

Piotr Kowalski
Jacek Zając
Adrian Alikowski

**Zakład Zagrożeń Wibroakustycznych
Pracownia Drgań Mechanicznych NA2**

Ocena ryzyka zawodowego na stanowiskach pracy związanych z użytkowaniem pojazdów terenowych typu ATV

Materiały informacyjne



Wprowadzenie

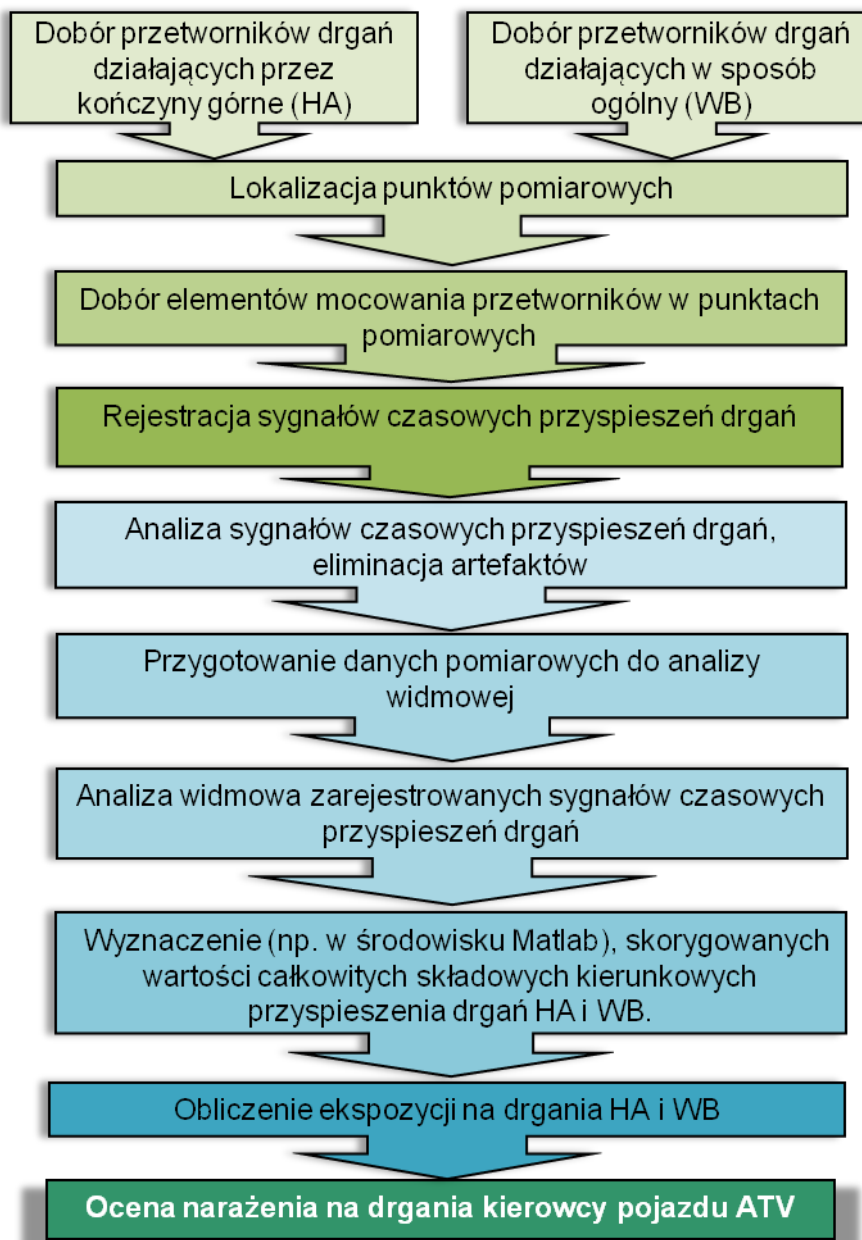
Quady, określane również jako „wszędolazy”, „czterokołowce” lub ATV (all-terrain vehicle) to otwarte, czterokołowe pojazdy przeznaczone do przemieszczania się po różnego rodzaju nawierzchniach (utwardzonych i nieutwardzonych) oraz terenach nieprzejezdnych dla innych pojazdów. Tego typu pojazdy używane są zazwyczaj w celach rekreacyjnych czy sportowych, a w ostatnich latach coraz częściej wykorzystywane są jako środki transportu związane z wykonywaniem pracy przez różnego rodzaju służby ratownicze, straż leśną, policję, straż graniczną, straż pożarną itp. Poruszanie się pojazdami ATV w trudnym terenie niesie za sobą ryzyko podwyższonej ekspozycji na drgania ich użytkowników oraz wynikającego z niej narażenia na utratę zdrowia lub negatywnych skutków funkcjonalnych. Dotychczasowe rozpoznanie tych zagrożeń jest bardzo ograniczone, m. in. ze względu na niestandardowy sposób użycia takich pojazdów (jako środek pracy) i wymagania dotyczące wyposażenia pomiarowego.

Aktualnie badania ekspozycji na drgania mechaniczne działające na użytkowników pojazdów typu ATV nie są wykonywane w ogóle lub są przeprowadzane w ograniczonym zakresie. Wynika to z konieczności użycia specjalistycznej aparatury lub obecności dodatkowej osoby podczas badań, co często jest niemożliwe lub niezgodne z zasadami bezpieczeństwa pracy. W związku z tym brakuje również oceny ryzyka zawodowego (do czego pracodawcy są zobowiązani zgodnie z realizacją postanowień Dyrektywy 2002/44/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dotyczących narażenia pracowników na ryzyko spowodowane czynnikami fizycznymi), a także zaleceń dotyczących dopuszczalnego czasu użytkowania tego typu pojazdów.

W CIOP-PIB podjęto prace polegające na ocenie narażenia na drgania mechaniczne pracowników wykorzystujących na stanowisku pracy pojazdy terenowe (ATV). W niniejszych materiałach informacyjnych przedstawiono wyniki ekspozycji na drgania działające w sposób ogólny $A(8)_{WB}$ oraz przez kończyny górne $A(8)_{HA}$, a także przeprowadzono ocenę ryzyka zawodowego wyznaczonego na podstawie sygnałów przyspieszeń drgań zarejestrowanych podczas jazdy wybranymi pojazdami ATV.

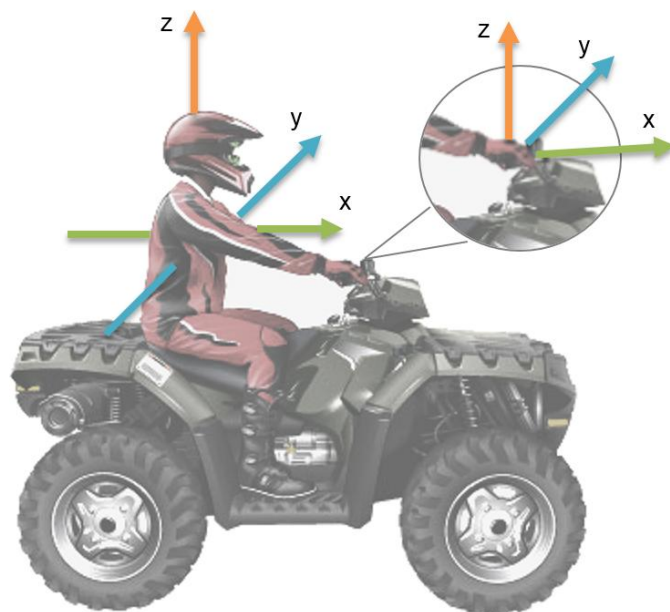
Metodyka badań

Metodyka badań drgań mechanicznych działających na pracowników wykorzystujących pojazdy terenowe typu ATV oparta jest na analizie zarejestrowanych jednocześnie sygnałów czasowych przyspieszeń drgań działających w sposób ogólny (w trzech kierunkach: x, y, z) i sygnałów przyspieszeń drgań działających przez kończyny górne (w trzech kierunkach: x, y, z). Opracowany algorytm badań został przedstawiony na rys. 1.



Rys. 1. Schemat algorytmu badań drgań mechanicznych działających na pracowników wykorzystujących pojazdy terenowe typu ATV

W badaniach uwzględniono wymagania norm PN-EN ISO 5349 i PN-EN 14253. Przyjęte orientacje układów współrzędnych są zgodne z wymienionymi normami (rys. 2).



Rys. 2. Orientacja układów współrzędnych podczas badań drgań działających na użytkownika pojazdu typu ATV - przykład.

Drgania mechaniczne rejestrowane są w dwóch punktach pomiarowych. W punkcie pomiarowym na siedzisku rejestrowane są drgania działające w sposób ogólny, zaś w punkcie pomiarowym zlokalizowanym na kierownicy pojazdu – drgania działające na pracownika/kierowcę przez kończyny górne (Fot. 1).

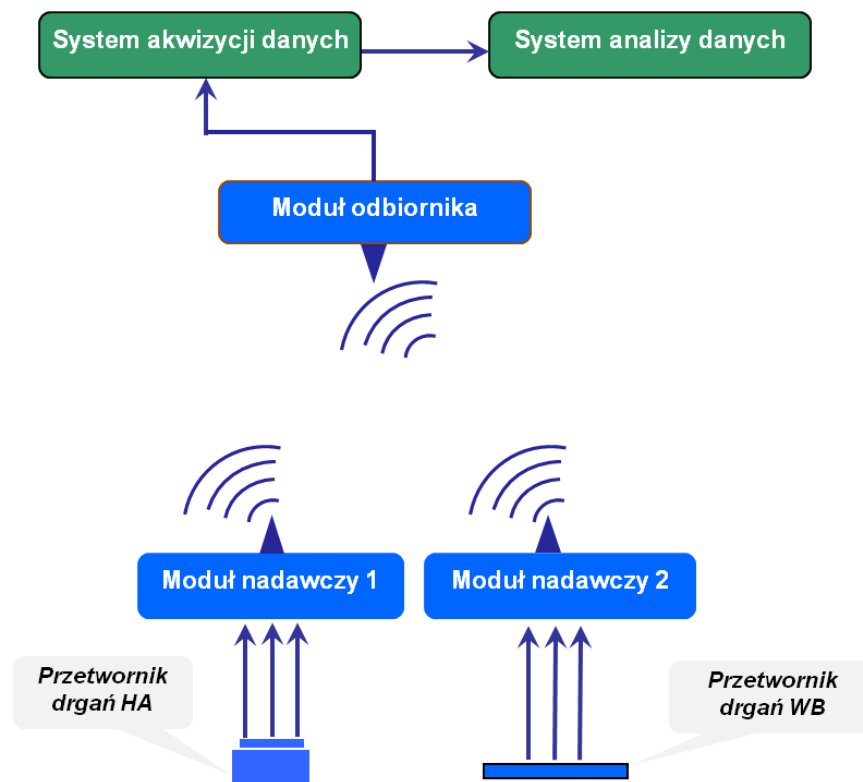


Fot. 1. Lokalizacja punktów pomiarowych podczas badań drgań mechanicznych działających na pracowników/kierowców pojazdów typu ATV

Po wykonaniu rejestracji próbnej, na każdym stanowisku pracy kierowcy pojazdu ATV wykonywanych jest 6 rejestracji przyspieszeń drgań (łącznie 36 rejestrowanych sygnałów) w typowych warunkach dla danego stanowiska z uwzględnieniem ukształtowania terenu, nawierzchni oraz prędkości jazdy. Uzyskane dane stanowią podstawę analiz i obliczeń wielkości służących do oceny narażenia na drgania pracownika/kierowcy pojazdu typu ATV.

Aparatura pomiarowa

Ze względu na specyfikę warunków pomiarowych podczas badań drgań działających na kierowcę pojazdów typu ATV (m.in. duże zakresy ruchów wykonywanych przez kierowcę oraz brak możliwości przebywania w/na pojeździe dodatkowej osoby wykonującej pomiary) do rejestracji sygnałów czasowych przyspieszeń drgań został wykorzystany bezprzewodowy system akwizycji danych firmy Eloviz (rys. 3). System składa się z dwóch trzy-kanalowych modułów nadawczych (TEDIASENS SN-X-3AI) współpracujących z trójosiowymi przetwornikami drgań, modułu odbiorczego (TEDIASENS GUI) oraz jednostki sterującej systemem akwizycji danych wraz oprogramowaniem TEDIASENS GUI.

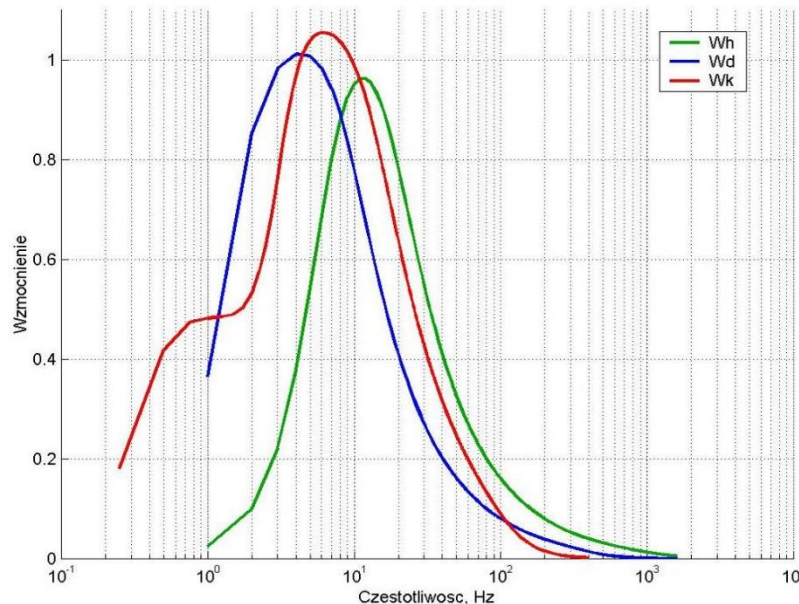


Rys. 3. Schemat układu do pomiarów i analizy drgań z bezprzewodowym systemem akwizycji danych firmy Eloviz

Na każdym z badanych stanowisk pracy kierowcy pojazdu typu ATV, zarejestrowane sygnały czasowe przyspieszeń drgań stanowią dane do wyznaczenia widm przyspieszeń drgań oraz wielkości charakteryzujących drgania na stanowiskach pracy.

Na podstawie wyznaczonych widm są obliczane skorygowane wartości całkowite składowych kierunkowych przyspieszeń drgań (HA i WB) działających na kierowcę pojazdu typu ATV. Korekcja przeprowadzana jest przy wykorzystaniu następujących charakterystyk (rys. 4) zgodnych z normą PN-EN ISO 8041-1:2017-07:

- W_h - dla sygnałów drgań działających przez kończyny górne,
- W_d - dla sygnałów drgań poziomych działających w sposób ogólny,
- W_k - dla sygnałów drgań pionowych działających w sposób ogólny.



Rys. 4. Charakterystyki korekcyjne dla drgań o działaniu ogólnym (W_d , W_k) i przez kończyny górne (W_h).

Wyznaczone wielkości

Wyznaczone całkowite skorygowane wartości przyspieszenia drgań są wykorzystywane przy wyznaczaniu ekspozycji na drgania. Podstawową wielkością służącą do oceny narażenia pracownika na drgania jest dzienna ekspozycja A(8) bazująca na dawce drgań $D_{całkowita}$, która związana jest z reakcją organizmu człowieka działanie drgań.

$$D_{całkowita} = \sum_{i=1}^n a_i^2 \cdot t_i \quad \text{m}^2/\text{s}^3 \quad (1)$$

gdzie:

a_i - cząstkowe przyspieszenie drgań, m/s^2

t_i - czas działania cząstkowego przyspieszenia, s

i - numer kolejnej czynności wykonywanej w narażeniu na drgania,

n - liczba czynności wykonywanych w narażeniu na drgania na stanowisku pracy.

Dawka drgań wyznaczana jest pośrednio podczas obliczania wartości dziennych ekspozycji na drgania A(8).

Dzienna ekspozycja na drgania o **działaniu ogólnym** wyznaczana jest z następującej zależności:

$$A_l(8)_{WB} = k_l \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{wli}^2 \cdot T_i} \quad \text{m/s}^2 \quad (2)$$

gdzie:

a_{wli} - skorygowana częstotliwościowo skuteczna wartość przyspieszenia drgań określona dla przedziału czasu T_i , m/s²

l – kierunek x, lub y lub z

$k_x = k_y = 1,4$ dla kierunków x i y; $k_z = 1$ dla kierunku z

T_0 - czas odniesienia równy 8h (480 min = 28800 s)

i - numer kolejnej czynności wykonywanej w narażeniu na drgania,

n - liczba czynności wykonywanych w narażeniu na drgania na stanowisku pracy.

Dzienna ekspozycja na drgania działające przez **kończyny górne** wyznaczana jest z zależności:

$$A(8)_{HA} = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{hvi}^2 \cdot t_i} \quad \text{m/s}^2 \quad (3)$$

gdzie:

$$a_{hv,i} = \sqrt{a_{hwxi}^2 + a_{hwy,i}^2 + a_{hwz,i}^2} \quad \text{m/s}^2 \quad (4)$$

a_{hvi} - skorygowana częstotliwościowo skuteczna wartość sumy wektorowej przyspieszenia drgań określona dla przedziału czasu T_i , m/s²

a_{hwxi} , $a_{hwy,i}$, $a_{hwz,i}$ - skorygowane częstotliwościowo, skuteczne wartości przyspieszenia drgań w kierunkach x, y, z, określone dla przedziału czasu T_i , m/s²

T_0 - czas odniesienia równy 8h (480 min = 28800 s).

i - numer kolejnej czynności wykonywanej w narażeniu na drgania,

n - liczba czynności wykonywanych w narażeniu na drgania na stanowisku pracy.

Na podstawie porównania wyznaczonych dziennych ekspozycji z wartościami dopuszczalnymi podanymi w *Rozporządzeniu Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz. U. 2018 r. poz. 1286, z późn. zm.)* przeprowadzana jest ocena narażenia zdrowia pracownika wynikającego z działania drgań mechanicznych. W tabeli 1 przedstawiono obowiązujące wartości dopuszczalne dziennych ekspozycji na drgania o działaniu ogólnym i przez kończyny górne.

Tabela 1. Wartości dopuszczalne dziennych ekspozycji na drgania o działaniu ogólnym i przez kończyny górne.

Drgania o działaniu ogólnym	Drgania działające przez kończyny górne
Ekspozycja dzienna $A(8)_{WB,dop} = 0,8 \text{ m/s}^2$	Ekspozycja dzienna $A(8)_{HA,dop} = 2,8 \text{ m/s}^2$
Kierunkowa składowa dominująca $a_{w,dop,30min} = 3,2 \text{ m/s}^2$	Maksymalna suma wektorowa $a_{hv,dop,30min} = 11,2 \text{ m/s}^2$

Wyznaczana jest krotność przekroczenia wartości dopuszczalnej dla ekspozycji na drgania działające przez kończyny górne:

$$k_{r,HA} = \frac{A(8)_{HA}}{A(8)_{HA,dop}} \quad \text{m/s}^2 \quad (5)$$

gdzie:

$A(8)_{HA}$ – wyznaczona wartość dziennej ekspozycji na drgania działające przez kończyny górne, m/s^2

$A(8)_{HA,dop}$ – dopuszczalna wartość dziennej ekspozycji na drgania działające przez kończyny górne, m/s^2 ,

oraz krotność przekroczenia wartości dopuszczalnej dla ekspozycji na drgania działające w sposób ogólny:

$$k_{r,WB} = \frac{A(8)_{WB}}{A(8)_{WB,dop}} \quad \text{m/s}^2 \quad (6)$$

gdzie:

$A(8)_{WB}$ – wyznaczona wartość dziennej ekspozycji na drgania ogólne, m/s^2

$A(8)_{WB,dop}$ – dopuszczalna wartość dziennej ekspozycji na drgania ogólne, m/s^2 .

Na podstawie wartości krotności przekroczenia wartości dopuszczalnej można ocenić ryzyko zawodowe związane z narażeniem na drgania jako *małe*, *średnie* lub *duże*. Ryzyko zawodowe jest małe, gdy krotność mieści się w zakresie: $0,2 \leq k_r \leq 0,5$; akceptowalne (średnie), gdy krotność jest z zakresu: $0,5 < k_r \leq 1$; nieakceptowalne (*duże*), jeżeli wyznaczona krotność jest większa od 1, $k_r > 1$.

Wyznaczona wartość ryzyka zawodowego determinuje rodzaj działań, które należy podjąć w ramach zapewnienia bezpieczeństwa i ochrony zdrowia pracowników, w tym także termin

wykonania następujących kontrolnych badań drgań na ocenianym stanowisku pracy. Częstotliwość wykonywania badań czynników potencjalnie szkodliwych na stanowiskach pracy w zależności od wielkości ustalonego ryzyka zawodowego jest określona w rozporządzeniu Ministra Zdrowia w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy.

Obiekty badań

Do badań wybrano 17 pojazdów ATV wykorzystywanych na stanowiskach pracy służb mundurowych, takich jak: straż leśna, straż graniczna, straż pożarna, policja, czy w ratownictwie górskim, a także instruktorów jazdy pojazdami ATV.

ATV I

CF Moto CForce 520L

Pojemność silnika: 520 cm³

Masa: 582 kg

Moc silnika: 28,70 kW

Rok produkcji: 2019



ATV II

CF Moto Allroad 500

Pojemność silnika: 493 cm³

Masa: 567 kg

Moc silnika: 14,50 kW

Rok produkcji: 2012



ATV III

CF Moto CForce 800

Pojemność silnika: 800 cm³

Waga: 615 kg

Moc silnika: 14,50 kW

Rok produkcji: 2014



ATV IV

CF Moto ZForce 1000

Pojemność silnika: 963 cm³

Masa: 925 kg

Moc silnika: 59,00 kW

Rok produkcji: 2018



ATV V

CF Moto CForce 850 XC

Pojemność silnika: 850 cm³

Masa: 691 kg

Moc silnika: 46,34 kW

Rok produkcji: 2019



ATV 1

CF Moto CForce 520L

Pojemność silnika: 495 cm³

Masa: 361 kg

Moc silnika: 29,6 kW

Rok produkcji: 2019



ATV 2

CF Moto CForce 850 XC

Pojemność silnika: 850 cm³

Masa: 447 kg

Moc silnika: 46,6 kW

Rok produkcji: 2019



ATV 3

CF Moto Z-Force 800-EX

Pojemność silnika: 800 cm³

Masa: 550 kg

Moc silnika: 46,6 kW

Rok produkcji: 2019



ATV 4

CF Moto CForce 520L

Pojemność silnika: 495 cm³

Masa: 361 kg

Moc silnika: 29,6 kW

Rok produkcji: 2018



ATV 5

CF Moto CForce 520L

Pojemność silnika: 495 cm³

Masa: 361 kg

Moc silnika: 29,6 kW

Rok produkcji: 2019



ATV 6

KYMCO MXU 250

Pojemność silnika: 249 cm³

Masa: 215 kg

Moc silnika: 12,5 kW

Rok produkcji: 2008



ATV 7

KYMCO MXU 300 R

Pojemność silnika: 271 cm³

Masa: 252 kg

Moc silnika: 15,5 kW

Rok produkcji: 2021



ATV 8

YAMAHA Grizzly 700 FI

Pojemność silnika: 686 cm³

Masa: 273 kg

Moc silnika: 36,8 kW

Rok produkcji: 2008



ATV 9

KYMCO MAXXER 300

Pojemność silnika: 271 cm³

Masa: 207 kg

Moc silnika: 14,7 kW

Rok produkcji: 2006



ATV 10

Can-Am Outlander 650

Pojemność silnika: 650 cm³

Masa: 410 kg

Moc silnika: 14,4 kW

Rok produkcji: 2016



ATV 11

YAMAHA YFM 350

Pojemność silnika: 350 cm³

Masa: 243 kg

Moc silnika: 17 kW

Rok produkcji: 2011



ATV 12

YAMAHA Grizzly 550 FI

Pojemność silnika: 550 cm³

Masa: 264 kg

Moc silnika: 27,5 kW

Rok produkcji: 2009



Warunki badań

Pomiary drgań przeprowadzono w warunkach typowych dla eksploatacji pojazdów ATV, tzn. podczas jazdy po różnych rodzajach nawierzchni (asfaltowa, szutrowa, gruntowa, bezdroża, leśna lub kamienista), z dostosowanymi do nich bezpiecznymi prędkościami z zakresu: 10-40 km/h.

Wszystkie pojazdy, będące obiektami badań, były wyposażone w opony do jazdy terenowej.

Pomiary odbywały się w porze dziennej przy pogodzie bez mgieł, opadów i silnego wiatru. Pojazdy poruszały się po suchych nawierzchniach. Podczas badań temperatura powietrza wynosiła od -6 do 29°C, a wilgotność względna od 19 do 55%. Czas trwania pojedynczego pomiaru z każdej serii pomiarowej wynosił 1 min.

Wyniki badań ekspozycji na drgania

W tabeli 2 przedstawiono wartości dziennych ekspozycji na drgania działające w sposób **ogólny** oraz dopuszczalny czas trwania narażenia dla użytkowników zbadanych pojazdów ATV, wyznaczone w odniesieniu do różnych rodzajów nawierzchni, po których poruszały się pojazdy.

W tabeli 3 przedstawiono wartości dziennych ekspozycji na drgania działające przez **kończyny górne** oraz dopuszczalny czas trwania narażenia dla użytkowników zbadanych pojazdów ATV, wyznaczone dla różnych rodzajów nawierzchni, po których się one poruszały.

Założono, że czas narażenia na drgania pracownika korzystającego z tego typu pojazdu wynosi 240 min w ciągu doby.

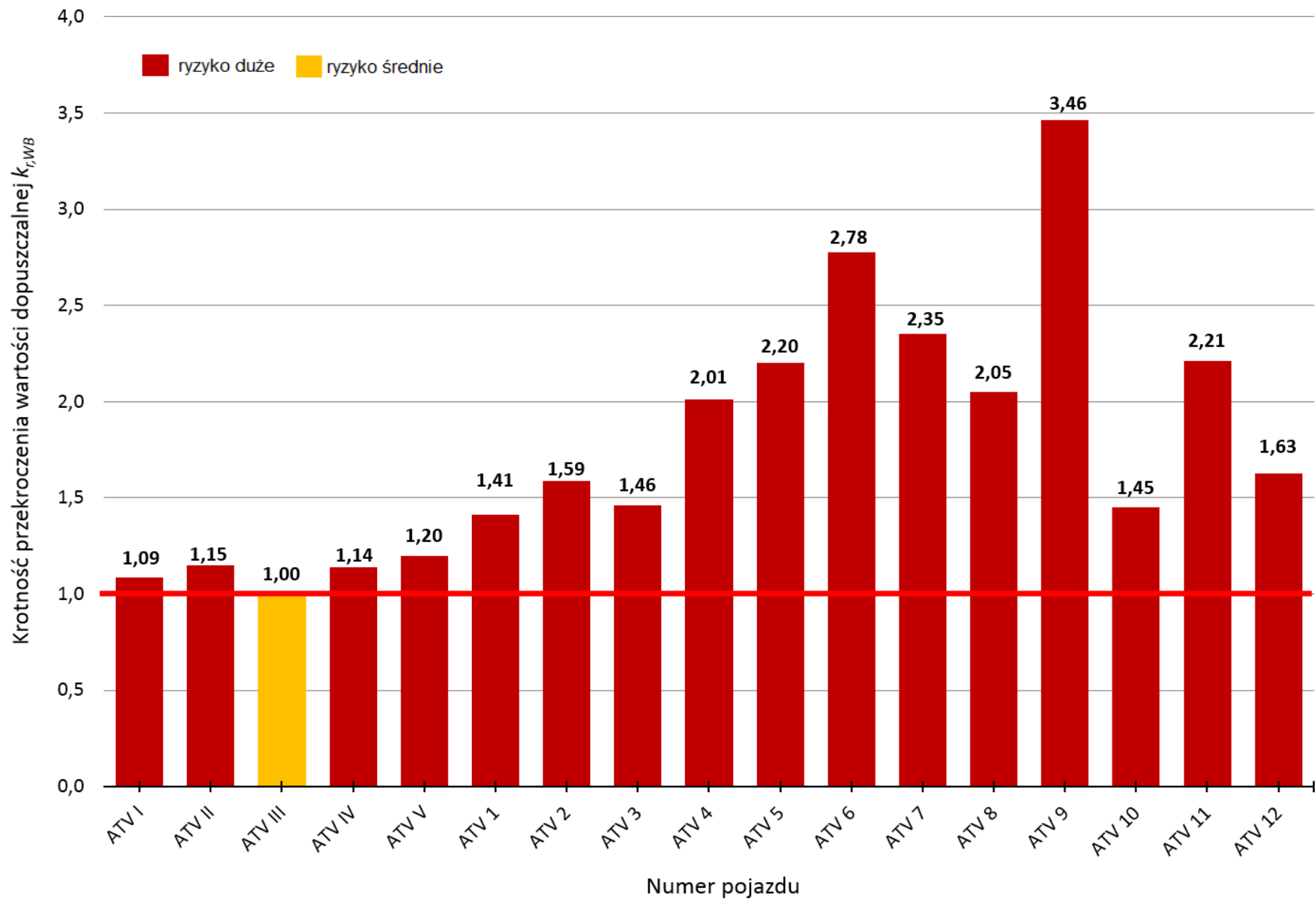
Na rys. 5 oraz 6 przedstawiono krotności przekroczenia wartości dopuszczalnej dla ekspozycji odpowiednio na drgania ogólne oraz miejscowe, wraz z oceną ryzyka zawodowego dla użytkowników zbadanych pojazdów.

Tabela 2. Dienne ekspozycje na drgania działające w sposób ogólny przy czasie narażenia 240 min/zmianę roboczą oraz dopuszczalne czasy narażenia wyznaczone dla kierowców/użytkowników badanych pojazdów

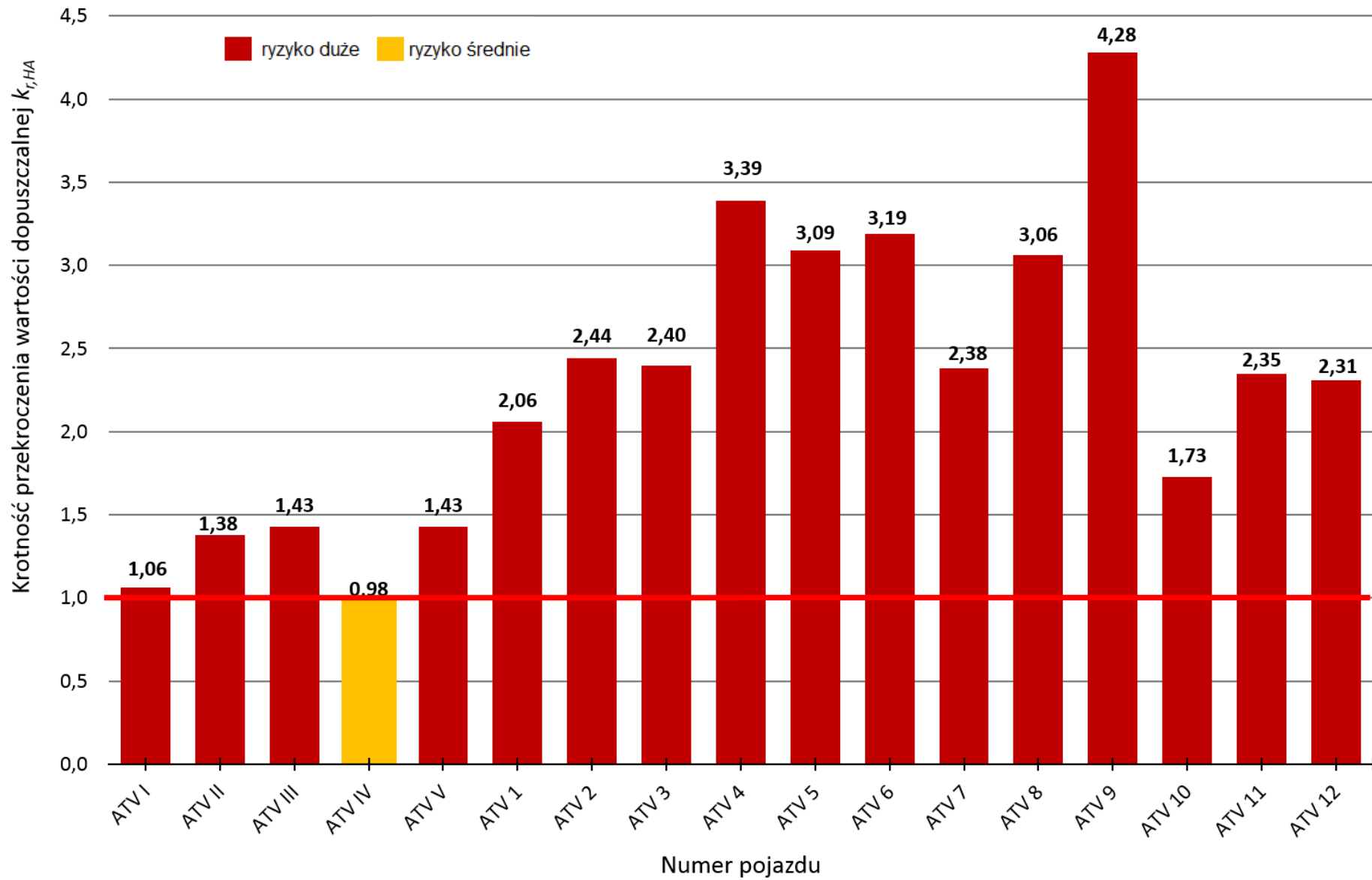
Oznaczenie pojazdu	Rodzaj nawierzchni	Dzienna ekspozycja na drgania działające w sposób ogólny (największa składowa kierunkowa) $A(8)_{WB}$, m/s^2	Dopuszczalny czas trwania narażenia t , min
ATV I	asfaltowa / szutrowa / bezdroża / gruntowa	$A(8)_z = 0,87$	406
ATV II	asfaltowa / szutrowa / bezdroża / gruntowa	$A(8)_x = 0,92$	363
ATV III	asfaltowa / szutrowa / bezdroża / gruntowa	$A(8)_x = 0,80$	480
ATV IV	asfaltowa / szutrowa / bezdroża / gruntowa	$A(8)_y = 0,91$	371
ATV V	asfaltowa / szutrowa / droga leśna	$A(8)_x = 0,96$	333
ATV 1	kamienista / gruntowa	$A(8)_z = 1,13$	241
ATV 2	kamienista / gruntowa	$A(8)_z = 1,27$	190
ATV 3	kamienista / gruntowa	$A(8)_z = 1,17$	224
ATV 4	kamienista / gruntowa	$A(8)_z = 1,61$	119
ATV 5	kamienista / gruntowa	$A(8)_z = 1,76$	99
ATV 6	kamienista / gruntowa	$A(8)_z = 2,22$	62
ATV 7	kamienista / gruntowa	$A(8)_z = 1,88$	87
ATV 8	kamienista / gruntowa	$A(8)_z = 1,64$	114
ATV 9	kamienista / gruntowa	$A(8)_z = 2,77$	40
ATV 10	kamienista / gruntowa	$A(8)_y = 1,16$	228
ATV 11	kamienista / gruntowa	$A(8)_z = 1,77$	98
ATV 12	kamienista / gruntowa	$A(8)_y = 1,30$	182

Tabela 3. Dienne ekspozycje na drgania działające przez kończyny górne oraz dopuszczalne czasy narażenia dla użytkowników zbadanych pojazdów ATV.

Oznaczenie pojazdu	Rodzaj nawierzchni	Dzienna ekspozycja na drgania działające przez kończyny górne $A(8)_{HA}$, m/s^2	Dopuszczalny czas trwania narażenia t , min
ATV I	asfaltowa / szutrowa / bezdroża / gruntowa	2,96	430
ATV II	asfaltowa / szutrowa / bezdroża / gruntowa	3,85	254
ATV III	asfaltowa / szutrowa / bezdroża / gruntowa	3,99	236
ATV IV	asfaltowa / szutrowa / bezdroża / gruntowa	2,73	480 (505)
ATV V	asfaltowa / szutrowa / droga leśna	4,00	235
ATV 1	kamienista / gruntowa	5,76	113
ATV 2	kamienista / gruntowa	6,83	81
ATV 3	kamienista / gruntowa	6,72	83
ATV 4	kamienista / gruntowa	9,50	42
ATV 5	kamienista / gruntowa	8,66	50
ATV 6	kamienista / gruntowa	8,94	47
ATV 7	kamienista / gruntowa	6,67	85
ATV 8	kamienista / gruntowa	8,56	51
ATV 9	kamienista / gruntowa	11,98	26
ATV 10	kamienista / gruntowa	4,84	161
ATV 11	kamienista / gruntowa	6,58	87
ATV 12	kamienista / gruntowa	6,46	90



Rys. 5. Krotności przekroczenia wartości dopuszczalnych dla ekspozycji na drgania ogólne wraz z oceną ryzyka zawodowego dla użytkowników zbadanych pojazdów.



Rys. 6. Krotności przekroczenia wartości dopuszczalnej dla ekspozycji na drgania działające przez kończyny górne wraz z oceną ryzyka zawodowego dla użytkowników zbadanych pojazdów

Ocena ryzyka zawodowego ze względu na zagrożenia drganiami pracowników wykorzystujących pojazdy terenowe typu ATV wykazała, że na 2 stanowiskach (ATV III – drgania ogólne i ATV IV – drgania miejscowe) wyznaczone wartości dziennych ekspozycji na drgania są na granicy przekroczenia 1 NDN (ryzyko *średnie*), zaś w pozostałych przypadkach wartości dopuszczalne zostały przekroczone nawet kilkukrotnie (ryzyko *duże*).

Zalecenia profilaktyczne

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że na stanowiskach pracy związanych z wykorzystywaniem pojazdów ATV mogą występować znaczne przekroczenia wartości dopuszczalnych dla drgań działających w sposób ogólny i przez kończyny górne. Na takich stanowiskach pracy należy podjąć profilaktykę pierwszej fazy (tzw. pierwotną), która ma na celu zapobieganie rozwojowi chorób powodowanych działaniem drgań. Tego typu profilaktyka polega na ograniczeniu ekspozycji osób narażonych na czynniki szkodliwe poprzez m.in. kontrolowanie przyczyn ryzyka [Beaglehole *i in.*, 2002].

Uwzględniając sposób oddziaływania drgań na organizm człowieka, można wyróżnić:

- źródła drgań o działaniu ogólnym (przenikających do organizmu człowieka przez nogi, miednicę, plecy):
 - podłogi, podnóżki, elementy sterowania obsługiwane stopami,
 - siedzisko,
- źródła drgań działających przez kończyny górne:
 - kierownice,
 - dźwignie sterujące [Engel, 2001; Kowalski i Zając, 2013].

Wymienione elementy konstrukcyjne pojazdów ATV są wtórnymi źródłami drgań, czyli nie wytwarzają bezpośrednio drgań, a jedynie transmitują je do organizmu pracownika. W celu redukcji lub eliminacji drgań należy najpierw przeprowadzić identyfikację pierwotnych źródeł drgań [Kowalski i Zając, 2013; Kowalski i Zając, 2008-2010].

Jednym z głównych czynników generacji dużych amplitud drgań w quadach jest rodzaj nawierzchni oraz prędkość, z jaką się po niej porusza pojazd. Popularność ATV wynika właśnie z faktu, że pozwalają one na poruszanie się nie tylko po drogach twardych, gruntowych, ale przede wszystkim po bezdrożach. Podczas jazdy powstają drgania działające zarówno na kończyny górne jak i na cały organizm kierowcy. Docierające do niego drgania o częstotliwości rzędu kilku - kilkunastu Hz związane są z pracą kół, układu zawieszenia i układu kierowniczego pojazdu poruszającego się po nierównej nawierzchni. Przy dużych prędkościach przemieszczania pojazdu powstają drgania nadwozia o zwiększonych amplitudach przyspieszenia (zarówno w kierunkach poziomych jak i pionowych), wywołując przy tym zwiększenie obciążeń dynamicznych poszczególnych

podzespołów pojazdu [Lu *i in.*, 2010; Wolak *i in.*, 2015]. Duże dawki drgań podczas przemieszczania się pojazdami ATV mogą być transmitowane do organizmu pracownika w przypadku zastosowania niedostatecznie skutecznej wibroizolacji nadwozia pojazdu od podłoża, czyli nieodpowiednio dopasowanego zawieszenia. Na jakość zawieszenia wpływa przede wszystkim właściwy dobór sztywności elementów sprężystych danego pojazdu. Nierówności nawierzchni drogi, które najczęściej mają charakter losowy, powodują pionowe przemieszczenie się kół jezdnych z różnymi prędkościami i amplitudami. Szczególnie niekorzystne są uderzenia kół o krawędzie wyboi. Uderzenia te przekazywane są w postaci obciążeń udarowych na nadwozie pojazdu [Sikorski, 1984]. Amortyzator stanowi zasadniczą część układu zawieszenia, która ma za zadanie ograniczać drgania nadwozia i stabilizować jazdę oraz utrzymywać w odpowiedniej pozycji sprężyny zawieszenia. W pojazdach typu ATV amortyzatory są dobierane w zależności od rodzaju zawieszenia, sztywności, częstości drgań, obciążenia koła oraz wielkości mas nieresorowanych do masy nadwozia przypadającej na zawieszenie. Obecnie stosowane są w quadach trzy podstawowe typy amortyzatorów:

- standardowe nieregulowane - wykorzystywane w quadach rekreacyjnych; nie posiadają one żadnej regulacji; działanie układu tłumienia drgań głównie opiera się na pracy samej sprężyny,
- amortyzatory z możliwością regulacji napięcia wstępnego - stosowane w średnio zaawansowanych maszynach, zarówno sportowych, jak i użytkowych. Istnieją dwa typy tego zawieszenia: z pięciostopniową regulacją napięcia wstępnego oraz z mechanizmem pierścieniowym do regulacji,
- w pełni regulowane - stosowane w sportowych ATV; posiadają funkcję kompresji, odbicia i napięcia wstępnego. Pozwala to użytkownikowi kompleksowo dostosować zawieszenie pojazdu.

Intensywna eksploatacja pojazdu może powodować utratę zdolności tłumienia drgań przez amortyzator, co się wiąże z przekazywaniem większych drgań do organizmu użytkownika pojazdu

Na drgania układu zawieszenia oraz kierowniczego pojazdów ATV niezwykle istotny wpływ ma współpraca **kół jezdnych**. Jest ona uzależniona od ich konstrukcji, rozmiaru, dobranego ogumienia, a także wyrównoważenia. Drgania spowodowane niewyrównoważeniem kół wpływają niekorzystnie na wszystkie elementy układu kierowniczego przyspieszając ich zużycie, są również przyczyną zwiększonego zużycia łożysk, amortyzatorów, szybkiego i nierównomiernego zużycia opon. Drgania niewyrównoważonych kół są proporcjonalne do prędkości obrotowej i niewyrównoważonej masy. Tzw. „bicie boczne”, które występuje szczególnie w przypadku

opon o większej szerokości, jest spowodowane nierównomiernym rozkładem masy względem płaszczyzny przechodzącej przez środek koła; powoduje ono powstanie drgań poprzecznych. Te drgania z kolei wytwarzają moment siły, które niekorzystnie wpływają na elementy mocujące koło. Dodatkowym źródłem drgań może być niewłaściwe lub uszkodzone łożyskowanie kół (nieprawidłowe pasowania, zużycie lub nieodpowiednia eksploatacja), a także ich nieosiowość. Zużyte, źle dobrane, niewyważone opony, czy niewłaściwe ciśnienie są przyczyną drgań przekazywanych do pozostałych części podwozia.

Oprócz ruchów (obrotowych i pionowych) kół jezdnych, dodatkową przyczyną powstawania drgań w zawieszeniu pojazdów ATV są m.in.:

- nieprawidłowe luzy w poszczególnych częściach jego zawieszenia czy układu kierowniczego wraz z osprzętem, spowodowane np. niewyrównoważeniem obracających się elementów, zużyciem lub uszkodzeniem łożysk, błędnym wykonaniem, montażem bądź zużyciem elementów,
- uszkodzone lub poluzowane połączenia (śruby, nakrętki) i wszelkie związane z nimi zabezpieczenia.

Drgania w pojazdach ATV często wynikają z uszkodzeń powstających w wyniku eksploatacji, dlatego też, pracodawca powinien utrzymywać pojazdy w jak najlepszym stanie technicznym poprzez realizację odpowiednich programów remontów, konserwacji i modernizacji.

Dużą rolę w ograniczaniu narażenia na drgania odgrywa informowanie i szkolenie pracowników w zakresie poprawnego i bezpiecznego obsługiwanie pojazdów ATV. Ważna jest także świadomość pracowników występowania czynników, które mogą powodować wzrost narażenia na drgania, a także skutków zdrowotnych jakie mogą wywołać te czynniki (np. negatywny wpływ drgań działających w sposób ogólny na kręgosłup pogłębia niewłaściwa pozycja kierowcy pojazdu lub zbyt długi czas jazdy). Niekorzystne zmiany w samopoczuciu, będące skutkiem narażenia na drgania (np. ból w obszarze kręgosłupa lędźwiowego, drętwienie w kończynach dolnych i górnych lub odczuwanie zmniejszenia siły mięśni), powinny być zgłaszane natychmiast służbom medycznym, bez względu na termin badań okresowych.

Zarówno ze względu na ochronę zdrowia jak i bezpieczeństwo pracy niezwykle istotna jest kontrola i odpowiednia organizacja czasu pracy, a więc i czasu narażenia na drgania. Nie przekraczanie dopuszczalnych czasów pracy ma szczególne znaczenie w sytuacjach gdy zmęczenie potęgowane działaniem drgań może doprowadzić do wypadków. Konieczne jest opracowanie i przestrzeganie odpowiednich harmonogramów pracy, gwarantujących pracownikom dostateczną ilość przerw na odpoczynek. Reakcja organizmu człowieka na drgania zależy także od warunków klimatycznych, dlatego pracownicy powinni mieć zapewnioną ochronę przed niską temperaturą i dużą wilgotnością otoczenia.

Utrzymanie warunków pracy na poziomie dopuszczalnym w sytuacji stwierdzonego narażenia na czynniki wibroakustyczne wymaga wykonywania kontrolnych pomiarów tych czynników określonych w przepisach i dokonywania okresowo oceny ryzyka zawodowego. W przypadku przekroczenia wartości dopuszczalnej narażenia, zgodnie z *rozporządzeniem 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 Dz.U. nr 157, poz. 1318*, konieczne jest ustalenie przyczyny przekroczenia i wdrożenie odpowiednich środków ochronnych i prewencyjnych:

⇒ technicznych (m.in. poprzez zastosowanie materiałów, elementów i układów izolujących i tłumiących drgania, w tym dobranie odpowiednio amortyzujących drgania siedzisk, a także zapewnienie odpowiedniej odzieży ochronnej)

i/lub

⇒ techniczno-administracyjnych (m.in. poprzez konserwowanie urządzeń i układów izolujących i tłumiących drgania, ograniczanie czasu narażenia, projektowanie odpowiednich harmonogramów pracy uwzględniających dostateczną ilość przerw na odpoczynek, szkolenia z zakresu przyczyn powstawania i objawów chorób powodowanych oddziaływaniem drgań lub hałasu oraz możliwych środków profilaktyki medycznej).

Pracownicy powinni być informowani o narażeniu na drgania na ich stanowiskach pracy i wynikach oceny ryzyka zawodowego, a także o podejmowanych działaniach zmierzających do ograniczenia tego narażenia.

Opracowano na podstawie wyników V etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2020-2022 w zakresie zadań służb państwowych ze środków ministra właściwego ds. pracy (zadanie nr 2.SP.01 pt. Ocena narażenia na drgania mechaniczne pracowników wykorzystujących pojazdy terenowe typu ATV oraz zalecenia do profilaktyki).

Koordinator Programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Bibliografia

- [1] Beaglehole R., Bonita R., Kjellström T. (tłumaczenie Szeszenia-Dąbrowska N.): Podstawy epidemiologii. Instytut Medycyny Pracy im. Prof. J. Nofera, Łódź 2002.
- [2] Engel Z., Zawieska W.M.: Hałas i drgania w procesach pracy: źródła, ocena, zagrożenia. Wydawnictwo CIOP-PIB. Warszawa. 2010.
- [3] Griffin, M. J.: Effects of Vibration on People, in Handbook of Noise and Vibration Control (ed M. J. Crocker). John Wiley & Sons, Inc., Hoboken. NJ. USA. 2008 doi: 10.1002/9780470209707.ch2.
- [4] Harazin B.: Szacowanie ryzyka zawodowego i ryzyka zdrowotnego związanego z działaniem miejscowych wibracji. Bezpieczeństwo Pracy. Nr 6 (417). Centralny Instytut Ochrony Pracy. Warszawa. 2006.
- [5] Kowalski P., Zając J.: Zagrożenie drganiami mechanicznymi użytkowników pojazdów jednośladowych - wyniki badań własnych, Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka, 2013, 4 (499), s. 8-1
- [6] Kowalski P., Zając J.: Ocena narażenia na drgania mechaniczne pracowników transportu wewnątrzzakładowego w celu profilaktyki. Program Wieloletni pn. "Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy", okres realizacji 2008-2010.
- [7] Lu, F., Ishikawa, Y., Kitazawa, H., & Satake, T. (2010). Effect of vehicle speed on shock and vibration levels in truck transport. Packaging Technology and Science: An International Journal, 23(2), 101-109
- [8] Milosavljevic S., Bergman, F., Rehn, B., & Carman, A. B. (2010). All-terrain vehicle use in agriculture: Exposure to whole body vibration and mechanical shock. Applied ergonomics, 41(4), 530-535
- [9] Sikorski J. (1984). Amortyzatory pojazdów samochodowych. Budowa Badania Naprawa. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa
- [10] Wolak, J., Łazarz, B., Czech, P., Mańka, A., & Witaszek, K. (2015). Drgania odczuwalne podczas jazdy najstarszymi samochodami osobowymi poruszającymi się po polskich drogach. TTS Technika Transportu Szynowego, 22
- [11] Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz. U. 2018 r. poz. 1286).
- [12] Dyrektywa 2002/44/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 25 czerwca 2002 r. w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dotyczących narażenia pracowników na ryzyko spowodowane czynnikami fizycznymi (wibracji) (szesnasta dyrektywa szczegółowa w rozumieniu art. 16 ust. 1 dyrektywy 89/391/EWG).
- [13] 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. Dz.U. nr 157/2005, poz. 1318.
- [14] PN-EN 14253+A1:2011 - Drgania mechaniczne - Pomiar i obliczanie zawodowej ekspozycji na drgania o ogólnym działaniu na organizm człowieka dla potrzeb ochrony zdrowia - Wytyczne praktyczne.
- [15] PN-EN ISO 5349 – 1:2004 Drgania mechaniczne. Pomiar i wyznaczanie ekspozycji człowieka na drgania przenoszone przez kończyny górne. Część 1: Wymagania ogólne.
- [16] 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.
- [17] PN-EN ISO 8041-1:2017-07 - Drgania mechaniczne działające na człowieka -- Mierniki - Część 1: Mierniki drgań do zastosowań ogólnych.