

Mirosław NADER¹, Edyta PURTA²

¹ Politechnika Warszawska, Wydział Transportu,
Zakład Podstaw Budowy Urządzeń Transportowych
ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa
mna@it.pw.edu.pl

² Transportowy Dozór Techniczny
ul. Chałubińskiego 4, 00-928 Warszawa
e.purta@tdt.pl

ODDZIAŁYWANIE AUTOBUSÓW KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ NA LUDZI W OTOCZENIU DALSZYM

Streszczenie:

Artykuł dotyczy analizy wpływu drgań wywołanych przejazdami autobusów komunikacji miejskiej na ludzi przebywających w budynkach, które są zlokalizowane wzdłuż linii komunikacyjnych. Dokonano charakterystyki problematyki oddziaływania drgań pojazdów na otoczenie dalsze. Następnie przedstawiono wybrane wyniki badań eksperymentalnych wpływu drgań autobusów oraz łącznych przejazdów środków transportu miejskiego. Otrzymane wartości drgań zestawiono z wartościami dopuszczalnymi określonymi w normie. Zamieszczono również ocenę potencjalnych skutków zdrowotnych powstałych w wyniku zarejestrowanych oddziaływań dynamicznych.

Słowa kluczowe: drgania komunikacyjne, otoczenie dalsze, ludzie w budynkach, wartości dopuszczalne drgań

