

Witold Mrukwa, Janusz Świder, Andrzej Staniek

OCENA MOŻLIWOŚCI POMIARU DRGAŃ W MIEJSCU KONTAKTU RĄK Z ICH ŹRÓDŁEM

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki wstępnych badań, których celem była ocena możliwości wykonywania pomiarów drgań w miejscu kontaktu rąk człowieka z powierzchnią eksploatowanego narzędzia, obrabianego elementu itp., zalecanych w wielu dokumentach normalizacyjnych, a jednak dotychczas niestosowanych. Istota wspomnianego sposobu pomiaru polega przede wszystkim na zastosowaniu przetwornika drgań o odpowiednich właściwościach.

Na podstawie przeglądu literatury przedmiotu oraz bogatego zestawu norm międzynarodowych i krajowych sformułowano założenia do nowej metody pomiaru i określono wynikające z niej wymagania metrologiczne i konstrukcyjne dla przetwornika, który miał umożliwić jej realizację.

Wymagania te spełniał udostępniony zespołowi badawczemu prototyp trójosiowego, piezoelektrycznego przetwornika przyspieszenia drgań, oznaczonego roboczym symbolem A3R umieszczonego w obudowie w kształcie płaskiego walca. Przetwornik mocuje się do wewnętrznej powierzchni ręki za pomocą specjalnej opaski.

Uzyskanie przetwornika umożliwiło przeprowadzenie badań porównawczych dwóch sposobów lokalizacji miejsc pomiaru, dla rzeczywistych źródeł drgań przenoszonych do rąk, a mianowicie:

- trzy przetworniki jednoosiowe zostały zamocowane za pomocą złącza mechanicznego do rękojeści obok ręki operatora – zestaw „standard”,
- przetwornik A3R został zamocowany do wewnętrznej powierzchni ręki.

Jako źródła drgań wykorzystano: wiertarkę udarową o napędzie elektrycznym z wiertłem o średnicy 32 mm oraz samojezdny, wibracyjny zagęszczacz gruntu. Badania wykonywano na specjalnych stanowiskach badawczych, a poszczególne urządzenia były obsługiwane kolejno przez 3–5 osób. Badania polegały na pomiarze metodą pośrednią (rejestracja magnetyczna sygnału + analiza widmowa w czasie rzeczywistym) widm 1/3-oktawowych wartości skutecznej (rms) przyspieszenia drgań w zakresie częstotliwości od 6,3 do 1250 Hz. Wynikiem był zestaw kilkudziesięciu par widm, oddzielnie dla każdego źródła, osi przyjętego układu odniesienia oraz operatora.

Uzyskane wyniki pozwoliły na dokonanie jedynie możliwego w tej fazie badań jakościowego porównania widm w poszczególnych parach, tzn. porównania kształtu ich przebiegu, przyjmując jako kryterium oceny widmo, uzyskane za pomocą zestawu „standard”.

Stwierdzono, że kształt przebiegu widm, uzyskanych w pomiarach wykonanych z wykorzystaniem dwóch różnych sposobów lokalizacji przetworników drgań, we wszystkich analizowanych przypadkach był bardzo zbliżony, z tymi samymi charakterystycznymi maksimumami w kilku pasmach częstotliwości.

Ocena ilościowa badań była jeszcze niemożliwa. Można jednak przypuszczać, że generalnie wartości przyspieszenia drgań mierzone przetwornikiem A3R, pomiędzy ręką operatora a powierzchnią źródła drgań, będą z reguły wyższe od wartości, mierzonych zestawem „standard”. Należało tego zresztą oczekiwać ponieważ zestaw „standard” mierzy nie drgania, przenikające ze źródła do rąk operatora, ale drgania, które charakteryzują źródło.

Wykonane badania potwierdziły możliwość opracowania metody pomiaru drgań w miejscu kontaktu rąk człowieka z ich źródłem. Uzyskane wyniki powinny stanowić punkt wyjścia do dalszych badań nad sformułowaniem roboczej wersji metody pomiaru, z wykorzystaniem omawianego sposobu lokalizacji przetwornika drgań.

Assessment of vibration measurement possibility at the contact point of hands with the vibration source

Summary

The article presents the results of preliminary investigations, aiming at the assessment of possibility of vibration measurement conducting at the contact point of human hands with the surface of the exploited tool, treated element etc., recommended in many standardization documents, however, not applied hitherto. The essence of the above-mentioned measuring method consists first of all in the use of a vibration converter of adequate properties.

On the basis of a publication review relating to this subject, and a set of international and national standards, one has formulated the assumptions concerning a new measuring method, and has determined the resulting from this method metrological and constructional requirements regarding the converter, which should facilitate its realization.

These requirements met a prototype of a triaxial, piezoelectric vibration acceleration converter, rendered accessible to the research team, marked with the working symbol A3R, placed in a casing of a flat cylinder form. The converter is fastened to the internal hand surface by means of a special band.

The converter enabled to perform comparative tests of two methods of measuring place localization, for actual sources of vibrations transmitted to hands, namely:

- three uniaxial converters were fastened, by help of a mechanical joint, to the handle close to the operator's hand – „*standard*” set,
- the converter A3R was fastened to the internal hand surface.

