

Kryteria oceny wpływu drgań na ludzi w budynkach i ich zastosowania w praktyce cz. I

Utworzono: wtorek, 09, październik 2012 08:57 Janusz Kawecki



Osoby działające w zakresie projektowania i diagnostyki obiektów budowlanych coraz wyraźniej odczuwają oczekiwania ze strony zlecniodawców, że w swych analizach i projektach uwzględnią wpływy komunikacyjne przekazywane na te budowle i ludzi w nich przebywających. Podobnie użytkownicy tych obiektów oczekują, że występujące w ich otoczeniu źródła drgań nie doprowadzą do uszkodzeń budowli, a nawet jej przyspieszonego zużycia oraz nie naruszą warunków wymaganego komfortu w pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi.

Wpływa to na rozwój metod obliczeń i badań doświadczalnych, które umożliwiają nie tylko wiarygodną ocenę skutków działań dynamicznych, ale również na prognozowanie wpływu tych działań na budowle i ludzi w budynkach. Pojawiające się na rynku coraz bardziej skuteczne środki techniczne o właściwościach antywibracyjnych umożliwiają wdrożenie wyników analiz do praktyki inżynierskiej.

W otoczeniu zrealizowanych i projektowanych budowli występują różne źródła drgań zaliczane do działań parasejsmicznych. Wśród nich wyróżnia się tzw. drgania komunikacyjne, które generowane są przejazdami różnego rodzaju pojazdów. Analizę wpływu drgań generowanych przejazdami pojazdów na budowle i ludzi w nich przebywających (czyli w sytuacji występującej podczas eksploatacji drogi) często należy uzupełnić o wpływ drgań generowanych podczas robót drogowych (jeśli stosowane są maszyny, które same są źródłami drgań, np. walce wibracyjne, wibromłoty itp.).

W wielu sytuacjach projektowych i diagnostycznych wpływ drgań na ludzi miewa decydujące znaczenie w ocenie poprawności przyjętych rozwiązań. Wynika to z tego, iż poziom progu odczuwalności drgań przez ludzi jest na ogół (w przypadku zwykłych budynków o konstrukcji murowej albo żelbetowej) znacznie niżej

usytuowany niż granica odczuwalności drgań przez konstrukcję budynku. Z tego wynika wprowadzenie tego zagadnienia do Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka jako tematu PT1.7 usytuowanego w Pakiecie Tematycznym PT1 dotyczącym nowoczesnych metod oceny bezpieczeństwa i użyteczności konstrukcji. Potrzebna jest bowiem nowoczesna (uwzględniająca najnowsze możliwości obliczeniowe i pomiarowe), ale zweryfikowana podczas praktycznych zastosowań metodyka pomiarowo-interpretacyjna umożliwiająca ocenę wpływu drgań na ludzi przebywających w budynkach. Chodzi tu o metodę możliwą do zastosowania podczas realizacji oceny diagnostycznej (w odniesieniu do ludzi przebywających w istniejącym budynku), jak również zadania projektowania budynku z dodatkowymi warunkami, aby istniejące albo projektowane w otoczeniu wpływy komunikacyjne nie naruszały komfortu vibracyjnego w odniesieniu do ludzi przebywających w budynku. W wyniku realizacji tematu badawczego PT1.7 ma powstać taka metodyka pomiarowo-interpretacyjna i ma być ona zweryfikowana w różnych sytuacjach diagnostycznych i projektowych. Zrealizowanie takiego zadania wymaga skorzystania z dotychczasowego dorobku badawczego autorów opracowania w przedmiotowym zakresie, a także współpracy z różnymi jednostkami zajmującymi się projektowaniem i diagnostyką budynków usytuowanych w otoczeniu tras komunikacyjnych. Taką współpracę od lat utrzymują autorzy realizujący temat badawczy, a jedną z form takiej współpracy są spotkania podczas Seminarium „WIBROSZYN” organizowanego przez Instytut Mechaniki Budowli Politechniki Krakowskiej. Nawiązując do referatów przedstawianych przez autora podczas poprzednich Seminarium w niniejszym opracowaniu podano przegląd prac realizowanych w Temacie PT1.7 realizowanym w projekcie POIG oraz informacje o zastosowaniu w praktyce ich wyników.

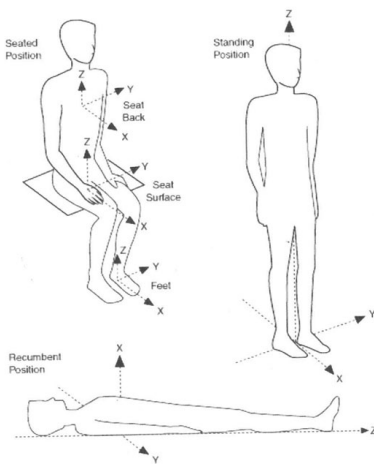
Przegląd kryteriów narażenia vibracyjnego ludzi przebywających w budynkach i odbierających drgania w sposób bierny

W niniejszym opracowaniu przedstawiono wyniki analizy kryteriów zapisanych w normach: polskiej PN-88/B-02170 [1], brytyjskiej BS 6472-1 [2], niemieckiej DIN 4150 [3] oraz w normach międzynarodowych ISO [4,5]. Na podstawie tej analizy przeglądu wybranych pozycji literatury wykazano kierunki wykorzystania zapisów normowych w diagnostyce i projektowaniu budynków oraz obszary dalszych prac budowlanych poświęconych temu tematowi.

Od wielu lat prowadzone są badania w zakresie ujęcia wpływu drgań na ludzi. W celu umożliwienia porównywania wyników tych badań przyjmuje się dwie pozycje odbioru drgań przez człowieka wiążąc je z ortogonalnym układem odniesienia (rys.1). W pozycji siedzącej i stojącej człowiek odbiera drgania powierzchnią stóp lub powierzchnią siedzenia w taki sposób, iż oś „z” przebiegająca wzdłuż kręgosłupa (oś linii: stopy – głowa) jest osią pionową, a osie „xy” przyjmują kierunki poziome. W pozycji leżącej człowiek odbiera drgania całą powierzchnią ciała w taki sposób, iż oś „z” jest osią poziomą. Osie „x” i „y” są oznaczone kierunkami: plecy – klatka piersiowa (oś „x”) oraz bok do boku (oś „y”).

Kryteria oceny wpływu drgań na ludzi w budynkach i ich zastosowania w praktyce cz. I

Utworzono: wtorek, 09, październik 2012 08:57 Janusz Kawecki



Badania wpływu drgań na człowieka znajdującego w każdej z opisanych wyżej pozycji przeprowadzano podczas wielu testów laboratoryjnych i nadal się je przeprowadza (por. prace Tamura et al. [6], Blume [7], Benson et al. [8]). Weryfikację tych wyników przeprowadzano podczas badań na obiektach rzeczywistych (por. prace Goto [9], Jeary et al. [10], Hansen et al. [11], Reed et al. [12]). Starano się w ten sposób wyeliminować wpływ indywidualnego odczuwania drgań. Z tych jak i wcześniejszych badań wynikało, iż reakcja ludzi na drgania zależy od wielu czynników, z których najistotniejszy wpływ mają: częstotliwość drgań, amplituda ruchu, kierunek i warunki odbioru drgań.

Podstawowym poziomem odniesienia w ocenie wpływu drgań na ludzi jest tzw. próg odczuwalności drgań. Wyniki badań w tym zakresie przyjęto za podstawę sformułowania kryteriów oceny wpływu drgań na ludzi. Jeśli drgania w miejscu ich odbioru przez człowieka są scharakteryzowane wartościami poniżej odpowiadających progowi odczuwalności drgań, to można je uznać za nieodczuwalne przez człowieka.

W badaniach testowych i weryfikujących uzyskuje się również informacje o parametrach charakteryzujących drgania, które jeszcze zapewniają ludziom warunki odpowiedniego komfortu wibracyjnego. Drgania o parametrach większych od opisanych wyżej uznaje się za naruszające warunki niezbędnego komfortu do wykonywania przez człowieka zadań określonych przeznaczeniem pomieszczenia (np. biurowe, mieszkalne, szpitalne itp.).

Na tej podstawie można stwierdzić, że obecnie stosowane są trzy metody i odpowiadające im kryteria oceny, w których stosuje się następujące parametry:

a) wartość przyspieszenia (prędkości) drgań skorygowana w całym paśmie częstotliwości,

b) widmo (strukturę częstotliwościową) wartości skutecznej (RMS) przyspieszenia (prędkości) drgań w pasmach 1/3 oktaowych,

Kryteria oceny wpływu drgań na ludzi w budynkach i ich zastosowania w praktyce cz. I

Utworzono: wtorek, 09, październik 2012 08:57 Janusz Kawecki

c) dawkę wibracji.

Wartość skorygowaną (występuje w zapisach norm [1, 3]) wyznacza się na podstawie pomiaru drgań w miejscu ich odbioru przez człowieka stosując korekcję za pomocą filtru korekcyjnego. Charakterystyka filtru korekcyjnego opisana jest wartościami współczynników korekcji przypisanymi częstotliwościom środkowym pasm 1/3 oktaowych. W wyniku pomiaru uzyskuje się informację wyrażoną za pomocą jednej liczby, którą porównuje się z wartością odpowiadającą zapewnieniu niezbędnego komfortu wibracyjnego ludziom w budynku. Zastosowanie skorygowanej wartości przyspieszenia drgań w ocenie ich wpływu na ludzi jest stosunkowo proste, ale jednocześnie ubogie w informacje. W przypadku naruszenia wymagań odnośnie do zapewnienia ludziom w budynku niezbędnego komfortu, nie uzyskuje się na podstawie takich badań informacji o paśmie częstotliwości, w którym to naruszenie nastąpiło. Nie można, więc na tej podstawie określić, przy jakiej częstotliwości i w jakim stopniu powinno się wprowadzić redukcję drgań, aby uzyskać zapewnienie ludziom niezbędnego komfortu wibracyjnego. Z tych powodów w dalszej części niniejszego opracowania ten parametr oceny nie będzie analizowany.

Więcej potrzebnych informacji przydatnych w ocenie wpływu drgań na ludzi uzyskuje się na podstawie przedstawienia wibrogramu w postaci widma wartości skutecznej przyspieszenia drgań w pasmach 1/3 oktaowych. Ten parametr oceny przyjęty jest w normach [1, 4, 5]. Przez porównanie struktury częstotliwościowej pomierzonego wibrogramu z odpowiadającą zapewnieniu ludziom w budynku niezbędnego komfortu wibracyjnego uzyskuje się nie tylko informacje o ewentualnym naruszeniu wymagań, ale również o paśmie częstotliwości, w którym to naruszenie wystąpiło.

Trzeci ze stosowanych parametrów opisu drgań umożliwia analizowanie wpływu drgań na ludzi w budynkach przez odniesienie oceny do pełnego czasu oddziaływania wibracyjnego. Wprowadzenie wielkości określanej, jako dawka wibracji do oceny wpływu drgań na ludzi pozwala na odniesienie przyjętych kryteriów oceny do drgań o różnym czasie trwania i powtarzalności (ciągłych, sporadycznych, impulsowych). Rozważa się ich działanie w czasie całego okresu narażenia człowieka na drgania. Dawkę wibracji wprowadzono do oceny drgań w normach [2, 3, 5]. W normie [2] dawkę wibracji oznaczoną jako VDV i wyrażaną w $[m/s^{1,75}]$ określa się wzorem:

$$VDV = \left(\int_0^T a^4(t) dt \right)^{0,25}$$

gdzie: $a(t)$ – przyspieszenie $[m/s^2]$ w funkcji czasu z wagami W_b albo W_d wprowadzonymi w zależności od częstotliwości drgań i kierunku ich przekazywania na człowieka,

T - całkowity czas drgań $[s]$.

Kryteria oceny wpływu drgań na ludzi w budynkach i ich zastosowania w praktyce cz. I

Utworzono: wtorek, 09, październik 2012 08:57 Janusz Kawecki

W zależności od typu drgań podano również w przywołanych normach procedury wyznaczania dawki wibracji w ciągu całego okresu oddziaływania drgań (dzień – 16 godzin, noc – 8 godzin). I tak np. przy drganiach o charakterze ciągłym dawkę wibracji przypadającą na rozważany okres dnia wyznacza się ze wzoru:

$$VDV_{DAY} = \left[\frac{t_{DAY}}{t_{\tau}} \right]^{0,25} * VDV_{\tau}$$

gdzie: VDV_{τ} – dawka wibracji wyznaczona w reprezentatywnym czasie τ , [$m/s^{1,75}$],

t_{DAY} – czas trwania rozpatrywanego przedziału dnia (dzień, noc), [s],

t_{τ} – łączny czas trwania drgań odpowiadających drganiom analizowanym w czasie reprezentatywnym τ , [s].

Zgodnie z punktem C.4. normy [3] dysponując zarejestrowanym sygnałem, który nie został znormalizowany funkcjami wagowymi W_b (dla kierunku pionowego) i W_g (dla kierunku poziomego) możliwe jest obliczenie tzw. wartości szacunkowej $eVDV$ równej:

$$eVDV = 1.4 \cdot a(t)_{RMS} \cdot t^{0.25}$$

gdzie: $a(t)_{RMS}$ – wartość średniokwadratowa ważona odpowiednią wartością W_b lub W_g w zależności od kierunku oddziaływania na człowieka: z albo xy,

t – całkowity czas trwania zjawiska.

W normie [3] z kolei – oznaczając wibrogram $KB(t)$ – stosuje się w ocenie narażenia wibracyjnego wielkości podobne do opisanych w [2]. Uwzględnia się również charakter drgań przez wprowadzenie korekty wynikającej ze stosunku czasu występowania drgań (ekspozycji na drgania) do łącznego czasu rozpatrywanej pory doby (dzień, noc).

Wymienione wyżej parametry oceny wpływu drgań na ludzi w budynkach są powiązane z kryteriami oceny. W normach, których wymagania są tu porównywane kryteria oceny drgań podawane są w zakresie częstotliwości od 1 do 80Hz. Poziomym odniesienia jest w tych kryteriach próg odczuwalności drgań, w którym uwzględnia się różną wrażliwość człowieka na drgania, zależną od kierunku ich przekazania (z, xy). Na rys.2a i rys. 2b podano (za [1, 4, 5] oznaczając oryginalnym opisem jako Fig B1.1 i Fig. B1.2) linie odpowiadające progowi odczuwalności drgań przekazywanych na człowieka w kierunku z oraz w kierunkach xy.

Kryteria oceny wpływu drgań na ludzi w budynkach i ich zastosowania w praktyce cz. I

Utworzono: wtorek, 09, październik 2012 08:57 Janusz Kawecki

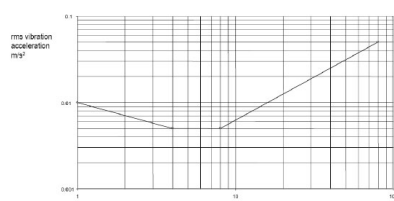


Figure B1.1 Weighted z-axis vibration rms acceleration—Curve 1 (Source: BS 6872-1992)

Pozostałe czynniki wpływające na określenie poziomu drgań zapewniającego człowiekowi w budynku niezbędny komfort vibracyjny (pora występowania drgań, charakter drgań, przeznaczenie pomieszczenia) uwzględnia się w opisywanym tu kryterium oceny przez przyjęcie wartości współczynnika zwiększającego „n”. Współczynnik „n” zwiększa rzędne opisujące linie progu odczuwalności drgań. W wyniku otrzymuje się położenie nowych linii, równoległych do linii progu odczuwalności drgań. Drgania o wartościach parametrów poniżej tych nowych linii – zgodnie z tą oceną - nie naruszają warunków niezbędnego komfortu vibracyjnego. Przykładowe ujęcie zapisów normowych dotyczące przyjęcia współczynnika „n” podano (za [1]) w tabeli 1.

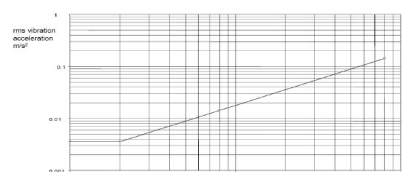


Figure B1.2 Weighted x- and y-axis vibration rms acceleration (Source: BS 6872-1992)

Przeznaczenie pomieszczenia	Pora występowania drgań	Wartość współczynnika „n” przy wystąpieniu drgań	
		ustalonych (ciągłych albo przerywanych) o częstości większej od 10 na dobę	sporadycznych, o częstości mniejszej niż 10 na dobę
Szpitale (salle operacyjne)	Dzień	1	1
	Noc		
Szpitale (salle chorych)	Dzień	2	8
	Noc	1	4
Mieszkania	Dzień	4	32
	Noc	1,4	4
Biura	Dzień	4	64
	Noc		
Warsztaty	Dzień	8	128
	Noc		

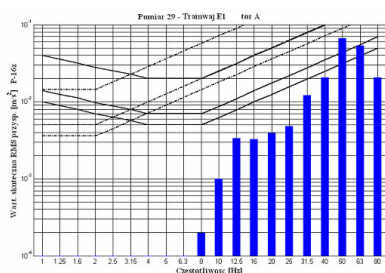
Podobne ujęcie, ale z uściśleniem wielu dodatkowych informacji w związku z podawaniem przedziału możliwych do przyjęcia wartości współczynnika n podano w [5] i przywołano tu w tabeli 2. (wersja zapisu oryginalna za [5]). Umożliwia to ich uściślenie w zależności od charakteru i warunków odbioru drgań.

Place	Time	Continuous or intermittent vibration	Transient vibration excitation with several occurrences per day
Critical working areas (hospital, operating – theatres, precision laboratories)	Day	1	1
	Night		
Residential	Day	2÷4	30÷90
	Night	1,4	1,4÷20
Office	Day	4	60÷128
	Night		
Workshop	Day	8	90÷128
	Night		

Na podstawie podanych wyżej informacji można wyznaczyć szczegółowo kryteria oceny przypisane do konkretnej sytuacji diagnostycznej. Przykład sformułowania szczegółowych kryteriów w odniesieniu do drgań pionowych stropu (Z) o charakterze ciągłym z uwzględnieniem możliwości występowania tych drgań w porze dziennej (człowiek w pozycji pionowej tzn. osie Z i z pokrywają się) oraz w porze nocnej (człowiek w pozycji leżącej tzn. osie Z i xy pokrywają się) podano na rys. 3. Zestawione na tym rysunku kryteria dotyczą ludzi przebywających w pomieszczeniu mieszkalnym.

Kryteria oceny wpływu drgań na ludzi w budynkach i ich zastosowania w praktyce cz. I

Utworzono: wtorek, 09, październik 2012 08:57 Janusz Kawecki



W podobny sposób kształtowane są kryteria oceny wpływu drgań na ludzi, jeśli w ocenie stosowana jest dawka vibracji (normy [2, 3, 5]). W tabeli 3 (za [5] z zachowaniem zapisu oryginalnego) podano odpowiednie wielkości stanowiące kryterium oceny wpływu drgań na ludzi w budynkach, przebywających w pomieszczeniach mieszkalnych.

Place	Low probability of adverse comments	Adverse comments possible	Adverse comments probable
Budynki mieszkalne - dzień 16h	0,2÷0,4	0,4÷0,8	0,8÷1,6
Budynki mieszkalne - noc Residential buildings 16h night	0,13	0,26	0,51

W normie [3] wprowadzono również trzy poziomy rozgraniczające, które oznaczono: A_u – próg odczuwalności, A_r – średnie warunki komfortu oraz A_o – górna granica zapewnienia niezbędnego komfortu wibracyjnego.

W zapisach normowych podawany jest przedział częstotliwości drgań, w którym przeprowadzana jest ocena. Analiza dotyczy drgań z przedziału od 1 do 80 Hz. Wznoszenie wysokich i bardzo wysokich budynków powoduje, iż przedział ten powinno się rozszerzyć w kierunku niskich częstotliwości (mniejszych od 1 Hz). Już obecnie w normie japońskiej [14] uwzględnia się wpływ drgań o częstotliwościach z przedziału od 0,1 do 6 Hz. W normie ISO [15] również uwzględniono w ocenie drgania o częstotliwościach od 0,1 do 1 Hz. W normach [14, 15] w nawiązaniu do zapisanych w normie [5] zestawiono informacje o proponowanych kryteriach oceny wpływu drgań na ludzi w budynkach podane już to zestawienie dowodzi, iż konieczne jest prowadzenie dalszych badań w zakresie uściślenia informacji charakteryzujących wpływ na ludzi drgań w przedziale niskich częstotliwości.

Coraz częściej podejmowane są badania nad wpływem czasu trwania drgań na ich odbiór przez człowieka (tzw. czas ekspozycji na drgania). Najczęściej uwzględnia się ten czynnik w ocenie przeprowadzonej przy użyciu dawki vibracji. Stosunkowo rzadko zaś przy ocenianiu wpływu drgań za pomocą widma częstotliwościowego w pasmach 1/3 oktaowych.

Podejmowane są również badania nad wpływem formy ruchu podstawy na odczuwanie drgań przez człowieka. W [6] opisano wyniki takich właśnie badań. W czasie eksperymentu realizowano drganie poziome podstawy w różnej formie. Były więc generowane drgania: wyraźnie jednokierunkowe (X albo Y), kołowe oraz eliptyczne; wszystkie z różnymi – bardzo małymi częstotliwościami. Zadaniem uczestników eksperymentu było zidentyfikowanie formy realizowanych drgań. Wyniki identyfikacji wyraźnie świadczą o tym, iż badani identyfikowali prawie

Kryteria oceny wpływu drgań na ludzi w budynkach i ich zastosowania w praktyce cz. I

Utworzono: wtorek, 09, październik 2012 08:57 Janusz Kawecki

jednoznacznie drgania o wyraźnym jednym kierunku oraz drgania odbywające się według linii kołowej. W przypadku drgań o ruchu eliptycznym ta identyfikacja nie była już tak jednoznaczna.

Równie interesujące były wyniki eksperymentów, w których sprawdzano odczuwanie przez ludzi drgań harmonicznym i drgań o charakterze losowym. Okazuje się, że w przedziale częstotliwości od 0,3 do 0,6Hz drgania harmoniczne są odczuwalne przy mniejszej amplitudzie drgań niż drgania o charakterze losowym. Oznacza to, że rzeczywista linia progu odczuwalności drgań harmonicznym w rozpatrywanym przedziale częstotliwości jest położona niżej od odpowiadającej drganiom o charakterze losowym.

W podsumowaniu niniejszych analiz można stwierdzić, że porównanie kryteriów oceny wprowadzonych do norm międzynarodowych i krajowych wykazuje podobieństwo w zapisach. Obecnie stosowane i doskonalone są dwie główne grupy kryteriów oceny. W jednej z nich kryteria zapisane są za pomocą struktury częstotliwościowej w pasmach 1/3 oktawowym, w drugiej zaś – za pomocą tzw. dawki wibracji. Jak wykazano powyżej pierwsze z tych ujęć zawiera więcej informacji, które mogą być przydatne zarówno w diagnozie jak i w projektowaniu nowych budynków oraz skutecznej ich wibroizolacji (por. [16]). Prace badawcze są współcześnie prowadzone nad uściśleniem zapisów odnoszących się do obydwu grup kryteriów. W szczególności chodzi tu o przedział częstotliwości drgań poniżej 1Hz oraz precyzyjniejsze określanie wartości współczynnika „n” w odniesieniu do drgań impulsowych i sporadycznych.

prof. dr hab. inż. Janusz Kawecki

Instytut Mechaniki Budowli,

Wydział Inżynierii Lądowej,

Politechnika Krakowska

Praca została wykonana w ramach realizacji Projektu „Innowacyjne środki i efektywne metody poprawy bezpieczeństwa i trwałości obiektów budowlanych i infrastruktury transportowej w strategii zrównoważonego rozwoju”(temat PT1.7) współfinansowanego przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka.

Efekty tej pracy zostały opisane w publikowanym referacie prof. Janusza Kaweckiego, który został przygotowany na VII Seminarium „Wpływ hałasu i drgań wywołanych eksploatacją transportu szynowego na budynki i ludzi w budynkach – diagnostyka i zapobieganie WIBROSZYN-2012” (13-14 września br.) tradycyjnie zorganizowane przez Instytut Mechaniki Budowli PK.

Literatura i wykorzystane materiały:

Kryteria oceny wpływu drgań na ludzi w budynkach i ich zastosowania w praktyce cz. I

Utworzono: wtorek, 09, październik 2012 08:57 Janusz Kawecki

- [1] PN-88/B-02171, Ocena wpływu drgań na ludzi w budynkach 1988, norma polska
- [2] BS 6472-1:2008, Guide to evaluation of human exposure to vibration in buildings, Part 1: Vibration sources other than blasting, 2008, British Standard.
- [3] DIN 4150-2, Structural vibration, Part 2: Human exposure vibration in buildings, 1999, German Standard.
- [4] ISO 2631-2, Guide to the evaluation of human exposure to whole body vibration. Part 2- Vibration in buildings, 2003, International Organization for Standardization.
- [5] ISO 10137 Bases for design of structures – Serviceability of buildings and walkways against vibration, 2007, International Organization for Standardization.
- [6] Tamura Y., Kawana S., Nakamura O., Kanda J. & Nakatà S., Evaluation perception of wind-induced vibration in buildings. Structures & Buildings, 159, pp. 1-11, 2006.
- [7] Blume J., Motion perception in the low-frequency range. Contract report AT(26-I)-99. US Atomic Energy Commission, Nevada Operations Office. July 1969.
- [8] Benson A.J., Diaz E. & Farrugia P.: The perception of body orientation relative to a rotating linear acceleration vector. Fortschr. zool., 23, pp.264 - 274, 1975.
- [9] Goto T., Studies on wind-induced motion of tall buildings based on occupant's reactions. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 13, pp. 241-252, 1983.
- [10] Jeary A. P., Morris R. G. & Tomlinson R. W., Perception of vibration-tests in tall buildings. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 28, pp. 361-370, 1988.
- [11] Hansen R. T., Read J. W. & Vanmarcke E. H., Human response to wind-induced motion of buildings. Proc. ASCE, ST7, 1973.
- [12] Reed J. W., Wind-induced motion and human discomfort in tall buildings. Massachusetts Institute of technology, 1971.
- [13] Kawecki J., Stypuła K.: Metodyka pomiarowo- interpretacyjna wyznaczania modelu budynku przydatnego w ocenie wpływu drgań parasejsmicznych na ludzi, Czasopismo Techniczne, 2007, z. 2-B, s. 39-46
- [14] AIJ-GEH-2004. Guidelines for the evaluation of habitability to building vibration, 2007, Architectural Institute of Japan.
- [15] ISO 6897, Guidelines for the evaluation of the response of occupants of fixed structures, especially buildings and off-shore structures, to low-frequency horizontal motion (0,063 to 1Hz).

Kryteria oceny wpływu drgań na ludzi w budynkach i ich zastosowania w praktyce cz. I

Utworzono: wtorek, 09, październik 2012 08:57 Janusz Kawecki

- [16] Kawecki J., Koziół K., Stypuła K.: Influence of metro tunnel structure on prognosed vibrations received by people staying in nearby building; Technical Transactiond, Cracov University of Technology, vol.3-B, issue 11, pp.51-58, 2010.
- [17] Stypuła K., Drgania mechaniczne wywołane eksploatacją metra płytkiego i ich wpływ na budynki, Zeszyty Naukowe Politechniki Krakowskiej, Inżynieria Lądowa, vol. 72, Kraków 2007
- [18] Stypuła K., Doświadczenia Metra Warszawskiego. Problemy dynamiczne w projektowaniu oraz podczas budowy i eksploatacji, Budownictwo Górnicze i Tunelowe, vol. 1, pp. 9-10, 2003
- [19] Kawecki J., Stypuła K.; Naruszenie wymagań dotyczących zapewnienia ludziom w budynku niezbędnego komfortu wibracyjnego jako stan zagrożenia awaryjnego; Inżynieria i Budownictwo; Nr 5, 2011, str. 266-269
- [20] Uchwała Nr LXXVII/2422/2006 Rady Miasta Stołecznego Warszawy z dnia 22 czerwca 2006 r. w sprawie uchwalenia miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego regionu tzw. Dworca Południowego, Dziennik Urzędowy Województwa Mazowieckiego Nr 146, poz. 4800