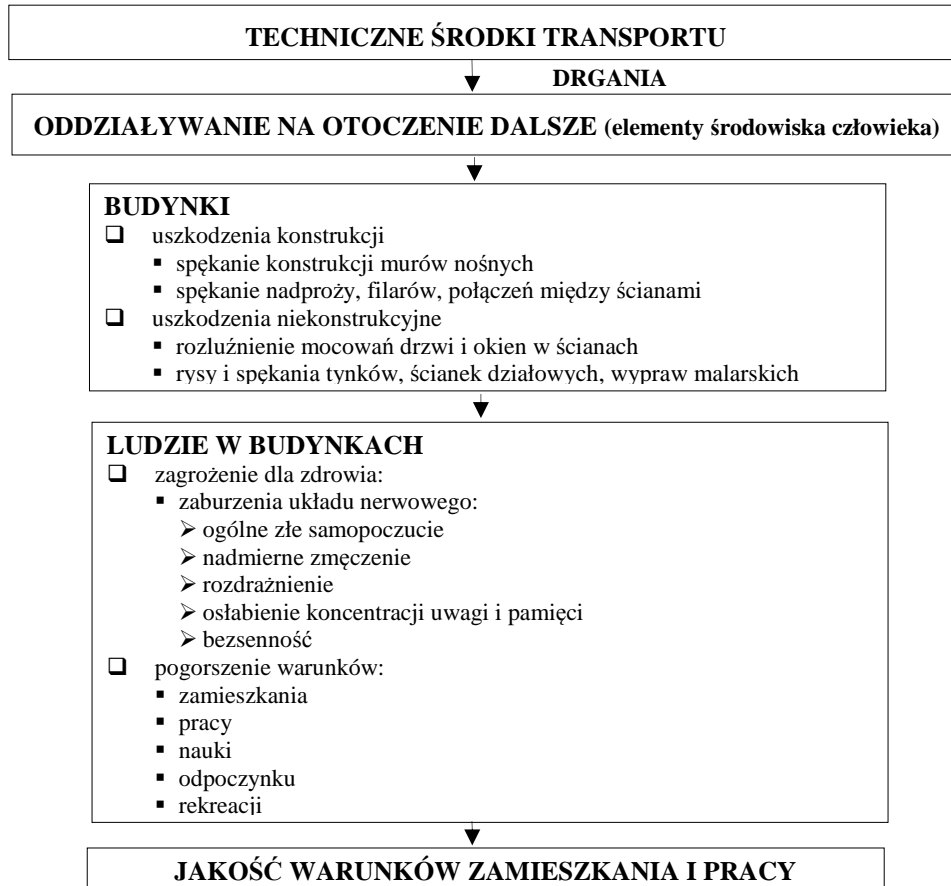
WPROWADZENIE

W dużych aglomeracjach miejskich istnieje wiele miejsc o dużym natężeniu ruchu komunikacyjnego z udziałem różnorodnych środków transportu. Coraz więcej takich obszarów powstaje w związku z rozbudową linii metra warszawskiego. Następuje wówczas koncentracja ruchu pojazdów szynowych i drogowych w jednym miejscu, bardzo często w bliskiej odległości od budynków, nie tylko usługowych, ale również mieszkalnych. W wyniku tego może dochodzić do obniżenia komfortu zamieszkania i odpoczynku oraz ewentualnych zaburzeń zdrowia, głównie w zakresie prawidłowego funkcjonowania układu nerwowego. Powoduje to konieczność diagnozowania stanu klimatu akustycznego na terenach zagrożonych. Analiza ta może być prowadzona zarówno za pomocą badań symulacyjnych realizowanych przed oddaniem do użytku inwestycji, jak również poprzez badania eksperymentalne prowadzone po oddaniu obiektu do eksploatacji.

Ze względu na duży udział autobusów wśród wszystkich przejazdów środków transportu komunikacji miejskiej, w niniejszej pracy podjęto próbę określenia potencjalnych skutków zdrowotnych wpływu drgań tych pojazdów na ludzi w budynkach. W przypadku stwierdzenia, iż przejazdy autobusów powodują pogorszenie jakości zamieszkania, pracy lub odpoczynku, należy określić ewentualne działania korygujące oraz zapobiegawcze. Pozwoli to na uzyskanie optymalnych warunków przebywania w obiektach zlokalizowanych w bezpośrednim sąsiedztwie linii komunikacyjnych o dużym natężeniu ruchu.

1. WPLYW DRGAŃ POJAZDÓW NA OTOCZENIE DALSZE

Problematyka wpływu drgań autobusów komunikacji miejskiej dotyczy systemu człowiek - techniczny środek transportu. Podsystemami tego układu jest otoczenie bliższe (pojazd, w którym przebywają operatorzy, pracownicy i pasażerowie) i otoczenie dalsze. W otoczeniu dalszym znajdują się m. in. budynki, konstrukcje oraz ludzie przebywający w tych obiektach (rys. 1) [5], [6].



Rys. 1. Schemat oddziaływania drgań w otoczeniu dalszym układu techniczny środek transportu – otoczenie

Źródło: [2], [4].

Drgania w otoczeniu dalszym oddziałują na elementy środowiska człowieka. Skutkami wpływu drgań mogą być, poza uszkodzeniami samych budynków, niekorzystne warunki dla przebywających w nich ludzi. Należy przy tym zwrócić uwagę, iż próg odczuwalności drgań przez ludzi jest niższy niż przez budynki. Wartości drgań stwierdzone na podstawie badań mogą zostać ocenione jako nieszkodliwe dla obiektów, natomiast biorąc pod uwagę wpływ na ludzi będą przekraczały wartości dopuszczalne powodując skutki wymienione na powyższym rysunku [1].

Wpływ drgań na organizm ludzki zależy od podstawowych parametrów drgań: przyspieszenia, prędkości, przemieszczenia, częstotliwości, kierunku działania i czasu trwania. Skutki oddziaływania drgań na organizm ludzki rozpatrywane są również w zależności od indywidualnych cech osobniczych: budowy ciała, masy, wieku, płci, kondycji fizycznej i psychicznej oraz cech fizjologicznych. Ponadto istotne jest miejsce przekazywania drgań na człowieka i pozycja odbioru. W pozycji stojącej przenoszenie drgań

odbywa się przez stopy i kończyny górne, w pozycji siedzącej przez biodra, zaś w pozycji leżącej głównie przez kończyny, tułów i głowę [2], [3], [4].

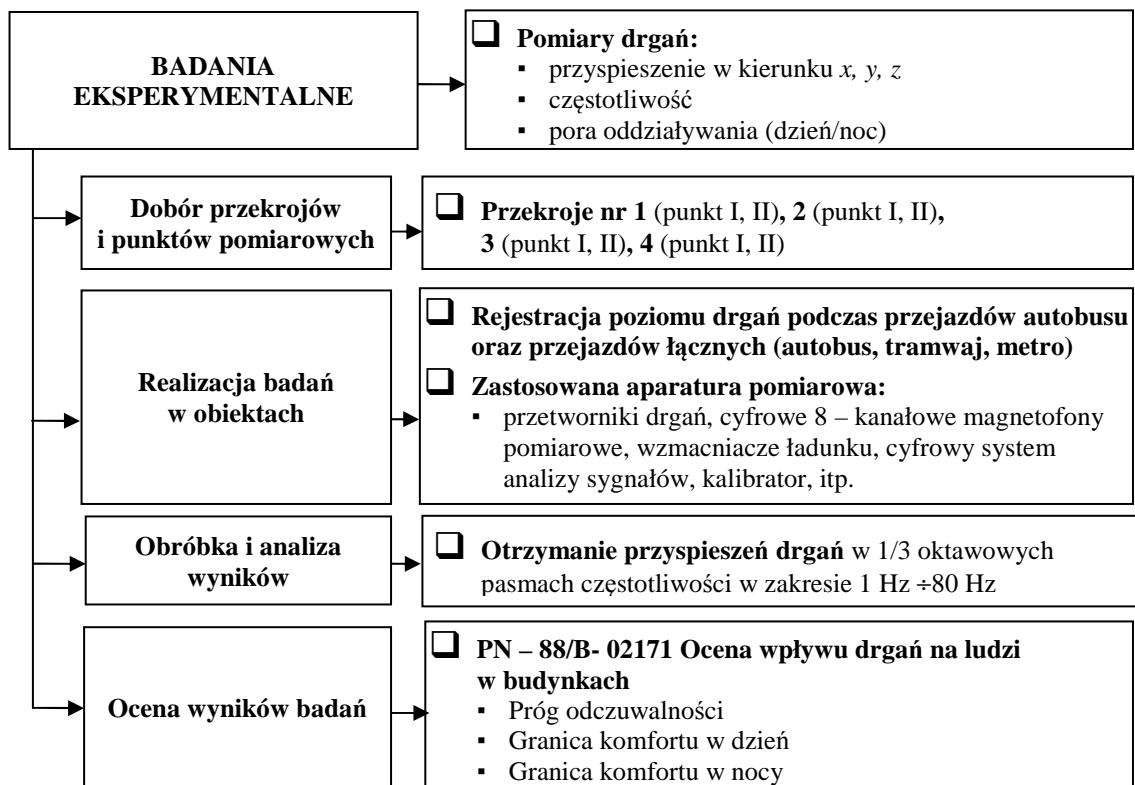
2. BADANIA EKSPERYMENTALNE DRGAŃ GENEROWANYCH PRZEJAZDAMI AUTOBUSÓW

Do oceny oddziaływania drgań na ludzi w budynkach, w wyniku przejazdów autobusów komunikacji miejskiej, wykorzystano badania oparte na pomiarach przyspieszeń drgań. Polegały one na wyznaczeniu w wybranym budynku przy ul. Słowackiego w Warszawie, czterech przekrojów i dwóch punktów pomiarowych, w których przy zastosowaniu odpowiedniej aparatury, wykonano pomiary drgań w trzech kierunkach: poziomym x i y oraz pionowym z . Punkty pomiarowe w każdym z przekrojów określono w zależności od poziomu kondygnacji. Punkt I wyznaczono na pierwszej kondygnacji, na podłodze w połowie rozpiętości stropu, natomiast punkt II - na poziomie najwyższej kondygnacji, również na podłodze, w połowie rozpiętości stropu [8].

Po dokonaniu obróbki i analizy wyników, przeprowadzono ocenę w oparciu o normę PN – 88/B-02171 [7]. Przy badaniu oddziaływania drgań uwzględniono:

- próg odczuwalności drgań przez ludzi,
- próg komfortu w pomieszczeniach mieszkalnych w porze nocnej (od godz. 22.00 - 6.00),
- próg komfortu w pomieszczeniach mieszkalnych w porze dziennej (od godz. 6.00 - 22.00) i w pomieszczeniach biurowych przez całą dobę.

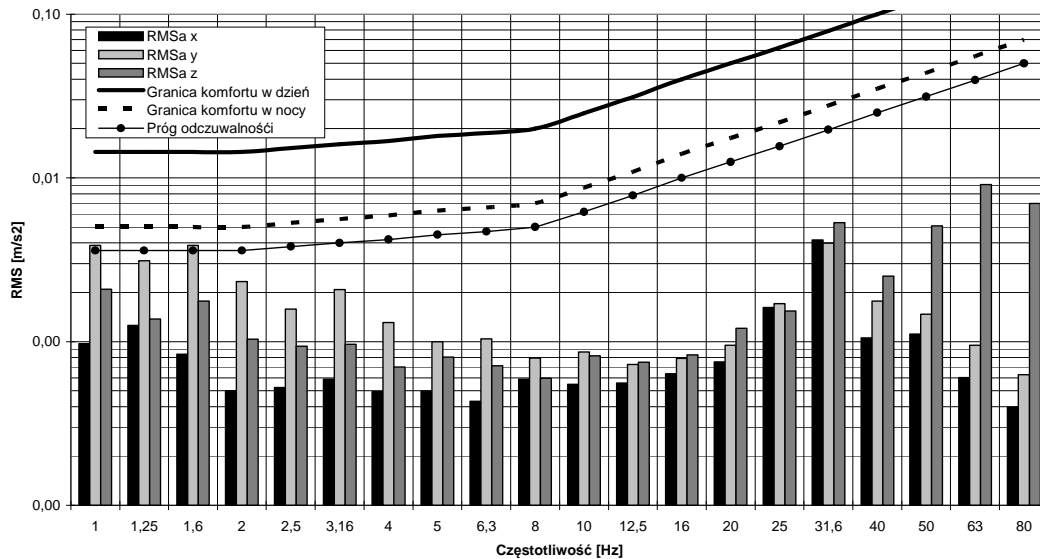
Na poniższym rysunku przedstawiono przebieg kolejnych etapów analiz eksperymentalnych (rys. 2).



Rys. 2. Zakres przeprowadzonych badań eksperymentalnych

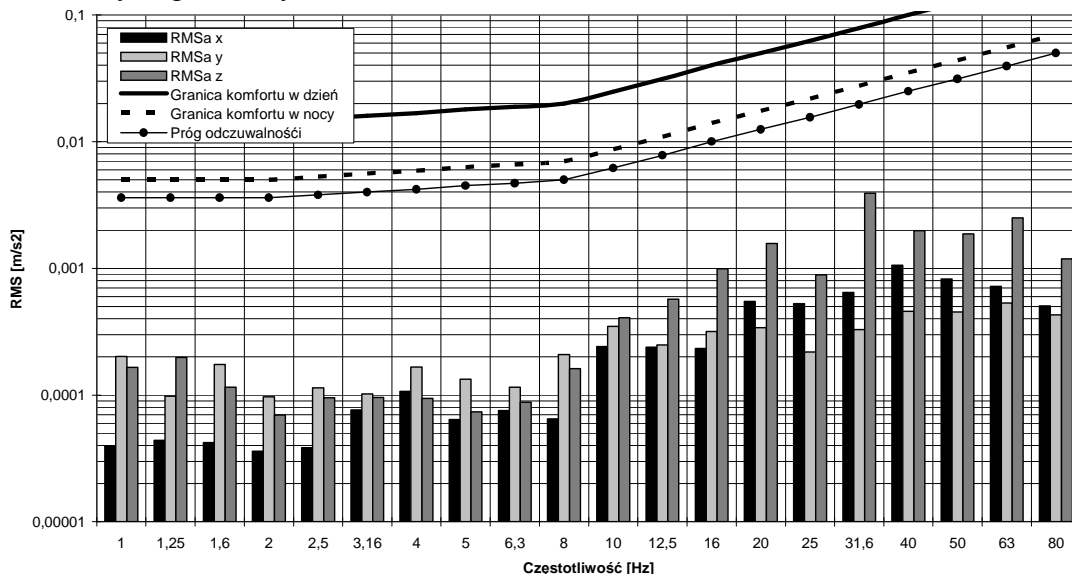
Źródło: [8].

Ocena wpływu drgań w niniejszej pracy została oparta o wyniki badań otrzymane w wybranym przekroju pomiarowym oznaczonym nr 2. Podczas przejazdu autobusów, w wyżej wymienionym przekroju, zarejestrowane zostały przekroczenia progu odczuwalności drgań. Dotyczyło to punktu pomiarowego nr I, zlokalizowanego na poziomie pierwszej kondygnacji. Przekroczenia wystąpiły przy niskich częstotliwościach, tj. 1 i 1,6 Hz w kierunku poziomym y (rys. 3).



Rys. 3. Wartości przyspieszeń drgań oddziałujących na ludzi w budynku przy ul. Słowackiego wywołanych przejazdem autobusu na pierwszej kondygnacji w punkcie pomiarowym nr I w kierunkach x, y, z.

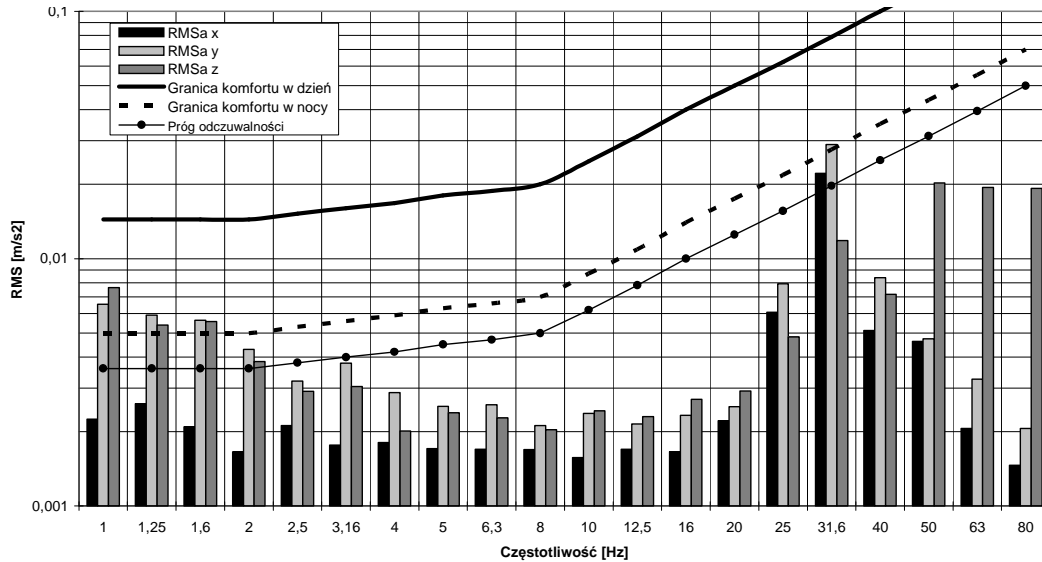
Z kolei wartości drgań zmierzone w tym samym przekroju pomiarowym, na najwyższej kondygnacji (punkt pomiarowy nr II), były znacznie niższe niż na pierwszej kondygnacji. Przejazdy autobusów w tym punkcie pomiarowym nie spowodowały przekroczenia żadnej z dopuszczalnych granic (rys. 4).



Rys. 4. Wartości przyspieszeń drgań oddziałujących na ludzi w budynku przy ul. Słowackiego wywołanych przejazdem autobusu na najwyższej kondygnacji w punkcie pomiarowym nr II w kierunkach x, y, z.

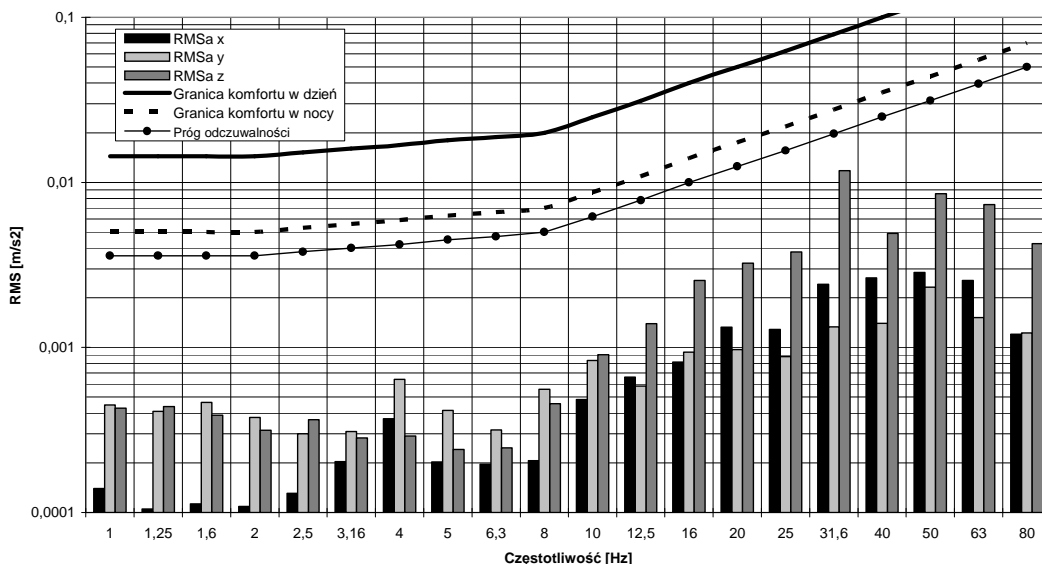
W opisywanym przekroju badano również drgania powstałe w wyniku łącznych przejazdów autobusów, tramwajów oraz metra. W punkcie pomiarowym nr I zarejestrowano

przekroczenie progu odczuwalności drgań w zakresie $1 \div 2$ Hz, w kierunkach y i z oraz przy częstotliwości 31,6 Hz w kierunkach poziomych x i y . Największe przekroczenie zanotowano przy częstotliwości 1 Hz w kierunku z o $0,004036 \text{ m/s}^2$. Na skutek sumarycznego oddziaływania środków transportu stwierdzono również wystąpienie wartości wyższych od określających granicę komfortu w nocy, wystąpiły one w przedziale $1 \div 1,6$ Hz w kierunku y i z oraz przy częstotliwości 31,6 Hz w kierunku y . Nie odnotowano natomiast przekroczenia granicy komfortu w dzień (rys. 5).



Rys. 5. Wartości przyspieszeń drgań oddziałujących na ludzi w budynku przy ul. Słowackiego wywołanych przejazdem autobusu, tramwaju oraz metra na pierwszej kondygnacji w punkcie pomiarowym nr I w kierunkach x , y , z .

Na najwyższej kondygnacji, drgania zarejestrowane w wyniku przejazdów łącznych osiągały wartości znacznie niższe od dopuszczalnych granic (podobnie, jak w przypadku drgań generowanych przez autobusy) (rys. 6).



Rys. 6. Wartości przyspieszeń drgań oddziałujących na ludzi w budynku przy ul. Słowackiego wywołanych przejazdem autobusu, tramwaju oraz metra na najwyższej kondygnacji w punkcie pomiarowym nr II w kierunkach x , y , z .

3. ANALIZA ODDZIAŁYWANIA DRGAŃ AUTOBUSÓW NA LUDZI W BUDYNKACH

Pomiary drgań wykonane w przekroju nr 2 wykazały, iż przejazdy autobusów komunikacji miejskiej powodują jedynie niewielkie przekroczenia jednej z trzech dopuszczalnych granic określonych w normie. Dotyczy to pierwszej kondygnacji budynku, gdzie został przekroczony próg odczuwalności drgań przez ludzi. Na najwyższej kondygnacji nie odnotowano występowania drgań o wartościach, które mogłyby wpływać negatywnie na ludzi (żadna z dopuszczalnych granic nie została przekroczona). W związku z powyższym należy przyjąć, iż ruch autobusów w niewielkim stopniu oddziałuje na warunki przebywania ludzi w rozpatrywanym budynku.

Analizując problematykę oddziaływania drgań autobusów na ludzi w budynkach konieczne jest uwzględnienie wyników pomiarów drgań zarejestrowanych podczas łącznych przejazdów środków transportu miejskiego. Należy w tym miejscu podkreślić, iż pomimo, że przejazdy samych autobusów nie wpływają znacząco na stan klimatu wibroakustycznego, to przyczyniają się do wzrostu wartości drgań zanotowanych w czasie równoczesnej eksploatacji pozostałych środków transportu - metra i tramwajów. Z wykresu 5 wynika, iż podczas przejazdów sumarycznych, na pierwszej kondygnacji, przy niskich częstotliwościach, w zakresie 1-2 Hz oraz przy częstotliwości 31,6 Hz, drgania są odczuwalne przez ludzi oraz zakłócają komfort przebywania w nocy.

Na podstawie uzyskanych wyników badań drgań autobusów na ludzi w budynkach można przyjąć, iż pomimo stwierdzenia niewielkich przekroczeń granicy odczuwalności, mogą jednak wystąpić negatywne skutki wpływu drgań. Stwierdzone przekroczenia dotyczyły drgań poziomych przy częstotliwości 1 Hz i 1,6 Hz, a dla drgań w tym kierunku największa wrażliwość człowieka zawiera się właśnie w paśmie najniższych częstotliwości tj. 1-2 Hz. Jest to zakres rezonansowy dla drgań poziomych i są one odczuwane przy najmniejszych wartościach przyspieszeń w porównaniu z wartościami przyspieszeń o wyższych częstotliwościach. Ewentualne skutki zależą jednak od indywidualnych predyspozycji człowieka [3], [4].

W rozpatrywanym budynku w wyniku łącznych przejazdów środków transportu, w tym autobusów, zostały przekroczone dwie z rozpatrywanych trzech dopuszczalnych granic tj. próg odczuwalności oraz granica komfortu w nocy. Przekroczenia zanotowane na pierwszej kondygnacji wystąpiły we wszystkich kierunkach oddziaływania drgań. W zakresie niskich częstotliwości dotyczyły kierunku poziomego y i pionowego z oraz przy częstotliwości 31,6 Hz kierunków poziomych x (próg odczuwalności) i y (próg odczuwalności i granica komfortu w nocy). Na podstawie dostępnej literatury można stwierdzić, iż zarejestrowane przy niskich częstotliwościach przekroczenia, zarówno w kierunku poziomym jak i pionowym, mogą powodować u człowieka ogólne złe samopoczucie, zmęczenie, osłabienie koncentracji i pamięci oraz bezsenność. Natomiast na odnotowane wartości drgań przy częstotliwości 31,6 Hz ludzie mogą reagować ogólnym stanem zmęczenia psychofizycznego, bólem i zawrotami głowy oraz zaburzeniami równowagi [2], [3], [4], [9].

Z powyższego wynika, iż oddziaływanie drgań na ludzi w rozpatrywanym budynku dotyczy głównie układu nerwowego powodując skutki funkcjonalne i fizjologiczne (pogorszenie sprawności funkcji narządów zmysłów). Należy jednak podkreślić, iż odczuwane dolegliwości będą ściśle zależały od indywidualnych predyspozycji człowieka. Decydujące znaczenie dla ewentualnych skutków drgań będą miały takie czynniki osobnicze jak m. in.: wiek, masa ciała, aktualnego kondycja fizyczna i psychiczna oraz stan zdrowia [2], [3], [4].

WNIOSKI

W niniejszej pracy opisano problematykę oddziaływania autobusów komunikacji miejskiej w zakresie drgań generowanych w wyniku ich przejazdów na ludzi w budynkach. Przedstawione powyżej wyniki badań eksperymentalnych i ich analiza pozwala na stwierdzenie, iż drgania autobusów powodują zaburzenia środowiska życia człowieka przebywającego w budynku. Ze względu na przekroczenie dopuszczalnego progu odczuwalności drgań, u ludzi przebywających na najniższej kondygnacji mogą wystąpić negatywne skutki zdrowotne. Ich ewentualne odczuwanie jest ściśle zależne od indywidualnych predyspozycji osobniczych.

Do analizy wpływu drgań autobusów komunikacji miejskiej na otoczenie dalsze przyjęto również otrzymane wartości drgań łącznych powstałych podczas równoczesnych przejazdów autobusów, tramwajów i metra. Pozwoliło to na szersze ujęcie omawianej problematyki. Na podstawie interpretacji otrzymanych wyników należy stwierdzić, iż skutki tego oddziaływania są istotne i z dużym prawdopodobieństwem będą negatywnie wpływały na warunki przebywania w budynku. Dotyczy to jednak, podobnie jak w przypadku oddziaływania samych autobusów, jedynie pierwszej kondygnacji.

Przedstawione w pracy wyniki badań eksperymentalnych pokazują, iż wartości przyspieszeń drgań były zdecydowanie wyższe na pierwszej kondygnacji i wraz ze wzrostem wysokości ulegały obniżeniu. Wniosek ten może być brany pod uwagę w projektowanych budynkach narażonych na oddziaływanie drgań z różnych rodzajów środków transportu komunikacji miejskiej, a w szczególności w miejscach równoczesnych przejazdów autobusów, tramwajów oraz metra. W obiektach położonych w bliskiej odległości od wymienionych wyżej linii komunikacyjnych, pierwsza kondygnacja powinna być przeznaczona na lokale usługowe i użyteczności publicznej a nie powinna pełnić funkcji mieszkalnych. Taka kwalifikacja powinna być jednak poprzedzona dokładnymi badaniami symulacyjnymi.

W celu poprawy warunków przebywania ludzi w budynkach narażonych na drgania wywołane przejazdami autobusów komunikacji miejskiej należy wziąć pod uwagę w projektowanych drogach rozwiązania techniczne ograniczające propagację drgań do podłoża. Poza stosowaniem nawierzchni asfaltowej można uwzględnić wyeliminowanie z pasów ruchu wody opadowej, pokryw włączów do kanałów, łączów itp. Skuteczne byłoby również dodatkowe ograniczenie prędkości ruchu pojazdów kołowych. Poza rozwiązaniami technicznymi samych dróg, zmniejszenie poziomu drgań do środowiska uzyskiwane jest poprzez sukcesywną wymianę taboru autobusowego na pojazdy z nowoczesnymi zawieszzeniami pneumatycznymi.

Adknowledge:Praca finansowana ze środków na naukę w latach 2010/2011, projekt badawczy nr N N509 501838.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ciesielski R., Maciąg E.: Drgania drogowe i ich wpływ na budynki, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1990, s. 246.
- [2] Engel Z.: Ochrona środowiska przed drganiami i hałasem, Wyd. 2, Wydawnictwo Naukowe PWN S.A., Warszawa 2001.
- [3] Harazin B.: Zagrożenia zdrowia wywołane działaniem drgań mechanicznych, Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego, Sosnowiec 2000.

- [4] Nader M.: Modelowanie i symulacja oddziaływania drgań pojazdów na organizm człowieka, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej - Transport, z. 46 Monografia, Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa 2001, s. 172.
- [5] Nader M.: Propagation Of Communication Vibrations Analysis In Human - Vehicle System, Proceedings of 37th International Congress & Exhibition on Noise Control Engineering, INTER-NOISE 2008, Shanghai, China 2008, s. 6.
- [6] Nader M., Purta E.: Identyfikacja skutków oddziaływania drgań środków transportu na ludzi przebywających w budynku na przykładzie tramwaju, Prace Naukowe Politechniki Radomskiej - Transport Nr 1(25)/2007, Radom 2007, s. 215.
- [7] Polska Norma PN-B-02171:1988 (PN-88/B-02171) Ocena wpływu drgań na ludzi w budynkach.
- [8] Praca zbiorowa pod kier. M. Nadera.: Badanie, analiza i ocena wpływu drgań od naziemnej komunikacji miejskiej i obciążeń dynamicznych od projektowanej linii metra–stacji Pl. Wilsona wraz z torami odstawczymi, na konstrukcję 21 budynków mieszkalnych, położonych wzdłuż ul. Słowackiego w Warszawie, na odcinku od Pl. Wilsona do ul. Krechowieckiej oraz oddziaływania na przebywających ludzi, Konsorcjum Politechnika Warszawska – Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 2005, s. 417.
- [9] Żukowski P.: Hałas i wibracje w aspekcie zdrowia człowieka, Zarys problematyki i metod badań, Wydawnictwo Oświatowe FOSZE, Rzeszów 1996.

THE IMPACT OF CITY TRANSPORT BUSES ON THE PEOPLE IN THE FURTHER SURROUNDINGS

Summary:

This work concerns the analysis of the effects of vibration caused by the passing city transport busses, on the people staying in the buildings located along communication lines. The characteristics have been made of issues relating to vehicle vibration impact on the further surroundings. Then the selected results of experiments of the vibration impact caused by the buses and the total public transport have been presented. Obtained vibration values have been compared with the limit values specified in the norms. The next section contains the rating of potential health effects resulting from registered dynamic interactions. The work has been summarized with conclusions.

Key words: communications vibrations, the further surroundings, people in buildings, the limits of vibration.