

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

Utworzono: środa, 10, październik 2012 09:03 Janusz Kawecki



Analizy dotyczące oceny wpływu drgań na ludzi w budynkach są wykonywane w odniesieniu do budynków zrealizowanych i projektowanych. Zasadnicze różnice między rozwiązywaniem zadania projektowania i zadania diagnozy zestawiono w tabeli 4.

Zastosowanie kryteriów oceny narażenia wibracyjnego ludzi w budynkach w diagnostyce i projektowaniu

Zadanie	Dane	Poszukiwane
Projektowania	- prognostyczne oddziaływanie na obiekt, - warunki odnośnie do nośności i użytkowności.	parametry projektowanego obiektu, który przeniesie prognozowane oddziaływanie bez naruszenia zadanych warunków.
Diagnozy	- obiekt i jego stan techniczny, - działania na obiekt, - kryteria diagnostyczne.	odpowiedź na pytanie: czy istnieje związek skutkowo-przyczynowy między stanem technicznym obiektu a występującymi działaniami.

W celu pełniejszego opisanie metodyki pomiarowo-interpretacyjnej najpierw scharakteryzowano sytuacje diagnostyczne i projektowe, które mogą być objęte tą metodyką. Poniżej zestawiono główne sytuacje diagnostyczne i projektowe występujące przy rozpatrywaniu oddziaływań dynamicznych. W zależności od stanu, w jakim podczas opracowywania diagnozy albo projektu znajduje się źródło drgań oraz obiekt odbierający drgania wyróżnia się pięć takich sytuacji. Przedstawiano je podczas wcześniejszych Seminariów WIBROSZYN. Opis przedstawiony w niniejszym opracowaniu będzie nawiązywał do tej klasyfikacji, którą przypomniano w tabeli 5.

Najczęściej diagnoza dynamiczna dotyczy sytuacji „A”. W ocenie diagnostycznej wykorzystuje się tu wyniki uzyskane podczas bezpośrednich pomiarów drgań i stosuje odpowiednie kryteria oceny. Sytuacje „B” i „E” zaliczane są również do diagnoz, ale w ocenach wpływów dynamicznych uwzględnia się tu prognozowane parametry drgań.

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

Utworzono: środa, 10, październik 2012 09:03 Janusz Kawecki

Oznaczenie sytuacji	Źródło drgań	Obiekt odbierający drgania	Określenie sytuacji
A	eksploatowane	zrealizowany	diagnoza
B	projektowane	zrealizowany	diagnoza z prognozą
C	eksploatowane	projektowany	projektowanie
D	projektowane	projektowany	projektowanie z prognozą
E	wystąpiło uprzednio (nie jest możliwe działanie ponowne)	zrealizowany (obecnie w stanie uszkodzonym)	diagnoza z prognozą (a posteriori)

Sytuacje „C” i „D” zalicza się do zadań projektowania, ale procedury wyznaczania parametrów charakteryzujących źródła drgań i ich oddziaływanie na obiekty odbierające drgania są zbliżone do stosowanych w sytuacji „B”.

„Obiektem” w powyższych opisach może być budowla jako całość, urządzenia wrażliwe na drgania umieszczone w budowli oraz człowiek biernie odbierający drgania i przebywający w budynku. W niniejszym opracowaniu przedstawiane będą sytuacje, w których „obiektem odbierającym drgania” jest człowiek przebywający w budynku, budynek zaś może być rozważany jako zrealizowany albo projektowany i z tym wiąże się przypisanie zadania do odpowiedniej sytuacji w tabeli 5. Zakłada się też, że człowiek w budynku odbiera drgania w sposób bierny tzn. nie ma on bezpośredniego wpływu na źródło drgań.

„Źródłami drgań” w odniesieniu do zagadnień ujętych w niniejszym opracowaniu mogą być przejazdy pojazdów po drodze (kołowej, szynowej, powierzchniowej albo podziemnej). W sytuacji istniejącej drogi analiza dynamiczna odnosi się do źródeł drgań generowanych podczas eksploatacji tzn. przejazdu pojazdów danego rodzaju transportu. W zależności od dopuszczonych warunków eksploatacji analizuje się przejazdy pojazdów spełniających wymagania techniczne (w szczególności, w odniesieniu do transportu szynowego wymagania te mogą być określone dopuszczalną wartością tzw. bicia promieniowego). Niekiedy należy w analizach uwzględnić również sytuacje awaryjne tzn. przy niespełnieniu powyższych wymagań (np. wystąpienie bicia promieniowego o wartości większej od dopuszczalnej).

W analizie źródeł drgań w odniesieniu do projektowanej drogi może okazać się również konieczne uwzględnienie wpływów dynamicznych generowanych podczas budowy tejże drogi (np. drgania generowane pracą walców wibracyjnych).

W wyniku analizy uzyskuje się informacje o wpływie drgań generowanych przejazdami pojazdów na ich odbiornik (w rozważanych sytuacjach są to ludzie w budynku). Jeśli wynik analizy wskazuje na naruszenie wymagań odnoszących się do zapewnienia niezbędnego komfortu wibracyjnego ludziom przebywającym w budowli, to w kolejnym etapie analizy przyjmuje się zastosowanie środków technicznych na drodze określonej elementami: źródło drgań - droga propagacji drgań od źródła do odbiornika - obiekt odbierający drgania. Celem takich środków technicznych jest zmniejszenie drgań obiektu odbierającego drgania. W zależności od stanu źródła drgań (projektowane, eksploatowane) i obiektu (projektowany, zrealizowany) stosuje się środki techniczne w źródle drgań, na drodze ich propagacji oraz w odbiorniku drgań. Kolejne analizy powinny umożliwić wybranie najkorzystniejszego (ze względu np. na: koszty, wykonawstwo, zastosowane materiały itp.) środka technicznego o działaniu antywibracyjnym.

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

Utworzono: środa, 10, październik 2012 09:03 Janusz Kawecki

Przyjęcie odpowiedniego do zastosowania środka technicznego redukcji drgań oraz miejsca jego zastosowania (w źródle drgań, na drodze propagacji albo w odbiorniku drgań) wynika z wymagań określonych w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego. Tak postąpiono np. w Warszawie w związku z budową linii metra. Z zapisów w odpowiedniej uchwale władz samorządowych wynika, iż projektując przebieg linii i konstrukcję toru metra uwzględniono wymaganie, aby drgania generowane przejazdami pociągów metra nie naruszały warunków ochrony antywibracyjnej istniejących budynków i ludzi w nich przebywających. Było to zadaniem projektantów linii metra. Włączenie tejże linii w obszar zabudowy powoduje, iż w nowym układzie odpowiednie wymagania antywibracyjne będą odnosiły się do nowej, projektowanej zabudowy w otoczeniu tunelu metra. A to oznacza, iż projektujący nowe obiekty w tym otoczeniu powinni uwzględniać istniejące lub projektowane (ale znane) źródło drgań (tzn. drgania generowane przejazdami pociągów metra).

Na podstawie rozpoznania literatury (uzupełnianego systematycznie podczas realizacji tematu badawczego) oraz doświadczeń własnych zebranych podczas realizacji zadań diagnostycznych i projektowych związanych z zapewnieniem niezbędnego komfortu wibracyjnego ludziom przebywającym w budynkach zestawiono poniżej procedury występujące w metodyce pomiarowo-interpretacyjnej. Były one przedstawiane na ostatnich dwóch Seminariach WIBROSZYN i są stale uaktualniane. W możliwie ogólnym zapisie, ale uwzględniając stan budynku i źródła drgań, procedury te zawierają zestawione niżej elementy:

- Procedury odnoszące się do działań diagnostycznych wykonywanych w odniesieniu do ludzi w budynkach zrealizowanych. W przypadku ludzi przebywających w budynkach zrealizowanych mogą wystąpić dwa przypadki:

- * źródło drgań jest eksploatowane (wówczas wykonywana jest diagnoza wpływu drgań) oraz
- * źródło drgań jest projektowane (wówczas wykonywana jest diagnoza z prognozą).

Diagnoza dynamiczna dotycząca oceny wpływu drgań na ludzi przebywających w zrealizowanych budynkach i biernie odbierających drgania generowane przez eksploatowane źródło drgań obejmuje następujące czynności:

- zebranie danych o przeznaczeniu pomieszczenia, w którym przebywają ludzie,
- zebranie danych o źródłach drgań, których oddziaływanie na ludzi może być znaczące oraz o drodze propagacji tych drgań ze źródła do miejsca ich odbioru przez człowieka,
- przyjęcie kryterium oceny,
- wyznaczenie - na podstawie pomiaru - wartości parametrów charakteryzujących

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

Utworzono: środa, 10, październik 2012 09:03 Janusz Kawecki

drżania w miejscu ich odbioru przez człowieka,

- ocena wpływu drgań na ludzi według przyjętego kryterium,
- zaproponowanie środków technicznych prowadzących do redukcji drgań w przypadku wykazania naruszenia wymaganego komfortu wibracyjnego.

