

dr inż. JOLANTA KOTON
mgr inż. ARTUR MAJEWSKI
Centralny Instytut Ochrony Pracy
– Państwowy Instytut Badawczy

noise
control
'04

Drgania i hałas na stanowiskach pracy w środkach komunikacji miejskiej – badania dozymetryczne

Z doniesień literaturowych, zwłaszcza ostatniego dziesięciolecia, wynika, że skojarzone działanie na organizm człowieka dwóch lub więcej szkodliwych i uciążliwych czynników środowiska pracy potęguje niekorzystne skutki działania każdego z nich występującego oddzielnie. Do stanowisk pracy, na których występują łącznie różne czynniki środowiska, należą niewątpliwie stanowiska obsługi wszelkiego rodzaju pojazdów, w tym pojazdów komunikacji miejskiej. W artykule przedstawiono wyniki badań jednoczesnej ekspozycji kierowców na drgania i hałas w autobusach miejskich, tramwajach i w metrze. Uzyskane wyniki porównano z wartościami kryterialnymi ustalonymi dla tych czynników ze względu na ochronę zdrowia w przepisach krajowych i w dyrektywach Unii Europejskiej.

Evaluation of noise and vibration exposure at workplaces in city transportation using noise and vibration dose meters

Drivers of city transportation are exposed to noise and vibration, among others, which may affect health, comfort and perception. In order to evaluate occupational exposure and to assess the risk arising from those two agents, measurements were carried out in Warsaw city buses, trams and metro. Daily exposure to noise and vibration was measured simultaneously, throughout the working day, using noise and vibration dose meters. The results of the measurements as well as a comparison of work conditions in specific kinds of city transportation are presented and discussed in this paper. Moreover, the obtained daily exposure to noise and vibration is compared with the requirements of Polish law and the safety requirements of Directive 2002/44/EC (vibration) and Directive 2003/10/EC (noise).

Wstęp

Kierujący pojazdami komunikacji miejskiej mogą być narażeni na takie szkodliwe czynniki fizyczne, jak hałas, niekiedy hałas infradźwiękowy, drgania mechaniczne o ogólnym działaniu na organizm, a także drgania przenoszone do rąk. Ponadto prowadzący pojazd zajmuje długotrwale wymuszoną pozycję ciała, w kabinie kierującego pojazdem nie zawsze panuje korzystny dla zdrowia mikroklimat, a odpowiedzialność za zdrowie i życie pasażerów może prowadzić do stresu psychicznego.

Wymienione przykładowo czynniki fizyczne, ergonomiczne i psychologiczne zazwyczaj występują jednocześnie, a skutki ich oddziaływania są bardzo różnorodne. Z grupy czynników fizycznych szczególnie istotne są czynniki wibroakustyczne, tj. hałas i drgania mechaniczne, które działają bezpośrednio na organizm, a działanie to z upływem czasu może się ujawnić, w postaci konkretnych jednostek chorobowych. Ponadto, hałas i drgania mogą powodować także chwilowe stany psychofizjologiczne, w których kierujący pojazdem ma rozproszoną uwagę, zakłóconą percepcję różnych sygnałów akustycznych (ostrzegawczych i generowanych przez sam pojazd), ograniczone postrzeganie zjawisk z otoczenia itp., co może prowadzić do poważnych następstw wypadkowych.

Mając to na uwadze, podjęto pracę badawczą ukierunkowaną m.in. na wyznaczenie dziennej ekspozycji na drgania mechaniczne i hałas kierowców środków komunikacji miejskiej na podstawie pomiarów dozymetrycznych.

