ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1995
Seria: TRANSPORT z. 27 Nr kol. 1295

Kazimierz Kłosek

WPŁYW MODYFIKACJI PODŁOŻA NA REDUKCJĘ EMISJI WIBROAKUSTYCZNEJ W MIEJSKIM TRANSPORCIE SZYNOWYM

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań terenowych dwóch typów nawierzchni tramwajowej o zróżnicowanej konstrukcji podłoża szynowego. W porównywalnych warunkach obciążeń poddano ocenie parametry emisji wibroakustycznej, wywoływanej poprzez przejeżdzający ze zmienną prędkością, testowy pojazd komunikacji miejskiej.

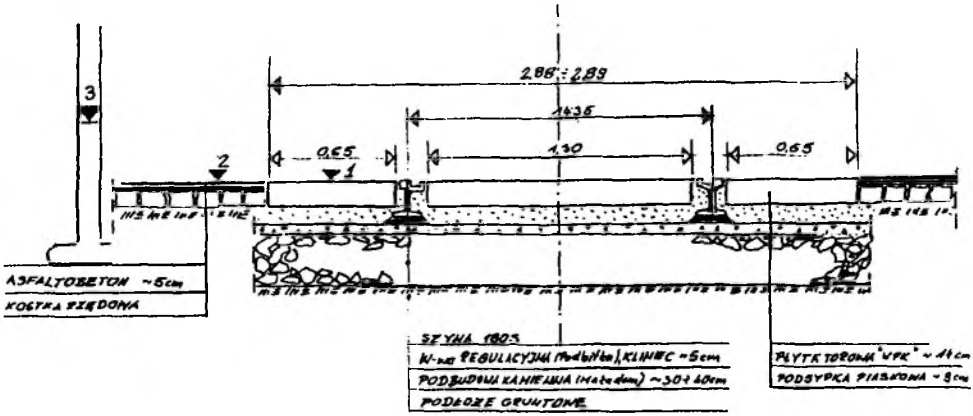
THE INFLUENCE OF THE MODIFIED SUBGRADE ON THE REDUCTION OF VIBROACOUSTIC EMISSION IN THE RAILWAY MUNICIPAL TRANSPORT

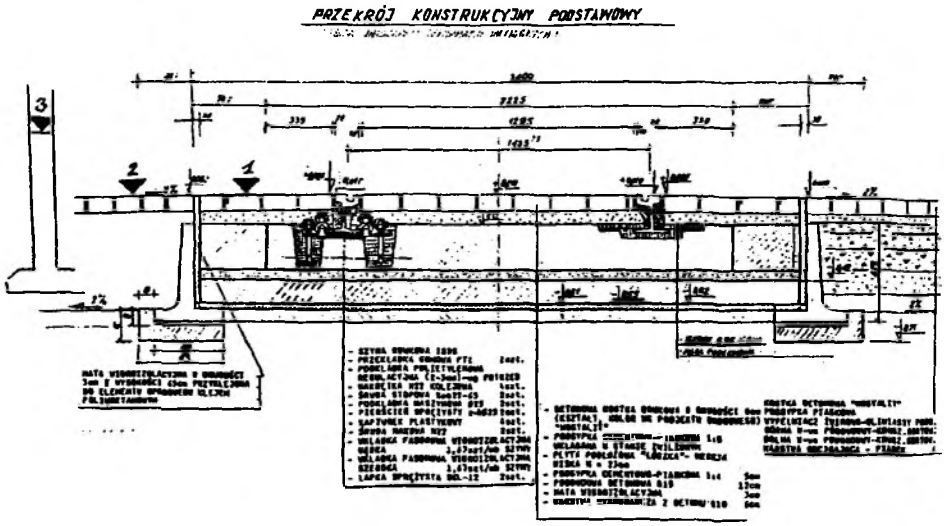
Summary. In the work a results of the field investigations of two types permanent way with difference construction of the subgrade was presented. In the comparative conditions of the dynamic loads the parameters of vibroacoustic emission were estimated which was evoke by the passing train with a variable travelling speed.

1. WSTĘP

Oddziaływanie miejskiego taboru szynowego na nawierzchnię, infrastrukturę oraz zabudowę mieszkalno-usługową stanowi istotny czynnik ekologicznej aprobaty dla tego rodzaju transportu masowego, zwłaszcza w obrębie dzielnic śródmiejskich wielu aglomeracji [2]. Zbliżone warunki konstrukcyjne typowego - nieco przestarzałego krajowego taboru (w tym i zestawów kołowych), nie pozwalają oczekiwać radykalnej poprawy w relacji pojazd - środowisko. Z tych też względów za szczególnie istotne należy uznać próby modyfikacji parametrów konstrukcyjnych nawierzchni, zmierzające do ograniczenia uciążliwości tego środka transportu na bezpośrednie otoczenie człowieka [1].