Podana wyżej procedura diagnostyczna ulega modyfikacji, jeśli źródło drgań jest w fazie projektowania. Wówczas ważnym etapem diagnozy jest wyznaczenie prognozowanych parametrów wymuszenia kinematycznego budynku oraz przyjęcie modelu obliczeniowego zrealizowanego budynku. Kształtowanie modelu obliczeniowego budynku następuje najczęściej z zastosowaniem MES. Trzeba tu jednak podkreślić konieczność zweryfikowania modelu przez pomiar drgań budynku wywołanych innym, możliwym do zastosowania źródłem drgań. Model taki można zweryfikować wykorzystując w tym celu pomiary tzw. tła dynamicznego [por. 17, 18]. Parametry opisujące prognozowane wymuszenie kinematyczne budynku uzyskuje się najczęściej korzystając z informacji pozyskanych z bazy danych pomiarowych, którą powinna dysponować jednostka wykonująca tego rodzaju opracowania.

- Procedury odnoszące się do oceny narażenia wibracyjnego ludzi w budynkach projektowanych.

W przypadku ludzi, którzy będą przebywać w budynkach projektowanych mogą występować dwie sytuacje projektowe:

* źródło drgań jest już eksploatowane (wówczas projektuje się budynek znając parametry charakteryzujące jego wymuszenie kinematyczne)

oraz

* źródło drgań jest również projektowane (wówczas projektuje się budynek na prognozowane parametry drgań).

W obydwu wymienionych przypadkach parametry wymuszenia kinematycznego budynku wyznacza się korzystając z danych zawartych w bazie danych pomiarowych. W pierwszym przypadku potrzebne są jeszcze informacje o stopniu redukcji drgań przy przekazywaniu ich z podłoża (na którym drżania mogą być pomierzone) na fundament projektowanego budynku, w drugim zaś z bazy danych pomiarowych uzyskuje się wszystkie informacje o parametrach prognozowanego wymuszenia drgań.

Budynek powinien być tak zaprojektowany, aby jego drżania nie naruszały warunków niezbędnego komfortu określonego dla ludzi przebywających w pomieszczeniach. Przeważnie, uwzględniając dokładność prognoz, zakłada się, że obliczone parametry drgań w miejscu narażenia wibracyjnego ludzi przebywających w budynku powinny nie przekraczać progu odczuwalności drgań przez ludzi.

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

Utworzono: środa, 10, październik 2012 09:03 Janusz Kawecki

Najważniejsze elementy procedury projektowania budynku z uwzględnieniem wpływu drgań na ludzi, którzy będą w nim przebywać podano poniżej w zależności od sytuacji źródła drgań zestawiono poniżej.

Jeśli źródło drgań istnieje (jest eksploatowane), to:

- wykonuje się pomiar drgań podłoża w miejscu przyszłej lokalizacji budynku,
- wyznacza się parametry wymuszenia kinematycznego budynku (wibrogram) z wykorzystaniem informacji o wynikach pomiarów zawartych w bazie danych pomiarowych odpowiadających podobnym sytuacjom z uwzględnieniem redukcji drgań na styku: podłoże – fundament budynku,
- po ukształtowaniu modelu obliczeniowego budynku wyznacza się ruch w miejscach odbioru drgań przez człowieka,
- w odniesieniu do wyznaczonych analitycznie wibrogramów stosuje się odpowiednie kryteria oceny wpływu drgań na ludzi,
- przy niespełnieniu odpowiednich wymagań wprowadza się zmiany w konstrukcji w taki sposób, aby uzyskać spełnienie warunku dotyczącego zapewnienia ludziom wymaganego komfortu wibracyjnego.

Jeśli źródło drgań jest projektowane, to:

- na podstawie analizy zbioru informacji zawartych w bazie danych pomiarowych wyznacza się najbardziej prawdopodobny opis wymuszenia drgań budynku i przykłada ten opis do modelu projektowanego budynku,
- wyznacza się drgania budynku w miejscu odbioru ich przez człowieka,
- wyznaczone parametry stosuje się w ocenie wpływu drgań na człowieka stosownie do przyjętego kryterium oceny (wartość skorygowana, wartość RMS w pasmach 1/3 oktaawowych, wartość VDV),
- przy niespełnieniu odpowiednich wymagań wprowadza się zmiany konstrukcji budynku i obliczenia powtarza się aż do osiągnięcia celu, którym jest spełnienie przez konstrukcję projektowanego budynku wymagań odnośnie do wpływu drgań na ludzi.