Metodyka badań

Przyjęto, że do określenia rzeczywistej dziennej ekspozycji osób prowadzących pojazdy na czynniki wibroakustyczne zostaną wykorzystane – jako najbardziej miarodajne – metody dozymetryczne. Zastosowanie tych metod, które z założenia wymagają prowadzenia pomiarów zarówno drgań mechanicznych, jak i hałasu przez pełną zmianę roboczą, pozwala uniknąć wielu etapów, potencjalnie generujących błędy, występujących w klasycznym procesie wyznaczania ekspozycji na badane czynniki, a mianowicie:

- identyfikowania wszystkich poszczególnych czynności, które wykonuje pracownik podczas typowego dnia pracy
- wyodrębniania spośród zidentyfikowanych czynności tych, podczas których pracownik jest ekspozycyjnie na badane czynniki i przy których mają być wykonywane pomiary
- określania czasów dziennej ekspozycji na badane czynniki przy każdej wyodrębnionej czynności
- ustalania – dla wyodrębnionych czyn-

ności – takich przedziałów czasu wykonywania pomiaru, w których można uznać, że badany czynnik przyjmuje wartość reprezentatywną dla jego wartości w rzeczywistym czasie trwania tej czynności

- wykonywania pomiarów wartości czynnika przy każdej wyodrębnionej czynności z ekspozycją na ten czynnik
- wyznaczania ekspozycji całkowitej, na podstawie ekspozycji cząstkowych.

Zmniejsza to znacznie budżet niepewności przy wyznaczaniu dziennej ekspozycji na rozważane czynniki, a także całkowitą niepewność w określaniu równoważnej energetycznie za 8 godzin wartości drgań mechanicznych i wartości hałasu.

W odniesieniu do drgań mechanicznych podczas badań wyznaczano bezpośrednio ważoną częstotliwościowo, równoważną za 8 godzin, wartość przyspieszenia drgań w trzech wzajemnie prostopadłych kierunkach. Pomiary wykonywano w odniesieniu do trzech składowych kierunkowych jednocześnie. Odczyt wyznaczanych wielkości umożliwiły zastosowane w badaniach dozymetry drgań, które opracowano i wykonano specjalnie do tych potrzeb [1]. Ważone częstotliwościowo, równoważne za 8 godzin, wartości przyspieszenia drgań w trzech kierunkach x , y , z stanowiły zestaw bazowych danych do programowego przetwarzania, w celu wyznaczenia wartości równoważnej za 8 godzin sumy wektorowej przyspieszeń drgań, czyli wartości całkowitej dziennej ekspozycji $A(8)$ na ten czynnik na każdym kontrolowanym stanowisku pracy. Zgodnie z przepisami obowiązującymi w Polsce, wartość całkowitej dziennej ekspozycji na drgania, zarówno działające na pracownika w sposób ogólny, jak i przez kończyny górne, jest wyznaczana ze wzoru:

$$A(8) = \sqrt{A_x(8)^2 + A_y(8)^2 + A_z(8)^2} \quad (1)$$

w którym:

$$A_i(8) = k_i \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{wi}^2 \cdot T_i} \quad (2)$$

gdzie:
 a_{wli} – oznacza ważoną częstotliwościowo skuteczną wartość przyspieszenia drgań, określoną dla przedziału czasu T_i
 $l = x, y, z$
 T_o – oznacza czas odniesienia równy 8 h (28800 s)

oraz

- dla drgań ogólnych: $k_x = k_y = 1,4$ dla kierunków x, y ; $k_z = 1$ dla kierunku z
- dla drgań przenoszonych przez kończyny górne: $k_x = k_y = k_z = 1$ dla kierunków x, y, z .

Do badań drgań mechanicznych z zastosowaniem opisanej metodyki przygotowano dwa zestawy aparatury – podstawowy oraz zastępczy. W ich skład wchodziły następujące elementy:

- trójosiowy, siedziskowy przetwornik drgań Brüel & Kjær, typ 4322 (w zestawie zastępczym zastosowano trójosiowy przetwornik drgań Brüel & Kjær, typ 4321)
- trójosiowy przetwornik drgań do pomiarów drgań miejscowych Brüel & Kjær, typ 4326A (w zestawie zastępczym zastosowano trzy przetworniki drgań Brüel & Kjær, typ 4393V)
- zestaw 3 dozymetrów drgań; konstrukcja na bazie wibrometrów VC3 (w zestawie zastępczym konstrukcja na bazie wibrometru VC3 oraz WH31).

