

Paweł Kielbasa, Tomasz Drózdź, Dominika Wojtas

# Analiza drgań ogólnych i miejscowych na stanowisku pracy operatora specjalistycznej maszyny drogowej

JEL: L62 DOI: 10.24136/atest.2019.051  
Data zgłoszenia: 15.12.2018 Data akceptacji: 08.02.2019

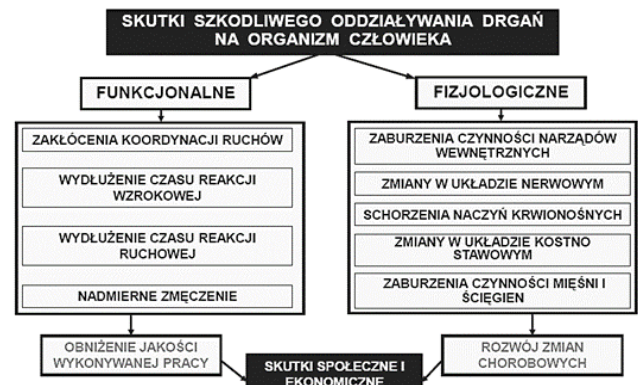
W artykule podjęto próbę oceny ergonomicznej środowiska drganiowego wybranych środków technicznych wykorzystywanych w różnych procesach technologicznych. Zakres badań obejmował pomiar drgań ogólnych na płaszczyźnie nośnej siedziska oraz drgań miejscowych występujących na kole kierowniczym wybranych środków technicznych. Badania zostały przeprowadzone w walcu drogowym wibracyjnym. Pomiaru zostały wykonane w 10 powtórzeniach dla każdego środka technicznego. Na podstawie uzyskanych pomiarów określono wartość: średnią, skuteczną, szczytową oraz wartość ważoną przyspieszenia drgań. Otrzymane wyniki zostały skonfrontowane z obowiązującymi normatywami. Odnotowano, że dzienna ekspozycja na drgania o działaniu ogólnym w przypadku pracy walca drogowego w kierunku poziomym wyniosła  $1,11\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$  i przekroczyła wartości dopuszczalne dla mężczyzn i kobiet w wieku produkcyjnym. W przypadku pozostałych badanych pojazdów nie odnotowano przekroczenia wartości dopuszczalnej drgań mechanicznych w żadnym z analizowanych kierunków, zatem nie stanowiły one zagrożenia dla pracownika.

**Słowa kluczowe:** ergonomia, drgania mechaniczne, eksploatacja pojazdów, poziom ekspozycji

## Wstęp

Ergonomia stanowiska pracy ma szczególne znaczenie dla komfortu pracy i stanu zdrowotnego pracownika. Przedmiotowe zagadnienie jest tematem opracowań wielu autorów. Ujmując różnorakie problemy współlistnienia techniki i układu biologicznego, jakim jest człowiek. Wibracje są jednym z najczęściej występujących zagrożeń zdrowia pracowników w środowisku pracy [1]. Drgania są przenoszone z różnych źródeł (urządzenia, maszyny) poprzez elementy konstrukcji maszyn oraz budynków przez co, w różnym stopniu, wszyscy są narażeni na ich szkodliwe oddziaływanie. Oceniając oddziaływanie drgań mechanicznych na organizm człowieka należy uwzględnić m.in. właściwości fizjologiczne, fizyczne i psychiczne człowieka, częstotliwość drgań własnych organów wewnętrznych człowieka i ich zdolności adaptacyjne [2]. Przedział częstotliwości, w jakich przeprowadza się badania i ocenę drgań ogólnych znajduje się w zakresie 0,7 - 90 Hz, natomiast przedział częstotliwości, w jakich przeprowadza się badania i ocenę drgań wnikaających do organizmu człowieka przez kończyny górne znajduje się w zakresie 5,6 - 1400 Hz [3]. W przedziale 5,6 - 20 Hz występują największa wrażliwość organizmu człowieka na aktywność drgań miejscowych [4]. Częstotliwości drgań własnych większości narządów człowieka wahają się w granicach 2 - 25 Hz, np.: częstotliwości drgań własnych głowy wynoszą 5 Hz i 25 Hz, szczęki 6 - 8 Hz, narządów klatki piersiowej 5 - 8 Hz, kończyn górnych 3 Hz, narządów jamy brzusznej 4,5 - 10 Hz, pęcherza moczowego 10 - 18 Hz, kończyn dolnych 5 Hz [5]. W Polsce wg danych statystycznych około 100 tysięcy osób jest zatrudnionych w warunkach narażenia na drgania. Przy przekroczonych wartościach dopuszczalnych, ustalonych ze względu na ochronę zdrowia, pracuje około 40 tysięcy

osób. Jak już wspomniano źródłem drgań mechanicznych są środki pracy wykorzystywane przy jej wykonywaniu – instalacje, pojazdy, maszyny, narzędzia, przyrządy. Podczas pracy z maszynami i urządzeniami, poprzez bezpośredni kontakt ze źródłem drgań, są one przenoszone na organizm człowieka. Drgania przekazywane z układów wibrujących do organizmu ludzkiego mogą wywierać wpływ bezpośrednio na podstawowe tkanki i naczynia krwionośne lub też wywoływać drgania całego ciała bądź jego określonych struktur komórkowych [6]. Długotrwałe działanie drgań skutkuje ryzykiem wystąpienia wielu zaburzeń zdrowotnych, przyczynia się do powstania chorób zawodowych jak również może być bodźcem wpływającym na ryzyko występowania wypadków przy pracy. Z tego względu istotne jest inicjowanie działań zapobiegawczych oraz ograniczających wpływ drgań mechanicznych na organizm. Pojawiające się skutki oddziaływania drgań na organizm człowieka można podzielić na biologiczne i funkcjonalne (rys. 1).



Rys. 1. Skutki szkodliwego oddziaływania drgań na organizm człowieka [7]

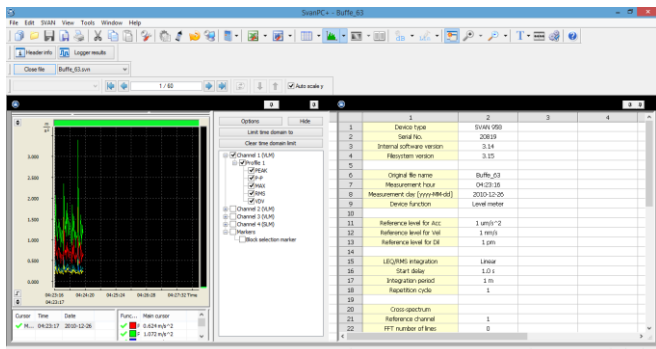
W literaturze na określenie zespołu wibracyjnego często używany jest termin „syndrom wibracyjny układu ręka-ramię” (HAVS – *hand-arm vibration syndrome*) [8]. Choroba ta może pojawić się w trzech różnych odmianach nazywanych: postacią naczyniowo-nerwową, kostno-stawową oraz mieszaną. Do tej pory często spotykanym przypadkiem była postać naczyniowa zespołu wibracyjnego. Jednym z pierwszych objawów tej formy choroby są napadowe skurcze naczyń krwionośnych powodujące bledność skóry opuszków palców. Dlatego też potocznie postać naczyniowa nazywana jest „chorobą białych palców” (VWF- *vibration white finger*).

Badania dotyczące środowiska drganiowego w przestrzeni pracy człowieka są niezwykle istotne i prowadzone są w Polsce w oparciu o następujące normy [9,10,11,12]. Normy te zostały wdrożone do polskiego prawodawstwa na podstawie dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2002/44/WE i zgodnie z tą Dyrektywą określone zostały aktualne wartości NDN [13]. Schabek i in. [14] po analizie widm chwilowych oddziaływania drgań na kierowcę i pasażera samochodów osobowych stwierdzili, że przy prędkości 50 km·h<sup>-1</sup> i przy częstotliwości ok. 23,4 Hz dla drgań miejscowych działających na pasażera w kierunku X, wartości skuteczne przy-

spieszenia drgań są wystarczająco duże by spowodować rezonans np. gałki ocznej lub dłoni. Kowalski [15] analizując łączne zagrożenia drganiami i hałasem w trzynastu badanych pojazdach stwierdził, że ryzyko zawodowe związane z tymi czynnikami tylko w jednym przypadku (samochód ciężarowy skrzyniowy) okazało się duże (przekroczenie NDN); w 12 przypadkach było co najwyżej średnie (przekroczone 0,5 NDN). W trakcie innych badań [16] mierzono amplitudy drgań mechanicznych w węzłowych punktach agregatu oraz drgania mechaniczne o oddziaływaniu miejscowym na siedzisku operatora a uzyskane wyniki badań można było wprowadzać do modelu biodynamicznego operatora i na tej podstawie wnioskować o przenoszeniu drgań na poszczególne elementy modelu.

## 1. Metodyka

Pomiar drgań mechanicznych (PN-ISO 5805) miejscowych i ogólnych został wykonany przy pomocy urządzenia SVAN 958 firmy Svantek. SVAN 958. Pomiary drgań wykonano w dziesięciu powtórzeniach, dla analizowanych kombinacji doświadczenia. Interwał czasowy dla każdej próby pomiarowej wynosił 60 sekund. Struktura pomiarów w obrębie dnia roboczego uwzględniała strukturę wykonywanych czynności przez pracownika, w obrębie tygodniowego czasu pracy. Za pomocą programu komputerowego SvanPC+ przeprowadzono analizę drgań mechanicznych (rys.1) wygenerowano charakterystyki zawierające wielkości: wartość skuteczna (RMS), procent czasu pomiaru, w którym wystąpiło przesterowanie (VDV), chwilowa wartość szczytowa (PEAK), chwilowa wartość międzyszczytowa (P-P) oraz maksymalna wartość skuteczna (MAX).



