13

BADANIA EMISJI DRGAŃ Z CIĄGU KOMUNIKACYJNEGO – STUDIUM PRZYPADKU

13.1 WPROWADZENIE

Drgania mechaniczne towarzyszące ludziom w życiu codziennym, są efektem występowania zjawisk naturalnych lub też działalności człowieka. Do zjawisk naturalnych zalicza się m.in. trzęsienia ziemi czy wiatr, natomiast działalność człowieka jest bardzo szeroka i obejmuje: pracę maszyn i urządzeń, przemieszczanie pojazdów (drgania komunikacyjne), detonacje materiałów wybuchowych, prace budowlane, poszukiwania geofizyczne metodami sejsmicznymi, przelot samolotów [4].

Drgania o różnej częstotliwości mogą być przyczyną, dyskomfortu, zmniejszenia aktywności psychofizycznej, a także mogą stanowić czynnik uszkadzający zdrowie. Przez wiele lat nie doceniano działania otaczających nas drgań środowiska, a także ich chorobotwórczego wpływu na zdrowie człowieka. Drganiami takimi są często te które doświadczamy w miejscu zamieszkania, a pochodzące od ciągów komunikacyjnych. Ciągły rozwój transportu kołowego, sprzyja wzrostowi obciążenia komunikacyjnego nie tylko na obszarze ośrodków przemysłu czy w aglomeracjach. Przez niedostatecznie rozwiniętą sieć dróg, tak jak na terenie naszego kraju, wzrost natężenia ruchu doświadcza również tereny mniej zurbanizowane. Ciągły wzrost cen paliw i kosztów eksploatacyjnych, zmusza przedsiębiorców z zakresu logistyki do szukania oszczędności, co często skutkuje wytyczaniem tras poza odcinkami płatnych dróg. Drgania takie nie tylko pochodzą od transportu samochodowego, ale bliskie sąsiedztwo linii kolejowych czy tramwajowych generuje, również drgania odczuwalne w sąsiedztwie tych ciągów komunikacyjnych.

Negatywny wpływ ekspozycji na wibracje wiąże się przede wszystkim z czasem działania i wielkością przekazywanej dawki energii drgań. Zaburzenia pracy organizmów (czy też również wypływ na konstrukcje budowlane) narażonych na takie czynniki obserwujemy wówczas, gdy czas oddziaływania przekracza kilka godzin dziennie w ciągu wielu miesięcy i lat. Wraz z rozwojem cywilizacyjnym kontakt z drganiami mechanicznymi i ich niepożądanymi skutkami przeniósł się również poza pracę [8, 9].

Komfort życia mieszkańców mieszkających wzdłuż ciągów komunikacyjnych często zależy od klimatu akustycznego ale również od emisji drgań generowanych przez przemieszczające się pojazdy. W celu poprawy klimatu akustycznego zostało już poczynionych wiele kroków związanych między innymi z wykonaniem ekranów akustycznych lub innych środków technicznych. Natomiast zabezpieczenie mieszkańców w zakresie emisji drgań z ciągów komunikacyjnych pozostawia wiele do życzenia tym samym

pozostaje jeszcze wiele do zrealizowania.

Wielu ludzi oraz budynków borykających się z nadmierną emisją drgań z ciągów komunikacyjnych. Jednym z przykładów, gdzie mieszkańcy podnoszą problem uciążliwości wynikającej z nadmiernej emisji drgań jest ciąg komunikacyjny – droga 5343S na odcinku ul. Zabrzańskiej i ul. Jesionka w dzielnicy Dębieńsko gminy i miasta Czerwionce-Leszczynach.

13.2 DRGANIA MECHANICZNE – WYBRANE ZAGADNIENIA

Drgania są to zmiany stanu układu fizycznego, polegające na wychyleniach z położenia przyjętego, jako położenie równowagi. Zaliczane są do zjawisk falowych. W ujęciu fizycznym są to zaburzenia propagujące się w ośrodku materialnym.

Natomiast w inżynierii środowiska drgania rozumie się, jako drgania mechaniczne zwane wibracjami. Czyli zachodzące w czasie zmiany położenia cząsteczek oscylujących wokół położenia równowagi i rozprzestrzeniających się w ośrodku sprężystym – to są fale sprężyste. Ciało (ciała) powodujące zaburzenie nazywamy źródłem drgań. Propagacja następuję przez wzbudzenie coraz bardziej oddalonych od źródła cząsteczek aż do wygaszenia. Przy opisie zjawisk falowych stosuje się następujące wielkości fizyczne: przemieszczenie, przyśpieszenie, prędkość [7, 8].

Dzięki znajomości równania ruchu możemy określić w dolnym momencie czasu parametry ruchu. Należy znać okres drgania i jedną z trzech wartości maksymalnych, zwanych wartościami szczytowymi: A_{max}, X_{max}, V_{max} [3, 7, 8].

$$A_{max} = \omega \cdot V_{max} = X_{max} \cdot \omega^2 \left[\frac{m}{s^2}\right] \tag{13.1}$$

gdzie:

A_{max} – maksymalne przyśpieszenie $\left[\frac{m}{s^2}\right]$,

V_{max} – maksymalna prędkość $\left[\frac{m}{s^2}\right]$,

X_{max} – maksymalne wychylenie [m],

ω – przyśpieszenie kątowe $\left[\frac{rad}{s^2}\right]$.

Dla oceny szkodliwego wpływu na organizm ludzki przyjmuje się wartość przyśpieszenia (wibracji) na stanowisku pomiarowym. Wartość tą wyznacza się poprzez uśrednienie chwilowych wartości przyśpieszeń w ciągu jednego okresu.

Wyznaczanie wartości odbywa się przy wykorzystaniu jednego z dwóch sposobów uśredniania:

- wyznaczenie średnich arytmetycznych przyśpieszeń (2)

$$a_{sr} = \frac{1}{T}\int |a| \cdot dt \left[\frac{m}{s^2}\right] \tag{13.2}$$

gdzie:

$a_{śr}$ – średnie przyśpieszenie $\left[\frac{m}{s^2}\right]$,

T – okres [s],

a – przyśpieszenie $\left[\frac{m}{s^2}\right]$.

- wyznaczenie przyśpieszenia skutecznego (3)

$$a_{skut} = \sqrt{\frac{1}{T}\int a^2(t)\cdot dt}\left[\frac{m}{s^2}\right] \tag{13.3}$$

gdzie:

a_{skut} – skuteczne przyśpieszenie $\left[\frac{m}{s^2}\right]$,

T – okres [s],

a – przyśpieszenie $\left[\frac{m}{s^2}\right]$,

t – czas [s].

Związek wartości skutecznej przyspieszenia i szczytowej określa się z następującej zależności:

$$\mathrm{a}_{\mathrm{skut}} = \frac{1}{\sqrt{2}}a_{szcz} = \frac{1}{k}a_{szcz} \tag{13.4}$$

gdzie:

a_{skut} – skuteczne przyśpieszenie $\left[\frac{m}{s^2}\right]$,

a_{szcz} – szczytowe przyśpieszenie $\left[\frac{m}{s^2}\right]$,

k – współczynnik szczytu.

Drgania występujące w środowisku pozazawodowym, to w dużej mierze drgania jakie dotykają nas w miejscu zamieszkania. Źródła takich drgań mogą być umiejscowione:

a) wewnętrznie – na konstrukcji budynku,
b) zewnętrznie – drgania z tych źródeł są przekazywane za pośrednictwem gruntu:
   - sejsmiczne – wywołane trzęsieniami ziemi,
   - parasejsmiczne – spowodowane działaniem człowieka, np.:
     - przejazdy pojazdów kołowych: ruch samochodów ciężarowych, pojazdów rolnych autobusów oraz ruch samochodów osobowych; szynowych: transport kolejowy, komunikacja miejska z wykorzystaniem tramwajów i metra,
     - roboty górnicze,
     - roboty budowlane i inne.

13.3 WPŁYW DRGAŃ NA KONSTRUKCJĘ BUDYNKU I LUDZI W NIM PRZEBYWAJĄCYCH

Prowadzenie badań konstrukcji polega między innymi na określeniu rodzaju obciążeń występujących. Stosowane metody dynamiczne można podzielić na dwie grupy:

- quasi dynamiczne,
- dynamiczne.

Quasi dynamiczna metoda analizy opiera na rejestracji maksymalnych sił bezwładności na podstawie częstotliwości i postaci drgań własnych – obecnie jej znaczenie maleje.

W pełni dynamiczną metoda jest THA (Time History Analysis), które pozwala na rejestrację w czasie rzeczywistym zmiany analizowanej odpowiedzi. Zalecana jest przy analizie wypływów drgań na wysokie budynki o znacznej smukłości, jak również o nieregularnej budowie i rozbudowanym rzucie poziomym. Ponadto metoda ta zalecana się przy zastosowaniu wibroizolatorów. Dużą trudnością w tej metodzie jest dobór odpowiedniego sygnału wymuszenia, czyli akcelerogramu [1, 2, 3].

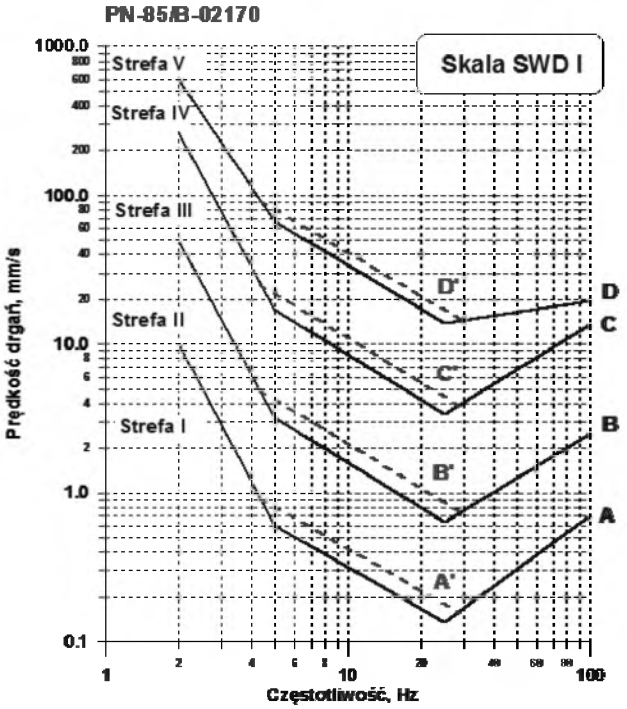
Dla pełnej oceny wpływu drgań wyznacza się charakterystykę dynamiczną i sprawdza się czy nie wystąpi zjawisko rezonansu. Zjawisko rezonansu polega na znacznym wzroście amplitudy drgań w przypadku identycznych wartości częstotliwości drgań własnych konstrukcji z częstotliwością wymuszenia. W celu rozpatrywania jego wpływu na budowle wyznacza się współczynniki dynamiczny jako stosunek częstotliwości tłumienia i ułamka tłumienia. Lub wyznacza wartość siły bezwładności działającej na konstrukcję w wyniku wpływów dynamicznych, w warunkach całkowitego obciążenia modelu obliczeniowego wszystkimi statycznymi i dynamicznymi siłami [10, 11, 12].

Przy czym do analizy wpływów parasejsmicznych na budynki niskie stosuje się najczęściej skale wpływów dynamicznych SWD-I i SWD-II. Podczas tworzenia skali wybrano dwie kategorie budynków najbardziej popularnych; murowanych jedno-, dwukondygnacyjnych oraz wyższych do 5 kondygnacji i dla nich wykonano symulacyjne obliczenia dynamiczne (budynków zbudowanych z elementów układanych ręcznie takich jak cegła czy pustaki). W skali SWD wyodrębniono klasy budowli, dla których można stosować mierniki skutków drgań i podzielono skutki drgań parasejsmicznych na budowle wg kryteriów ich rodzaju oraz warunków [16, 17]:

- wrażliwości (odczuwalności),
- sztywności,
- wytrzymałości,
- stateczności.

Skala SWD-I [16, 17]

Skala SDW-I odnosi się do budynków zwartych o małych wymiarach rzutu poziomego (do 15 m) o jednej lub dwóch kondygnacjach i wysokości takiej aby nie przekraczała żadnego z wymiarów rzutu poziomego (rys. 13.1).



Rys. 13.1 Skala SWD-I

Źródło: [16]

Niekorzystne skutki wibracji

Ludzie przebywający w budynku narażonym na wpływy parasejsmiczne są narażeni na niekorzystny ich wpływ. Drgania mogą być odbierane przez ludzi w sposób czynny lub w sposób bierny. Mieszkańcy budynku, do którego docierają drgania komunikacyjne, pracownicy biurowca znajdującego się obok hal produkcyjnych są narażeni na bierny wpływ wibracji. W tych przypadkach diagnostyka wpływu drgań na ludzi wykonywana jest w Polsce na podstawie normy PN-88/B-02173, zgodnej ze standardami ISO. Norma określa dopuszczalne wartości parametrów drgań mechanicznych w celu zapewnienia wymaganego komfortu przebywania ludzi w pomieszczeniach, w zależności od [16, 17, 18]:

- przeznaczenia pomieszczenia w budynku: mieszkalne, biura, warsztaty pracy, szpitale, precyzyjne laboratoria,
- pory występowania drgań,
- charakteru i powtarzalności drgań,
- kierunku działania drgań (drgania poziome lub pionowe),
- pozycji człowieka podczas odbioru drgań (stojąca lub leżąca).

Prócz negatywnego wypływu na człowieka, wibrację wpływają negatywnie na pracę wielu urządzeń znajdujących się w budynkach. Wyniki uzyskane w trakcie pomiarów, konfrontuje się z wartościami dopuszczalnymi amplitud drgań podanymi przez producenta urządzenia. Ograniczenie wpływu drgań może wynikać z wymagań technologicznych np.: stabilność pracy urządzeń elektronicznych jak komputery, wagi; urządzenia optyczne. Jeżeli nie są znane wymagania producenta urządzenia, to można posłużyć się dopuszczalnymi wartościami skutecznymi prędkości drgań, podanymi w normie dla urządzeń zakwalifikowanych do poszczególnych klas:

I – bardzo wrażliwe,
II – średnio wrażliwe,
III – mało wrażliwe,
IV – prawie niewrażliwe,
V – zupełnie niewrażliwe.

13.3 OPIS OBIEKTU BADAŃ

Pomiary były prowadzone w dzielnicy Dębieńsko znajdującej się na terenie Gminy Czerwionka-Leszczyny. Badania dotyczyły wpływu drgań pochodzących od ciągów komunikacyjnych na budynki mieszkalne znajdujące się w pierwszej linii zabudowy na ul. Zabrzańskiej i Jesionka poprzez rejestracji drgań występujących podczas ruchu pojazdów. Droga 5343S jest drogą powiatową, jednopasmową charakteryzująca się dużym natężeniem ruchu. Jest to droga prowadząca do wjazdu na autostradę A1, która już teraz jest ważną arterią komunikacyjną w obrębie GOP i nie tylko. Prowadzony tędy transport kołowy z wykorzystaniem ciągników siodłowych w znaczący sposób zmniejsza jakość życia mieszkańców zamieszkałych w bezpośrednim jej sąsiedztwu.

Zgodnie z przyjętymi wcześniej zasadami i normami wyznaczono trzy punkty pomiarowe (rys. 13.2).

Rys. 13.2 Umiejscowienie przestrzenne punktów pomiarowych
Źródło: Google maps

W każdym z wybranych punktów przed przystąpieniem do wykonania właściwych pomiarów wykonano rozpoznanie godzinowego rozkładu natężenia ruchu. Pomiary przeprowadzano przy jak największym natężeniu ruchu.

Punkt pomiarowy nr 1 (rys. 13.3, 13.4) znajduje się na granicy strefy zamieszkania i terenu nie zabudowanego. W związku z takim usytuowaniem, częstym jest, przekraczanie dopuszczalnej prędkości w terenie zabudowanym, co może mieć istotny wpływ na uzyskiwane pomiary. Nie bez znaczenia dla uzyskiwanych pomiarów jest bardzo zły stan nawierzchni jezdni na tym odcinku drogi. Budynek znajduje się w pierwszej linii zabudowy, lecz odseparowany jest od jezdni przez występujący na tym odcinku rów.

Rys. 13.3 Miejsce pomiarów względem drogi

Rys. 13.4 Usytuowanie punktu pomiarowego

Punkt pomiarowy nr 2 (rys. 13.5,13.6) budynek przy którym wykonywano pomiary również jest odseparowany od jezdni poprzez rów znajdujący się przy jezdni. Przy czym w tym miejscu droga wykazuje zwiększone nachylenie, a nawierzchnia jest w wielu miejscach uszkodzona co może powodować zwiększenie występujących drgań.

Rys. 13.5 Miejsce pomiarów względem drogi

Rys. 13.6 Usytuowanie punktu pomiarowego

Rys. 13.7 Miejsce pomiarów względem drogi

Rys. 13.8 Usytuowanie punktu pomiarowego

Punkt pomiarowy nr 3 (rys. 13.7, 13.8) budynek dla którego wykonywane były pomiary, znajduje się w bezpośrednim sąsiedztwie zjazdu z autostrady A1. Wstępujące w tym miejscu bardzo duże natężenie ruchu, może wypływać w dużej mierze na rejestrowane wartości wibracji. W tym wypadku budynek znajduje się poniżej poziomu jezdni, która jest prowadzona nasypem o niewielkiej wysokości.

13.5 POMIAR DRGAŃ POCHODZĄCYCH OD CIĄGÓW KOMUNIKACYJNYCH – DROGA 5343S

Opis aparatury pomiarowej

W przedstawionej pracy do wykonywania pomiarów był wykorzystywany miernik poziomu hałasu i drgań SVAN 948 (miernik czterokanałowy pierwszej klasy) wraz z akcelerometr firmy Dytran Instruments, inc model 3185D S/N 2723, który był mocowany do sondy własnej konstrukcji. Sądę wykonano z pręta o długości 1200mm i średnicy 20mm wraz z miejscami do zamocowania akcelerometru a wykonanej w taki sposób by była zdolna do absorbowania jak największej energii z podłoża.

Opis metody badawczej

Pomiary przeprowadzane były w miejscach reprezentatywnych dla badanego środowiska. Lokalizację i liczbę punktów pomiarowych określono przez rozróżnialność badanego środowiska.

Procedura wykonywania pomiarów została wykonana w oparciu o wytyczne zawarte w normie PN-85 B-02170 oraz PN-88 B02171.

Po wyborze miejsca pomiaru, wprowadzano sondę do gruntu w możliwie minimalnej odległości od fundamentu budynku. Kolejno instalowano akcelerometr w miejscach przygotowanych do jego instalacji na sondzie i podłączano do niego analizator SVAN 948.

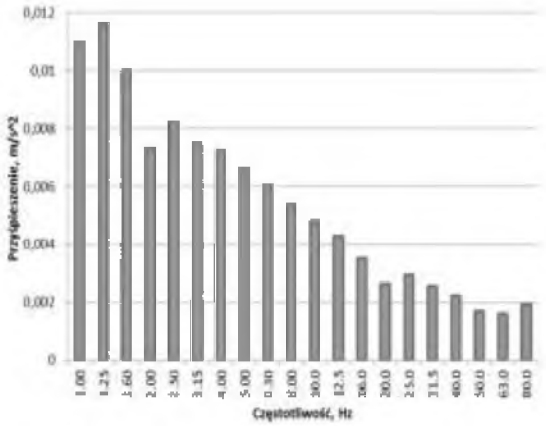
Pomiary wykonywano w godzinach największego obserwowanego obciążenia komunikacyjnego. Parametry pomiaru obejmowały:

- czas rejestracji sygnału wynosił 1min,
- zakres 1Hz-80Hz jednocześnie PEAK, P-P, RMS, MAX,
- stała czasu detektora 100ms,
- pomiar w 1/3 oktawy.

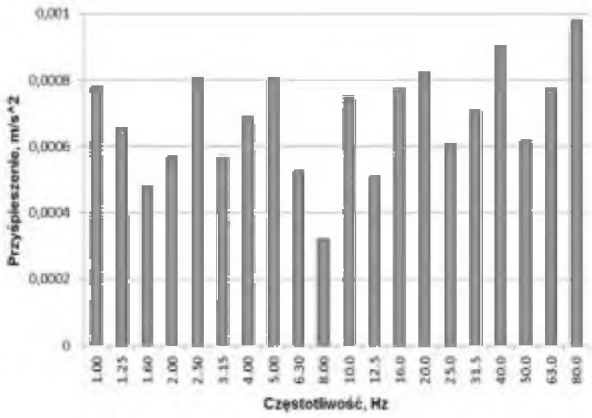
Wyniki pomiarów

Badania zostały wykonane w dniach 05.05.2011-05.10.2011 w wcześniej wyznaczonych miejscach.

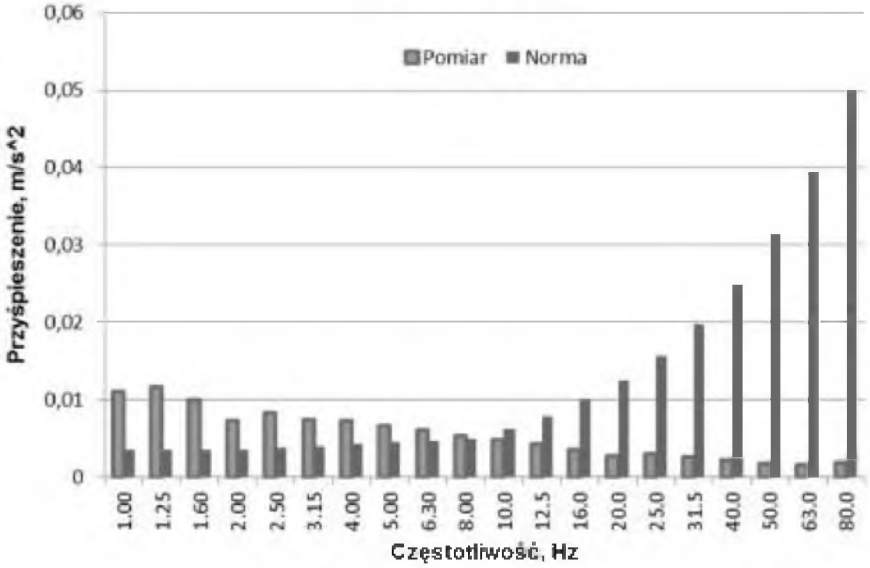
W niniejszej publikacji zostały przedstawione tylko wybrane najwyższe zarejestrowane wartości uzyskane podczas przejazdu samochodów osobowych i osobno samochodów ciężarowych. Dla punktu pomiarowego nr 1 zarejestrowano następujące przyspieszenia drgań – ul. Zabrzańska 74 (rys. 13.9, 13.10, 13.11).



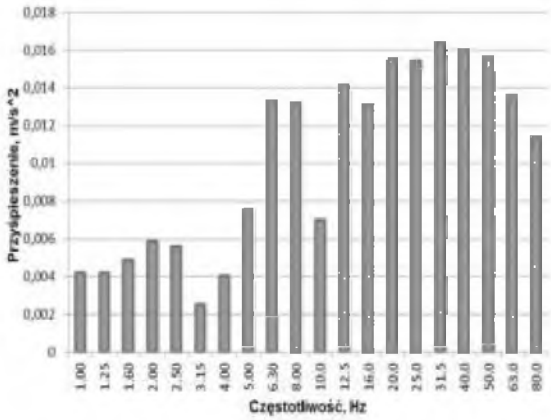
Rys. 13.9 Wykres przyśpieszeń zarejestrowany zarejestrowany po przejeździe ciężarowych samochodów



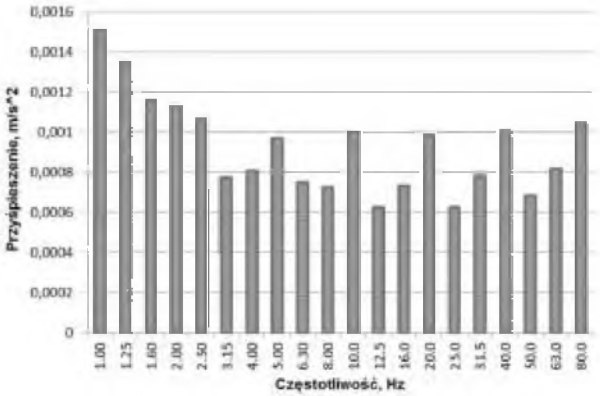
Rys. 13.10 Wykres przyśpieszeń po przejeździe samochodów osobowych



Rys. 13.11 Wykres przyśpieszeń zarejestrowany po przejeździe samochodów ciężarowych wraz z wartościami normowymi

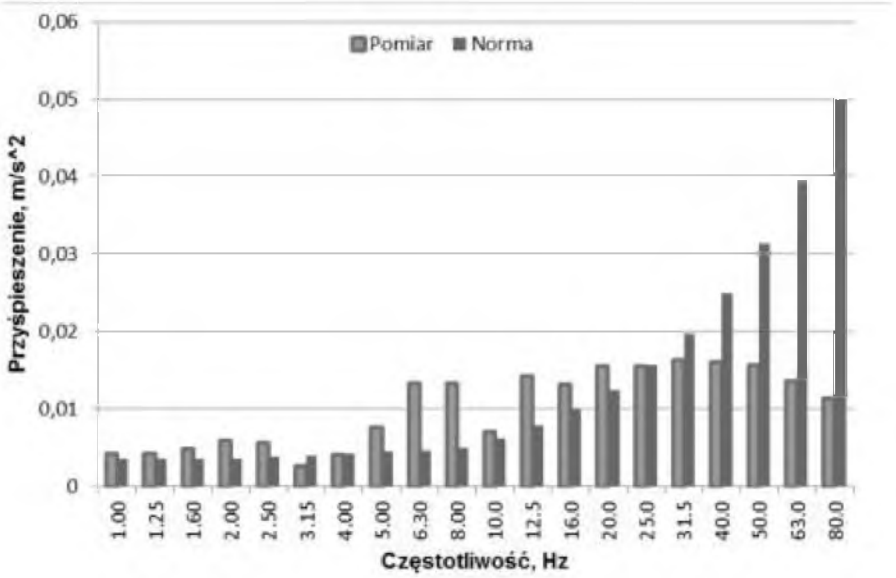


Rys. 13.12 Wykres przyśpieszeń zarejestrowany zarejestrowany po przejeździe ciężarowych samochodów



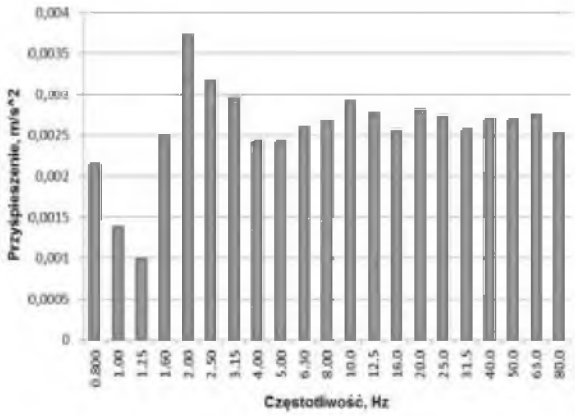
Rys. 13.13 Wykres przyśpieszeń po przejeździe samochodów osobowych

Dla punktu pomiarowego nr 2 zarejestrowano następujące przyspieszenia drgań – ul. Zabrzańska 40 (rys. 13.12, 13.13, 13.14).

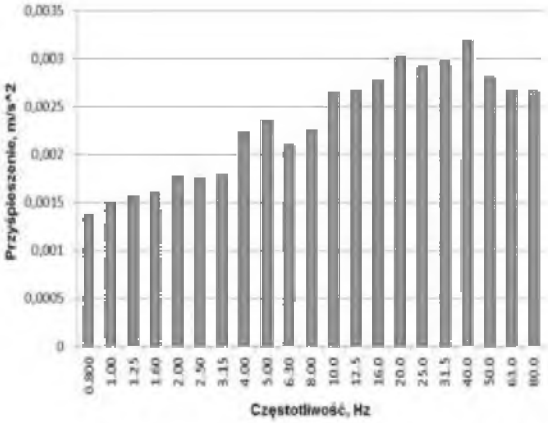


Rys. 13.14 Wykres przyśpieszeń zarejestrowany po przejeździe samochodów ciężarowych wraz z wartościami normowymi

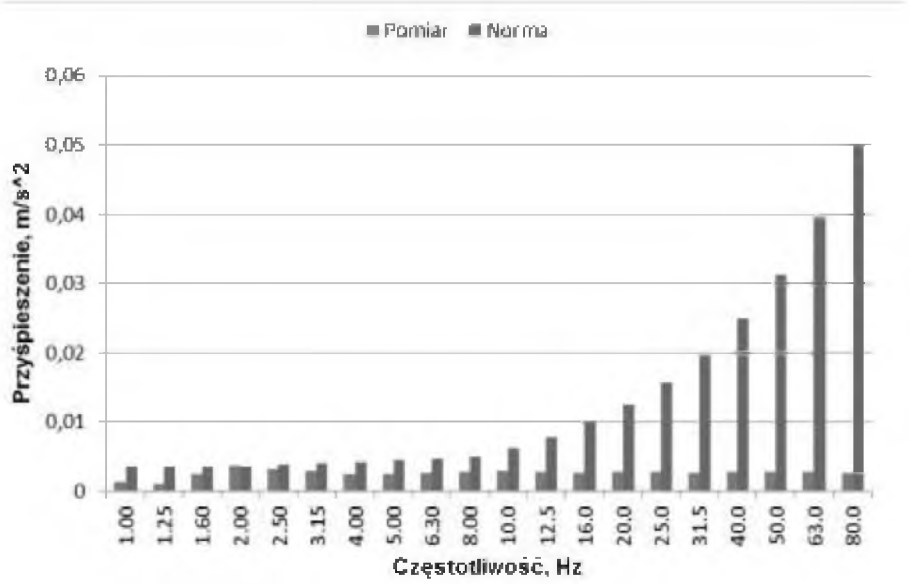
Dla punktu pomiarowego nr 3 zarejestrowano następujące sygnały – ul. Jesionka 57 (rys. 13.15, 13.16, 13.17).



Rys. 13.15 Wykres przyśpieszeń zarejestrowany zarejestrowany po przejeździe ciężarowych samochodów



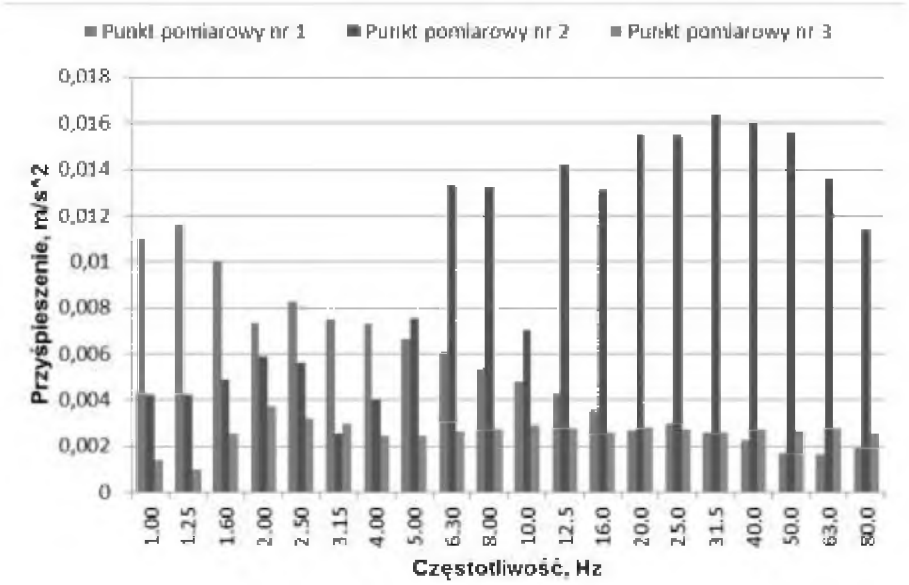
Rys. 13.16 Wykres przyśpieszeń po przejeździe samochodów osobowych



Rys. 13.17 Wykres przyśpieszeń zarejestrowany po przejeździe samochodów ciężarowych wraz z wartościami normowymi

Analiza otrzymanych wyników pomiarów

Zgodnie z Polską Normą PN-87/B02171 w każdym z punktów pomiarowych wstępowały przekroczenia dopuszczalnych wartości przyśpieszeń. Za taki stan rzeczy odpowiedzialne jest występujące na tym odcinku drogi duże natężenie ruchu oraz stan nawierzchni drogi. Bliskie sąsiedztwo nowopowstałej autostrady A1 dodatkowo powoduje wzrost obciążenia. Przez dostęp do trasy A1 wzrosła liczba przejeżdżających samochodów ciężarowych. Z obserwacji przeprowadzonych podczas zbierania danych wynika, że transport ciężki jest głównym sprawcą wzrostu drgań rejestrowanych. Zestawienie wyników badań z trzech punktów pomiarowych przedstawiono na rys. 13.18.



Rys. 13.18 Porównanie przyśpieszeń występujących we wszystkich punktach pomiarowych

Jedynie pomiar wykonany na ul. Jesionka 57 w punkcie nr 3 oznaczał się niewielkim przekroczeniem wartości dopuszczalnych określonych normą. Wartość przekroczenia była niewielka tylko dla częstotliwości 2Hz. Natomiast w pozostałych dwóch miejsca wykonywania pomiarów uzyskiwane przekroczenia były znacznie wyższe. Najwyższe przekroczenie dla pojedynczego pasma częstotliwości (1,25Hz) wystąpiło na ul. Zabrzańskiej 74 (punkt nr 1) i wynosiło ponad trzykrotną wartość dopuszczalną. Przy czym najwyższe wartości dla całego zakresu częstotliwości zarejestrowano dla punktu pomiarowego na ul. Zabrzańskiej 40 (punkt nr 2).

Punkty pomiarowe nr 1 i nr 2 były odseparowane od jezdni przez rów natomiast punkt pomiarowy nr 3 znajdował się poniżej poziomu jezdni, również większa odległość budynku od drogi miał zapewne wpływ na uzyskiwane wartości przyśpieszeń. Dla budynków które znajdowały się znacząco bliżej drogi wartości uzyskiwanych przyśpieszeń były większe niż w punkcie pomiarowy nr 3. Przy czym należy zaznaczyć, że wszystkie budynki stanowiły pierwszą linię zabudowy, spełniając tym samym warunek przyjęty na początku pracy badawczej.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Oddziaływanie drgań w aspekcie nowych inwestycji budowlanych jak i wpływu na budynki już istniejące, a także na ludzi w nich przebywających ma bardzo duże znaczenie. Nie tylko na wzrost kosztów inwestycji, ale na zmniejszenie bezpieczeństwa i komfortu ludzi w nich przebywających.

Często zabudowania powstałe przed rokiem 1930 znajdowały się w małej odległości od ciągów komunikacyjnych, wynikało to z niewielkiego natężenia ruchu oraz mniejszej szerokości drogi. Wraz z rozwojem transportu samochodowego w kraju i zagranicą zagrożenie drganiami powstającymi podczas przemieszczania się dużych samochodów ciężarowych wzrosło na przełomie ostatnich lat.

Wykonane badania wykazały, że w wybranych punktach drgania pochodzące od ciągu komunikacyjnego przekraczają dopuszczalne wartości. Najwyższe wartości rejestrowano na ul. Zabrzańskiej 40 w punkcie pomiarowym nr 2. Wartości te przekroczyły znacząco poziom dopuszczalny, potwierdza to również wywiad przeprowadzony z mieszkańcami budynku, którzy uskarżali się na odczuwalne drgania szczególnie po przejeździe samochodów o dużej ładowności. Taki stan rzeczy może być wynikiem uszkodzeń nawierzchni jezdni, oraz jej nachylenie. Częstym jest również przekraczanie prędkości przez kierowców w tym obszarze. Ze względu na lokalizację miejscowości pomiędzy dużymi zakładami produkcyjnymi jak i przebiegającą autostradę A1 natężenie ruchu ciągle wzrasta. W punkcie pomiarowym nr 2 przy ul. Zabrzańskiej 74 zarejestrowano nieco niższe przekroczenia przyśpieszeń, może to być spowodowane mniejszym pofałdowanie jezdni.

Odczyty przyśpieszeń w punkcie pomiarowym nr 3 na ul. Jesionka 57 przekroczyły wartości dopuszczalne tylko dla jednego zakresu częstotliwości. Taki stan rzeczy mógł być spowodowany większą odległością budynku od jezdni, jak i tym, że droga prowadzi w tym miejscu na niewielkim nasypie. Prawdopodobnie nasyp utrudniał przekazywanie drgań do gruntu, a tym samym uzyskiwane wartości przyśpieszeń był najniższe dla tego punktu pomiarowego.

Występujące drgania można ograniczyć poprzez zastosowanie przegród wibroakustycznych, które są zagłębiane w grunt w sąsiedztwie drogi. Dzięki takiemu rozwiązaniu zmniejsza się intensywność rejestrowanych drgań, które ulegają częściowemu rozproszeniu i pochłonięciu przez barierę wibroizolacyjna.

Bardzo ważnym czynnikiem zmniejszającym wartości przyśpieszeń występujących drgań jest stan nawierzchni dróg. Należy więc wykonywać regularne naprawy nawierzchni dróg już istniejących, a przy projektowaniu nowych odcinków uwzględniać wpływ drgań na otaczające środowisko. W badanym przypadku w celu zmniejszenia występujących drgań, konieczne jest wykonanie kapitalnego remontu naprawy nawierzchni jezdni drogi, która na przestrzeni czasu ulega dalszemu pogorszeniu.

LITERATURA

1. Adamczyk J., Targosz J.: Ochrona przed drganiami wywołanymi przez transport samochodowy, AGH Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki. Monografia nr 2, Kraków 2002.
2. Ciesielski R., Maciąg E.: Drgania drogowe i ich wpływ na budynki. Publishing House WKi, Warszawa 1990, 248.
3. Dulińska K.: Odpowiedź dynamiczna budowli wielopodporowych na nierówno-mierne wymuszenie parasejsmiczne, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2006.
4. Engel Z.: Ochrona środowiska przed drganiem i hałasem, PWN, Warszawa 1993.
5. Fedorowicz L., Fedorowicz J.: Cińcio A., Problemy oceny wytężenia konstrukcji budynków jednorodzinnych na terenach górniczych, Inżynieria i budownictwo, 2001, 168-170.
6. Grzegorczyk L., Walaszek M.: Drgania i ich oddziaływanie na organizm człowieka, IW CRZZ, Warszawa 1979.
7. Harazin B.: Drgania mechaniczne, Instytut medycyny pracy i zdrowia środowiskowego, Sosnowiec 1996.
8. Jurczak M.: Wibracje, PWN, Warszawa 1974.
9. Jurczak M.: Wpływ wibracji na ustrój, PZWL, Warszawa 1974.
10. Kawecki J., Stecz P., Stypuła K.: Influence of chosen traffic-road parameters on the shape of the acceleration response spectrum of transport vibration, Proc. 2nd Intern. Conf. on Dyn. of Civil Eng. and Transport Structures and Wind Eng., Žilina 2003, 238-241.
11. Kawecki J., Szypuła K.: Metodyka pomiarowo-interpretacyjna wyznaczania modelu budynku przydatnego w ocenie wpływów drgań parasejsmicznych na ludzi, Czasopismo Techniczne B, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2007, 39-46.
12. Korentz J., Marcinowski J.: Analiza numeryczna drgań parasejsmicznych budynku mieszkalnego z uwzględnieniem właściwości sprężystych podłoża, Czasopismo Techniczne B, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2007, 75-82.
13. Korzeb J.: Analiza drga komunikacyjnych z zastosowaniem teorii falek, Prace naukowe Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2011, 45-57.
14. Zaborowski T.: Żukowski P., Podstawy zagrożeń hałasem i wibracją zdrowia człowieka, Gorzów Wlkp. 1995.

15. PN-85/B-02170, Ocena szkodliwości drgań przekazywanych z podłoża na budynki.
16. PN-87/B02171, Ocena wpływu drgań na ludzi w budynkach.
17. PN-87/B-03002, Konstrukcje murowe. Obliczenia statyczne i projektowanie.
18. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 września 1980 w sprawie ochrony środowiska przed drganiem i hałasem, Dz. U. Nr 24 z dnia 5 listopada 1980r. poz. 90.
19. http://www.bsw-schwingungstechnik.de
20. http://www.gerb.com

BADANIA EMISJI DRGAŃ Z CIĄGU KOMUNIKACYJNEGO – STUDIUM PRZYPADKU

Streszczenie: *W publikacji przedstawiono wyniki badań emisji drań z ciągu komunikacyjnego drogi 5343S na odcinku ul. Zabrzańskiej i ul. Jesionka w dzielnicy Dębieńsko, gminy i miasta Czerwionka-Leszczyny. Przedstawiono również wybrane zagadnienia z zakresu drgań mechanicznych oraz wpływu drgań na konstrukcję budynków i ludzi w nich przebywających.*

Słowa kluczowe: *drgania z ciągów komunikacyjnych, badania drgań, drgania budynków*

VIBRATION EMISSIONS TEST FROM THE COMMUNICATION ROUTE – A CASE STUDY

Abstract: *The publication presents the results of vibration emission from the communication route on the section 5343S ul. Zabrzańskiej and ul. Jesionka Dębieńsko District in the municipality and city Czerwionka-Leszczyny. Also were presented selected issues in the field of mechanical vibration and the influence on the construction and design of buildings and people living in them.*

Key words: *vibrations from communication routes, vibration test, vibration of buildings*

dr inż. Marek PROFASKA
Politechnika Śląska, Wydział Górnictwa i Geologii
Instytut Mechanizacji Górnictwa
ul. Akademicka 2A, 44-100 Gliwice
tel.: +4832 237 2317, 48609 130 910
e-mail: marek.profaska@polsl.pl
mgr inż. Marek GÓRA
Kompania Węglowa S.A.
tel. +48665 126 110