Równocześnie z pomiarami drgań mechanicznych wykonywano na stanowiskach pracy w środkach komunikacji miejskiej pomiary hałasu. Wielkością mierzoną bezpośrednio był poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8 godzin – również za pomocą dozymetru – oraz maksymalny poziom dźwięku A , $L_{A,max}$ i szczytowy poziom dźwięku C , $L_{C,peak}$. Do badań stosowano dozymetr hałasu Brüel & Kjær, typ 4436.

Pojazdy wybrane do badań i warunki badań

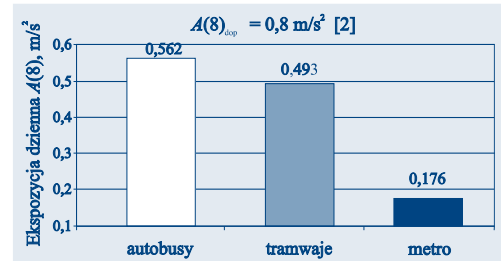
Badaniom podlegały środki komunikacji miejskiej eksploatowane w Warszawie. Do badań wytypowano trzy typy autobusów, trzy typy wagonów tramwajowych oraz dwa eksploatowane w Warszawie rodzaje wagonów metra. Badania prowadzi-

no w warunkach rzeczywistych, w trakcie normalnej pracy kierowców pojazdów, przy przewozie pasażerów. Ekspozycje na stanowiskach pracy na drgania i hałas określano w co najmniej dwóch egzemplarzach każdego typu pojazdu z każdej grupy, w warunkach jazdy dziennej obejmującej godzinę szczytu, a w przypadku autobusów – również w warunkach jazdy nocnej. W odniesieniu do badań w autobusach i tramwajach zróżnicowano ponadto – pod względem długości i liczby przystanków – trasy jazdy, wybierając różne linie komunikacyjne. W przypadku badań na stanowiskach pracy maszynistów w metrze zrealizowano takie warianty pomiarowe, które można było odnieść do tego środka komunikacji (dwa typy wagonów, jedna linia o określonej długości i o określonej liczbie przystanków). W sumie przeprowadzono 31 ośmiogodzinnych efektywnych sesji pomiarowych, badając jednocześnie ekspozycję na drgania o ogólnym działaniu na pracowników i ekspozycję na hałas oraz 6 efektywnych sesji dwugodzinnych, celem określenia ekspozycji kierowców autobusów na drgania przenoszone do ich organizmu przez kończyny górne z koła kierownicy.

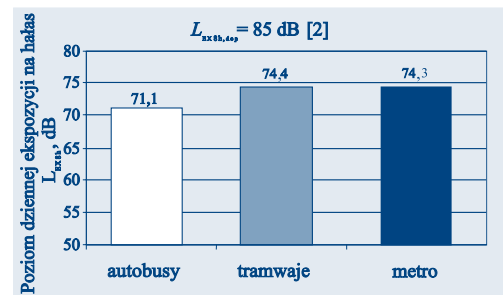
Wyniki badań a wymagania przepisów krajowych

Uzyskane wyniki badań poddano analizie pod kątem porównania dziennej ekspozycji na badane czynniki z wartościami dla tych ekspozycji dopuszczalnymi, ustalonymi w rozporządzeniu właściwego ministra [2]. Na podstawie tej analizy stwierdzono, że:

- we wszystkich przebadanych pojazdach komunikacji miejskiej wartość całkowitej dziennej ekspozycji $A(8)$ na drgania o działaniu ogólnym nie przekracza wartości uznanych w przepisach krajowych [2] za dopuszczalne ze względu na ochronę zdrowia pracowników; w autobusach średnia wartość tej ekspozycji zawiera się w przedziale od $0,414 \text{ m/s}^2$ do $0,453 \text{ m/s}^2$, w tramwajach od $0,30 \text{ m/s}^2$ do $0,46 \text{ m/s}^2$, a w metrze od $0,16 \text{ m/s}^2$ do



Rys. 1. Porównanie dziennej ekspozycji na drgania ogólne w badanych środkach komunikacji miejskiej (wartości największe spośród zarejestrowanych podczas badań)



Rys. 2. Porównanie poziomu dziennej ekspozycji na hałas w badanych środkach komunikacji miejskiej (wartości największe spośród zarejestrowanych podczas badań)

$0,176 \text{ m/s}^2$ – przy wartości dopuszczalnej równej $0,8 \text{ m/s}^2$

- średnie wartości dziennej ekspozycji na drgania miejscowe, przenoszone do organizmu kierowców autobusów przez kończyny górne z koła kierownicy, zawierają się w granicach od $1,2 \text{ m/s}^2$ do $2,03 \text{ m/s}^2$ – przy wartości dopuszczalnej dla tego rodzaju drgań równej $2,8 \text{ m/s}^2$

- żadna z wielkości charakteryzujących hałas na stanowiskach pracy w badanych pojazdach nie przekracza wartości dopuszczalnych [2] ustalonych dla tych wielkości ze względu na ochronę słuchu

– poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8 godzin na stanowisku pracy kierowcy w autobusach zawiera się w granicach od 67,3 dB do 69,3 dB, w tramwajach od 70,9 dB do 74,3 dB, a w metrze od 72,7 dB do 74,1 dB (wartości średnie) – przy wartości dopuszczalnej dla tej wielkości równej 85 dB

– maksymalny poziom dźwięku A w autobusach zawiera się w granicach od 86,9 dB do 91,3 dB, w tramwajach od 90,4 dB do 93,8 dB, a w metrze od 89,5 dB do 102 dB (wartości średnie) – przy wartości dopuszczalnej równej 115 dB

– szczytowy poziom dźwięku C w autobusach zawiera się w granicach od 121,4 dB do 126,2 dB, w tramwajach od 118,9 dB do 129,4 dB, a w metrze od 121,2 dB do 129,1 dB (wartości średnie) – przy wartości dopuszczalnej równej 135 dB.

Porównując dzienne ekspozycje $A(8)$ na drgania mechaniczne o działaniu ogólnym

Tabela 1

PORÓWNANIE POZIOMU DZIENNEJ EKSPOZYCJI, $L_{EX,8h}$, NA HAŁAS ORAZ SZCZYTOWEGO POZIOMU DŹWIĘKU C, L_{Cpeak} , NA STANOWISKACH PRACY W ŚRODKACH KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ Z WYMAGANIAMI DYREKTYWY 2003/10/WE

Kategoria środka komunikacji	Typ pojazdu (liczba pojazdów zbadanych)	Wartości poziomu dziennej ekspozycji na hałas, $L_{EX,8h}$, dB i szczytowego poziomu dźwięku C, L_{Cpeak} , dB											
		$L_{EX,8h}$			L_{Cpeak}			wymagania dyrektywy					
		średnia	min.	max	średnia	min.	max	wartość graniczna	wartość działania		$L_{EX,8h}$	L_{Cpeak}	
									górna	dolna			
$L_{EX,8h}$	L_{Cpeak}	$L_{EX,8h}$	L_{Cpeak}	$L_{EX,8h}$	L_{Cpeak}								
Autobusy	1 (5)	69,3	67,2	71,1	126,2	123,3	130,9	87	140	85	137	80	135
	2 (5)	68,4	65,0	70,4	121,4	116,1	124,0						
	3 (5)	67,3	64,4	68,7	124,0	120,5	132,5						
Tramwaje	1 (4)	74,3	74,0	74,4	118,9	116,3	123,5						
	2 (4)	72,8	71,8	73,8	121,3	115,2	129,1						
	3 (4)	70,9	69,8	72,5	129,4	128,5	131,2						
Metro	1 (2)	74,1	73,9	74,3	121,2	115,3	127,1						
	2 (2)	72,7	72,4	72,9	129,1	123,3	134,9						

pracy motorniczych w tramwajach i maszynistów w metrze.

