

dr inż. PIOTR KOWALSKI
Centralny Instytut Ochrony Pracy
– Państwowy Instytut Badawczy

W artykule omówiono zastosowanie nowych przepisów dotyczących pomiarów i oceny drgań mechanicznych na stanowiskach pracy. Odniesiono je do przepisów obowiązujących przed wdrożeniem przez Polskę dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2002/44/WE w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa, dotyczących narażenia pracowników na ryzyko spowodowane czynnikami fizycznymi (drganiami mechanicznymi).

Measurement and evaluation of vibration at the workplace according to new regulations

This paper analyses the application of new regulations on measurement and evaluation of the exposure of workers to vibration in Poland. This is done in relation to the regulations which were in force before the implementation of the provisions of Directive 2002/44/EC of the European Parliament and of the Council on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration) are also presented.

Wstęp

W wyniku wdrożenia przez Polskę postanowień dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2002/44/WE [1] w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa, dotyczących narażenia pracowników na ryzyko spowodowane czynnikami fizycznymi (drganiami mechanicznymi) uległy zmianie przepisy określające zasady pomiarów i oceny drgań mechanicznych w środowisku pracy [2].

Zgodnie z obowiązującym obecnie rozporządzeniem ministra gospodarki i pracy z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (NDN) [3], drgania mechaniczne na stanowiskach pracy charakteryzują następujące wielkości:

- **dzienna ekspozycja** (odniesiona do 8 godzin)
- **ekspozycja krótkotrwała** (trwająca 30 min lub krócej),
przy czym:
– w przypadku drgań działających przez kończyny górne (**drgań miejscowych**), wartość

Pomiar i ocena drgań mechanicznych w środowisku pracy według nowych przepisów prawnych

dziennej ekspozycji odniesiona do 8 godzin $A(8)$ wyrażona jest jako równoważna dla 8 h wartość sumy wektorowej skutecznych, skorygowanych częstotliwościowo wartości przyspieszenia drgań, wyznaczonych dla trzech składowych kierunkowych $a_{wvx}, a_{wvy}, a_{wvz}$

– w przypadku drgań działających w sposób ogólny (**drgań ogólnych**), dzienna ekspozycja $A(8)$ wyrażona jest jako równoważna dla 8 h wartość przyspieszenia drgań, obliczona jako dominująca (największa) skuteczna wartość skorygowanego częstotliwościowo przyspieszenia drgań, spośród wyznaczonych wartości trzech składowych kierunkowych z uwzględnieniem właściwych współczynników $1,4a_{wvx}, 1,4a_{wvy}, a_{wvz}$.

Podane w rozporządzeniu wartości dla dziennej ekspozycji i ekspozycji krótkotrwałej określone jako dopuszczalne ze względu na ochronę zdrowia pracowników zamieszczono w tabeli 1.

Rozporządzenie ministra gospodarki i pracy z dnia 5 sierpnia 2005 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na hałas lub drgania mechaniczne [4] wprowadza, za dyrektywą 2002/44/WE, dodatkowe kryterium oceny dziennej ekspozycji na drgania – **próg działania**. Wartości progów działania podano w tabeli 2. Po przekroczeniu podanych w rozporządzeniu wartości pracodawca zobowiązany jest do podjęcia działań zmniejszających ryzyko zawodowe (ze względu na drgania).

W konsekwencji zmian wprowadzonych przez rozporządzenie ministra gospodarki i pracy w spra-

wie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy, znowelizowano również rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 5 lipca 2005 r. w sprawie wykazu prac wzbronionych młodocianym i warunków ich zatrudniania przy niektórych z tych prac [5]. Podane w nim wartości dopuszczalne drgań mechanicznych dla tej grupy pracowników przedstawiono w tabeli 3. Zamieszczono w niej także wartości dopuszczalne drgań mechanicznych dla kobiet w ciąży z aktualnego wciąż rozporządzenia Rady Ministrów w sprawie wykazu prac szczególnie uciążliwych lub szkodliwych dla zdrowia kobiet [6].

Ogólne metody wykonywania pomiarów drgań mechanicznych w środowisku pracy określa rozporządzenie ministra zdrowia w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [7], zaś szczegółowe metody – określają odpowiednie Polskie Normy [8, 9, 10].

Pomiary drgań mechanicznych na stanowiskach pracy

Pomiary, służące do oceny narażenia pracowników na drgania mechaniczne, powinny być wykonywane na podstawie następujących norm:

- 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*

Tabela 1
WARTOŚCI DOPUSZCZALNE DLA EKSPOZYCJI NA DRGANIA MECHANICZNE (NDN) [3]
Human vibration exposure limit values in Poland [3]

Rodzaj drgań	Wartości dopuszczalne dla dziennej ekspozycji na drgania mechaniczne (NDN)	Wartości dopuszczalne dla krótkotrwałych ekspozycji na drgania mechaniczne (NDN)
Drgania działające przez kończyny górne (drgania miejscowe)	$A(8)_{dop} = 2,8 \text{ m/s}^2$	$a_{w,30min,dop} = 11,2 \text{ m/s}^2$
Drgania o działaniu ogólnym (drgania ogólne)	$A(8)_{dop} = 0,8 \text{ m/s}^2$	$a_{w,30min,dop} = 3,2 \text{ m/s}^2$

Tabela 2
WARTOŚCI PROGÓW DZIAŁANIA DLA DZiennej EKSPOZYCJI NA DRGANIA MECHANICZNE [4]
Human vibration exposure action values [4]

Rodzaj drgań	Wartości progów działania dla drgań mechanicznych
Drgania działające przez kończyny górne (drgania miejscowe)	$A(8)_{działanie} = 2,5 \text{ m/s}^2$
Drgania o działaniu ogólnym (drgania ogólne)	$A(8)_{działanie} = 0,5 \text{ m/s}^2$

na drgania przenoszone przez kończyny górne. Część 2: Praktyczne wytyczne do wykonywania pomiarów na stanowisku pracy [11]

• PN-EN 14253:2005 *Drgania mechaniczne. Pomiar i obliczanie zawodowej ekspozycji na drgania o ogólnym działaniu na organizm człowieka dla potrzeb ochrony zdrowia. Wytyczne praktyczne* [12].

Pomiary przeprowadza się w typowych warunkach występujących na danym stanowisku pracy, podczas wykonywania przez pracownika typowych czynności, przy normalnej eksploatacji narzędzia, maszyny lub urządzenia. Dla każdej wyodrębnionej (*i*-tej) czynności wykonywanej przez pracownika dokonywany jest pomiar wartości ważonych przyspieszeń drgań w trzech wzajemnie prostopadłych kierunkach: a_{wxi} ; a_{wyi} ; a_{wzi} – dla drgań oddziałujących ogólnie; a_{hwxi} ; a_{hwyi} ; a_{hwzi} dla drgań działających przez kończyny górne.

Na szczególną uwagę zasługuje fakt wprowadzenia, wraz z nowymi przepisami, nowych charakterystyk ważenia (korekcyjnych). Pomiar drgań mechanicznych na stanowiskach pracy powinny być wykonywane przyrządami wyposażonymi w aktualne charakterystyki korekcyjne: W_h – dla drgań działających przez kończyny górne, W_k (rys. 1., str. 26.) i W_d (rys. 2., str. 26.) – dla drgań działających ogólnie określone w tych normach.

W wypadku drgań działających przez kończyny górne różnice wyników pomiarów, wynikające z zastosowania nowej charakterystyki korekcyjnej, są niewielkie w stosunku do wyników otrzymanych przy wykorzystaniu charakterystyki poprzednio stosowanej (określonej w PN-91/N-01355 [11]) – sięgają one 2%; nowe charakterystyki korekcyjne dla drgań działających ogólnie mogą wprowadzić znacznie większe różnice – nawet do 30% (dane uzyskane na podstawie badań symulacyjnych [12]). Poprzednio stosowane i nowe charakterystyki ważenia drgań ogólnych przedstawiono na rys. 1 i 2.

Ocena drgań mechanicznych na stanowiskach pracy

Na podstawie zmierzonych wartości ważonych (skorygowanych) przyspieszeń drgań dla każdej *i*-tej czynności wykonywanej przez pracownika wyznaczane są wartości wielkości podlegających ocenie. W zależności od rodzaju drgań (ogólne czy działające przez kończyny górne) oceniane

są różne wielkości, różny jest też sposób ich wyznaczania.

W odniesieniu do drgań działających przez kończyny górne, nowe przepisy nie wprowadzają zasadniczych zmian w sposobie ich pomiaru i oceny. Na podstawie zmierzonych trzech składowych drgań: a_{wxi} ; a_{wyi} ; a_{wzi} dla każdej wyodrębnionej czynności obliczana jest wartość sumy wektorowej skutecznych ważonych przyspieszeń drgań a_{hvi} wg wzoru (1):

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

gdzie: a_{wxi} ; a_{wyi} ; a_{wzi} – skuteczne wartości ważne przyspieszenia drgań, zmierzone dla kierunku *x*, *y* i *z* na stanowisku pracy przy wykonywaniu *i*-tej czynności w narażeniu na drgania, m/s^2 .