Rys. 2. Widok ekranu roboczego programu wygenerowany w programie Svan PC+

Dla każdej wyodrębnionej czynności wykonywanej przez operatora dokonano pomiaru wartości ważonych przyspieszeń drgań w trzech wzajemnie prostopadłych kierunkach:  $a_{wx}$ ;  $a_{wy}$ ;  $a_{wz}$  – dla drgań ogólnych:  $a_{hwxi}$ ;  $a_{hwyi}$ ;  $a_{hwzi}$  oraz dla drgań działających przez kończyny górne (miejscowych). Pomiary drgań mechanicznych na stanowiskach pracy wykonywano przyrządami wyposażonymi w aktualne charakterystyki korekcyjne:  $W_h$  – dla drgań działających przez kończyny górne,  $W_k$  – dla drgań działających ogólnie określonych normami. Pomiary i stosowne przeliczenia konieczne do analizy występujących w analizowanym środowisku pracy drgań wykonano wg normy wg normy [9,10] PN-EN ISO 5349-1, PN-EN ISO 5349-2. Dla każdej wyznaczonej czynności wykonywanej w ekspozycji na drgania miejscowe wyznaczana jest wartość sumy wektorowej skutecznych skorygowanych przyspieszeń drgań według zależności (1) [...]:

$$a_{hvi} = \sqrt{a_{hwxi}^2 + a_{hwyi}^2 + a_{hwzi}^2} \quad (1)$$

gdzie:  $a_{hwxi}$ ,  $a_{hwyi}$ ,  $a_{hwzi}$  - skuteczne wartości ważne przyspieszeń drgań zmierzone dla kierunku x, y na stanowisku roboczym przy wykonywaniu i-tej czynności [ $m \cdot s^{-2}$ ].

Całkowity czas ekspozycji pracownika na drgania w ciągu zmiany roboczej  $t$  [min], stanowiący sumę czasów trwania  $t_i$  [min] poszczególnych i-tych czynności, wyliczono wg zależności (2):

$$t = \sum_{i=1}^n t_i \quad (2)$$

gdzie:  $t_i$  - liczba czynności wykonywanych w narażeniu na drgania na kontrolowanym stanowisku pracy

Do oceny krótkotrwałej ekspozycji na drgania miejscowe (czyli dla czynności o całkowitym czasie narażenia na drgania w trakcie doby wynoszącym 30 minut bądź krócej) stosowana jest suma wektorowa skutecznych skorygowanych przyspieszeń drgań. Do analizy wybierana jest maksymalna wartość sumy wektorowej  $a_{hvmx}$  spośród  $n$  wyznaczonych sum wektorowych dla każdej czynności, zgodnie z zależnością (3):

$$a_{hvmx} = \max \{a_{hvi}\} = \max \{a_{hvi1}, a_{hvi2}, \dots, a_{hvin}\} \quad (3)$$

W przypadku, gdy całkowity czas ekspozycji pracownika na drgania  $t$  przekracza 30 minut, szacowana jest 8-godzinna (lub inaczej dzienna) ekspozycja na drgania w  $m \cdot s^{-2}$ , ustalana ze wzoru (4):

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n a_{hvi}^2 \cdot t_i} \quad (4)$$

gdzie:  $n$  - liczba czynności wykonywanych w narażeniu na drgania na danym stanowisku,  $i$  - numer kolejnej czynności wykonywanej w narażeniu na drgania,  $t_i$  - czas trwania i-tej czynności wykonywanej w narażeniu na drgania [min],  $a_{hvi}$  - suma wektorowa skutecznych, ważonych przyspieszeń drgań dla i-tej czynności w  $m \cdot s^{-2}$ ,  $T$  - 480 minut (wartość odpowiadająca 8 godzinom).

Przy ocenie drgań ogólnych, zamiast obliczenia wartości sumy wektorowej skutecznych przyspieszeń drgań, określone zostało dominujące ważne przyspieszenie drgań. Jest to największa wartość skorygowanego przyspieszenia drgań selekcjonowana spośród trzech składowych kierunkowych, co oznacza w praktyce jedną składową. Do oceny krótkotrwałej ekspozycji na drgania ogólne, których czas narażenia nie przekracza 30 minut, wybierana jest dominująca wartość  $a_{wmax}$ , spośród  $n$  określonych skutecznych, skorygowanych przyspieszeń drgań  $a_{wi}$ , biorąc pod uwagę odpowiednie współczynniki ( $1,4a_{wx}$ ,  $1,4a_{wy}$ ,  $a_{wz}$ ), wyznaczana według zależności (5):

$$a_{wmax} = \max \{a_{wi}\} = \max \{a_{wi1}, a_{wi2}, \dots, a_{win}\} \quad (5)$$

gdzie:  $a_{wi}$  - skuteczne wartości ważne przyspieszenia drgań, zmierzone dla kierunku  $l$  ( $l = x$  lub  $l = y$  lub  $l = z$ ) na stanowisku pracy, przy wykonywaniu i-tej czynności [ $m \cdot s^{-2}$ ].

Jeżeli całkowity czas narażenia pracownika na drgania ogólne  $t$  przekracza 30 minut, do analizy wykorzystuje się wielkość nazywaną 8-godzinną ekspozycją na drgania wyznaczaną dla każdego kierunku oddzielnie, zgodnie ze wzorem (6):

$$A(8)_l = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n a_{wi}^2 \cdot t_i} \quad (6)$$

gdzie:  $n$  - liczba czynności wykonywanych w narażeniu na drgania,  $i$  - numer czynności wykonywanej w narażeniu na drgania,  $l$  - kierunek drgań ( $x$ ,  $y$  lub  $z$ ),  $t_i$  - czas wykonywania i-tej czynności [min],  $T$  - 480 minut,  $a_{wi}$  - wartość skorygowana przyspieszenia drgań, zmierzona w kierunku  $x$ ,  $y$  i  $z$  dla i-tej czynności w narażeniu na drgania [ $m \cdot s^{-2}$ ]

Analizę drgań mechanicznych przeprowadzono na podstawie wyników zrealizowanych badań terenowych, do badań wybrano

maszynę do robót ziemnych i zagęszczenia gruntów: walec drogowy wibracyjny BOMAG BW 213D (rys. 10).

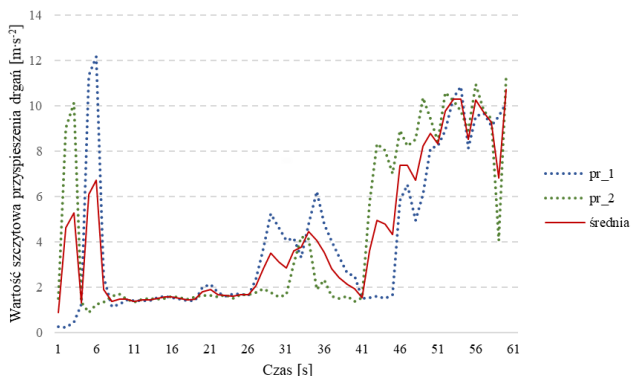


Rys. 3. Walec drogowy wibracyjny BOMAG BW 213D

Maszyna pracowała z prędkością  $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , dzień był słoneczny, temperatura powietrza wynosiła  $22^\circ\text{C}$ . Punkty pomiarowe zlokalizowane były w miejscu kontaktu ciała człowieka z źródłem drgań według [10] (PN-EN ISO 5349 – 2: 2004). W przypadku pomiaru drgań miejscowych (czyli przenikających do organizmu człowieka przez kończyny górne), punkt pomiarowy zlokalizowany był na kole kierowniczym. Natomiast do pomiaru drgań przekazywanych do organizmu człowieka w sposób ogólny (podczas pracy w pozycji siedzącej), punkt pomiarowy zlokalizowany był na siedzisku kierowcy według [11] (PN-EN 14253+A1:2011).

## 2. Wyniki badań

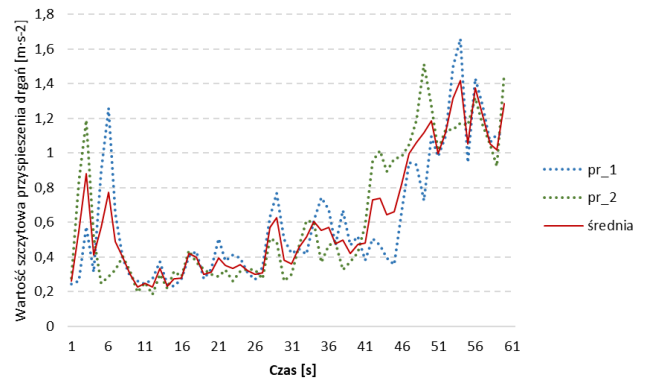
Analizując wartości szczytowe (PEAK) przyspieszenia drgań ogólnych mierzonych w osi „x” na siedzisku operatora walca drogowego odnotowano, że ich średnia wartość wynosiła  $4,19 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . Rozkład wartości szczytowej przyspieszenia drgań w obrębie mierzonego odcinka czasowego był nierównomierny charakteryzując się znacznym poziomem oscylacji (wartość średnia – linia koloru czerwonego, linie przerywane to wartości skrajne) w granicach  $0,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2} - 11,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .



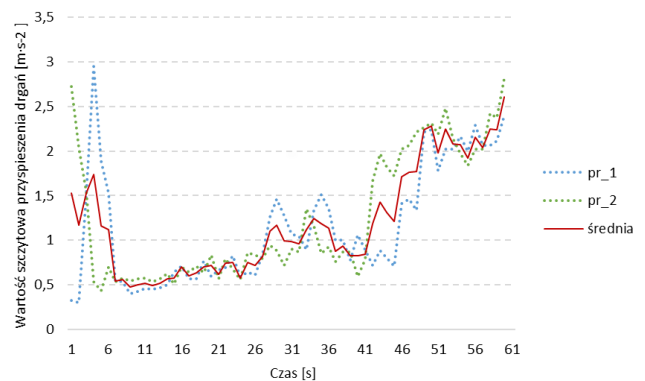
Rys. 4. Rozkład wartości szczytowej przyspieszenia drgań ogólnych dla kierunku „x” - walec drogowy wibracyjny BOMAG BW 213D

W przypadku kierunku oddziaływania „y” (rys. 5) odnotowano znacznie niższe wartości szczytowej przyspieszenia drgań, gdzie najmniejsza wynosiła  $0,182 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ , natomiast największa wartość przyspieszenia drgań była równa  $1,66 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . Należy zaznaczyć, że średnia wartość szczytowa przyspieszenia drgań ogólnych dla kierunku „y” w obrębie mierzonego interwału czasu wynosiła  $0,62 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . Zakres oscylacji wartości mierzonej w czasie trwania pomiaru zwizualizowano za pomocą kreskowanych linii (rys. 5). Bardzo zbliżoną charakterystykę wartości szczytowej przyspieszenia drgań ogólnych odnotowano dla kierunku oddziaływania „z” (rys. 6), gdzie

średnia dla wszystkich wykonanych prób wyniosła  $1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  a wartość maksymalna była równa  $2,951 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  a wartość minimalna wynosiła  $0,299 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .

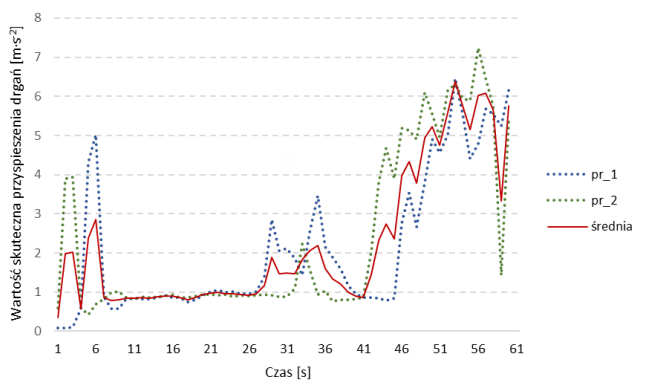


Rys. 5. Rozkład wartości szczytowej przyspieszenia drgań ogólnych dla kierunku „y” - walec drogowy wibracyjny BOMAG BW 213D



Rys. 6. Rozkład wartości szczytowej przyspieszenia drgań ogólnych dla kierunku „z” - walec drogowy wibracyjny BOMAG BW 213D

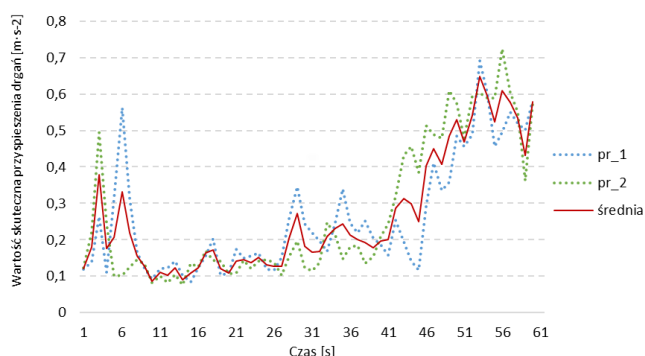
Na rysunku 7 przedstawiono charakterystykę rozkładu wartości skutecznej (RMS) przyspieszenia drgań na siedzisku walca drogowego wibracyjnego, która charakteryzowała się znacznym zakresem oscylacji. Największe wahania oscylowały w granicach  $5-7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  (maksymalna zanotowana wartość przyspieszenia była równa  $7,22 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ), natomiast najmniejsze wynosiły  $0,08 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . Wartość średnia dla wszystkich wykonanych prób wyniosła  $2,25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .



Rys. 7. Rozkład wartości skutecznej przyspieszenia drgań ogólnych dla kierunku „x” - walec drogowy wibracyjny BOMAG BW 213D

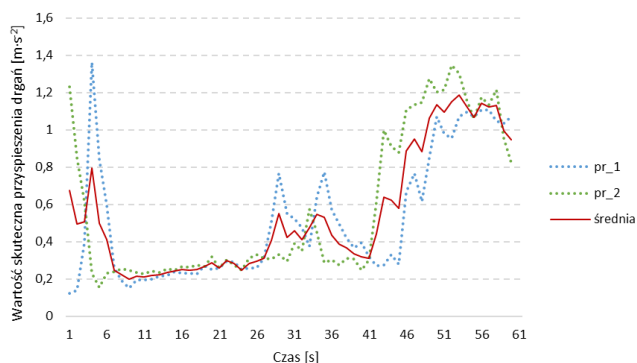
Analizując pomiary wykonane na walcu drogowym o kierunku oddziaływania „y” (rys. 8) stwierdzono, że wartość średnia dla wszystkich wykonanych prób wyniosła  $0,266 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . Największa

zanotowana wielkość oscylowała w granicach  $0,724 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ , natomiast najmniejsza  $0,077 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .



**Rys. 8.** Rozkład wartości skutecznej przyspieszenia drgań ogólnych dla kierunku „y” - walec drogowy wibracyjny BOMAG BW 213D

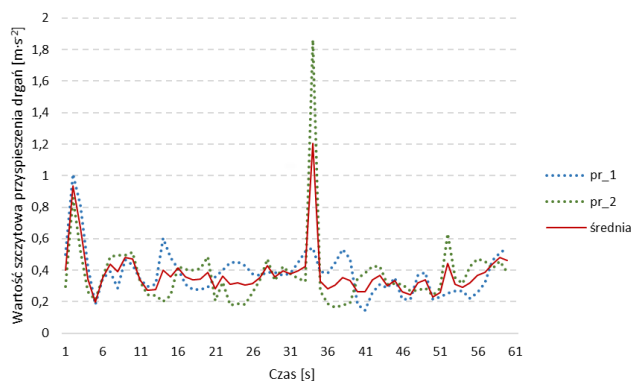
W przypadku kierunku oddziaływania drgań „z” (rys. 9) zaobserwowano, że największa wartości wynosiła  $1,365 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ , natomiast najmniejsza  $0,122 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . Średnia wartość skuteczna dla pomiarów z wszystkich danych wyniosła  $0,55 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .



**Rys. 9.** Rozkład wartości skutecznej przyspieszenia drgań ogólnych dla kierunku „z” - walec drogowy wibracyjny BOMAG BW 213D

Należy zaznaczyć, że rozkład wartości skutecznej przyspieszenia drgań był nierównomierny i charakteryzował się dużym zakresem oscylacji.

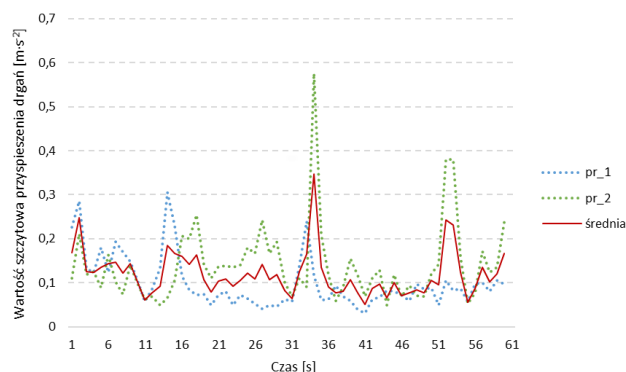
Analizując wartości szczytowe przyspieszenia drgań miejscowych zmierzonych na siedzisku operatora walca drogowego wibracyjnego (rys. 10) odnotowano, że wartości oscylowały w przedziale  $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  -  $0,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .



**Rys. 10.** Rozkład wartości szczytowej przyspieszenia drgań miejscowych dla kierunku „x” - walec drogowy wibracyjny BOMAG BW 213D

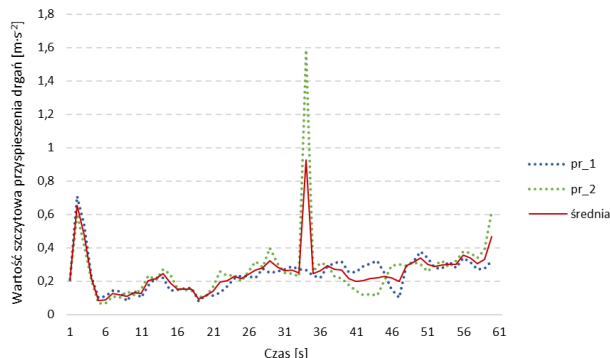
Największa zanotowana wartość przyspieszenia była równa  $1,86 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ , natomiast najmniejsza  $0,14 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . Wartość średnia dla wszystkich wykonanych prób wyniosła  $0,38 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .

Dla kierunku oddziaływania „y” średnia wartość wartości szczytowej drgań dla wszystkich wykonanych prób wyniosła  $0,12 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ , natomiast największa była równa  $0,575 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  a wartość minimalna kształtowała się na poziomie  $0,032 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  (rys. 11).



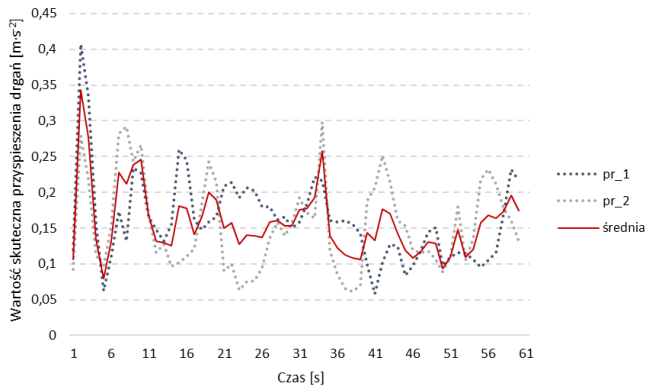
**Rys. 11.** Rozkład wartości szczytowej przyspieszenia drgań miejscowych dla kierunku „y” - walec drogowy wibracyjny BOMAG BW 213D

W przypadku kierunku oddziaływania drgań „z” (rys. 12) zaobserwowano, że największy wzrost wartości był równy  $1,585 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  i miał charakter impulsowy. Średnia wartość szczytowa wynosiła  $0,25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .



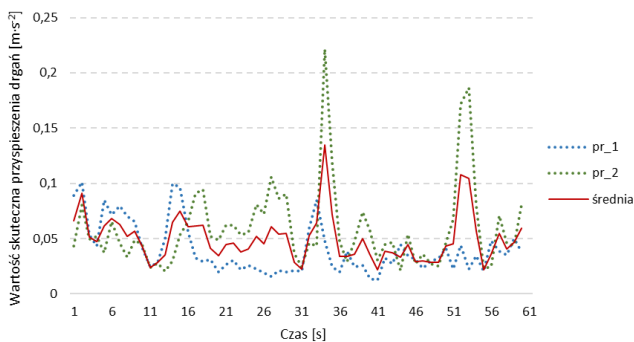
**Rys. 12.** Rozkład wartości szczytowej przyspieszenia drgań miejscowych dla kierunku „z” - walec drogowy wibracyjny BOMAG BW 213D

Rozkład charakterystyki wartości skutecznej przyspieszenia drgań miejscowych dla walca drogowego BOMAG BW 213D przedstawiono na rysunku 13. Wartość średnia dla wszystkich wykonanych prób wyniosła  $0,16 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . Rozkład wartości RMS był nierównomierny, a zakres oscylacji mieścił się w przedziale od  $0,41 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  do  $0,058 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .



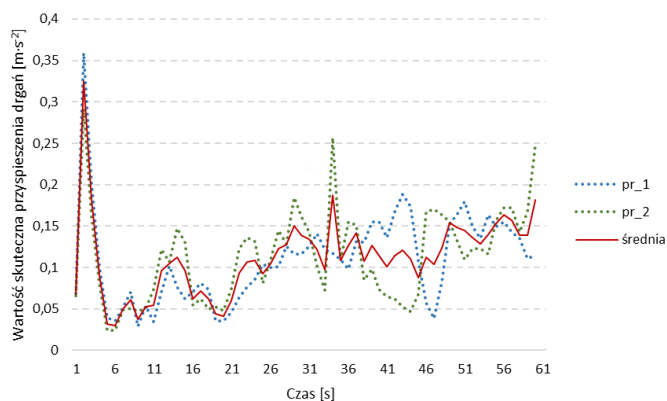
**Rys. 13.** Rozkład wartości skutecznej przyspieszenia drgań miejscowych dla kierunku „x” - walec drogowy wibracyjny BOMAG BW 213D.

Analizując wartości skuteczne drgań o kierunku „y” zarejestrowane podczas pracy walca drogowego zaobserwowano, że największą wartość RMS oscyloowało w granicach 0,01-0,15 m·s<sup>-2</sup> (rys. 14). Odnotowano także, że największy wzrost wartości był równy 0,221m·s<sup>-2</sup>, zaś najmniejsza wartość skuteczna w przypadku pomiarów dokonanych na kole kierowniczym pojazdu wyniosła 0,013m·s<sup>-2</sup>. Średnia wartość RMS kształtowała się na poziomie 0,05 m·s<sup>-2</sup>.



**Rys. 14.** Rozkład wartości skutecznej przyspieszenia drgań miejscowych dla kierunku „y” - walec drogowy wibracyjny BOMAG BW 213D.

W przypadku wartości RMS odnotowanej dla kierunku „z” (rys. 15) odnotowano, że średnio wynosiła 0,11 m·s<sup>-2</sup>. Natomiast zakres oscylacji mieścił się w przedziale od 0,03 m·s<sup>-2</sup> do 0,359 m·s<sup>-2</sup>.



**Rys. 15.** Rozkład wartości skutecznej przyspieszenia drgań miejscowych dla kierunku „z” - walec drogowy wibracyjny BOMAG BW 213D.

### Podsumowanie

Zgodnie z obowiązującymi przepisami, w celu przeprowadzenia oceny narażenia na drgania działające w sposób ogólny oraz drgania wnikaające do organizmu człowieka przez kończyny górne, wyznaczono parametr nazywany 8-godzinną (dzienną) ekspozycją na drgania. Należy zaznaczyć, że w przypadku pracy walca drogowego odnotowana wartość - 1,11 m·s<sup>-2</sup> przekroczyła dopuszczalną normę dla kobiet oraz mężczyzn, która zgodnie z obowiązującymi normami wynosi 0,8 m·s<sup>-2</sup>. Krotność przekroczenia wartości dopuszczalnej  $A(8)_{dop}$  dla tego przypadku wynosi 1,39. W przypadku analizy drgań poziomych „y”, wielkości 8-godzinnej ekspozycji na drgania mieściły się w przedziale 0,13-0,31m·s<sup>-2</sup> i nie została przekroczona norma w przypadku pracy kobiet i mężczyzn. Jedynie w odniesieniu do osób młodocianych w trzech przypadkach wartość dopuszczalna 0,19m·s<sup>-2</sup> została przekroczona. W przypadku analizy dziennej ekspozycji na drgania działające na organizm człowieka przez kończyny górne  $A(8)$  wartości dopuszczalne (NDN) nie zostały przekroczone.

### Bibliografia:

1. Dziurzdź J. 2011. Zagrożenia człowieka w środowisku pracy. Drgania i hałas. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
2. Paweł Kielbasa, Tadeusz Juliszewski, Łukasz Smółka, Anna Zięba. 2017. Ergonomiczna ocena środowiska drganiowego istotnego z punktu widzenia komfortu pracownika i organizacji pracy wybranego procesu produkcyjno-naprawczego. Autobusy - bezpieczeństwo i ekologia, nr 6, s. 242-246.
3. Wykowska, M. 1994. Ergonomia. Uczelniane Wydawnictwa AGH, Kraków ISSN 0239-6114.
4. Kotoń, J. 2000. Drgania mechaniczne. Centralny Instytut Ochrony Pracy, Warszawa.
5. Engel Z., Kowal J. 1995. Sterowanie procesami wibroakustycznymi. Wydawnictwa AGH Kraków.
6. Griffin, M.J. 1990. Handbook of Human Vibration. London: Academic Press.
7. Koradecka, D., Koton J., Lipowczan, A., Kowalski P. Drgania mechaniczne (wibracje). Centralny Instytut Ochrony Pracy. [on-line]. Pozyskano z: [http://nop.ciop.pl/m6-4/m6-4\\_3.htm](http://nop.ciop.pl/m6-4/m6-4_3.htm) [dostęp: 16.022017].
8. Griffin, M.J. 2004. Minimum health and safety requirements for workers exposed to hand-transmitted vibration and whole-body vibration in the European Union. Occup Environ Med. [on-line].
9. PN-EN ISO 5349 – 1: 2004 Drgania mechaniczne. Pomiar i wyznaczanie ekspozycji człowieka na drgania przenoszone przez kończyny górne. Część 1: Wymagania ogólne.
10. PN-EN ISO 5349 – 2: 2004 Drgania mechaniczne. Pomiar i wyznaczanie ekspozycji człowieka na drgania przenoszone przez kończyny górne. Część 2: Praktyczne wytyczne do wykonywania pomiarów na stanowisku pracy.
11. PN-EN 14253+A1: 2011 Drgania mechaniczne. Pomiar i obliczenia zawodowej ekspozycji na drgania o ogólnym działaniu na organizm człowieka dla potrzeb ochrony zdrowia – Wytyczne praktyczne.
12. PN-EN ISO 8041: 2008 Drgania mechaniczne działające na człowieka. Mierniki.
13. Kowalski, P. 2006. Pomiar i ocena drgań mechanicznych w środowisku pracy według nowych przepisów prawnych. Bezpieczeństwo Pracy. CIOP Warszawa, nr 9.
14. Schabek M., Łazarz B., Czech P., Matyja T., Witaszek K. 2015. Oddziaływanie drgań miejscowych na kierowcę i pasażerów poprzez kierownicę i uchwyty w samochodach osobowych – cz. 1. Technika transportu szynowego, nr 12., s. 1355-1360.

15. Kowalski P. 2007. Drgania i Hałas w pojazdach drogowych. *Bezpieczeństwo pracy*, nr 5, s 10-13.
16. Szczepaniak J., Kromulski J. 2011. Analiza modelu przepływu energii w systemie biologiczno-mechanicznym człowiek-agregat rolniczy. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, vol. 56(4), s.138-142.

---

### Analysis of general and local vibration at the workplace: the operator of a specialist road machine

The article discusses an attempt to evaluate the ergonomic vibration environment of selected technical sources used in various technological processes. The scope of the tests included measurement of general vibrations in the plane of the seat carrier and local vibrations occurring on the steering wheel of selected technical sources. The tests were carried out in two trucks and in a vibratory road roller. The measurements were carried out in 10 repetitions for each technical measure. On the basis of the obtained measurements, the mean value of vibration acceleration, effective vibration acceleration and peak vibration acceleration as well as the weighted vibration acceleration value were determined. The obtained results were confronted with the applicable standards. It was noted that the daily

vibration exposure of general action in the case of road roll works in the horizontal direction was  $1,11 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  and exceeded the limit values for men and women in the working age. In the case of other vehicles tested, there was no exceedance of the permissible mechanical vibration value in any of the analyzed directions and do not pose a threat to the employee.

---

**Keywords:** ergonomics, mechanical vibrations, vehicles exploitation, exposure level

#### Autorzy:

dr hab. inż. **Paweł Kielbasa** – Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, Instytut Eksploatacji Maszyn Ergonomii i Procesów Produkcyjnych, [pawel.kielbasa@urk.edu.pl](mailto:pawel.kielbasa@urk.edu.pl)

dr inż. **Tomasz Drózdź** – Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, Instytut Eksploatacji Maszyn Ergonomii i Procesów Produkcyjnych, [tomasz.drozd@urk.edu.pl](mailto:tomasz.drozd@urk.edu.pl)

mgr inż. **Dominika Wojtas** – Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, Instytut Eksploatacji Maszyn Ergonomii i Procesów Produkcyjnych