Wyniki badań a wymagania dyrektyw europejskich

Europejskimi aktami prawnymi, ustalającymi minimalne wymagania dotyczące ochrony zdrowia i bezpieczeństwa w związku z ryzykiem wynikającym z ekspozycji pracowników na drgania mechaniczne i hałas są odpowiednio: dyrektywa 2002/44/WE [3] z dnia 25 czerwca 2002 r. i dyrektywa 2003/10/WE [4] z dnia 6 lutego 2003 r.

W myśl postanowień dyrektywy dotyczącej drgań, wielkością podlegającą ocenie przy narażeniu na drgania miejscowe jest całkowita dzienna ekspozycja $A(8)$ określana – jak w Polsce – ze wzoru (1). Dla wielkości tej ustalono w dyrektywie [3] dwie wartości progowe, obie odniesione do 8-godzinnej ekspozycji, tj.:

- dzienną graniczną wartość ekspozycji, która wynosi 5 m/s^2

- dzienną wartość ekspozycji, przy której należy podejmować działania zapobiegawcze, a która wynosi $2,5 \text{ m/s}^2$.

W odniesieniu do drgań ogólnych, zgodnie z przywołaną dyrektywą [3], wielkością podlegającą ocenie jest wartość równoważnego dla 8 godzin skutecznego, ważonego częstotliwościowo przyspieszenia drgań jednej składowej, uznanej za składową dominującą, nie zaś wartość całkowitej ekspozycji wyznaczanej wg wzoru (1). Wartość podlegającą ocenie w myśl dyrektywy [3] wyznacza się ze wzoru:

$$A(8) = \max \{A_x(8), A_y(8), A_z(8)\} \quad (3)$$

Zatem w przypadku drgań ogólnych wymagania dyrektywy [3] odnoszą się do innej wielkości niż wymagania ustanowione w Polsce. Dla wielkości zdefiniowanej wzorem (3) ustalono w dyrektywie [3] również dwie wartości progowe; obie, podobnie jak w odniesieniu do drgań miejscowych, odniesione do 8-godzinnej ekspozycji:

- dzienną graniczną wartość ekspozycji, która wynosi $1,15 \text{ m/s}^2$

- dzienną wartość ekspozycji, przy której należy podejmować działania zapobiegawcze, a która wynosi $0,5 \text{ m/s}^2$.

Mając na uwadze uzyskane wyniki badań, należy stwierdzić, że w obszarze

Tabela 2

PORÓWNANIE DZIENNEJ EKSPOZYCJI, $A(8)^*$, NA DRGANIA PRZENOSZONE PRZEZ KOŃCZYNY GÓRNE W AUTOBUSACH MIEJSKICH Z WYMAGANIAMI DYREKTYWY 2002/44/WE

Kategoria środka komunikacji	Typ pojazdu (liczba pojazdów zbadanych)	Wartości dziennej ekspozycji, $A(8)^*$, w m/s^2 , na drgania o działaniu miejscowym				
		wartości na kole kierownicy			wymagania dyrektywy	
		średnia	min.	max	wartość graniczna	wartość działania
Autobusy	1 (2)	2,03	1,63	2,49	5,00	2,50
	2 (2)	1,20	0,67	1,73		
	3 (2)	1,50	0,99	2,01		

