

Józef Henryk CZAJKA

MODYFIKACJA METOD OCENY NARAŻENIA NA DRGANIA OGÓLNE W LOKOMOTYWACH

Streszczenie. W artykule analizowano dwie metody do badania drgań ogólnych pojazdów szynowych: metodę oceny widma i metodę oceny przyspieszeń ważonych częstotliwościowo dla stałej prędkości jazdy v . Podano dwa zmodyfikowane sposoby wyznaczania dopuszczalnego czasu jazdy dla oceny widmowej, które powodują to, że otrzymujemy zbliżone wartości dopuszczalnych czasów jazdy dla badanych pojazdów dla obydwu metod oceny.

MODIFICATION OF SPECTRUM METHOD FOR EVALUATION OF WHOLE BODY VIBRATIONS HAZARD IN LOCOMOTIVES

Summary. Are presented two methods of evaluation of whole body vibrations in vehicles: Spectrum Method and Frequency Weighted Method for constant velocity v . Presented are also two modified methods for allowed driving time calculations for Spectrum Method that for both methods we get similar allowed driving time for tested vehicles.

1. WSTĘP

W pracy przedstawiono dwie obecnie stosowane metody oceny drgań ogólnych w pojazdach:

- 1) metodę oceny przyspieszenia ważonego częstotliwościowo,
- 2) metodę oceny widma przyspieszeń skutecznych.

Obie metody są stosowane do oceny drgań mierzonych dla stałej prędkości jazdy v . Jednak obydwoma metodami oceny drgań otrzymuje się inne wyniki. W pracy przedstawiono modyfikowaną ocenę widma przyspieszeń, która pozwala otrzymać jednakową ocenę drgań dla obu ww. metod. Opracowanie tej modyfikacji stanowi oryginalny dorobek autora pracy.

2. OCENA PRZYSPIESZENIA WAŻONEGO CZĘSTOTLIWOŚCIOWO (METODA WAŻONA)

Skorygowane przyspieszenia są mierzone na siedzisku maszynisty dla stałych prędkości jazdy v , w czasie co najmniej 100 sekund. Wartości ważonego częstotliwościowo przyspieszenia drgań $a_w(v)$, w m/s^2 , należy mierzyć za pomocą przyrządu pomiarowego z filtrem korekcyjnym zrealizowanym wg PN-83/N-01353.

Wartości mierzonych przyspieszeń ważonych określa zależność (1):

$$a_w(v) = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a_{ww}^2(t) dt} \quad [m/s^2], \quad (1)$$

Jeśli wcześniej została wykonana analiza widmowa mierzonych przyspieszeń skutecznych, to skorygowane wartości przyspieszenia drgań mogą być również wyznaczane (wyliczone) z równoważnej zależności (2):

$$a_w(v) = \text{RMS}_w = \sqrt{\sum_{f=1}^n a_f^2(v)^2 \cdot K_f^2} \quad [m/s^2], \quad (2)$$

gdzie:

$a_f(v)$ - wartość skuteczna przyspieszenia drgań dla pasma tercjowego o częstotliwości środkowej f w m/s^2 , otrzymana w wyniku analizy widmowej,

K_f - współczynnik korekcji dla środkowych częstotliwości f pasm tercjowych wg tablicy 1 normy [4],

n - liczba analizowanych pasm tercjowych.

W przypadku gdy wartość $a_w(v) > a_{480}$, to należy obliczyć dopuszczalny czas jazdy z badaną prędkością v ze wzoru (3):

$$t_{dw} = \left(\frac{a_{480}}{a_w(v)} \right)^2 \cdot 480 \quad [\text{min} / \text{zmianę } 8h], \quad (3)$$

w którym:

a_{480} - dopuszczalna wartość przyspieszenia ważonego w $[m/s^2]$ wg tabl. 3 normy [4] dla granicy uciążliwości,

$a_w(v)$ - wg wzoru (2).

3. OCENA WIDMA PRZYSPIESZEŃ SKUTECZNYCH (METODA SPEKTRUM)

Przyspieszenia skuteczne RMS mierzy się na siedzisku kierowcy dla stałych prędkości jazdy v w czasie co najmniej 100 s.