- Procedury odnoszące się do sytuacji związanych z kształtowaniem tras komunikacyjnych w otoczeniu istniejącej i projektowanej zabudowy.

W pewnych sytuacjach praktycznych istnieje konieczność rozpoznania wpływu drgań generowanych przez nowe źródło drgań powstałe w wyniku zmiany warunków istniejącego źródła drgań. Może to na przykład dotyczyć zmiany warunków przejazdu wzdłuż już istniejącej lecz modernizowanej drogi, linii kolejowej lub metra.

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

Utworzono: środa, 10, październik 2012 09:03 Janusz Kawecki

Ocena globalna wpływu nowego źródła drgań na istniejącą zabudowę i ludzi przebywających w budynkach może wiązać się z opracowaniem mapy wpływów dynamicznych.

Przeprowadzając badania doraźne w wybranych przekrojach charakterystycznych podczas przejazdów istniejącego źródła drgań oraz dysponując danymi zamieszczonymi w bazie danych pomiarowych można opracować mapę prognozowanych wpływów dynamicznych wynikających ze zmiany charakterystyki dotychczasowego źródła drgań. Mapy te można wykorzystać przy projektowaniu nowych obiektów budowlanych usytuowanych w otoczeniu projektowanych źródeł drgań komunikacyjnych z uwzględnieniem planowanych, nowych warunków ruchowo-drogowych. Po wprowadzeniu nowego źródła drgań celowe jest wykonanie doraźnych badań dynamicznych w wybranych miejscach, w celu zweryfikowania wielkości prognozowanych ujętych na mapie wpływów dynamicznych. W procedurze tego rodzaju zadania projektowego występują wyraźnie dwa etapy pomiarowe, pomiędzy nimi zaś etap obliczeniowy. Można te etapy opisać następującymi zadaniami:

Etap I (pomiar tła dynamicznego) zawiera takie zadania jak:

- rozeznanie obszaru objętego wpływem projektowanego źródła drgań,
- wybranie obiektów budowlanych, które z powodu na ich usytuowanie względem źródła drgań, stan techniczny i przeznaczenie powinny być objęte indywidualną analizą dynamiczną,
- wykonanie pomiarów tzw. tła dynamicznego, czyli na wybranych obiektach wykonanie pomiarów drgań generowanych występującymi aktualnie źródłami drgań lub zastosowanym specjalnie modelowym źródłem drgań.

Etap II (obliczenia dotyczące sytuacji prognozowanych) zawiera takie zadania jak:

- na podstawie pomiarów wykonanych w etapie I zweryfikowanie przyjętych modeli obliczeniowych budynku,
- wybranie z bazy danych pomiarowych wibrogramów najlepiej odpowiadających działaniu prognozowanego źródła drgań,
- zastosowanie prognozowanych wibrogramów jako wymuszenia kinematycznego modeli obliczeniowych,
- dokonanie oceny wpływu prognozowanych drgań na ludzi przebywających w projektowanym budynku,
- w przypadku przekroczenia poziomu niezbędnego komfortu (albo bezpieczniej: progu odczuwalności drgań) wprowadzenie możliwych zmian konstrukcyjnych w budynku w celu zredukowania wpływów dynamicznych albo uwzględnienie w

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

Utworzono: środa, 10, październik 2012 09:03 Janusz Kawecki

obliczeniach zastosowania innych środków technicznych redukcji drgań.

Etap III (weryfikacja pomiarowa spełnienia przez zrealizowany budynek kryteriów oceny wpływu drgań na ludzi w nim przebywających) zawiera takie zadania jak:

- wykonanie pomiarów na obiekcie wcześniej objętym analizą po modernizacji źródła drgań,
- przeprowadzenie oceny wpływu zarejestrowanych drgań na ludzi,
- w przypadku naruszenia kryteriów oceny, zastosowanie dodatkowych środków technicznych w celu redukcji drgań.

Dodatkowo we wszystkich tych etapach należy rozważyć również wpływ drgań generowanych podczas budowy (lub przebudowy) projektowanego źródła drgań. W szczególności konieczne jest uwzględnienie w tych analizach pracy walców wibracyjnych, wibromłotów i innych podobnych urządzeń.

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:

- [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.

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

Utworzono: środa, 10, październik 2012 09:03 Janusz Kawecki

- [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).
- [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

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

Utworzono: środa, 10, październik 2012 09:03 Janusz Kawecki

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