As the source of vibrations one has used: a hammer drilling machine with electric drive with a drill of 32 cm diameter, and a self-propelled, vibratory ground thickener. The tests were carried out at special testing stands, and the individual devices were operated in turn by 3–5 persons. The tests consisted in measuring by means of an intermediate method (signal magnetic recording + spectroanalysis in actual time) the spectra of 1/3-octave root-mean-square value (rms) of vibration acceleration within the frequency range from 6.3 Hz to 1250 Hz. The result constituted a set of several dozen of spectrum couples, separately for each source, axis of adopted reference system, and the operator.

The obtained results enabled to perform the only one possible, at this phase of investigations, quantitative comparison of the spectra in individual couples, i.e. to compare the shape of their course, assuming as assessment criterion the spectrum, gained by help of the „*standard*” set.

One has ascertained that the shape of course of spectra, obtained during measurements carried out with the use of two different methods of vibration converter localization, was similar in all analysed cases, with the same characteristic maxima in several frequency bands.

The quantitative assessment of investigations was not yet possible. However, one can suppose, that the vibration acceleration values measured by means of the A3R converter between the operator's hand and the vibration source surface will be, as a general rule, higher than the value, measured by means of the „*standard*” set. Anyway, this should be expected, because the „*standard*” set does not measure the vibrations, penetrating from the source to the operator's hands, but the vibrations, which characterize the source.

The performed investigations confirmed the possibility to work out the method of vibration measurement at the contact point of human hands with the vibration source. The obtained results should constitute the starting point for future investigations concerning the formulation of the working version of the measuring method, with the use of the described method of vibration converter localization.

Do grupy fizycznych czynników środowiska pracy, mających istotne znaczenie dla zdrowia, a także psychofizycznego komfortu odczuwanego przez człowieka, należą **czynniki wibroakustyczne**, do których poza **hałasem** zalicza się również **drżania mechaniczne**. Pod względem dróg przenikania drgań do organizmu człowieka, rozróżnia się dwie ich odmiany: drżania przenoszone do organizmu człowieka jako całości oraz drżania przenoszone do kończyn górnych, zazwyczaj poprzez ręce.

Stan i rozmiary oddziaływania drgań mechanicznych na organizm człowieka mogą być określone na podstawie dokładnego opisu tego procesu. Opis taki jest możliwy, a jego wyniki mogą zostać uznane za wiarygodne wtedy, gdy istnieją skodyfikowane odpowiednie metody badań drgań, możliwe do zastosowania w warunkach środowiska pracy.

W kraju stosowane są obecnie metody pomiaru i szacowania stanu działania drgań na człowieka w środowisku pracy, określone w normach: PN-91/N-01352 [14], PN-91/N-01353 [15], PN-91/N-01354 [16], które jednak **od połowy grudnia 1998 roku** nie mają statusu powszechnie obowiązujących aktów prawnych zgodnie z rozporządzeniem MPiPS [20]. Mimo tego, dokumenty te stanowią istotny element systemu ochrony człowieka przed działaniem drgań. Trudno bowiem wyobrazić sobie sytuację, gdy metody badań nie są regulowane przez przepisy ujęte na przykład w postaci norm, nawet jeżeli te przepisy nie obowiązują z mocy prawa. W związku ze zmianą w 1999 roku tzw. Najwyższego Dopuszczalnego Natężenia, między innymi w zakresie drgań mechanicznych [21], zaistniała konieczność nowelizacji wspomnianych wyżej norm. Nie doszło jednak do tego, natomiast opublikowano procedurę badania drgań w środowisku pracy [12], stanowiącą swego rodzaju poradnik, którego stosowanie nie jest obowiązkowe.

Przegląd wybranych publikacji, z zakresu różnych aspektów działania na człowieka drgań przenoszonych do rąk, wykazał znaczną ewolucję poglądów, dotyczących ich pomiarów i oszacowania [1–7, 11, 13, 19, 23–35]. Większość tych poglądów znalazło wyraz w znowelizowanych międzynarodowych dokumentach legislacyjnych: ISO 5349-1 i ISO 5349-2 ustanowionych w 2001 roku [8, 9]. Postanowienia tych dokumentów, w znacznym stopniu uszczegółowione, zostały również uwzględnione w krajowej wersji normy w tym zakresie. Prace zostały jednak zakończone na etapie jej projektu roboczego [17]².

GENEZA TEMATYKI BADAWCZEJ

Podstawowym wymaganiem w pomiarach drgań przenoszonych do rąk, od których w znacznym stopniu zależy wiarygodność uzyskiwanych wyników, jest lokalizacja miejsca pomiaru i związane z nim: sposób mocowania przetworników drgań oraz wybór odpowiedniego układu odniesienia.

W normie PN-91/N-01352 [14] lokalizację miejsca pomiaru określono w następujący sposób: „Przy pomiarze drgań oddziałujących na organizm człowieka poprzez kończyny górne, punkty pomiarowe należy lokalizować we wszystkich miejscach rzeczywistego kontaktu dłoni człowieka z narzędziem ręcznym, uchwytem, elementem sterowania itp., będącym źródłem drgań. Dopuszcza się przesunięcie lokalizacji punktu pomiarowego z miejsca przekazywania drgań do organizmu człowieka do miejsca, w którym wartość mierzonych parametrów różni się nie więcej niż o 10% od wartości tego parametru w miejscu kontaktu”.

² Dokumenty ISO 5349-1:2001 i ISO 5349-2:2001 zostały przyjęte jako normy europejskie EN-ISO-1:2001, EN-ISO-2:2001, które zgodnie z propozycją PKN mają zostać przyjęte jako normy PN w wersji oryginalnej, bez tłumaczenia.

W znowelizowanym dokumencie ISO [8] oraz krajowym opracowaniu [17] postuluje się wykonywanie pomiarów zgodnie z „(...) biodynamicznym układem odniesienia (związanym z budową ręki) w miejscu uchwycenia przez człowieka źródła drgań, np. narzędzia, obrabianego elementu, urządzeń sterowniczych maszyn, środków transportu (...)”, co jest w zasadzie tożsame z postanowieniem cytowanej powyżej normy z 1991 roku.

W obydwu przypadkach chodzi o zlokalizowanie miejsca pomiaru, a co za tym idzie, przetwornika drgań, między wewnętrzną powierzchnią ręki pracownika, trzymającej na przykład narzędzie a drgającą powierzchnią uchwytu lub obudowy. Powyższemu postulatowi nadano jednak bardzo ogólnikową formę, uniemożliwiającą w zasadzie jego praktyczne wdrożenie, a zatem jest to przepis trudny do stosowania. Równocześnie w literaturze przedmiotu, jak i we wspomnianych powyżej dokumentach podkreśla się, że postulowane miejsce pomiaru należy do podstawowych, a wszystkie inne, w których obecnie wykonuje się pomiary, są jedynie dopuszczalne i mają charakter zastępczy.

Powyższe ustalenia pozwoliły na sformułowanie wniosku, że istnieje ogólne wskazanie właściwego miejsca pomiaru, brak natomiast jakichkolwiek bardziej szczegółowych wskazań metodycznych w tym zakresie. Nie ulega jednak wątpliwości, że ze względów dosyć oczywistych, realizacja postulowanej lokalizacji miejsca pomiaru jest możliwa jedynie wtedy, gdy są dostępne przetworniki drgań o specjalnej konstrukcji ich obudowy.

PRZEDMIOT I CEL BADAŃ

Wnioski z przytoczonych powyżej rozważań oraz pojawienie się realnej możliwości uzyskania przetwornika drgań o odpowiednich właściwościach, spełniających wymagania sformułowane w pracy [18], skłoniły autorów do podjęcia badań, które dotyczyły **wykonywania pomiarów parametrów drgań w miejscu ich wnikania do ręki**. Ze względu na brak jakichkolwiek doniesień literaturowych na ten temat postanowiono na wstępie przeprowadzić badania o charakterze sondażowym, których celem była weryfikacja tezy, że **istnieje możliwość wykonywania pomiarów parametrów drgań przenoszonych do ręki w miejscu jej bezpośredniego kontaktu ze źródłem tych drgań**.

REALIZACJA BADAŃ

Zakres badań

Badania, jak zaznaczono powyżej, o charakterze sondażowym, obejmowały swym zakresem porównanie dwóch sposobów mocowania:

- przetworników nowej konstrukcji, umożliwiającej mocowanie do ręki,
- zestawu „standard”, stosowanego aktualnie.

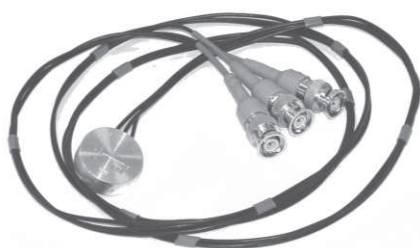
Przeprowadzone zostały dla dwu rodzajów źródeł drgań obsługiwanych przez kilka osób. Wyniki porównania miały potwierdzić bądź wykluczyć sformułowaną powyżej tezę.

Przetworniki drgań

W badaniach wykorzystano prototyp trójosiowego, piezoelektrycznego przetwornika drgań, oznaczonego roboczym symbolem A3R. Jego obudowa, to stalowy, spłaszczony walec, o zewnętrznych wymiarach:

- wysokość cylindra – 10,8 mm,
- średnica – 30 mm,

które, jak twierdzą konstruktorzy z firmy EMSON-MAT w Krakowie, są najmniejsze z możliwych, biorąc pod uwagę aktualne możliwości techniczne (fot. 1). Zgodnie z ich intencjami przetwornik ten ma umożliwiać pomiar parametrów drgań pomiędzy ręką a powierzchnią źródła drgań. Z tego względu został umieszczony w specjalnej, skórzanej opasce, która służy do mocowania go do wewnętrznej powierzchni ręki (fot. 2).



Fot. 1. Ogólny widok prototypu przetwornika typu A3R

Phot. 1. General view of converter prototype, A3R type



Fot. 2. Zamocowanie przetwornika typu A3R do wewnętrznej strony ręki

Phot. 2. Converter of A3R type mounted to internal hand side

Model przetwornika przeszedł wstępne badania laboratoryjne, które wykazały że konstrukcja spełnia wymagania metrologiczne [22].

Jako zestaw „standardowy” wykorzystano trzy jednoosiowe, piezoelektryczne przetworniki drgań typu PD-1, zamocowane połączeniami śrubowymi, poprzez filtry mechaniczne, do sześcienniej stalowej kostki pomiarowej przyspawanej do obejmki, służącej do zamocowania zestawu do uchwytu lub rękojeści narzędzia, maszyny.

Źródła drgań

W badaniach wykorzystano dwa źródła drgań:

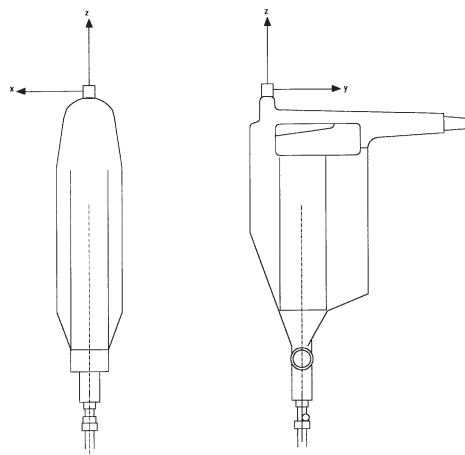
- wiertarkę udarową o napędzie elektrycznym, typu GBH7DE, produkcji firmy Bosch, o mocy 1150 W z wiertłem SDS o średnicy 32 mm,
- samojezdną wibracyjną zagęszczarkę płytową, typu ZGS-20, produkcji P.I-T „Project”, o mocy 4 kW przy 3600 obr./min, sterowaną przez operatora za pomocą kierownicy.

Sposób mocowania przetworników drgań

Zestaw „standard” zamocowano za pomocą obejmki do rękojeści wiertarki oraz poziomej części kierownicy zagęszczarki w bezpośrednim sąsiedztwie ręki osoby

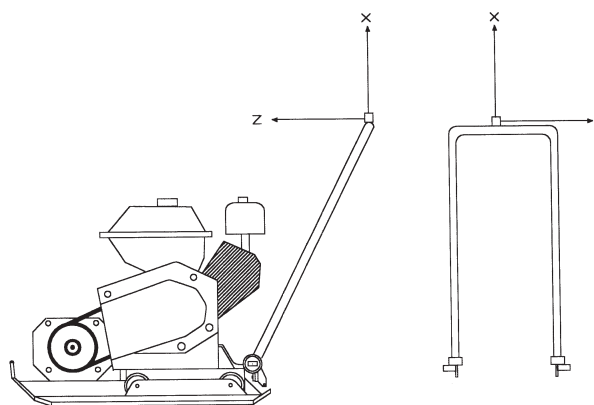
obsługującej te urządzenia. W ten sposób tworzył on ze źródłem nierozłączną całość. Poszczególne przetworniki zorientowano według basicentrycznego układu odniesienia:

- **wiertarka** (rys. 1): oś x – prostopadle do osi rękojeści i płaszczyzny yz , oś y – równoległa do osi rękojeści, oś z – równoległa do osi narzędzia, prostopadle do płaszczyzny xy ;
- **zagęszczarka** (rys. 2): oś x – prostopadła, w płaszczyźnie poziomej do osi poziomej części kierownicy, oś y – równoległa do osi poziomej części kierownicy, oś z – prostopadła, w płaszczyźnie pionowej, do osi poziomej części kierownicy.



Rys. 1. Basicentryczny układ odniesienia przy pomiarach drgań zestawem „standard” na rękojeści wiertarki GBH7DE

Fig. 1. Basicentric reference system when measuring vibrations by means of “standard” set on GBH7DE drill handle



Rys. 2. Basicentryczny układ odniesienia przy pomiarach drgań zestawem „standard” na kierownicy zagęszczarki ZGS20

Fig. 2. Basicentric reference system when measuring vibrations by means of “standard” set on ZGS20 thickener steering element

Przetwornik A3R mocowano do wewnętrznej powierzchni prawej ręki osoby obsługującej wiertarkę bądź zagęszczarkę, wykorzystując do tego celu opaskę pomiarową (fot. 2). Osie przetwornika zorientowano zgodnie z biodynamicznym, ruchomym układem odniesienia, związanym z budową anatomiczną ręki [10]. Różnice pomiędzy orientacjami osi według obydwu układów, spełniały wymagania dokumentu ISO 5349-1:2000 [8].

Warunki badań

Badania przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych, na specjalnych stanowiskach, podczas pracy zarówno wiertarki, jak i zagęszczarki, pod obciążeniem.

Wiertarkę w czasie badań obsługiwały cztery osoby, które wykonywały odwierty głębokości od 30 do 50 mm w betonowych płytach o grubości około 100 mm, stosując dwie pozycje wiertarki:

- praca w pozycji pionowej – brak siły nacisku osoby obsługującej, występowały jedynie siły zacisku rąk na rękojści (prawa ręka) i uchwycie (lewa ręka),
- praca w pozycji ukośnej – wiertarka swoją masą obciążała ręce osoby obsługującej, występowała siła nacisku i siły zacisku.

Badania drgań zagęszczarki przeprowadzono w czasie normalnej jej eksploatacji podczas zagęszczania suchego piasku na specjalnym stanowisku badawczym. Kierunek ruchu maszynie nadawał operator za pomocą kierownicy utrzymywanej w jej poziomej części dwiema rękami.

Metoda pomiaru. Mierzone wielkości. Aparatura

W badaniach stosowano metodę pośredniego pomiaru **wartości skutecznej przyspieszenia drgań** w pasmach 1/3-oktawowych o częstotliwościach środkowych od 6,3 do 1250 Hz. Pomiar polegał na magnetycznej rejestracji sygnału przyspieszenia drgań w miejscu pracy źródła i jego analizie widmowej, prowadzonej w warunkach laboratoryjnych. Wykonano po trzy oddzielne rejestracje dla każdego operatora.

Czas zapisu badanego sygnału dla danego źródła, każdej operacji technologicznej i każdego operatora był podobny i tak dobrany, aby zapewnić możliwość uchwycenia wszystkich istotnych faz zmienności tego sygnału.

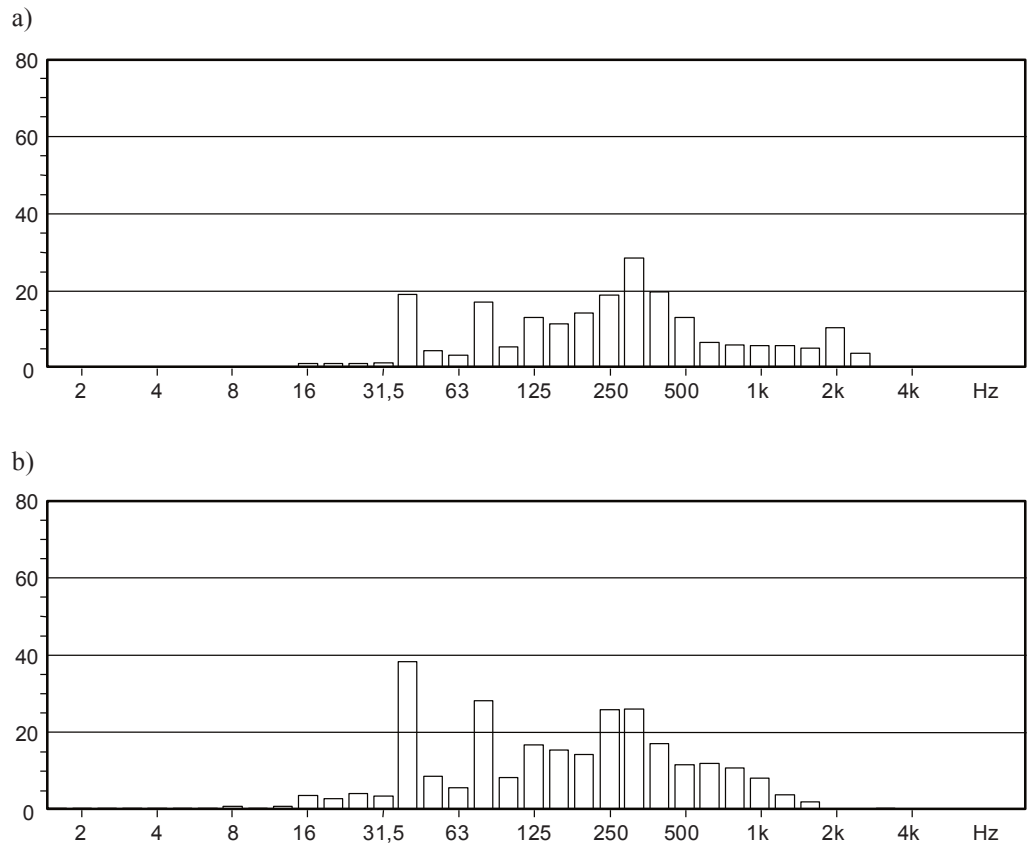
W badaniach, poza wymienionymi już powyżej przetwornikami drgań, w części pomiarowo-rejestrującej zastosowano magnetofon pomiarowy, typu 7005, firmy Brüel and Kjaer, wyposażony w panele pomiarowe, typu Vibration Unit ZN 0060. Natomiast w części analizującej – analizator widmowy, typu 2133, firmy Brüel and Kjaer oraz rejestrator XY, typu 2319, firmy Brüel and Kjaer.

WYNIKI BADAŃ

Wynikiem badań były widma 1/3-oktawowe wartości skutecznej przyspieszenia drgań w zakresie częstotliwości od 6,3 do 1250 Hz, dla:

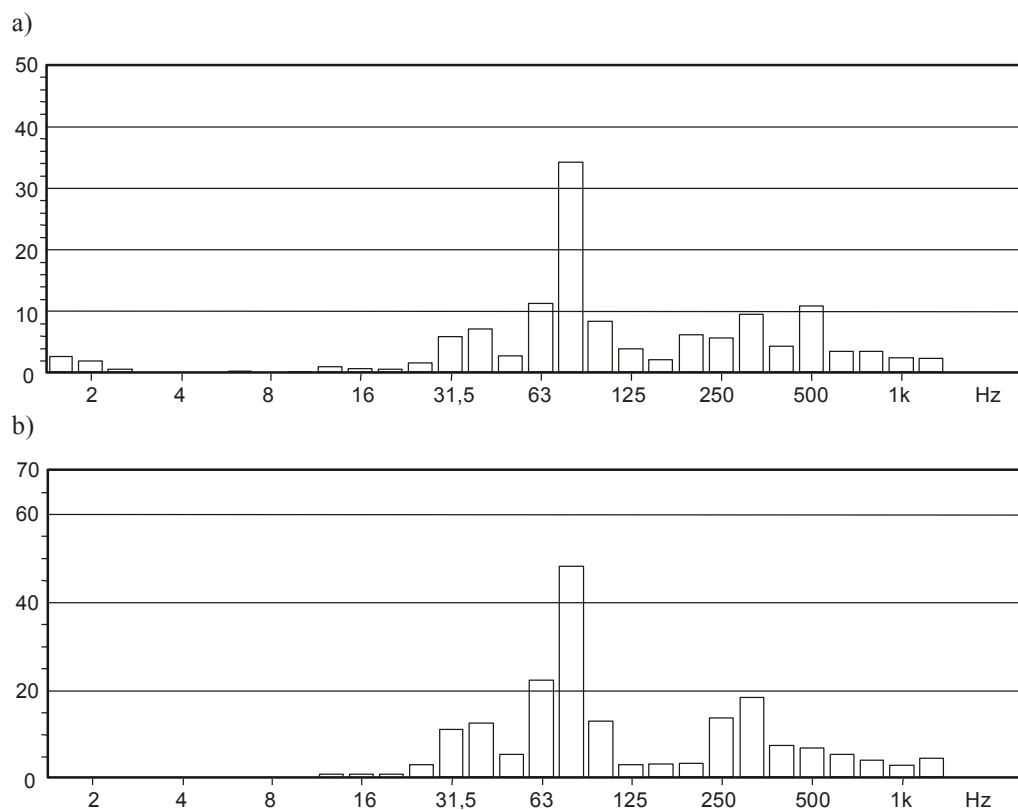
- **wiertarki pracującej bez obciążenia w pozycji pionowej**, obsługiwanej przez jednego operatora; zmierzone zestawem „standard” oraz przetwornikiem A3R dla osi x, y, z;

- wiertarki pracującej pod obciążeniem w pozycji pionowej, obsługiwanej przez trzech operatorów; zmierzone zestawem „standard” oraz przetwornikiem A3R dla osi x, y, z;
 - wiertarki pracującej pod obciążeniem w pozycji ukośnej, obsługiwanej przez jednego operatora; zmierzone zestawem „standard” oraz przetwornikiem A3R dla osi x, y, z;
 - zagęszczarki pracującej pod obciążeniem, obsługiwanej przez jednego operatora; zmierzone zestawem „standard” oraz przetwornikiem A3R dla osi x, y, z,
- powstałe z uśrednienia trzech widm, uzyskanych w każdym przypadku dla poszczególnych rejestracji, wykonanych w kierunku każdej osi układu odniesienia. Spośród wymienionego zbioru widm na rysunkach 3 i 4 przedstawiono za [18] porównanie wybranych przebiegów wartości skutecznej przyspieszenia drgań wiertarki oraz zagęszczarki, zmierzone zestawem „standard” i przetwornikiem A3R.



Rys. 3. Widmo przyspieszenia drgań wiertarki GBH7DE pracującej pod obciążeniem w pozycji ukośnej – oś z: a – zestaw „standard”, b – przetwornik typu A3R

Fig. 3. Vibration acceleration spectrum of GBH7DE drill working under load in oblique position – axis z: a – „standard” set, b – converter of A3R type



Rys. 4. Widmo drgań kierownicy zagęszczarki ZDS-20 pracującej pod obciążeniem – oś z: a – zestaw „standard”, b – przetwornik typu A3R

Fig. 4. Vibration spectrum of steering element of ZDS-20 thickener working under load – axis z: a – „standard” set, b – converter of A3R type

Wynik badań stanowiły również opinie osób, spełniających rolę operatorów źródeł drgań, na temat możliwości ich właściwej obsługi w sytuacji, gdy do jednej z rąk był zamocowany przetwornik A3R. Wszystkie osoby, biorące udział w badaniach stwierdziły, że zamocowanie przetwornika na rękę nie przeszkadzało w istotny sposób w obsłudze narzędzia czy maszyny. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, iż opinię powyższą wyraziły osoby, które znały i akceptowały cel, w jakim były prowadzone badania.