Mierzone sygnały należy dyskretyzować dla następujących parametrów:

- częstotliwość dyskretyzacji $f_p = 410$ Hz,
- czas pomiaru i analizy $T \geq 100$ s,
- rozdzielczość częstotliwości $d_f = 0,2$ Hz.

Następnie za pomocą procedury Szybkiej Transformaty Fouriera (FFT) należy obliczać wartości przyspieszeń skutecznych (RMS) dla tercjowych pasm częstotliwości aż do 100 Hz.

Krotność przekroczenia granicy uciążliwości - KGU oblicza się z zależności (4) [2÷5]:

$$KGU = \frac{a_f(v)}{a_{f480}}, \quad (4)$$

gdzie:

$a_f(v)$ - zmierzona wartość skutecznego przyspieszenia drgań w m/s dla tercjowego pasma częstotliwości f , dla prędkości jazdy v ,

a_{f480} - dopuszczalna wartość przyspieszenia w m/s, dla tercjowego pasma częstotliwości f , wg tabl. 2 normy [4] dla granicy uciążliwości.

Dopuszczalny czas jazdy z badaną prędkością v w czasie jednej zmiany roboczej należy obliczać dla maksymalnej wartości KGU z zależności (5):

$$t_{dop} = 480 / KGU^2 \max \quad [\text{min /zmianę 8h}]. \quad (5)$$

Z tych dwóch metod oceny drgań ogólnych w pojazdach szynowych (lokomotywach) otrzymujemy informacje, że badane pojazdy posiadają ograniczone czasy jazdy w ciągu 8 godz. tylko dla niektórych badanych prędkości jazdy. Te dwie metody oceny drgań ogólnych są przedstawione w Polskich Normach [4], [5] i [6], opracowanych na Wydziale Transportu PW.

Na podstawie badań przedstawionych w pracy [9] stwierdzono, że dopuszczalne czasy jazdy obliczone metodą widmową są średnio 30% dłuższe niż dla metody oceny przyspieszeń ważonych, jednak czasem różnice te dochodzą do 70%. Tak duże różnice między dopuszczalnymi czasami jazdy wyznaczonymi obydwo ma metodami oceny drgań ogólnych spowodowały prowadzenie dalszych badań w celu ujednoznacznienia obu ww. metod oceny drgań w pojazdach. W dalszej części niniejszej pracy przedstawione są wyniki badania drgań ogólnych w wielu pojazdach szynowych i drogowych, które stanowią podstawę do przeprowadzenia modyfikacji oceny widmowej drgań w kierunku ujednoznacznienia jej z metodą oceny przyspieszeń ważonych częstotliwościowo.

4. PROPONOWANE MODYFIKACJE WIDMOWEJ OCENY DRGAŃ W POJAZDACH

W pracy [1] dla wyznaczenia dopuszczalnego czasu jazdy z prędkością v zaproponowano zależność (6):

$$t_{dop1} = A \cdot t_{dop} - B \cdot t_{dop} \cdot \frac{KGU2 \cdot KGU3}{KGU1} \quad [\text{min}], \quad (6)$$

$KGU1$, $KGU2$, $KGU3$ - kolejne największe wartości KGU.

Największą zgodność obydwu czasów otrzymano po przyjęciu dla wzoru (6) wartości następujących: $A = 1.0$ oraz $B = 0.3$. Zależność (6) daje lepszą zgodność obu metod oceny drgań, ponieważ wartości dopuszczalnych czasów jazdy otrzymane obydwo ma metodami **różnią się średnio o 18%** i różnice są dwukierunkowe - patrz tabl. 2 i 3 pracy [1].

W niniejszej pracy przedstawione są wyniki badania drgań ogólnych w pojazdach, które stanowią podstawę do przeprowadzenia modyfikacji oceny widmowej drgań w kierunku ujednoznacznienia jej z metodą oceny przyspieszeń ważonych częstotliwościowo. Po przeanalizowaniu wyników badania drgań ogólnych w wielu pojazdach szynowych i drogowych postanowiono zmodyfikować metodę oceny widmowej i obliczyć t_{dops} dla średniej wartości KGU. Jednak problemem jest, jak obliczać średnią wartość KGU. Najpierw obliczano KGU średnie jako sumę geometryczną KGU_f :

$$KGUS = \sqrt{\sum_{i=1}^n KGU_f^2} \quad \text{dla tercji}, \quad (7)$$

Po zestawieniu wyników analizy częstotliwościowej wykonanej metodą zmodyfikowanej oceny widmowej i metodą oceny przyspieszeń ważonych częstotliwościowo dla wielu pomiarów stwierdzono, że wartości obu czasów różnią się trzykrotnie. Dobrą zgodność obu dopuszczalnych czasów t_{dopS} i t_{dw} uzyskano, gdy KGUS obliczano z zależności (8):

$$KGUS^2 = \frac{1}{3} \sum_n KGU_r^2 \quad \text{dla tercji.} \quad (8)$$

Dopuszczalny czas jazdy dla prędkości v obliczano z zależności (9):

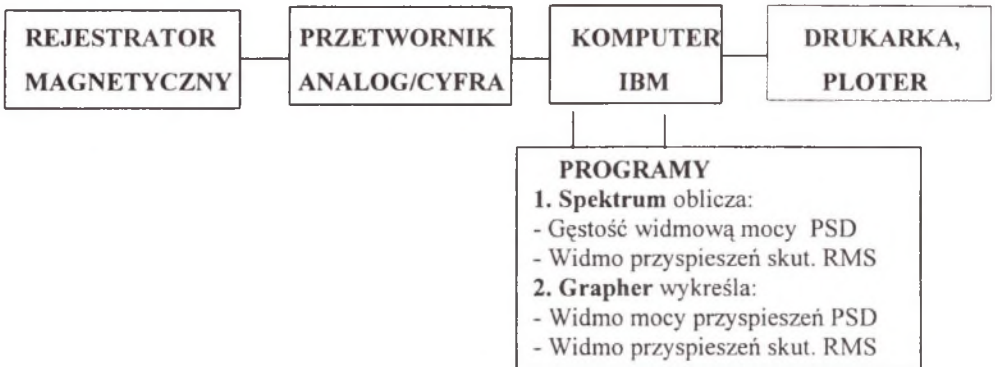
$$t_{dopS} = \frac{480}{KGUS^2} \quad [\text{min}]. \quad (9)$$

Tak obliczone dopuszczalne czasy jazdy dla modyfikowanej oceny widmowej okazały się dobrze zgodne z dopuszczalnymi czasami obliczonymi metodą przyspieszeń ważonych częstotliwościowo.

5. ANALIZA POMIERZONYCH SYGNAŁÓW DRGAŃ

W celu sprawdzenia prawidłowości oceny wykonanej metodą modyfikowanej oceny widmowej przeprowadzono analizę odpowiednio dobranych pomiarów drgań ogólnych wykonanych na siedziakach kilku pojazdów szynowych i drogowych.

Analizę pomierzonych sygnałów wykonano na komputerze IBM-PC w układzie przedstawionym na rys.1.



Rys. 1. Analiza pomierzonych sygnałów dynamicznych
Fig. 1. System for analysis of dynamical signals

Do wykonania analizy częstotliwościowej wykorzystano program SPECTRUM wykonujący obliczenia w oparciu o szybką transformatę Fouriera (FFT). Przetwarzanie analogowo-cyfrowe wykonano dla parametrów podanych w pkt. 1. Po wywołaniu programu SPECTRUM wprowadzono odpowiednio skale pomiaru oraz parametry dotyczące zakresu analizowanych częstotliwości i uruchomiono program.

Po wykonaniu obliczeń otrzymano wartości przyspieszeń skutecznych RMS dla pasm częstotliwości o szerokości $df = 0,2$ Hz dla zakresu częstotliwości do 100 Hz. Wyniki analizy przedstawiono na wykresach widma obrazujących wartości przyspieszeń skutecznych RMS w funkcji częstotliwości $RMS = f(f)$. Na wykresach tych naniesiono krzywe komfortu, które

ulatwiają określenie warunków pracy na badanym stanowisku. Widma przyspieszeń skutecznych RMS wykreślano za pomocą programu GRAPHER. Obliczono również wartości mierzonych przyspieszeń skutecznych RMS dla tercjowych pasm częstotliwości, co umożliwiło zestawienie wyników analizy w tablicach.

Aby sprawdzić prawidłowość wyznaczania dopuszczalnych czasów jazdy dla modyfikowanej oceny widmowej, wykonano obliczenia dla specjalnie dobranych pomiarów, aby występowały czasy krótkie, mniejsze od 480 min, czasy średnie koło 480 minut, oraz czasy długie, tzn. większe od 480 minut. Przykładowe wyniki analizy częstotliwościowej dla lokomotywy spalinowej zestawiono w tablicy 1. Tablice takie wykonano do wielu badanych pojazdów. Dla wszystkich badanych pojazdów obliczono dopuszczalne czasy jazdy pracy t_{dop} , zgodnie z zaleceniami obecnie obowiązujących norm PN-91/S-04000, PN-90/K-11003, PN-91/N-1354 lub ISO 2631. Dla oceny widmowej niemodyfikowanej, obliczenia wykonano dla maksymalnych wartości przekroczenia granicy uciążliwości KGU_{max} .

Tablica 1

Przyspieszenia skuteczne (RMS) drgań ogólnych pomierzone w lokomotywie spalinowej oraz obliczone dopuszczalne czasy pracy

Data pomiarów: 1988

Trasa: Olsztyn - Białystok

Kierunek drgań: Z

Punkt pomiaru drgań: Siedzisko maszynisty lokomotywy

Fo	GRAN. UCIAZ.	v = 60 km/h		v = 70 km/h		v = 80 km/h		v = 100 km/h	
		RMS	KGU	RMS	KGU	RMS	KGU	RMS	KGU
Hz	m/s ²	m/s ²	-	m/s ²	-	m/s ²	-	m/s ²	-
.80	.710	.035	.050	.041	.058	.032	.045	.052	.074
1.00	.630	.055	.087	.048	.077	.036	.058	.077	.122
1.25	.560	.102	.181	.096	.172	.077	.135	.162	.290
1.60	.500	.093	.185	.083	.166	.083	.166	.200	.401
2.00	.450	.407	.904	.450	1.000	.497	1.104	.900	1.999
2.50	.400	.474	1.185	.399	.998	.287	.718	.496	1.240
3.15	.355	.096	.271	.113	.317	.152	.428	.350	.986
4.00	.315	.067	.211	.051	.162	.071	.224	.231	.733
5.00	.315	.105	.332	.058	.185	.055	.176	.104	.329
6.30	.315	.052	.164	.106	.336	.173	.549	.089	.281
8.00	.315	.098	.311	.155	.491	.143	.453	.262	.832
10.00	.400	.084	.209	.080	.200	.122	.306	.123	.308
12.50	.500	.046	.093	.060	.120	.114	.227	.110	.219
16.00	.630	.041	.065	.042	.067	.065	.103	.096	.152
20.00	.800	.090	.112	.084	.105	.075	.094	.066	.083
25.00	1.000	.037	.037	.033	.033	.056	.056	.045	.045
31.50	1.250	.037	.030	.032	.025	.058	.048	.047	.038
40.00	1.600	.044	.028	.043	.027	.056	.035	.050	.031
50.00	2.000	.049	.025	.053	.027	.055	.027	.046	.023
63.00	2.500	.059	.024	.045	.018	.042	.017	.032	.013
80.00	3.150	.031	.010	.029	.009	.032	.010	.020	.006
t_{dop} [min]		342		480		394		120	
t_{dopS} [min]		529		543		528		172	
RMS _w [m/s ²]		.527		.519		.526		.922	
t_{dw} [min]		523		539		525		171	

t_{dop} - dopuszczalny czas jazdy z prędkością v dla oceny widmowej wg norm [4, 6, 7, 8, 9].

$t_{dopS} = 480 / KGUS / KGUS$ - Dopuszczalny czas jazdy dla prędkości v obliczony dla modyfikowanej oceny widmowej wg wzoru (9).

KGU - krotność przekroczenia granicy uciążliwości.

RMS_w - ważone częstotliwościowo przyspieszenie skuteczne dla prędkości jazdy v obliczone ze wzoru (4).

$t_{dw} = (a480/RMS_w)^2 \cdot 480$ - dopuszczalny czas jazdy z prędkością v obliczony dla metody oceny przyspieszeń ważonych częstotliwościowo ze wzoru (3).

Tablica 2

Zestawienie dopuszczalnych czasów jazdy wyznaczonych dla wybranych lokomotyw i pojazdów drogowych

Prędkość jazdy V	Przyspiesz. skuteczne	Przyspiesz. ważone	Ocena widmowa	Ocena wid modyfikow.	Różnice czasów	
	RMS_w	tdw	$tdop$	$tdopS$	$\frac{tdop - tdw}{tdw}$	$\frac{tdopS - tdw}{tdw}$
km/h	m/s^2	min	min	min	%	%
Lokomotywa Spalinowa Kierunek drgań: pionowe - Z						
60	0.527	523	342	529	-34	1,15
70	0.519	539	480	543	-10,9	0,74
80	0.526	525	394	528	-33,2	0,57
100	0,922	171	120	172	-29,8	0,58
Średnie	0,623	439	334	443	27,0	0,76
Pojazd Lokomotywa Spalinowa Kierunek drgań: poprzeczne - Y						
60	0.401	477	305	449	-36,1	-5,87
70	0.172	2602	1866	2448	-28,3	-5,92
80	0.310	800	499	753	37,6	-5,87
100	0,424	427	332	402	-22,2	-5,85
Średnie	0,327	1076	750	1013	31,05	-5,88
Pojazd Samochód dostawczy ZUK 3252 - ładowny Kierunek drgań: pionowe - Z						
40	0.473	650	628	645	- 3.38	- 0.77
60	0.460	686	677	680	- 1.31	- 0.87
80	0.648	346	424	346	22.54	0.00
90	0.748	259	209	258	- 19.30	- 0.39
Średnie	0.582	485	484	482	11.63	0.507
Pojazd Samochód ciężarowy STAR 742 - próżny Kierunek drgań: pionowe - Z						
40	0.482	625	1029	626	64.64	0.16
60	0.604	398	519	398	30.40	0.00
80	0.900	179	221	180	23.46	0.56
90	0.858	197	199	198	1.02	0.51
Średnie	0.711	349.7	492	349.5	29.88	0.31
Pojazd Samochód osobowy FIAT 126p Kierunek drgań: pionowe - Z						
50	0.474	645	759	638	17.67	- 1.08
60	0.420	822	1168	816	42.09	- 0.73
80	0.515	547	569	546	4.02	- 0.18
90	0.498	585	539	585	7.86	0.00
Średnie	0.477	649.7	758.7	646.2	17.91	- 0.497

W tablicach 1 i 2 zestawiono również obliczone z widma wg wzoru (2) wartości średnie ważonych częstotliwościowo przyspieszeń RMS_w potrzebne do oceny drgań ogólnych metodą ważoną.

W tablicach 1 i 2 zestawiono obliczone dla czterech badanych prędkości jazdy v następujące dopuszczalne czasy jazdy w ciągu 8 godzinnej zmiany obliczone w stosunku do granicy uciążliwości:

- t_{dop} - dopuszczalny czas pracy obliczony ze wzoru (5) dla standardowej oceny widmowej,
- t_{dopS} - dopuszczalny czas pracy obliczony ze wzoru (9) dla oceny widmowej modyfikowanej,
- t_{dw} - dopuszczalny czas pracy obliczony ze wzoru (3) dla oceny przyspieszeń ważonych częstotliwościowo.

W tablicy 2 zestawiono również różnice procentowe między dopuszczalnymi czasami pracy obliczonymi dla standardowej oceny widmowej - t_{dop} , dla modyfikowanej oceny widmowej - t_{dopS} , w stosunku do dopuszczalnego czasu pracy obliczonego dla oceny przyspieszeń ważonych częstotliwościowo - t_{dw} . Różnice procentowe między tymi czasami dla odpowiadających sobie pomiarów obliczano z zależności:

Dla standardowej oceny widmowej

$$D = \frac{t_{dop} - t_{dw}}{t_{dw}} \cdot 100\% = \quad [\%], \quad (10)$$

Dla oceny widmowej modyfikowanej

$$D = \frac{t_{dopS} - t_{dw}}{t_{dw}} \cdot 100\% = \quad [\%], \quad (11)$$

Dla standardowej oceny widmowej różnice między t_{dop} i t_{dw} są duże, średnio około 30%.

Z wyników przedstawionych w tablicach 1 i 2 widać, że dla tych samych pomiarów występują bardzo zbliżone wartości dopuszczalnych czasów jazdy t_{dopS} - obliczonego dla modyfikowanej oceny widmowej i t_{dw} - obliczonego dla oceny przyspieszeń ważonych częstotliwościowo, dla wszystkich badanych prędkości jazdy. Różnice między dopuszczalnymi czasami t_{dopS} i t_{dw} wahają się w granicach od 0.00% do 6%; dla drgań pionowych różnice są mniejsze od 2%. Uzyskanie zgodności obydwu metod oceny drgań ogólnych w pojazdach jest bardzo ważne, gdyż jest obecnie możliwe porównywanie wyników analizy drgań, które były wykonane nawet w różnych państwach w takich samych pojazdach. Ocena drgań ogólnych musi być jednak wykonana jedną z przedstawionych wyżej metod.

Należy podjąć prace w celu wprowadzenia do norm modyfikowanej oceny widmowej zgodnej z metodą oceny przyspieszeń ważonych częstotliwościowo. W nowej normie należy podać algorytm wykonywania pomiarów i oceny drgań ogólnych, który umożliwi jednoznaczne wykonywanie analizy pomierzonych drgań przez wszystkie ośrodki badawcze.

6. ZGODNOŚĆ OBECNIE STOSOWANYCH METOD OCENY DRGAŃ OGÓLNYCH W POJAZDACH

W najnowszych normach modyfikowanych przez Główny Instytut Górnictwa PN-91/N-01354 zostały utrzymane wszystkie dotychczasowe nierównoważności metody widmowej i metody przyspieszeń ważonych częstotliwościowo. Dodatkowo wprowadzono nawet logiczną niejednoznaczność w dopuszczanej do stosowania ocenie dla trzech kierunków drgań, tzn. X, Y i Z. Porównajmy oba kryteria oceny:

- Dla kierunku Z kryterium oceny jest następujące

$$a_{wz} < a_{wzdop}, \quad (12)$$

a_{wz} - pomierzona wartość przyspieszenia ważonego dla kierunku Z,

a_{wzdop} - dopuszczalna wartość przyspieszeń ważonych dla kierunku Z wg (tablicy 3 normy PN91/N-1354.

- Dla trzech kierunków kryterium oceny jest następujące:

$$a_{wxyz} = \sqrt{a_x^2 + 1,4a_x^2 + 1,4a_y^2} \leq a_{wxyzdop} = a_{wzdop}, \quad (13)$$

a_{wxyz} - wartość pomierzonego przyspieszenia ważonego dla trzech kierunków drgań X, Y i Z,

a_{wzdop} - jak we wzorze (12).

a_{wxyz} obliczone ze wzoru (13) zawsze da większe wartości niż a_{wz} obliczone ze wzoru (14).

Logicznie biorąc, zależności (12) i (13) nie mogą dać ocen równoważnych.

Do tworzenia norm dotyczących badania drgań środków transportu winny być powoływane bardziej specjalistyczne, znające dobrze problematykę transportową ośrodki badawcze.

Powinny być podjęte badania i analizy prowadzące do ujednoznaczenia obu metod oceny drgań. Wydaje się, że tworzenie wartości przyspieszeń dopuszczalnych do oceny dla trzech kierunków X, Y i Z należy oprzeć na następującej zależności:

$$a_{wxyzdop} = \sqrt{a_{zdop}^2 + 1,4a_{xdop}^2 + 1,4a_{ydop}^2}. \quad (14)$$

Zależność tę należy sprawdzić badaniami eksperymentalnymi i w razie potrzeby modyfikować.

7. WNIOSKI

W obecnie obowiązujących normach nie ma całkowicie równoważnych metod oceny drgań w pojazdach, nawet modyfikowane normy pozostawiają nadal ww. niejednoznaczności, a nawet wprowadzają nowe jeszcze głębsze niezgodności w kryteriach oceny drgań ogólnych. Podobna jest sytuacja w normalizacji światowej.

Międzynarodowa norma ISO 2631 nakazuje stosowanie takich samych metod oceny drgań ogólnych na stanowiskach pracy jak Norma Polska PN91/N-1354.

LITERATURA

1. Czajka J.: Analiza metod oceny narażenia na drgania w pojazdach. Prace Naukowe - Transport, Z. 33, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1993, s. 123-140.
2. Czajka J.: New methods of the whole body vibrations in the vehicles. International 91 Warsaw Conference SIGNALS & SYSTEMS. Organized by AMSE Warsaw, July, 1991.
3. Czajka J.: Analiza drgań ogólnych samochodu NYSA 522, Konferencja Instytutu Transportu PW „NAUKA I PRAKTYKA w Transporcie”. Serock 1990.09.18-23.
4. PN-91/S-04100. Drgania. Metody badań i oceny drgań mechanicznych na stanowiskach pracy w pojazdach. Autorzy normy: J. Czajka, M. Nader, D. Pawelec.
5. PN-90/K-11001. Ochrona Pracy. Kabina maszynisty lokomotywy elektrycznej dwukabinej. Podstawowe wymagania bezpieczeństwa pracy i ergonomii.

6. PN-90/K-11003 Ochrona Pracy. Kabina maszynisty lokomotywy elektrycznej dwukabiny nowej. Metodyka badania drgań.
7. ISO 2631/85/1 Evaluation of human exposure to whole-body vibration part 1: General requirements.
8. ISO/TC 108 SC4 N 177 First Draft Proposal ISO/DP 2631 EVALUATION OF HUMAN EXPOSURE TO WHOLE-BODY VIBRATION.
9. PN-91/N-01354. Drgania. Dopuszczalne wartości przyspieszenia drgań o ogólnym oddziaływaniu na organizm człowieka i metody oceny narażenia.
10. Praca zbiorowa pod kierunkiem dr inż. J. Czajki: Badanie drgań w samochodach ŻUK A 06 I ŻUK 3252. Zlecenie Fabryki Samochodów Ciężarowych w Lublinie. Warszawa 1989.
11. Randall R.B.: FREQUENCY ANALYSIS. Bruel and Kjaer Denmark 1977.
12. Wzmacniacz tensometryczny typ TT-6C. ZALMED Warszawa 1976.
13. HLW - BESCHLEUNIGUNGS - AUFNEHMER BWH-201, BWH-301, BWH-401. VEB - RFT, MESSELEKTRONIK DRESDEN.

Recenzent: Prof.dr hab.inż. Jan Gronowicz

Abstract

Paper presents two now used methods for evaluation of whole body vibrations in vehicles: Frequency Weighted Accelerations Method and Accelerations Spectrum Method. These methods doesn't give similar evaluation of vibrations in tested vehicles. So we made vibrations measurements for many kinds of vehicles and we made evaluation of whole body vibrations in these vehicles. Allowable driving times calculated for these two presented methods of evaluation gives differences circa 70%. These results induced author of this paper to made Same modification of the Spectrum Method, to get similar results of evaluation of vibrations for both presented methods. Procedure of this modification is presented in this paper. We made also measurement and evaluation of whole body vibrations in many different vehicles, to get information about effectiveness of modification of spectrum method.

Allowable driving times getting for both presented methods are similar and maximum differences get means levels less than 6%, but for many measurements these differences are smaller then 2%. Getting these compatibility is very important, that now is possible to compare results of evaluation of whole body vibrations which were made even i another countries but the evaluations have to be made with the modified spectrum method.