Określa się także całkowity czas narażenia pracownika na drgania w ciągu doby, *t* (min) będący sumą czasów trwania *t_i* (min) poszczególnych *i*-tych czynności, ze wzoru (2):

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

gdzie: *n* – liczba czynności wykonywanych w narażeniu na drgania na kontrolowanym stanowisku pracy.

W zależności od długości wyznaczonego całkowitego czasu narażenia pracownika na drgania w ciągu doby *t_c*, przeprowadzane są następujące obliczenia:

• gdy określony czas całkowity *t* jest równy lub krótszy niż 30 min ($t \leq 30$ min), dla kontrolowanego stanowiska pracy, spośród *n* wyznaczonych sum wektorowych wybierana jest maksymalna wartość sumy wektorowej skutecznych, ważonych przyspieszeń drgań a_{hvmax} w m/s^2 , wg wzoru (3):

$$a_{hvmax} = \max\{a_{hvi}\} = \max\{a_{hv1}, a_{hv2}, \dots, a_{hvn}\} \quad (3)$$

gdzie: a_{hvi} – jak we wzorze (1)
n – jak we wzorze (2)

• jeżeli określony czas całkowity *t* jest dłuższy niż 30 min ($t > 30$ min) wyznaczana jest 8-godzinna ekspozycja na drgania, *A*(8) w m/s^2 , wg wzoru (4):

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

Tabela 3

WARTOŚCI DOPUSZCZALNE EKSPOZYCJI DRGAŃ MECHANICZNYCH (NDN) DLA MŁODOCIANYCH I KOBIET W CIĄŻY [5, 6]

Human vibration exposure limit values for young workers and pregnant women in Poland [5, 6]

Rodzaj drgań	Rodzaj ekspozycji	Wartości dopuszczalne (NDN) dla młodocianych	Wartości dopuszczalne (NDN) dla kobiet w ciąży
Drgania działające przez kończyny górne (drgania miejscowe)	dzienna ekspozycja	$A(8)_{dop} = 1,0 m/s^2$	$A(8)_{dop} = 1,0 m/s^2$
	ekspozycja krótkotrwała	$a_{hv30min,dop} = 4,0 m/s^2$	$a_{hv30min,dop} = 4,0 m/s^2$
Drgania o działaniu ogólnym (drgania ogólne)	dzienna ekspozycja	$A(8)_{dop} = 0,19 m/s^2$	Praca wzbroniona
	ekspozycja krótkotrwała	$a_{v30min,dop} = 0,76 m/s^2$	

gdzie: a_{hvi} – suma wektorowa skutecznych, ważonych przyspieszeń drgań, wyznaczona dla *i*-tej czynności wykonywanej w narażeniu na drgania ze wzoru [1], m/s^2

i – numer kolejnej czynności wykonywanej w narażeniu na drgania

t_i – czas trwania *i*-tej czynności wykonywanej w narażeniu na drgania, min

n – liczba czynności wykonywanych w narażeniu na drgania na kontrolowanym stanowisku pracy

T – 480 min

• gdy określony czas całkowity *t* jest dłuższy niż 30 min, lecz jedna lub więcej czynności trwało krócej (lub równo) niż 30 min ($t > 30$ min, ale $t_i \leq 30$ min), wyznaczana jest 8-godzinna ekspozycja na drgania *A*(8) wg wzoru (4) oraz dodatkowo, spośród sum wektorowych wyznaczonych dla czynności o czasie trwania krótszym lub równym 30 min ($t_i \leq 30$ min), wybierana jest suma wektorowa o największej wartości a_{hvmax} wg wzoru (3).

Zgodnie z nowymi przepisami sposób oceny drgań działających ogólnie znacznie różni się od stosowanego do tej pory. W miejsce obliczanej wartości sumy wektorowej (wyznaczonej na podstawie trzech składowych kierunkowych ważonych przyspieszeń drgań) wprowadzone zostało tzw. dominujące ważne przyspieszenie drgań – największa wartość ważonego przyspieszenia drgań wybierana spośród trzech składowych kierunkowych przyspieszeń, a więc w rzeczywistości jedna składowa kierunkowa.