$$* A(8) = \sqrt{A_x(8)^2 + A_y(8)^2 + A_z(8)^2}$$

oraz poziomy dziennej ekspozycji $L_{EX,8h}$ na hałas na stanowiskach pracy kierowców autobusów miejskich, motorniczych w tramwajach i maszynistów w metrze (rys. 1. i 2.), stwierdzono, że najbardziej przyjazne warunki pracy – ze względu na ekspozycję na drgania mechaniczne o ogólnym działaniu na organizm człowieka – występują na stanowiskach pracy maszynistów w metrze, mniej korzystne – na stanowiskach pracy motorniczych w tramwajach, zaś największe wartości dziennej ekspozycji na omawiany czynnik rejestruje się na stanowiskach pracy kierowców autobusów. Należy jednak

jeszcze raz podkreślić, że wartości dziennej ekspozycji na drgania ogólne w żadnym z badanych środków komunikacji miejskiej nie przekraczają wartości dopuszczalnej ustalonej ze względu na ochronę zdrowia. Również w odniesieniu do ekspozycji na hałas stwierdzono, że poziom dziennej ekspozycji na ten czynnik, $L_{EX,8h}$, w żadnym z badanych środków komunikacji miejskiej nie przekracza wartości dopuszczalnej ustalonej ze względu na ochronę słuchu, przy czym najmniejsze wartości tego poziomu są rejestrowane na stanowiskach pracy kierowców autobusów, nieco większe – na stanowiskach

Tabela 3
 PORÓWNANIE DZIENNEJ EKSPOZYCJI, $A(8)^*$, NA DRGANIA O DZIAŁANIU OGÓLNYM WYSTĘPUJĄCE NA STANOWISKACH PRACY W ŚRODKACH KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ Z WYMAGANIAMI DYREKTYWY 2002/44/WE

Kategoria środka komunikacji	Typ pojazdu (liczba pojazdów zbadanych)	Wartości dziennej ekspozycji, $A(8)^*$, w m/s^2 , na drgania o działaniu ogólnym				
		wartości na siedzisku			wymagania dyrektywy	
		średnie	min.	max	wartość graniczna	wartość działania
Autobusy	1 (5)	0,35	0,25	0,48	1,15	0,5
	2 (5)	0,37	0,26	0,51		
	3 (5)	0,38	0,28	0,48		
Tramwaje	1 (4)	0,25	0,21	0,31		
	2 (4)	0,34	0,27	0,37		
	3 (4)	0,21	0,20	0,23		
Metro	1 (2)	0,12	0,10	0,13		
	2 (2)	0,12	0,11	0,13		

$$*A(8) = \max \{A_x(8), A_y(8), A_z(8)\}$$

oceny ekspozycji na drgania o ogólnym działaniu na człowieka, dokonywanej ze względu na ochronę zdrowia, występują różnice między prawem polskim i unijnym w odniesieniu do wielkości, która podlega ocenie, a także w odniesieniu do struktury wartości progowych i samych wartości progowych. W obszarze oceny – ze względu na ochronę zdrowia – ekspozycji na drgania przeniesione przez kończyny górne, nie ma różnic w prawie polskim i unijnym w odniesieniu do wielkości podlegającej ocenie; występujące różnice dotyczą jedynie wartości kryterialnych i ich struktury. Porównanie wyników badań ekspozycji na drgania i hałas na stanowiskach pracy w pojazdach komunikacji miejskiej z wymaganiami właściwych dyrektyw europejskich przedstawiono w tabelach 1, 2 i 3. Jak wynika z tabel, we wszystkich kontrolowanych typach pojazdów z każdej badanej kategorii:

- wartości poziomu ekspozycji na hałas odniesionego do 8 godzin oraz szczytowego poziomu dźwięku C są znacznie niższe od wartości granicznych ustalonych dla tych wielkości w dyrektywie [4], a także niższe od wartości działania
- średnie wartości dziennej ekspozycji kierowców autobusów miejskich na drgania przeniesione do rąk są niższe niż ustalona w dyrektywie [3] wartość graniczna, jednak odnotowane wartości maksymalne w niektórych przypadkach sięgają wartości działania
- również średnie wartości dziennej ekspozycji na drgania ogólne są znacznie niższe od ustalonej w dyrektywie [3] wartości granicznej, a także niższe od wartości działania. Należy jednak zaznaczyć, że odnotowane wartości maksymalne dziennej ekspozycji na te drgania w autobusach miejskich są zbliżone do wartości działania.

Wnioski

Uzyskane wyniki badań świadczą o tym, że w świetle prawa krajowego oraz unijnego zarówno ekspozycja na drgania, jak i na hałas na stanowiskach pracy w pojazdach komunikacji miejskiej, nie powinna zagrażać zdrowiu.

Jednakże:

- badania zostały przeprowadzone na stosunkowo małej próbie, zatem ich wyniki nie mogą być uważane za w pełni

reprezentatywne dla wszystkich typów pojazdów z każdej badanej kategorii środków komunikacji miejskiej

- dzienną ekspozycję na hałas i drgania określano w pojazdach komunikacji miejskiej eksploatowanych w Warszawie, gdzie tabor jest stosunkowo nowy. Inna, gorsza sytuacja pod względem narażenia kierowców na badane czynniki może występować w środkach komunikacji miejskiej w innych miastach, gdzie do przewozu pasażerów używane są często pojazdy starsze, znacznie bardziej wyeksploatowane, i gdzie jakość nawierzchni czy torów tramwajowych może okazać się gorsza niż w Warszawie

- uzyskane wyniki badań drgań i hałasu porównano do najwyższych dopuszczalnych nateżeń (NDN) ustalonych dla tych czynników ze względu na ochronę zdrowia w odnośnym rozporządzeniu właściwego ministra w Polsce [2] oraz do wymagań bezpieczeństwa zawartych w odpowiednich dyrektywach europejskich [3, 4] ustanowionych również ze względu na zdrowie pracowników. Mając na uwadze, że kierujący pojazdami komunikacji miejskiej są odpowiedzialni za zdrowie i życie pasażerów i innych uczestników ruchu drogowego, wydaje się uzasadnione, aby wibroakustyczne warunki pracy tej grupy pracowników rozważać nie tylko pod kątem zachowania zdrowia, ale też zapewnienia tym pracownikom komfortu. Kryteria zachowania komfortu w odniesieniu do ekspozycji pasażerów na drgania ogólne w pojazdach są zalecane np. w normie międzynarodowej ISO 2361 – 1:1997 [5] oraz w normie brytyjskiej BS 6841:1987 [6].

PIŚMIENNICTWO

- [1] Koton J., Kowalski P., Lipowczan A., Rabsztyń T. *Jedno- i trójwymiarowa dozymetryczna ocena narażenia na stanowisku pracy – metodyka i oprzyrządowanie*. W: Materiały z XXXI Zimowej Szkoły Zwalczenia Zagrożeń Wibroakustycznych. Gliwice-Szczyrk, Oddział Górnolaski Polskiego Towarzystwa Akustycznego, Instytut Fizyki Politechniki Śląskiej, 2003, s. 87-97
- [2] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU nr 217, poz. 1833
- [3] Directive 2002/44/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents ((vibration) (sixteenth individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC). OJ, L 177, 6.7.2002, p. 0013 - 0020
- [4] Directive 2003/10/EC of the European Parliament and of the Council of 6 February 2003 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (noise) (seventeenth individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC). OJ, L 42, 15.2.2003 p. 0038 - 0044
- [5] ISO 2361 – 1:1997 *Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration. Part 1: General requirements*
- [6] BS 6841:1987 *Measurement and evaluation of human exposure to whole-body mechanical vibration and repeated shock*

Artykuł opracowany w ramach zadania badawczego I-3.08 programu wieloletniego pn. „Dostosowywanie warunków pracy w Polsce do standardów UE”, dofinansowywanego przez Komitet Badań Naukowych w latach 2002–2004. Główny koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy