie występuje tak długi czas ekspozycji. Zmieniając czas ekspozycji na 60 min. Dopuszczalna wartość amplitudy przyspieszeń drgań zwiększy się prawie czterokrotnie i w tym przypadku nie nastąpi przekroczenie granicy komfortu.

WNIOSKI

Wprowadzając sukcesywnie do eksploatacji nowoczesne niskopodłogowe tramwaje, charakteryzujące się stosunkowo niskim ekwiwalentnym (równoważnym) poziomem hałasu w przedziale pasażerskim, można poprawić komfort podróżowania miejską komunikacją szynową, co pozwoli pozytywnie stymulować wielkość potoków pasażerskich i poprawiać efektywność miejskich systemów transportowych. Analizując hałas w aspekcie norm dotyczących pojazdów szynowych stwierdzono przekroczenie dopuszczalnego poziomu hałasu ekwiwalentnego na postoju i w czasie jazdy dla tramwajów typu 105 Na. Badania amplitud przyspieszeń drgań ogólnych oddziaływujących na człowieka w pozycji siedzącej wykazały, że dla drgań o kierunku poziomym nie występują przekroczenia granicy komfortu dla ośmiogodzinnego czasu ekspozycji na drgania. Przekroczenia granicy komfortu wystąpiły w przypadku drgań o kierunku pionowym (oś z) i to tylko w odniesieniu do pasażerów. Należy jednak podkreślić, że zmiana czasu ekspozycji na drgania z 8 godz. na 60 min. zwiększyłaby wartości przyspieszeń drgań dla granicy komfortu prawie czterokrotnie. W takim przypadku nie nastąpiłoby przekroczenie granicy komfortu. W prowadzonych badaniach nie uwzględniono komfortu cieplnego i ergonomii przestrzeni pasażerskiej, stopnia wypełnienia pasażerami, co będzie stanowić zakres dalszych badań w tej dziedzinie.

Streszczenie

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie wybranych czynników oddziaływania miejskiego transportu szynowego na bezpieczeństwo i komfort użytkowników komunikacji miejskiej. W artykule przedstawiono uwarunkowania formalno-instytucjonalne dotyczące komfortu użytkowników komunikacji miejskiej oraz oddziaływania pojazdów na otoczenie zewnętrzne. Autorzy przedstawili metodykę oraz wybrane wyniki badań hałasu i drgań pojazdów tramwajowych eksploatowanych w dużym przedsiębiorstwie komunikacji miejskiej.

Impact factors of safety and passengers comfort in the trams

Abstract

The purpose of this article is to present selected impact factors on safety and comfort of users in public transport. The article presents the formal and institutional conditions for the comfort of users in public transport and the impact of vehicles on the external environment. The authors present the methodology and selected results of the noise and vibration research for tram vehicles operated in large transport company.

BIBLIOGRAFIA

1. Engel Z., Ochrona środowiska przed drganiami i hałasem, PWN, Warszawa, 2001.
2. Koton J., Majewski A., Drgania i hałas na stanowiskach pracy w środkach komunikacji miejskiej – badania dozymetryczne, Bezpieczeństwo pracy nr 7-8/2004, s. 12 – 15.
3. Augustyńska D., Kowalski P., Strategia ochrony pracowników przed drganiami mechanicznymi – według nowych przepisów prawnych – europejskich i krajowych, Bezpieczeństwo pracy nr 5/2006, s. 8 – 10.
4. Zając G., Wpływ materiału wstawek hamulcowych pojazdu szynowego na poziom hałasu, MECHANIKA EKOLOGIA BEZPIECZEŃSTWO Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów. Politechnika Warszawska 1(64)/2007 s. 155 – 164.
5. Gronowicz J., Ochrona środowiska w transporcie lądowym, Poznań - Radom 2003 ITE
6. Miedema H.M.E., Oudshoorn C.G.M., Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals, Environmental Health Perspectives 109, s. 409 – 416, 2001 r.
7. Sandrock S., Griefahn B. Kaczmarek T., Hafke H., Preis A., Gjestland T., Experimental studies on annoyance caused by noises from trams and buses, Journal of Sound and Vibration 313, s. 908 – 919, 2008 r.
8. Borowiecki R., Kaczmarek J., Magiera J., Młynarski S.: „Eksploatacja taboru szynowego komunikacji miejskiej. niezawodność, jakość, ekonomika.”, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowie, Kraków 2004