W pracy przedstawiono wybrane wyniki własnych badań terenowych, dotyczących porównawczej analizy parametrów wibroakustycznych dwóch typów nawierzchni tramwajowej: konwencjonalnej oraz zmodyfikowanej typu Grenoble, zlokalizowanej w obrębie jezdni ul. Wolności na terenie Chorzowa.





Rys. 1. Charakterystyczne przekroje poprzeczne nawierzchni:
a) nawierzchnia konwencjonalna
b) nawierzchnia typu GRENOBLE

Fig. 1. Characteristic cross section of the pavement:
a) conventional permanent way
b) track structure of the Grenoble type

2. BADANIA TERENOWE

2.1. Charakterystyka rejonu pomiarowego

Torowisko badanej, jednotorowej linii o ruchu jednokierunkowym przebiega w osi pasażu śródmiejskiego, cechującego się dwustronną gęstą zabudową mieszkalno-handlową.
W obrębie ulicy funkcjonują dwa typy nawierzchni, których charakterystyczne przekroje poprzeczne ilustruje rys. 1.
Modyfikowana wkładkami i matami gumowo-poliuretanowymi nawierzchnia typu Grenoble stanowi 150 - metrowy, końcowy odcinek wylotowy prostoliniowej jezdni tramwajowej.
W obrębie obu typów nawierzchni zlokalizowano po trzy przekroje pomiarowe z porównywalnym rozmieszczeniem punktów diagnostycznych jak na rys. 1, tj. w obrębie nawierzchni szynowej, na krawędzi jezdni drogowej oraz zewnętrznej ścianie nośnej budynków.

2.2. Metodyka przeprowadzonych pomiarów i opis aparatury

W celu eliminacji dodatkowych czynników zmiennych generujących niekontrolowane pola wibroakustyczne (tramwaje, samochody, sprzęt budowlany) całość prób wykonano w porze nocnej z wykorzystaniem jednego tramwaju typu 102N. Ogółem wykonano ponad 110 pomiarów i analiz charakterystyk dynamicznych nawierzchni obu typów dla taboru przejeżdżającego z prędkościami V=5/10/40/50 km/h. Aparatura pomiarowa firmy Brüel-Kjaer była przystosowana do równoczesnej rejestracji 4 torów pomiarowych składających się z:
- akcelerometrów piezoelektrycznych typu 4321, 8318, 4391 o dużej czułości do pomiarów drgań o zmiennych poziomach, częstotliwościach i kierunkach,
- przenośnych zasilaczy, wzmacniaczy typu 2813 i 2634,
- magnetofonu pomiarowego typu 7005.

W analizie laboratoryjnej sygnałów diagnostycznych wykorzystano ponadto:
- analizator typu 2515 (0,1Hz - 20 kHz),
- woltomierz typu 2607 z komputerem klasy IBM-PC 486.

Sygnały elektryczne drgań, rejestrowane podczas pomiarów terenowych na magnetofonie, były w laboratorium odtwarzane i poddawane analizie w dziedzinie częstotliwości dla wartości skutecznej przyspieszeń pionowych i poziomych.

2.3. Wyniki pomiarów i ich analiza

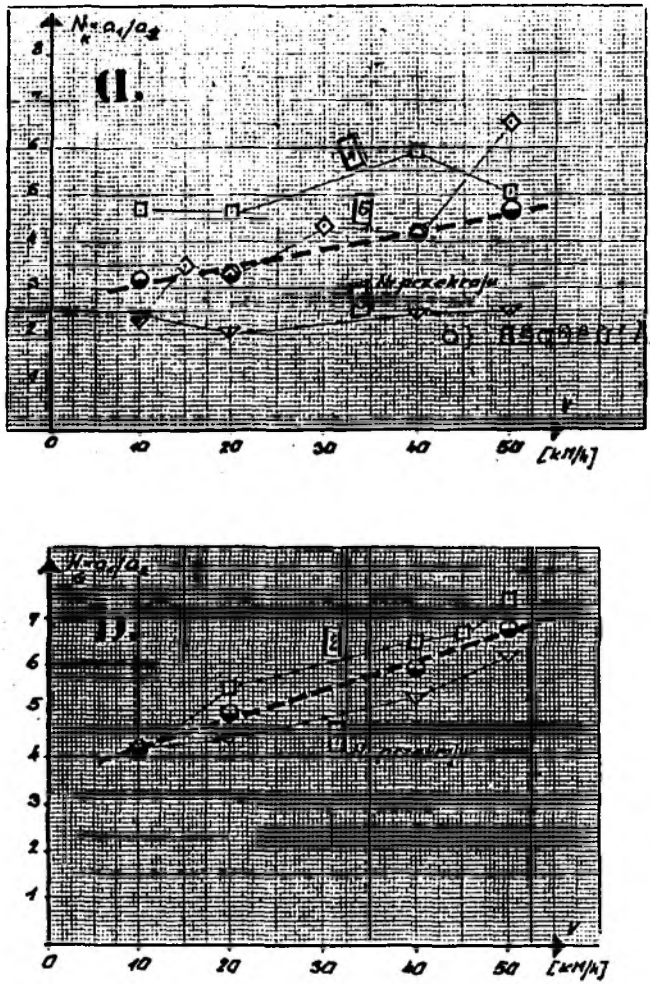
W celu oceny stopnia redukcji rozprzestrzeniania się przyspieszeń pionowych z nawierzchni do otoczenia wprowadzono jako miarę tego zjawiska tzw. współczynnik transmisji, określony dla samej nawierzchni tramwajowej i bezpośrednio stykającej się nawierzchni drogowej relacją:

$$N = a_1/a_2 \quad , \qquad (1)$$

gdzie:

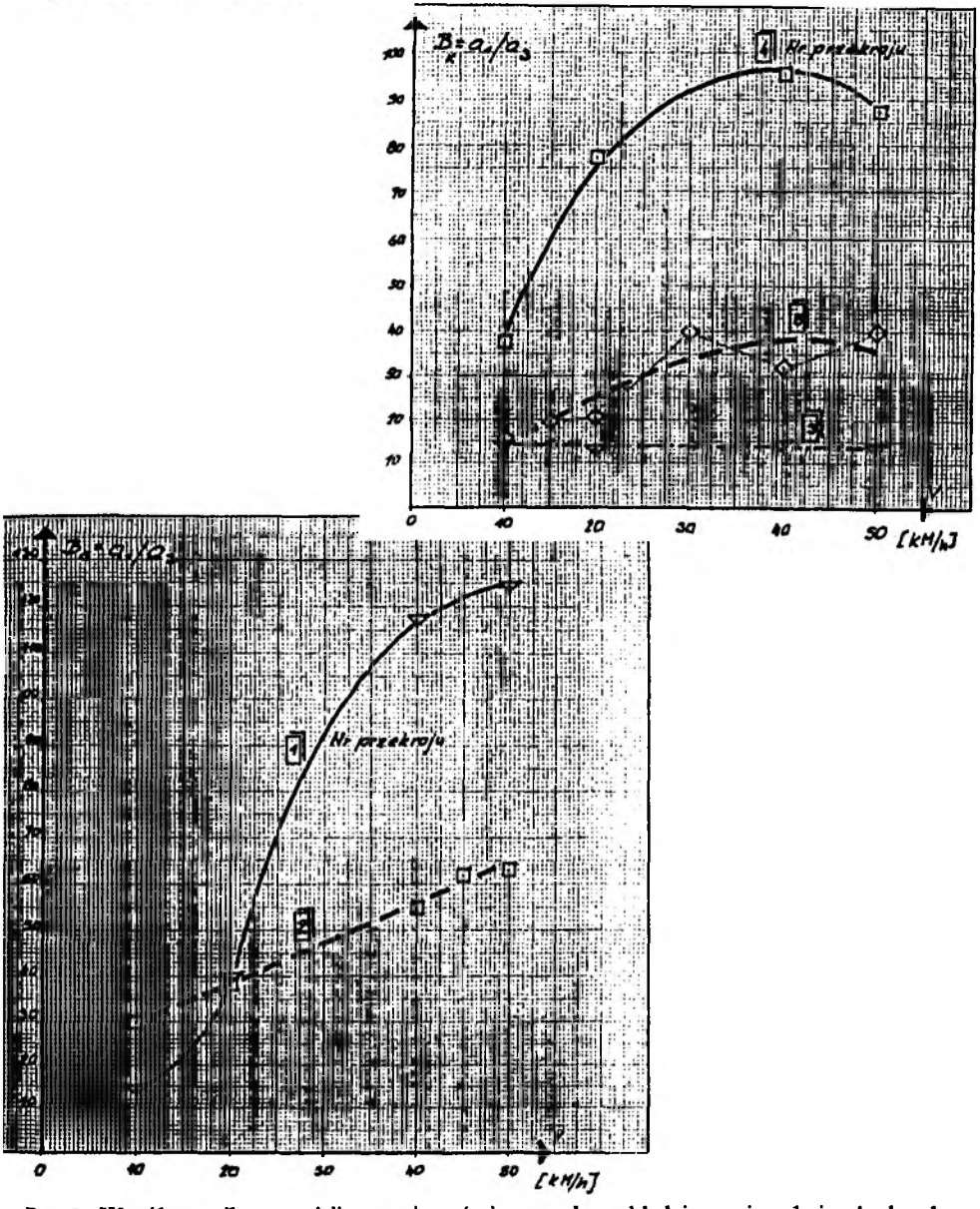
a_1 - wartość skuteczna przyspieszenia pionowego w pkt. 1 (nawierzchnia szynowa),
a_2 - wartość skuteczna przyspieszenia pionowego w pkt. 2 (nawierzchnia drogowa).

