

MAŁGORZATA ORCZYK, FRANCISZEK TOMASZEWSKI*

KLIMAT AKUSTYCZNY W WYBRANYCH TYPACH TRAMWAJÓW NA POSTOJU

ACOUSTIC CLIMATE IN SELECTED TYPES OF TRAMS MEASURED AT A TRAM DEPOT

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki pomiarów rozkładu poziomów dźwięku we wnętrzu dwóch typów wagonów tramwajowych: Konstal 105Na i Siemens Combino. Pomiary wykonano na postoju przy załączonych przetwornicach, wentylatorach i ogrzewaniu. Dla każdego tramwaju zarejestrowano równoważny poziom dźwięku oraz widmo w tercjowych pasmach częstotliwości. Na podstawie uzyskanych wyników dokonano oceny klimatu akustycznego panującego w każdym z wagonów.

Słowa kluczowe: hałas wewnętrzny w tramwaju, transport publiczny

Abstract

This paper presents measurement results of sound levels distribution inside two types of tram cars: Konstal 105Na and Siemens Combino. The measurements were taken at a tram depot with working converters, fans and heating. For each tram an equivalent sound level and spectrum in 1/3 octave wavebands were registered. On the basis of received results assessment of acoustic climate in each tram car was carried out.

Keywords: internal noise in trams, public transport

* Dr inż. Małgorzata Orczyk, dr hab. inż. Franciszek Tomaszewski, prof. PP, Instytut Silników Spalinowych i Transportu, Wydział Maszyn Roboczych i Transportu, Politechnika Poznańska

1. Wstęp

Hałas komunikacyjny to obecnie jeden z najbardziej rozpowszechnionych i dominujących źródeł hałasu. Problemy związane z zakłócaniem środowiska przez poruszające się drogowe i szynowe środki transportu szczególnie w miastach nabierają coraz większego znaczenia wobec stałej presji motoryzacji, wyrażającej się dynamicznym wzrostem liczby pojazdów, w tym tramwajów, zwłaszcza w centrach miast o bardzo gęstej zabudowie skutkującej dużą uciążliwością dla mieszkańców, szczególnie w porze wieczorno-nocnej. Zastąpiła sytuacja spowodowała, że kwestie zanieczyszczenia środowiska przez spaliny oraz zakłócania klimatu akustycznego przez hałas komunikacyjny stały się dużym problemem wszystkich miast w Polsce.

Aktualne tendencje rozwoju miast wskazują, że to właśnie transport zbiorowy będzie odgrywał główną rolę w zakresie prawidłowego funkcjonowania każdej aglomeracji miejskiej. Analizy rynku transportu miejskiego wskazują, że przewozy miejskim transportem szynowym zwiększają się w coraz szybszym tempie. W latach 70. XX w. dynamika ich wzrostu wynosiła średniorocznie 0,4%, a w ostatnich latach XX w. osiągnęła 2% – najwyższą spośród innych lądowych środków transportu [2].

Obecnie warunkiem dopuszczenia do eksploatacji (pod względem akustycznym) środków transportu publicznego w miastach jest zachowanie przez tabor norm i rozporządzeń związanych z hałasem zewnętrznym.

W artykule przedstawiono wyniki pomiarów hałasu we wnętrzu (w przestrzeni pasażerskiej) wybranych typów tramwajów na postoju. Do badań wybrano dwa typy tramwajów eksploatowanych przez Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne w Poznaniu:

- tramwaj typu 105Na,
- tramwaj typu Combino.

Przedstawione wyniki pomiarów stanowią wstęp do dalszych prac związanych z oceną klimatu akustycznego w środkach transportu miejskiego podczas jazdy.

2. Metodyka badań

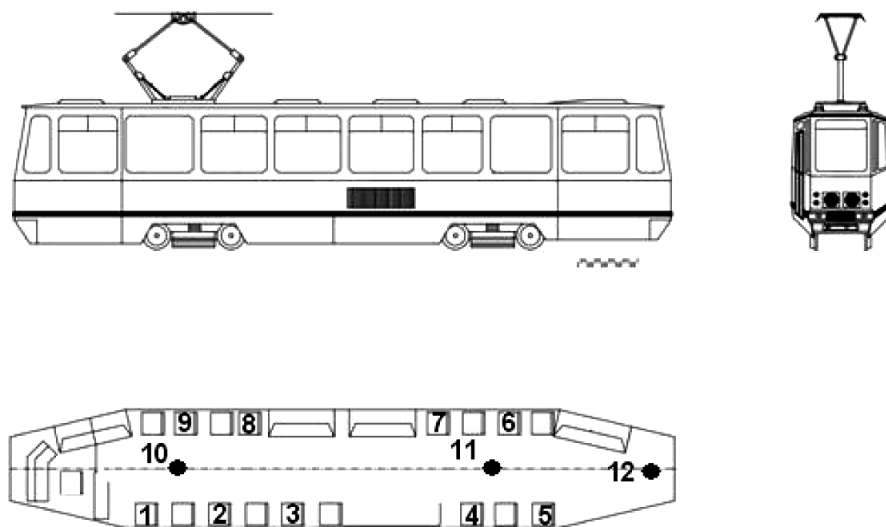
Badania polegały na ocenie klimatu akustycznego na postoju w przestrzeni pasażerskiej tramwajów. Do badań wybrano dwa typy wagonów tramwajowych: stary wyprodukowany ponad 20 lat temu 105Na oraz nowej generacji Siemens Combino. Dla wagonu 105Na badania prowadzono dla dwóch typów wyposażenia wagonów: z przetwornicą statyczną i wirową.

W związku z brakiem norm odnoszących się do metodyki pomiaru hałasu wewnętrznego i zewnętrznego w tramwajach badania prowadzono zgodnie z normą PN-EN ISO 3381: Kolejnictwo. Akustyka. Pomiar hałasu wewnątrz pojazdów szynowych [1]. Badania prowadzono w celu oceny miejsc siedzących i stojących. Dla miejsc siedzących mikrofon pomiarowy został usytuowany na wysokości 1,2 m nad poziomem podłogi. Do pomiarów prowadzonych dla miejsc stojących punkty pomiarowe zostały zlokalizowane na wysokości 1,6 m nad poziomem podłogi. W każdym punkcie pomiarowym, zarówno dla miejsc siedzących, jak i stojących, mierzono równoważny poziom dźwięku oraz wykonano analizę widmową w tercjowych pasmach częstotliwości o zakresie od 31,5 Hz do 8 kHz. Podczas pomiarów w badanych wagonach okna były zamknięte, włączone były przetwornice, wentylatory oraz

ogrzewanie. Badania zostały zrealizowane w zajezdni tramwajowej w pustym wagonie. Czas pomiaru w każdym punkcie pomiarowym wynosił 30 s.

Wszystkie pomiary wykonano całkującym miernikiem poziomu dźwięku typu 2250 firmy Brüel & Kjær. W ramach pojedynczego pomiaru rejestrowano następujące parametry sygnału akustycznego: analizę widmową w tercjowych pasmach częstotliwości, maksymalny poziom dźwięku L_{Amax} , minimalny poziom dźwięku L_{Amin} , równoważny poziom dźwięku L_{Aeq} , oraz szczytowy poziom dźwięku L_{Cpeak} .

Na rysunku 1 przedstawiono ogólny schemat badanego wagonu typu Konstal 105Na z zaznaczonymi miejscami pomiaru hałasu. W punktach pomiarowych od nr 1–9 mikrofon pomiarowy został usytuowany na wysokości 1,2 m nad poziomem podłogi. Wykonane w tych punktach badania odnoszą się do miejsc siedzących, natomiast punkty pomiarowe od nr 10–12 dotyczą pomiarów wykonanych na wysokości 1,6 m nad poziomem podłogi wiążą się z oceną klimatu akustycznego dla miejsc stojących. Łącznie w całym wagonie zlokalizowano 12 punktów pomiarowych, z czego 9 przypadają na miejsca siedzące, a 3 na miejsca stojące.

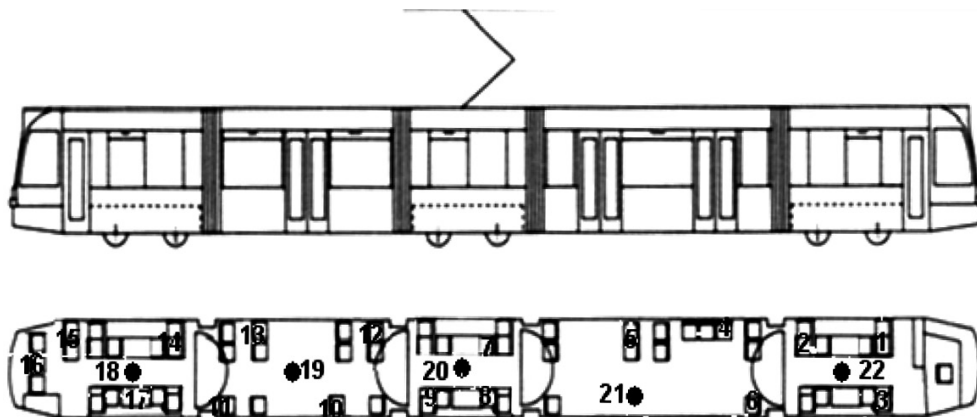


Rys. 1. Schemat wagonu Konstal 105Na z zaznaczonymi punktami pomiaru hałasu [3, 4]

Fig. 1. Diagram of tram car type Konstal 105Na with marked points of noise measurement [3, 4]

Pomiary dla wagonów Konstal 105Na przeprowadzono dla dwóch typów konstrukcyjnych wagonów tej serii: wagonów wyposażonych w przetwornicę statyczną i wagonów z przetwornicą wirową.

Na rysunku 2 przedstawiono schemat wagonu Siemens Combino z zaznaczonymi miejscami pomiaru hałasu. W wagonie tym wybrano łącznie 22 punkty pomiarowe: 17 przypadają na miejsca siedzące, a 5 na miejsca stojące. Punkty pomiarowe od nr 1–17 dotyczą pomiarów wykonanych na wysokości 1,2 m nad poziomem podłogi, natomiast punkty pomiarowe od nr 18–22 zostały wykonane na wysokości 1,6 m nad poziomem podłogi [10].



Rys. 2. Schemat wagonu Siemens Combino z zaznaczonymi punktami pomiaru hałasu [3, 4]

Fig. 2. Diagram of tram car type Siemens Combino with marked points of noise measurement [3, 4]

3. Analiza wyników pomiarów

W tabeli 1 przedstawiono wyniki zarejestrowanych równoważnych poziomów dźwięku we wskazanych miejscach znajdujących się w przestrzeni pasażerskiej tramwaju typu 105Na z przetwornicą statyczną i wirową.

Tabela 1

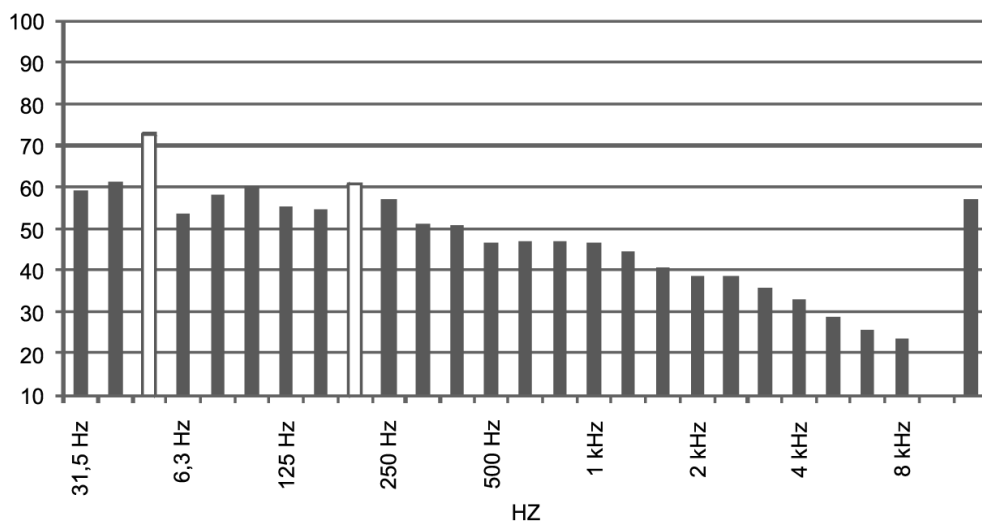
Równoważne poziomy dźwięku w wagonie 105 Na z przetwornicą statyczną i wirową

Miejsce pomiaru		Równoważne poziomy dźwięku w [dB]	
		przetwornica statyczna	przetwornica wirowa
Miejsca siedzące	1	54	67
	2	55	68
	3	57	69
	4	56	67
	5	57	69
	6	58	71
	7	57	69
	8	56	69
	9	57	67
Miejsca stojące	10	56	68
	11	56	68
	12	56	67

Przeprowadzone pomiary wykazały, że w wagonie 105Na, w którym zastosowano przetwornicę statyczną, równoważne poziomy dźwięku zawierały się w przedziale 54–58 dB w przypadku pomiarów wykonanych na wysokości 1,2 m nad poziomem podłogi. Natomiast pomiary odnoszące się do wysokości 1,6 m nad poziomem podłogi nie przekroczyły poziomu 56 dB.

W wagonach wyposażonych w przetwornicę wirową zmierzone równoważne poziomy dźwięku były wyższe od pomiarów wykonanych w wagonie z przetwornicą statyczną średnio o 12 dB. W badanym wagonie zarejestrowane równoważne poziomy dźwięku zawierały się w przedziale 67–71 dB. Zmierzone równoważne poziomy dźwięku odnoszące się do miejsc siedzących i stojących niewiele różniły się od siebie.

Dla każdego z punktów pomiarowych, zarówno dla miejsc siedzących, jak i miejsc stojących, wykonano analizę widmową w tercjowych pasmach częstotliwości. Na rys. 3 i 4 zaprezentowano przykładowe widma rozkładu poziomów dźwięku w tercjowych pasmach częstotliwości w przestrzeni pasażerskiej wagonu. Kolorem białym zaznaczono dominujące składowe 1/3 pasma częstotliwości. Rys. 3 dotyczy wagonu 105Na wyposażonego w przetwornicę statyczną, a rys. 4 odnosi się do wagonu 105Na z przetwornicą wirową.

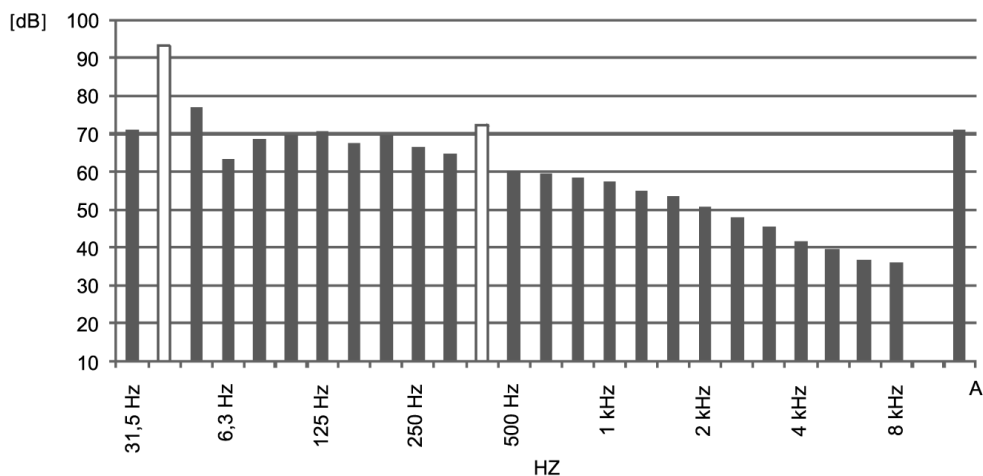


Rys. 3. Rozkład poziomów dźwięku w tercjowych pasmach częstotliwości w wagonie 105Na wyposażonego w przetwornicę statyczną

Fig. 3. Distribution of sound levels in 1/3 octave wavebands in tram car type 105Na equipped with static converter

W badanym wagonie 105Na wyposażonym w przetwornicę statyczną rozkład poziomów dźwięku w tercjowych pasmach częstotliwości ma charakter szerokopasmowy. Można w nim wskazać dwa dominujące pasma częstotliwości: 50 Hz i 200 Hz wyróżnione kolorem białym w widmie. Obie częstotliwości są charakterystyczne dla wszystkich punktów pomiarowych, zarówno dla miejsc siedzących, jak i stojących. Zarejestrowane poziomy dźwięku mieściły się w następujących zakresach: dla częstotliwości 50 Hz w przedziale 60–73 dB, natomiast dla częstotliwości 200 Hz wynosił 51–61 dB.

Dla wagonu 105Na wyposażonego w przetwornicę wirową można wskazać również dwie dominujące składowe pasma tercjowego: 40 Hz i 400 Hz. Obie częstotliwości tercjowego pasma częstotliwości są charakterystyczne dla wszystkich punktów pomiaru dźwięku w badanym wagonie. Uzyskane poziomy dźwięku wynoszą 82–97 dB dla częstotliwości 40 Hz i 65–72 dB dla częstotliwości 400 Hz.



Rys. 4. Rozkład poziomów dźwięku w tercjowych pasmach częstotliwości w wagonie 105Na wyposażonego w przetwornicę wirową

Fig. 4. Distribution of sound levels in 1/3 octave wavebands in tram car type 105Na equipped with rotational converter

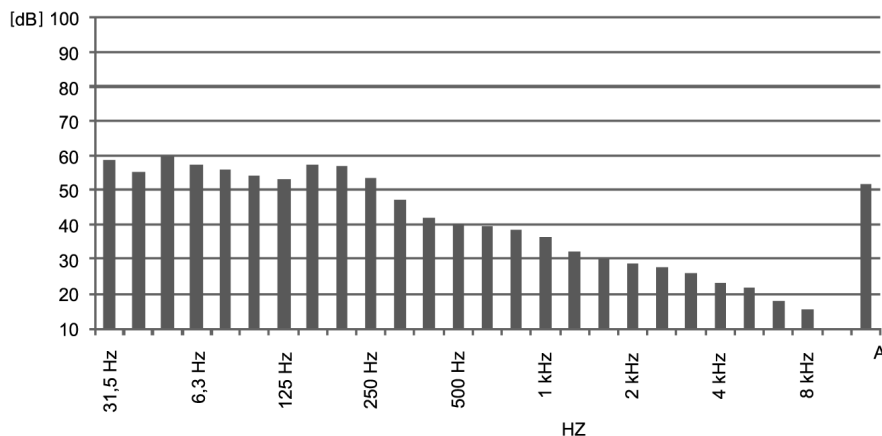
W tabeli 2 przedstawiono wyniki pomiarów dźwięku zarejestrowane we wnętrzu wagonu typu Siemens Combino. Dla badanego wagonu tramwajowego rozkład równoważnych poziomów dźwięku zawierał się w granicach 46–54 dB na wysokości 1,2 m powyżej poziomu podłogi i 49–52 dB na wysokości 1,6 m powyżej poziomu podłogi. W każdym punkcie pomiarowym wykonano analizę widmową w tercjowych pasmach częstotliwości. Na rys. 5 zaprezentowano przykładowe tercjowe widmo rozkładu poziomów dźwięku w wagonie Siemens Combino.

Przeprowadzone badania wykazały, że w tercjowych pasmach częstotliwości nie można jednoznacznie wskazać dominujących częstotliwości.

Tabela 2

Równoważne poziomy dźwięku we wnętrzu wagonu Siemens Combino

Miejsce pomiaru		L_{Aeq} [dB]
Miejsca siedzące	1	48
	2	51
	3	52
	4	52
	5	49
	6	49
	7	51
	8	46
	9	46
	10	53
	11	49
	12	54
	13	52
	14	50
	15	54
	16	49
	17	49
Miejsca stojące	18	52
	19	52
	20	50
	21	52
	22	49



Rys. 5. Rozkład poziomów dźwięku w tercjowych pasmach częstotliwości w wagonie Siemens Combino

Fig. 5. Distribution of sound levels in 1/3 octave wavebands in tram car type Siemens Combino

4. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań hałasu we wnętrzu wybranych typów tramwajów na postoju sformułowano następujące wnioski:

- najniższe wartości równoważnego poziomu dźwięku zarejestrowano w wagonie typu Siemens Combino zawierały się w przedziale 46–54 dB,
- w wagonie typu 105Na wyposażonym w przetwornicę statyczną równoważne poziomy dźwięku mieściły się w przedziale 54–58 dB. W wagonach wyposażonych w przetwornicę wirową równoważne poziomy dźwięku wzrosły do 67–71 dB.

Wykonana analiza widmowa rozkładu poziomów dźwięku w tercjowych pasmach częstotliwości wykazała, że tylko w wagonach typu Konstal 105Na można wskazać dominujące składowe tercjowego pasma częstotliwości. W zarejestrowanym widmie dominują niskie częstotliwości od 40 Hz–200 Hz. W wagonach wyposażonych w przetwornicę statyczną dominującymi okazały się częstotliwości 50 Hz i 200 Hz, natomiast w wagonach wyposażonych w przetwornicę wirową 40 Hz i 400 Hz.

Praca naukowa finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2010–2013 jako projekt badawczy pt. „Ocena i modelowanie hałasu zewnętrznego i wewnętrznego środków transportu miejskiego”.

Literatura

- [1] PN-EN ISO 3381: Kolejnictwo. Akustyka. Pomiar hałasu wewnątrz pojazdów szynowych.
- [2] R a c z y ń s k i J., *Miejski transport szynowy w Unii Europejskiej*, Technika Transportu Szynowego, nr 4/2005, 14-21.
- [3] Schematy konstrukcyjne wagonów. Miejskiej Przedsiębiorstwo Komunikacyjne w Poznaniu, Poznań 2011 – materiały niepublikowane.
- [4] W i e s z c z e c z y ń s k i D., *Ocena klimatu akustycznego wewnątrz wybranych typów tramwajów na postoju*, praca dyplomowa, Politechnika Poznańska, 2010.