OCENA WYNIKÓW BADAŃ

Kryteria i metoda oceny

Podstawę oceny możliwości wykonania pomiarów drgań w miejscu kontaktu ręki z powierzchnią, na przykład drgającego narzędzia, powinny stanowić wyniki badań, których przedmiotem był nowy sposób lokalizacji miejsca pomiaru oraz odpowiednie kryteria.

Wyniki badań były znane, natomiast istotny problem stanowiło sformułowanie kryteriów oceny. Z analizy literatury przedmiotu wynika bowiem, że **właściwe**, żeby nie powiedzieć **wzorcowe** miejsce pomiaru znajduje się pomiędzy ręką operatora a powierzchnią obsługiwanego przez niego źródła drgań. Tyle tylko, że to stwierdzenie, jak już zaznaczono powyżej, miało dotychczas znaczenie czysto teoretyczne. Znaczenie praktyczne miał i nadal ma, sposób **jedynie dopuszczany do stosowania**, polegający na lokowaniu przetwornika poza obszarem kontaktu rąk człowieka ze źródłem drgań, ale w jego sąsiedztwie, możliwie bezpośrednim.

W tej sytuacji, z konieczności, podjęto decyzję wykonania oceny „wzorcowej” lokalizacji miejsca pomiaru w doniesieniu do sposobu „zastępczego”. Za kryterium oceny przyjęto zatem **wyniki badań uzyskane przy zastosowaniu zestawu „standard”**, zlokalizowanego w bezpośrednim sąsiedztwie rąk operatora. Metoda oceny polegała więc na porównawczej analizie kształtu widm przyspieszenia drgań, stanowiących wyniki pomiarów wykonanych dla dwu sposobów lokalizacji przetworników drgań na poszczególnych źródłach drgań. Z tego względu ocena miała więc **charakter jakościowy**.

Wyniki oceny

WIERTARKA GBH7DE

Widma przyspieszenia drgań rękojeści wiertarki pracującej pod obciążeniem w pozycji pionowej i ukośnej, mierzone zestawem „standard” i przetwornikiem typu A3R, charakteryzują się podobnym przebiegiem dla poszczególnych osi przyjętego układu odniesienia oraz osób obsługujących narzędzie w czasie badań. Charakterystyczne składowe występują w przypadku obydwu widm w pasmach o częstotliwościach środkowych:

- oś x: 40 Hz, 80 Hz, 125 Hz, 250 Hz,
- oś y: 40 Hz, 80 Hz, 125 Hz,
- oś z: 40 Hz, 80 Hz, 125 Hz, 250 Hz.

ZAGĘSZCZARKA

Widma przyspieszenia drgań kierownicy zagęszczarki pracującej pod obciążeniem, mierzone zestawem „standard” oraz przetwornikiem A3R, charakteryzują się zbliżonym przebiegiem w przyjętym zakresie częstotliwości. Charakterystyczne składowe występują w przypadku obydwu widm, w tych samych pasmach o częstotliwościach środkowych:

- oś x: 40 Hz, 80 Hz, 500 Hz,
- oś y: 40 Hz, 80 Hz, 315 Hz,
- oś z: 80 Hz, 315 Hz, 500 Hz.

Ocena ilościowa w tej fazie i dla tego rodzaju badań nie była jeszcze możliwa. Można jednak przypuszczać, że wartości przyspieszenia drgań, mierzone przetwornikiem A3R, pomiędzy ręką operatora a powierzchnią źródła drgań, są z reguły nieco wyższe od wartości zmierzonych zestawem „standard”. Można tego było oczekiwać chociażby ze względu na fakt, iż wykonując pomiary drgań obok ręki

operatora za pomocą przetwornika zamocowanego na przykład do narzędzia z wykorzystaniem obejm, mierzy się drgania źródła, a nie drgania wnikaające do ręki, utrzymującej to źródło.

ZAKOŃCZENIE

Zalecany zarówno w międzynarodowych, jak i krajowych dokumentach normalizacyjnych, sposób pomiaru drgań przenoszonych do ręki w miejscu jej kontaktu ze źródłem, jakkolwiek uważany za najwłaściwszy, nie był stosowany w praktyce i jako taki, należał do kategorii stwierdzeń czysto teoretycznych, co pociągało za sobą brak jakichkolwiek publikacji z tego zakresu. Jedną z głównych przyczyn takiego stanu rzeczy był brak odpowiednich dla tego sposobu pomiaru przetworników drgań.

Podjęcie badań nad nowym sposobem pomiaru drgań stało się możliwe, w chwili skonstruowania prototypu przetwornika typu A3R, spełniającego określone wymagania metrologiczne, i co ważne, wymagania użytkowe.

Przeprowadzone badania porównawcze dwóch sposobów lokalizacji miejsc pomiaru drgań wykazały, że widma przyspieszenia drgań uzyskane z zastosowaniem nowego sposobu pomiaru są porównywalne pod względem jakościowym, tzn. mają podobny przebieg, jak widma odniesienia, które przyjęto za kryterium oceny. Pozwala to na stwierdzenie, że istnieje praktyczna możliwość pomiaru drgań przenoszonych do rąk w miejscu ich kontaktu z powierzchnią narzędzia, obrabianego elementu, urządzeń sterowniczych itp.

Należy jednak podkreślić, że przeprowadzone badania miały charakter badań wstępnych, a zatem taki sam charakter mają uzyskane wyniki. Rokują one jednak duże nadzieje i zachęcają do dalszych badań, których celem byłoby opracowanie jednoznacznie i dobrze uzasadnionej metody pomiaru drgań przenoszonych do rąk.

Literatura

1. Dupuis H., Christ E., Sandover J., Taylor W., Okada A.: Proceedings of the 6th International Conference on Hand-Arm, Bonn, 1992. Sankt Augustin, Germany, HVBG 1993.
2. Griffin M.J.: *Handbook of human vibration*. London, Academic Press 1990.
3. Griffin M.J.: *Measurement, evaluation and assessment of occupational exposure to hand-transmitted vibration*. Occupational and Environmental Medicine, 54, No 2, 1997, s. 73-89.
4. Harazin B.: *Narażenie na wibracje wybranych grup operatorów narzędzi ręcznych*. Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka 1997 nr 9.
5. Harazin B., Langauer-Lewowicka H.: *Drgania o oddziaływaniu miejscowym i wstrząsy mechaniczne – higieniczna charakterystyka i lekarska ocena narażonych pracowników*. Medycyna Pracy 1992 nr 3, s. 191-197.
6. Harazin B., Langauer-Lewowicka H.: *Ryzyko pojawienia się zespołu wibracyjnego u operatorów narzędzi drgających*. Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka 1993 nr 3.
7. Harazin B., Szłapa P.: *Measurement of coupling forces applied to vibration tools in industry*. Proceedings 34th Meeting of the UK Group on Human Response to Vibration, 22-14 September 1999, Dunton Essex, England.

8. ISO 5349:2001 Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration. Part 1: General guidelines.
9. ISO 5349:2001 Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration. Part 2: Practical guidance for measurement in the workplaces.
10. ISO 8727:1997 Mechanical vibrations and shock – Human exposure – Biodynamic coordinate systems.
11. Koton J.: *Jak oceniać i interpretować wyniki pomiarów drgań mechanicznych na stanowiskach pracy*. Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka 1996 nr 10.
12. Koton J., Szopa J.: *Drgania mechaniczne. Procedura badania drgań na stanowiskach pracy*. Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy, R. XVII nr 1927. Warszawa, CIOP, 2001, s. 213-223.
13. Majewski M., Sałata W., Dobry M.: *Problemy pomiarów normowych drgań młotków pneumatycznych*. Wibroakustyka, Kraków, AGH 1979, z. 6 s. 52-57.
14. Norma PN-91/N-01352 Drgania. Zasady wykonywania pomiarów na stanowiskach pracy.
15. Norma PN-91/N-01353 Drgania. Dopuszczalne wartości przyspieszenia drgań oddziałujących na organizm człowieka przez kończyny górne i metody oceny narażenia.
16. Norma PN-91/N-01354 Drgania. Dopuszczalne wartości przyspieszenia drgań oddziałujących ogólnie na organizm człowieka i metody oceny narażenia.
17. Praca zbiorowa: *Opracowanie metod pomiaru i oceny drgań przenoszonych do organizmu człowieka przez kończyny górne wraz z metodami oceny narażenia – projekt roboczy PN i instrukcja metodyczna*. Pod kier. W. Mrukwy. Katowice-Warszawa, GIG-CIOP 1999 (niepublikowana, wykonana w ramach SPR 1).
18. Praca zbiorowa: *Ocena możliwości pomiaru drgań przenoszonych do rąk w miejscu ich kontaktu z urządzeniem*. Pod kier. W. Mrukwy. Prace statutowe GIG. Katowice 2001 (niepublikowana, dostępna w archiwum GIG).
19. Reynolds D.D., Angevine E.N.: *Hand-arm vibration. Part III: Subjective response characteristics of individual to hand-vibration*. Journal of Sound and Vibration 1977 Vol. 51(2) s. 267-282.
20. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 1 grudnia 1998 r. w sprawie wprowadzenia obowiązku stosowania niektórych Polskich Norm, dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz.U. nr 145, poz. 974).
21. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 2 stycznia 2001 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz.U. nr 4, poz. 36).
22. Staniek A., Ziętek T.: *Nowy sposób pomiaru drgań przenoszonych do ręki*. Materiały XXVIII Zimowej Szkoły Zwalczenia Zagrożeń Wibroakustycznych, Wisła 28.02-3.03.2000 r. Gliwice, PTA Oddział Górnośląski 2000, s. 365.
23. Taylor W., Brammer A.J.: *Vibration effects on the hand and arm in industry: An introduction and review*. Published: Jon Wiley and Son, 1982.
24. Wasserman D.E.: *Human Vibration Standards*. Sound and Vibration 1991, vol. 25 No 7, s. 30-32.
25. Ziegler S.E.: *Hand-Arm Vibration*. Appl. Occup. Environ. Hyg. 1990 Vol. 7.

Recenzent: doc. dr hab. Kazimierz Lebecki