Na jej podstawie, w zależności od długości wyznaczonego całkowitego czasu narażenia pracownika na drgania w ciągu doby *t*, przeprowadzane są następujące obliczenia:

• gdy określony czas całkowity *t* jest równy lub krótszy niż 30 min ($t \leq 30$ min), dla kontrolowanego stanowiska pracy wybierana jest wartość dominująca a_{wimax} spośród *n* wyznaczonych skutecznych, ważonych przyspieszeń drgań a_{wi} , z uwzględnieniem właściwych współczynników ($1,4a_{wx}$, $1,4a_{wy}$, a_{wz}) w m/s^2 , wg wzoru (5):

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

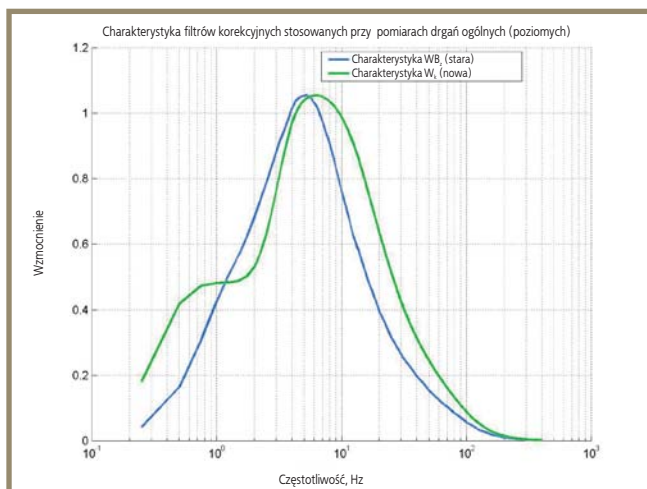
gdzie: a_{wi} – skuteczne wartości ważne przyspieszenia drgań, zmierzone dla kierunku *l* (*l* = *x* lub *l* = *y* lub *l* = *z*) na stanowisku pracy przy wykonywaniu *i*-tej czynności w narażeniu na drgania, w m/s^2

n – jak we wzorze (2)

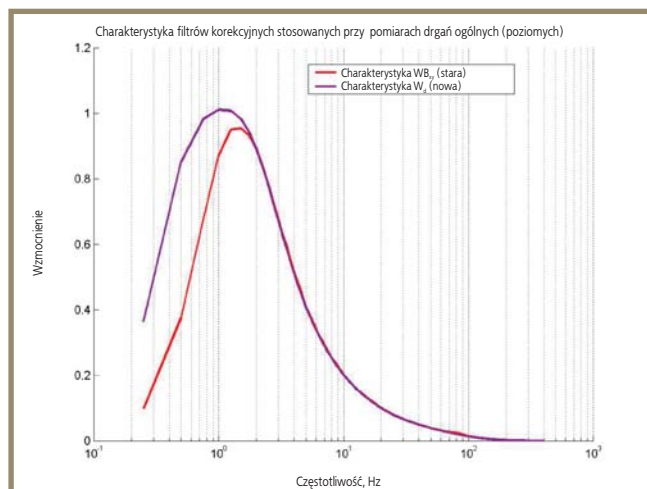
• jeśli określony czas całkowity *t* jest dłuższy niż 30 min ($t > 30$ min) wyznaczana jest dla każdego kierunku *l* (*l* = *x* lub *l* = *y* lub *l* = *z*) oddzielnie 8-godzinna ekspozycja, *A*(8)_{*l*} w m/s^2 , wg wzoru (6):

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

gdzie: a_{wi} – jak we wzorze (5)
t_i – czas trwania *i*-tej czynności wykonywanej w narażeniu na drgania, w minutach



Rys. 1. Charakterystyki korekcyjne: W_{B_z} i W_k
 Fig. 1. Frequency weighting curves W_{B_z} and W_k



Rys. 2. Charakterystyki korekcyjne: W_{B_v} i W_d
 Fig. 2. Frequency weighting curves W_{B_v} and W_d

n – liczba czynności wykonywanych w narażeniu na drgania na kontrolowanym stanowisku pracy

T – 480 min

- gdy określony czas całkowity t jest dłuższy niż 30 min, lecz jedna lub więcej czynności trwało krócej (lub równo) niż 30 min ($t > 30$ min, ale $t_i \leq 30$ min), wyznaczana jest 8-godzinna ekspozycja, $A(8)$ w m/s^2 wg wzoru (6) oraz dodatkowo, spośród n wyznaczonych skutecznych, ważonych przyspieszeń drgań, a_{wi} dla czynności trwających krócej lub równo 30 min ($t_i \leq 30$ min), wybierana jest wartość dominująca a_{wmax} wg wzoru (5).

Ocena narażenia pracownika na drgania mechaniczne (z uwzględnieniem jego ewentualnej przynależności do takich grup, jak młodociani czy kobiety w ciąży) polega na porównaniu wartości wyznaczonych wielkości charakteryzujących drgania z określonymi w przepisach ich wartościami dopuszczalnymi:

- narażenie na drgania działające przez kończynę górną oceniane jest przez porównanie 8-godzinnej ekspozycji na drgania, $A(8)$ z wartością dopuszczalną $A(8)_{dop}$ i/lub maksymalnej wartości sumy wektorowej skutecznych, ważonych przyspieszeń drgań a_{ivmax} z wartością dopuszczalną $a_{iv30min,dop}$

- narażenie na drgania działające w sposób ogólny oceniane jest przez porównanie 8-godzinnej ekspozycji na drgania (wyznaczonej dla dominującej składowej kierunkowej przyspieszenia drgań), $A(8)$ z wartością dopuszczalną $A(8)_{dop}$ i/lub wartości dominującej a_{wmax} z wartością dopuszczalną $a_{w,30min,dop}$.

Podsumowanie

Przeprowadzone w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym symulacje oceny drgań działających na pracownikach w sposób ogólny [12] wykazały,

że po zastosowaniu „nowego” sposobu oceny oraz nowych charakterystyk ważenia następuje pozorne zmniejszenie ryzyka zawodowego, szacowanego na podstawie krotności przekroczenia wartości dopuszczalnej. W praktyce oznacza to m.in., że wyniki oceny narażenia pracowników na drgania ogólne wykonanej zgodnie z nowymi przepisami nie mogą być wprost porównywane z wynikami oceny przeprowadzonej wcześniej. Wprowadzenie do przepisów takiego sposobu oceny drgań ogólnych jest konsekwencją wdrożenia przez Polskę postanowień dyrektywy 2002/44/WE [1].

PIŚMIENNICTWO

[1] Directive 2002/44/WE of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration). (Sixteenth individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC). OJ L177, 06.07.2002

[2] Augustyńska D., Kowalski P. *Strategia ochrony pracowników przed drganiami mechanicznymi według nowych przepisów prawnych – europejskich i krajowych*. „Bezpieczeństwo Pracy”, 5(416)2006

[3] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU nr 217, poz. 1833; zm. DzU 2005, nr 212, poz. 1769

[4] Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 5 sierpnia 2005 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny

pracy przy pracach związanych z narażeniem na hałas lub drgania mechaniczne. DzU nr 157, poz. 318

[5] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 5 lipca 2005 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie wykazu prac wzbronionych młodocianym i warunków ich zatrudnienia przy niektórych z tych prac. DzU nr 136 poz. 1145

[6] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 września 1996 r. w sprawie wykazu prac szczególnie uciążliwych lub szkodliwych dla zdrowia kobiet. DzU nr 114, poz. 545 ze zm. DzU 2002, nr 127, poz. 1092

[7] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 20 kwietnia 2005 r. w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU nr 73, poz. 645

[8] PN-EN ISO 5349 – 1:2004 *Drgania mechaniczne. Pomiar i wyznaczanie ekspozycji człowieka na drgania przenoszone przez kończynę górną. Część 1: Wymagania ogólne*

[9] PN-EN ISO 5349 – 2:2004 *Drgania mechaniczne. Pomiar i wyznaczanie ekspozycji człowieka na drgania przenoszone przez kończynę górną. Część 2: Praktyczne wytyczne do wykonywania pomiarów na stanowisku pracy*

[10] PN-EN 14253:2005 *Drgania mechaniczne. Pomiar i obliczanie zawodowej ekspozycji na drgania o ogólnym działaniu na organizm człowieka dla potrzeb ochrony zdrowia. Wytyczne praktyczne*

[11] PN-91/N-01355 *Drgania. Przyrządy do pomiaru drgań mechanicznych oddziałujących na organizm człowieka. Wymagania i badania (norma unieważniona)*

[12] Sprawozdanie I etapu zadania badawczego nr 1.A.01 *Badanie metodą energetyczną równoczesnego działania drgań i hałasu na kierowców środków transportu drogowego*. Główny wykonawca P. Kowalski, CIOP-PIB, 2005

Publikacja opracowana na podstawie wyników uzyskanych w ramach II etapu programu wieloletniego pn. „Dostosowywanie warunków pracy w Polsce do standardów Unii Europejskiej” dofinansowywanego w latach 2005-2007 w zakresie badań naukowych przez Ministerstwo Edukacji Narodowej, w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej. Główny koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy