

Nowelizacja normy dotyczącej wpływu drgań na ludzi w budynkach jako rezultat badań objętych tematem PT.1. w POIG (II) Przygotowania do nowelizacji normy



Jak już podano we wcześniej publikowanej części referatu, w ostatnim okresie (2010-2014) prowadzone były obszerne prace objęte tematem PT1.7 ujętym w Programie Operacyjnym Innowacyjna Gospodarka. Prace te prowadzono wielowątkowo. Najważniejsze wyniki uzyskane podczas realizacji tematu PT1.7 zostały zebrane w książce [19], którą przedstawiono już podczas Seminarium WIBROSZYN w 2013 roku.

Wyniki PT1.7 jako wstępne rozpoznanie problemu

Do ważnych osiągnięć uzyskanych podczas realizacji tematu PT1.7 należy zaliczyć opracowanie i zweryfikowanie metodyki pomiarowo-interpretacyjnej oceny wpływu drgań na ludzi w budynkach. Metodykę tę opracowano tak, aby można ją było stosować w diagnostyce i projektowaniu budynków narażonych na oddziaływania dynamiczne przekazywane z podłoża na ludzi przebywających w tych budynkach.

W opracowanej metodyce niezbędne jest dysponowanie kryteriami oceny wpływu drgań na ludzi podobnymi do tych, jakie zamieszczono w normie [20].

Nowelizacja normy dotyczącej wpływu drgań na ludzi w budynkach jako rezultat badań objętych tematem PT.1. w POIG (II) Przygotowania do nowelizacji normy

Utworzono: piątek, 19. wrzesień 2014 09:09 Janusz Kawęcki

Zapotrzebowanie na takie obiektywne kryteria jest duże. W otoczeniu zrealizowanych i projektowanych budowli występują bowiem różne źródła drgań zaliczane do działań parasejsmicznych. Wśród nich wyróżnia się tzw. drgania komunikacyjne, które generowane są ruchem różnego rodzaju pojazdów. Analizę wpływu drgań generowanych ruchem 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.). Coraz powszechniejsze występowanie źródeł drgań komunikacyjnych (linie tramwajowe i kolejowe, powierzchniowe i podziemne) w pobliżu istniejących i projektowanych budynków zwiększa zapotrzebowanie na opracowania, w których trzeba korzystać z kryteriów oceny wpływów dynamicznych na budynki i ludzi w budynkach.

W wyniku realizacji tematu PT1.7 opracowano i zweryfikowano również procedury i narzędzia badawcze stosowane w ocenie wpływu drgań na ludzi w budynkach. Mogą one nie tylko pomóc w ocenie narażenia wibracyjnego ludzi przebywających w budynkach i odbierających drgania w sposób bierny, ale również umożliwiają uwzględnienie już podczas projektowania budynków wymagań odnośnie do zapewnienia ludziom w budynkach niezbędnego komfortu wibracyjnego. Wyniki uzyskane podczas realizacji tematu PT1.7, oprócz przedstawiania ich na różnych konferencjach naukowych i naukowo-technicznych (por. np.: [13, 14, 15]) zostały opublikowane we wcześniej już wspomnianej książce [19]. Rozwój ujęcia wpływu drgań na ludzi w budynkach opisano także w [18].

W ramach realizacji tematu badawczego uzyskano bardzo ciekawe wyniki podczas weryfikacji metodyki i procedur badawczych. Szczególnie istotne są rezultaty zweryfikowanych prognoz. Wyniki wielu prognoz zrealizowanych według opracowanej metodyki zastosowanej do projektowanych budynków zostały zweryfikowane po zrealizowaniu tych budynków.

Wszystko to pozwala na rekomendowanie metod i kryteriów oceny do wprowadzenia do stosowania jako zapisów normowych.

Badania kryteriów oceny

Bardzo ważnym elementem badań prowadzonych w temacie PT1.7 było przyjęcie kryteriów oceny zapewnienia komfortu wibracyjnego ludziom przebywającym w budynkach. W przeszłości kryteria te były różnie formułowane. W badaniach analizowano kryteria zapisane uprzednio w normach: polskiej [20], brytyjskiej [1], niemieckiej [9] oraz w normach międzynarodowych ISO [10, 11]. Na podstawie tej analizy oraz przeglądu wybranych pozycji literatury podano (por. [19]) kierunki wykorzystania zapisów normowych w diagnostyce i projektowaniu budynków oraz

Nowelizacja normy dotyczącej wpływu drgań na ludzi w budynkach jako rezultat badań objętych tematem PT.1. w POIG (II) Przygotowania do nowelizacji normy

Utworzono: piątek, 19 września 2014 09:09 Janusz Kawecki

~~obszary dalszych prac badawczych poświęconych temu tematowi. Stwierdzono~~
więc, że obecnie stosowane są trzy metody i odpowiadające im kryteria oceny, w których stosuje się następujące parametry:

- a) wartość skuteczną (RMS) przyspieszenia (prędkości) drgań skorygowaną w całym paśmie częstotliwości,
- b) widmo (strukturę częstotliwościową) wartości skutecznej (RMS) przyspieszenia (prędkości) drgań w pasmach 1/3 oktaawowych,
- c) dawkę wibracji.

Wartość skorygowaną (występuje w zapisach norm [9, 20]) 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 oktaawowych. 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 skutecznej przyspieszenia (prędkości) 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.

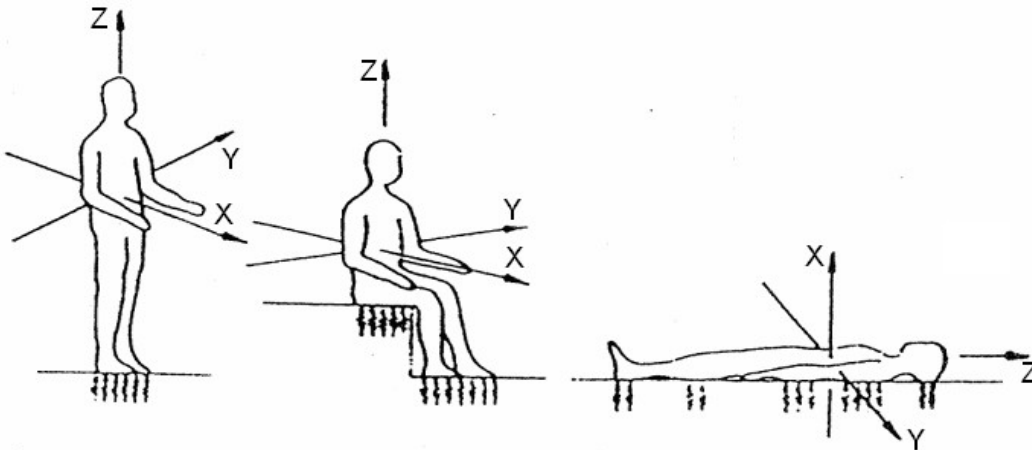
Więcej potrzebnych informacji przydatnych w ocenie wpływu drgań na ludzi uzyskuje się na podstawie przedstawienia wibrogramu w postaci widma wartości skutecznej przyspieszenia drgań w pasmach 1/3 oktaawowych. Ten parametr oceny przyjęty jest w normach [9, 11, 20]. Przez porównanie struktury częstotliwościowej 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 [1, 9, 10, 11].

Wymienione wyżej parametry oceny wpływu drgań na ludzi w budynkach są

Nowelizacja normy dotyczącej wpływu drgań na ludzi w budynkach jako rezultat badań objętych tematem PT.1. w POIG (II) Przygotowania do nowelizacji normy

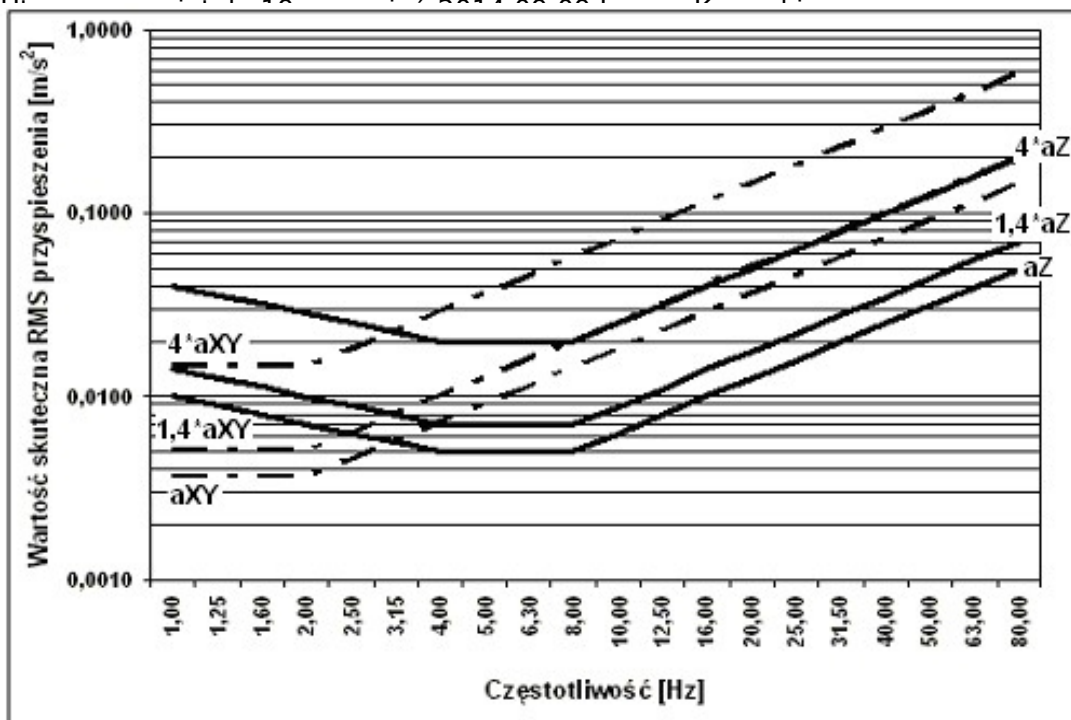
Utworzono: piątek, 19 września 2014 09:09 Janusz Kawecki
~~powiązane z kryteriami oceny. W normach, których wymagania są tu porównywane~~
kryteria oceny drgań podawane są w zakresie częstotliwości od 1 do 80Hz. Poziomem odniesienia jest w tych kryteriach próg odczuwalności drgań, w którym uwzględnia się różną wrażliwość człowieka na drgania, zależną od kierunku ich przekazania (Z, XY) na człowieka (por. rys. 1).



Rys. 1. Kierunki przekazywania drgań na człowieka

W niniejszym opracowaniu nie powtarza się już szczegółowych opisów analizowanych kryteriów. Wszystko to zostało przedstawione w książce [19]. Tu zaś podane są najważniejsze rezultaty tych badań. Z badań wynika, że można zalecić jako parametr oceny wielkości wyrażone za pomocą widma drgań w pasmach 1/3 oktaawowych. Można ten opis uznać jako najbardziej przydatny w ocenie zapewnienia ludziom w budynkach niezbędnego komfortu wibracyjnego. Praktyczna jego przydatność wynika przede wszystkim z tego, iż dostarcza on informacji nie tylko o ew. naruszeniu wymagań odnośnie do zapewnienia komfortu wibracyjnego, ale również o paśmie częstotliwości, w którym te wymagania są naruszone. Stąd wynika jego przydatność nie tylko w diagnozach dynamicznych ale również w rozwiązywaniu zagadnień występujących podczas projektowania budynku i źródła drgań.

Nowelizacja normy dotyczącej wpływu drgań na ludzi w budynkach jako rezultat badań objętych tematem PT.1. w POIG (II) Przygotowania do nowelizacji normy



Rys. 2. Linie progów odczuwalności drgań (oznaczone jako aZ i aXY) oraz linie określające poziom zapewnienia niezbędnego komfortu wibracyjnego ludziom przebywającym w pomieszczeniu mieszkalnym w dzień oraz w nocy

Pozostałe dwa parametry są przydatne przede wszystkim w diagnozach. Wynika to głównie z łatwości stosowania. Możliwe jest bowiem umieszczanie w torze pomiarowym odpowiednich filtrów, które pozwalają na uzyskiwanie jako wyniku pomiaru liczby, którą porównuje się z wartościami odpowiadającymi warunkom zapewnienia komfortu wibracyjnego.

Przyjęcie widma drgań w pasmach 1/3 oktaowych do oceny zapewnienia ludziom wymaganego komfortu wibracyjnego ma jednak pewne wady, jeśli konieczne staje się porównywanie wyników pomiarów albo obliczeń uzyskanych przy wystąpieniu różnych źródeł drgań oraz wielu budynków usytuowanych wzdłuż tras komunikacyjnych. Można wówczas najważniejsze informacje niezbędne przy tego rodzaju porównaniach wyrazić za pomocą wskaźnika WODL (por. [19]). Wyraża on stosunek największej wartości RMS przyspieszenia/prędkości wyznaczonej w wyniku analizy wibrogramu uzyskanego z pomiaru albo obliczania do wartości RMS przyspieszenia/prędkości odpowiadającej progowi odczuwalności drgań w tym samym paśmie częstotliwości. Wartość wskaźnika WODL podaje się wraz z informacją o częstotliwości środkowej pasma 1/3 oktaowego, w którym wyznacza się WODL. Tak więc dwie liczby: WODL i f zawierają istotne informacje o wyniku analizy wibrogramu. Jest to warte upowszechnienia przez wprowadzenie tego parametru do nowelizowanej normy [20].

Nowelizacja normy dotyczącej wpływu drgań na ludzi w budynkach jako rezultat badań objętych tematem PT.1. w POIG (II) Przygotowania do nowelizacji normy

Utworzono: piątek, 19, wrzesień 2014 09:09 Janusz Kawecki

Wpływ czasu narażenia na drgania na ocenę

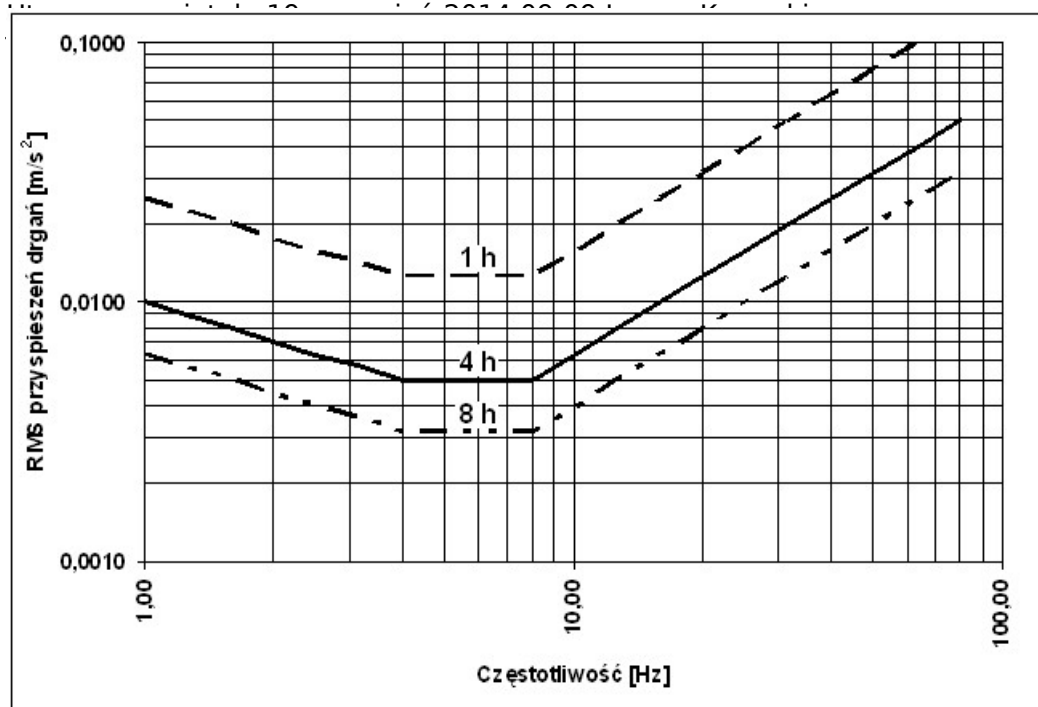
W nawiązaniu do uwag podanych w rozdziale powyżej należy jeszcze zauważyć, że rekomendowana metoda oceny za pomocą widma wartości skutecznych przyspieszenia (prędkości) w pasmach 1/3 oktaowych nie uwzględnia bezpośrednio czasu narażenia ludzi na drgania. Tę informację pełniej uwzględnia metoda z zastosowaniem wartości dawki wibracji. Czas narażenia ludzi na drgania w stosunku do całkowitego czasu przypadającego na porę doby (dzień, noc) uwzględnia się w obliczonej wartości dawki wibracji.

Trzeba jednak zauważyć, że stosując w ocenie widmo drgań oraz skorygowaną wartość skuteczną przyspieszenia (prędkości) uwzględnia się również czas oddziaływania drgań przez przyjęcie innych wartości współczynnika n przy wyznaczaniu parametrów charakteryzujących poziom niezbędnego komfortu wibracyjnego. Inne są bowiem wartości współczynnika n przy analizowaniu wpływu na ludzi drgań ciągłych i przerywanych, inne też przy występowaniu drgań sporadycznych (z kilkoma wystąpieniami w ciągu doby). Trzeba też podkreślić, iż wrażliwość ludzi na zmianę tego parametru nie jest tak duża, jak na zmianę innych parametrów takich jak: częstotliwość drgań, wartość skuteczna przyspieszenia (prędkości), porę dnia, przeznaczenie pomieszczenia).

Można tu też odwołać się do informacji zawartych w różnych normach oraz publikacji przywołanych w [19] można przyjąć, że linia ciągła odpowiadająca progowi odczuwalności drgań działających na człowieka w kierunku osi kręgosłupa (oś Z) odpowiada 4 godzinom oddziaływania drgań na człowieka w ciągu doby. Krótszy czas oddziaływania drgań prowadzi do przesunięcia tej linii w pionie w kierunku większych wartości, dłuższy zaś – w kierunku mniejszych wartości. Orientacyjne kształty linii odpowiadających czasowi narażenia równemu 1 godziny i 8 godzin podano na rys.3.

Uwzględniając powyższe spostrzeżenia można pozostać przy rekomendowaniu w ocenie wpływu drgań na ludzi w budynkach stosowanie parametru wartości skutecznej (RMS) przyspieszenia (prędkości) drgań w pasmach 1/3 oktaowych.

Nowelizacja normy dotyczącej wpływu drgań na ludzi w budynkach jako rezultat badań objętych tematem PT.1. w POIG (II) Przygotowania do nowelizacji normy



Rys. 3. Orientacyjne położenia linii progów odczuwalności drgań (kierunek przyjmowania drgań przez człowieka: Z) przy zwiększeniu (8h) i zmniejszaniu (1h) łącznego czasu oddziaływania na człowieka w stosunku do przyjętego w normach (4h) – por. [19].

prof. dr hab. inż. Janusz Kawecki

Instytut Mechaniki Budowli, Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki

Projekt „Innowacyjne środki i efektywne metody poprawy bezpieczeństwa i trwałości obiektów budowlanych i infrastruktury transportowej w strategii zrównoważonego rozwoju” współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego realizowanego pod nadzorem ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego - Nr umowy POIG.01.01.02-10-106/09-06

Literatura i wykorzystane materiały:

[1] BS 6472-1:2008, Guide to evaluation of human exposure to vibration in buildings, *Part 1: Vibration sources other than blasting*, 2008, British Standard.

Nowelizacja normy dotyczącej wpływu drgań na ludzi w budynkach jako rezultat badań objętych tematem PT.1. w POIG (II) Przygotowania do nowelizacji normy

Utworzono: piątek, 19 września 2014 09:09 Janusz Kawecki

[2] Ciesielski R.; *Próba klasyfikacji szkodliwości wpływów drgań i wstrząsów na ludzi znajdujących się w budynkach*; Zeszyty Naukowe Politechniki Krakowskiej, Kraków, 1, 1966.

[3] Ciesielski R.; *O ochronie ludzi w budynkach przed wpływem wibracji*; Przegląd Budowlany, 1981, nr 7.

[4] Ciesielski R., Kawecki J.; *Doświadczalna weryfikacja skal wpływów dynamicznych na budynki (SWD)*; XIX Konferencja Naukowa KILiW PAN i KN PZITB, Krynica, 1973, t. 1.

[5] Ciesielski R., Kawecki J.; *Weryfikacja doświadczalna skal SWD*; Prace z Sympozjum: Wpływy sejsmiczne i parasejsmiczne na budowlę; Politechnika Krakowska, Kraków 1979.

[6] Ciesielski R., Maciąg E.; *Drgania drogowe i ich wpływ na budynki*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1990.

[7] Ciesielski R., Kawecki J., Maciąg E.; *Ocena wpływu wibracji na budynki i ludzi w budynkach (diagnostyka dynamiczna)*, Wyd. Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 1993.

[8] Ciesielski R., Kawecki J., Maciąg E., Stypuła K.; *Ocena diagnostyczna skutków wpływów drgań na budynki i ludzi w budynkach*, Inżynieria i Budownictwo, 1993, nr 9, str.390-394.

[9] DIN 4150-2, *Structural vibration, Part 2: Human exposure vibration in buildings*, 1999, German Standard.

[10] ISO 2631-2, *Guide to the evaluation of human exposure to whole body vibration. Part 2- Vibration in buildings*, 2003, International Organization for Standardization.

[11] ISO 10137, *Bases for design of structures - Serviceability of buildings and walkways against vibration*, 2007, International Organization for Standardization.

[12] Kamińska M., Lefik M.; *Wyniki realizacji Projektu „Innowacyjne środki i efektywne metody poprawy bezpieczeństwa i trwałości obiektów budowlanych i infrastruktury transportowej w strategii zrównoważonego rozwoju*; Przegląd Budowlany, 2014, nr 6, str.12-17.

[13] Kawecki J.; *Uwzględnienie wpływu drgań na ludzi w projektowaniu i diagnostyce budynków*, V Seminarium „WIBROSZYN-2010” Politechnika Krakowska, Kraków 2010.

[14] Kawecki J.; *Zastosowanie procedur oceny wpływu drgań na ludzi w projektowaniu i diagnostyce budynków*, Materiały VI Seminarium: Wpływ hałasu i

Nowelizacja normy dotyczącej wpływu drgań na ludzi w budynkach jako rezultat badań objętych tematem PT.1. w POIG (II) Przygotowania do nowelizacji normy

Utworzono: piątek, 19 września 2014 09:09 Janusz Kawecki
~~drgań wywołanych eksploatacją transportu szynowego na budynki i ludzi w~~
budynkach. Diagnostyka i zapobieganie, WIBROSZYN'2011, Kraków 8-9 września 2011.

[15] Kawecki J., Kowalska-Koczwara A., Stypuła K.: *Consideration of Criteria of Vibration Comfort of People in Diagnosis and Design of Buildings*. World Academy of Science, Engineering and Technology, Venice Italy, WASET, 2011 Issue 59 November 2011.

[16] Kawecki J., Stypuła K.: *Błędy w projektowaniu i diagnostyce wpływów dynamicznych na budynki*; Inżynieria i Budownictwo, nr 5/2011.

[17] Kawecki J., Stecz P., Stypuła K.: *O konieczności wykonywania obliczeń symulacyjnych wibroizolacji w torze tramwajowym*; Czasopismo Techniczne, 2011, z. 19; Seria: Budownictwo, z. 3-B; Kraków.

[18] Kawecki J., Kowalska-Koczwara A., Stypuła K.: *Rozwój ujęcia wpływu drgań na ludzi w budynkach*; Inżynieria i Budownictwo, nr 12/2013.

[19] Kawecki J., Stypuła K.: *Zapewnienie komfortu wibracyjnego ludziom w budynkach narażonych na oddziaływania komunikacyjne*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2013.

[20] PN-88/B-02171, *Ocena wpływu drgań na ludzi w budynkach* 1988, norma polska.

[21] PN-EN 1990: 2004, *Podstawy projektowania konstrukcji*.

[22] 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.