Dla oceny stopnia redukcji drgań przenoszonych z nawierzchni na konstrukcje budynków



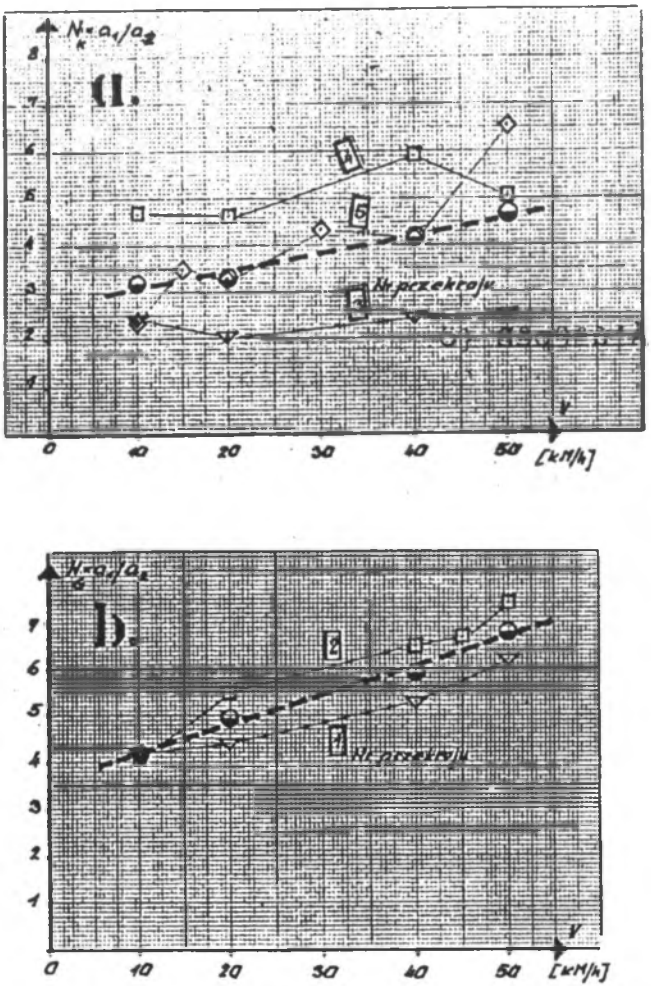
Rys.2. Współczynnik transmisji przyspieszeń pionowych w powierzchniowej strefie styku nawierzchni: a) nawierzchnia konwencjonalna (K); b) nawierzchnia typu GRENOBLE (G)

Fig. 2. Coefficent of the vertical acceleration transmission in the area contact zone of the road surface and track structure: a) conventional permanent way; b) track structure of the Grenoble type



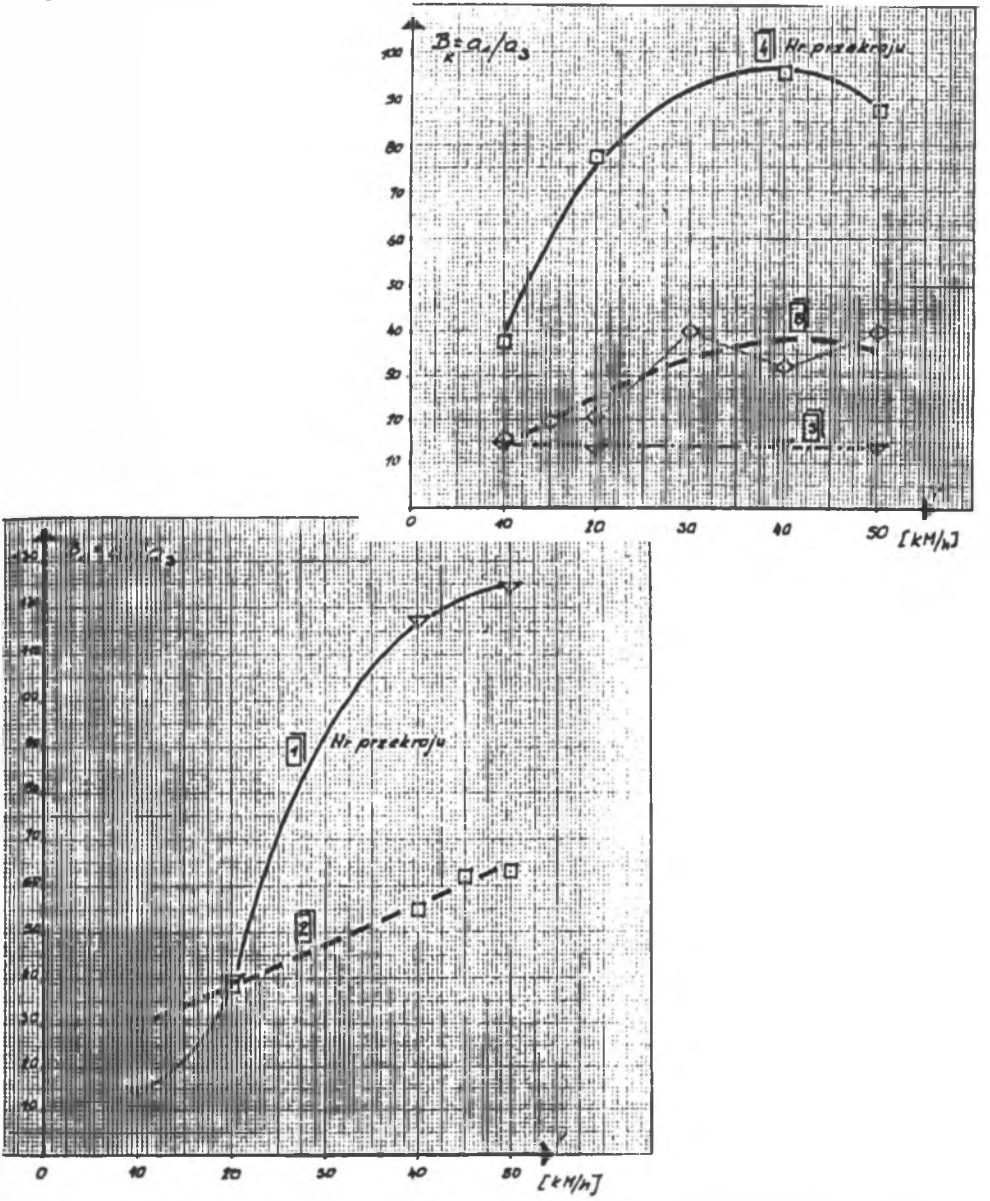
Rys.3. Współczynnik transmisji przyspieszeń pionowych w układzie nawierzchnia - budynek:
a) nawierzchnia konwencjonalna (K)
b) nawierzchnia typu GRENOBLE (G)

Fig. 3. Coefficent of the vertical acceleration transmission in the permanent way - public building relation:
a) conventional permanent way (C)
b) track structure of the Grenoble type (G)



Rys.2. Współczynnik transmisji przyspieszeń pionowych w powierzchniowej strefie styku nawierzchni: a) nawierzchnia konwencjonalna (K); b) nawierzchnia typu GRENOBLE (G)

Fig. 2. Coefficent of the vertical acceleration transmission in the area contact zone of the road surface and track structure: a) conventional permanent way; b) track structure of the Grenoble type



Rys.3. Współczynnik transmisji przyspieszeń pionowych w układzie nawierzchnia - budynek:
a) nawierzchnia konwencjonalna (K)
b) nawierzchnia typu GRENOBLE (G)

Fig. 3. Coefficent of the vertical acceleration transmission in the permanent way - public building relation:
a) conventional permanent way (C)
b) track structure of the Grenoble type (G)

wprowadzono analogiczną zależność w postaci:

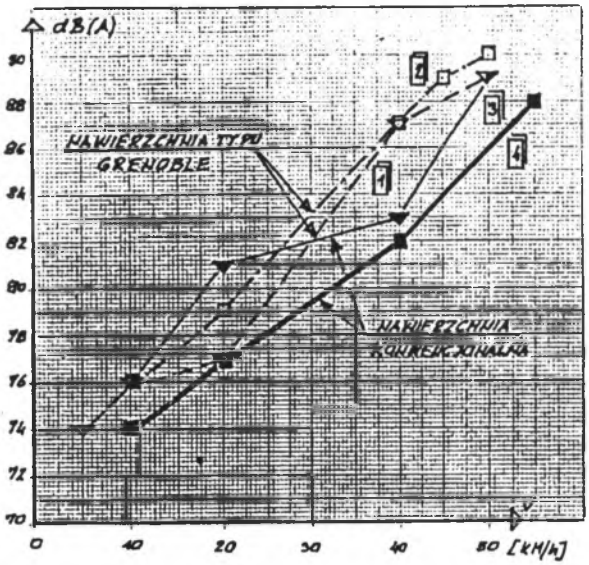
$$B = a_1/a_3 , \qquad (2)$$

gdzie:

a_3 - wartość skuteczna przyspieszenia w pkt.3 (ściana nośna budynków).

Zbiorcze zestawienie wyników obliczeń przedstawiono na rys. 2 i 3, które ilustrują zmienność współczynników transmisji dla poszczególnych przekrojów i typów nawierzchni w funkcji prędkości. Większa wartość współczynników N, $B = f(a_i/a_j)$ świadczy o lepszej skuteczności zastosowanej wibroizolacji toru.

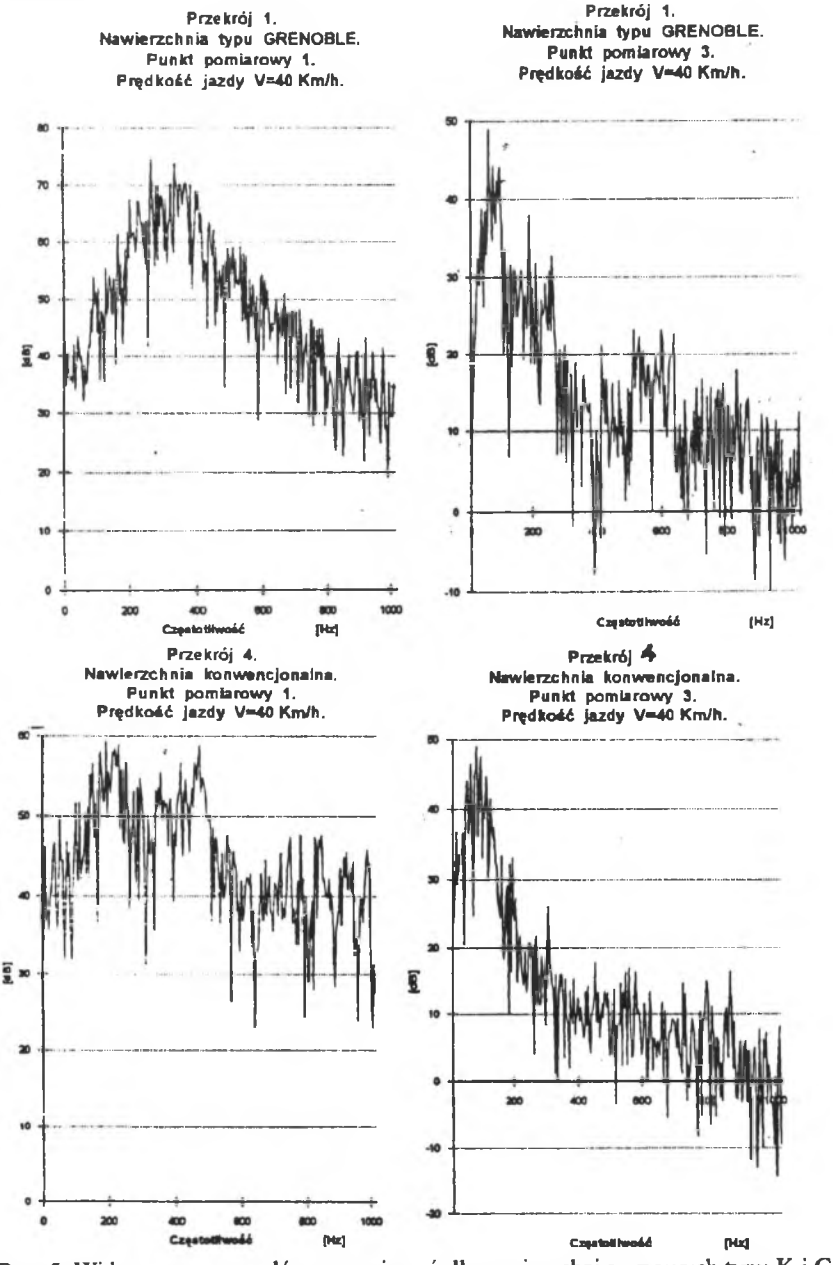
Wyniki pomiarów hałasu sonometrem firmy Brüel-Kjaer typ 2203 zestawiono na rys. 4.



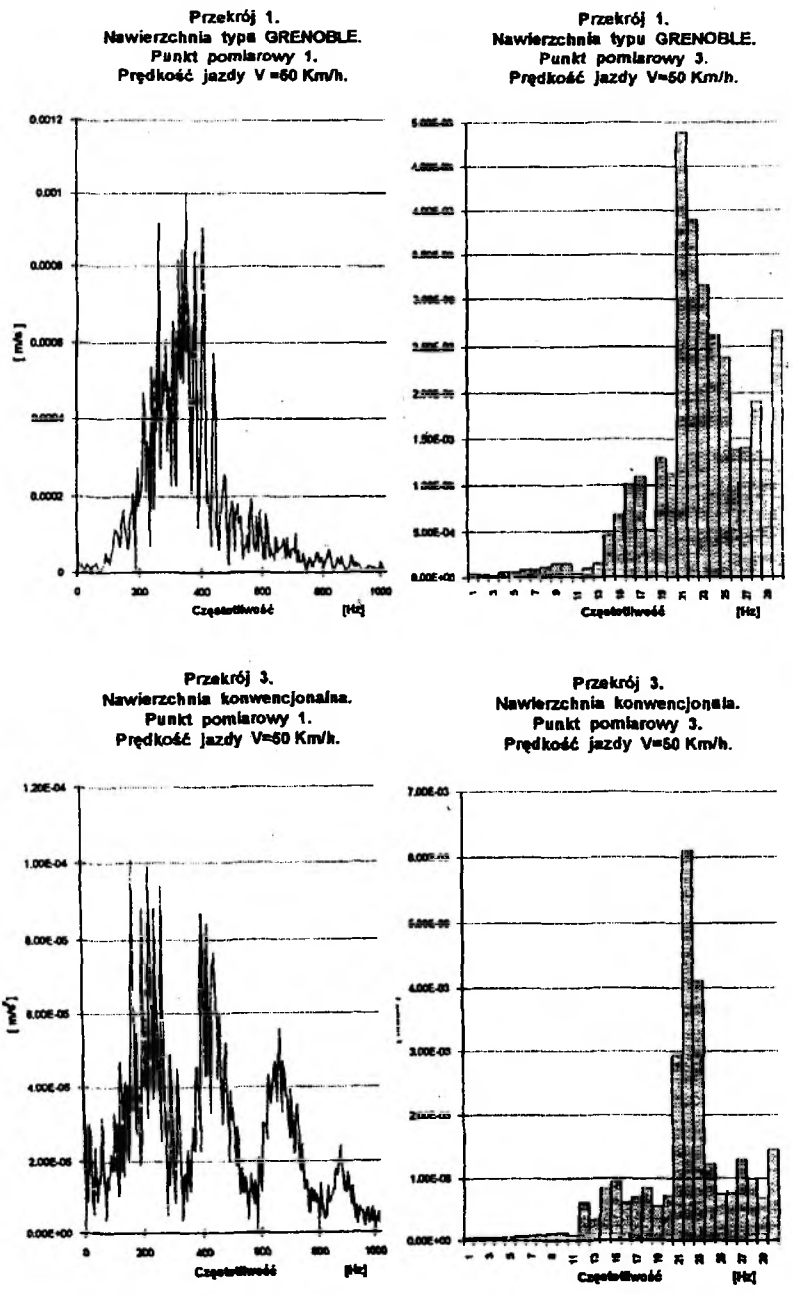
Rys.4. Wpływ prędkości jazdy tramwaju na emisję hałasu
Fig. 4. Influence of the tram travelling speed on the acoustic emission

W celu przeprowadzenia bliższej analizy zjawisk związanych z dysypacją energii emitowanej na styku koło-szyna do podłoża w postaci przyspieszeń drgań przeanalizowano liczne przebiegi widma mocy sygnału przyspieszeń pionowych dla analizowanych typów nawierzchni w funkcji prędkości jazdy pojazdu testowego. Wybrane rezultaty tych pomiarów przedstawiono na rys. 5 i 6.

Analiza wyników badań wykazała istotne zróżnicowanie w zakresie absorbcji przyspieszeń pionowych, co dotyczyło zwłaszcza prędkości jazdy oraz rodzaju zastosowanych rozwiązań wibroizolacyjnych. Nawierzchnia konwencjonalna, w przeciwieństwie do nawierzchni Grenoble, wykazuje w tym zakresie znaczną niejednorodność konstrukcyjną na długości linii, o czym



Rys. 5. Widma mocy sygnałów przyspieszeń dla nawierzchni szynowych typu K i G
Fig. 5. Spectrum of the power signals acceleration for the pavement of K and G type



Rys.6. Widma amplitudowe sygnałów przyspieszeń
Fig. 6. Spectrum of the amplidude signals acceleration

świadczy duży rozrzut rejestrowanych wartości przyspieszeń.

Analiza porównawcza uśrednionych funkcji N = f(v) świadczy o rosnącej skuteczności względnego tłumienia drgań pionowych obu nawierzchni wraz ze wzrostem prędkości, z tym że dla nawierzchni Grenoble proces ten jest o około 30% bardziej skuteczny. Świadczy to o większej efektywności zastosowanych tam rozwiązań materiałowych i konstrukcyjnych, absorbujących skutecznie "u źródła" drgania emitowane do otoczenia.

Podobnie rzecz przedstawia się w odniesieniu do relacji: pojazd-nawierzchnia-budynek, gdzie współczynnik transmisji B jest kilkukrotnie bardziej korzystny dla nawierzchni zmodyfikowanej w porównaniu z konwencjonalną. Relatywnie wysoka wartość tego współczynnika dla przekroju 4 była związana ze znaczną niejednorodnością cech mechanicznych przekroju poprzecznego jezdni, spowodowaną wcześniejszymi robotami ziemnymi (luźna zasypka).

Analiza porównawcza widma mocy sygnałów przyspieszeń rejestrowanych na obu typach nawierzchni dla tej samej prędkości (V=40km/h) wskazuje na relatywnie szybszy spadek mocy sygnału wraz ze wzrostem częstotliwości w obrębie nawierzchni typu Grenoble.

Szerokopasmowe widma amplitudowe sygnałów przyspieszeń wraz ze wzrostem prędkości ulegają zawężeniu. W nawierzchni konwencjonalnej przy prędkościach rzędu 40-50 km/h przejawiają się jednakże trzy (i więcej) częstotliwości rezonansowe f ≈ 200, 450 i 700 Hz, co znacznie osłabia konstrukcję i obniża jej parametry eksploatacyjne.

3. WNIOSKI KOŃCOWE

Przeprowadzone badania terenowe dwóch odmiennych nawierzchni szynowych transportu miejskiego wykazały, że:

- modyfikowana matami i wkładkami tłumiącymi nawierzchnia Grenoble posiada znacznie korzystniejsze (ok. 30% wzrost redukcji przyspieszeń drgań pionowych) charakterystyki dynamiczne w stosunku do rozwiązania konwencjonalnego,
- rozwiązanie zmodyfikowane osłabia w sposób istotny destrukcyjne oddziaływania dynamiczne przekazywane na sąsiadujące z linią budynki (40-300% korzystniejszy współczynnik transmisji przyspieszeń pionowych),
- pomierzona emisja akustyczna generowana przez pojazdy szynowe przekracza dopuszczalne normy hałasu pory dziennej i nocnej (74-90dB(A) niezależnie od rodzaju konstrukcji, co wynika jednoznacznie z cech konstrukcyjnych użytkowanego obecnie taboru tramwajowego.

Recenzent: doc. dr inż. Eugeniusz Turyk

Wpłynęło do redakcji: 15.07.1995 r.

Literatura

[1] Kłosek K., Zakrzewski T.: "Ocena amortyzacji nawierzchni i podtorza drogi kolejowej na generację procesów wibroakustycznych". Mat.VII Konf.Nauk. "Drogi Kolejowe '93", Wrocław-Szklarska Poręba 1993, s. 103-120.

[2] Kłosek K., Fober S.: "Ocena skuteczności tłumienia oddziaływań wibroakustycznych torowiska tramwajowgo na ul.Wolności w Chorzowie" (mat.niepublikowane). Polimer - Katowice, 1995.

Abstract

In this work a results of the environmental field investigations of two types permanent way subgrade was presented. One of the alternative solution was a conventional concrete tram way and the another was a track structure of Grenoble type with a laminar polyunrethanue and scrab rubber complex construction (sSee Fig.1).

In the comparative conditions of the dynamic loads the parameters of vibroacounstic emission were estimated, which was evoke by the passing train with a variable travelling speed.

The main estimated parameters was the effective vertical accelervation in the area contact zone of the track structure, road surface and building construction.

The analyse of the coefficient of the vertical acceleration transmission N = f(v) indicate, that the track structure of the Grenoble type is abount 30% more advantage than conventional permanent way. Coefficient B = f(v) of the vertical transmission in the permanent way - public building relation, was in the some situation about 40-300% to the advantage.

Influcence of the tram travelling speed on the acoustic emission is very important but it depend first of all on the vehicle construction, not from track structure.