

Badania i ocena szkodliwości drgań mechanicznych występujących na stanowiskach pracy w górnictwie nafty i gazu

Examination and evaluation of the harmful effects of mechanical vibrations occurring at work stations in the oil and gas mining industry

Janusz Buczek, Zbigniew Balawajder, Tadeusz Kwilosz

Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy

STRESZCZENIE: Wśród wielu uciążliwych czynników środowiskowych charakteryzujących pracę maszyn i urządzeń tak na wiertni podczas wiercenia otworu, jak i w czasie pracy podobnych urządzeń górniczych występuje szkodliwe działanie przyspieszenia drgań mechanicznych (wibracji), wpływające niekorzystnie na pracowników przebywających na swoich stanowiskach. Wyciągi wiertnicze, silniki spalinowe, pompy płuczkowe, agregaty prądotwórcze, sita wibracyjne, szlifierki pneumatyczne to mechanizmy, które w czasie pracy wytwarzają drgania mechaniczne. Zdarza się, że drgania te przekraczają poziom dopuszczalnych wartości norm i przepisów prawnych obowiązujących w tym zakresie, co niejednokrotnie naraża pracownika obsługującego te urządzenia techniczne na utratę zdrowia. Dla ustalenia wielkości wibracji przeprowadza się okresowo badania i pomiary, głównie na stanowiskach pracy. Dokonano wielu pomiarów i interpretacji drgań o charakterze ogólnym (przekazywanych do organizmu człowieka przez jego nogi, miednicę, plecy lub boki) oraz drgań o charakterze miejscowym (oddziałujących na organizm człowieka przez kończyny górne). Wyliczono główne parametry oceny oddziaływania czynnika szkodliwego na pracowników, dopuszczalne wartości przyspieszenia drgań, dopuszczalny czas narażenia i porównano je z wielkościami zmierzonymi. Oszacowano wskaźniki krotności przekroczenia wartości dopuszczalnych NDN. Dokonano porównania zmian wskaźnika NDN, jakie nastąpiły w latach 2005–2016 na stanowiskach pracy dla wybranych urządzeń wiertniczych. W pracy omówiono zagadnienie drgań mechanicznych występujących na stanowiskach pracy. Pilotowe badania wibracji wykonano zgodnie z wymaganiami określonymi w prawodawstwie polskim oraz z odpowiednimi dokumentami Unii Europejskiej. Porównując wartości uzyskane w czasie pomiaru z wielkościami dopuszczalnymi wibracji określonymi w rozporządzeniach, ustalono stopień szkodliwości drgań. W celu ułatwienia i przyspieszenia wykonywanych obliczeń oraz ich interpretacji przygotowano oprogramowany arkusz kalkulacyjny. Opracowane metody pomiarów i interpretacji wyników zaimplementowane w formie arkusza kalkulacyjnego wykorzystywane są na bieżąco do oceny drgań mechanicznych w przemyśle naftowym oraz branżach pokrewnych.

Słowa kluczowe: drgania mechaniczne, czynniki szkodliwe, środowisko pracy.

ABSTRACT: Acceleration associated with mechanical vibrations on drilling rigs during drilling and in similar mining equipment have harmful effects on workers present at their work stations. This adverse condition coexists together with other numerous environmental factors characteristic for the activity of drilling equipment. Drawworks, combustion engines, mud pumps, electrical generators, shale shakers, pneumatic grinders are mechanisms creating different kinds of vibrations during their work. It happens, that vibration amplitude exceeds allowable values of obligatory standards or legal regulations, and puts workers at risk of health loss. In order to determine the magnitude of vibration, measurements and tests are performed periodically mainly at work stations. Whole body vibrations (WBV) (transmitted to the human body through his legs, pelvis, back or shoulders) and hand-arm vibrations (HAV) (acting through hands) have been measured and interpreted. The main parameters characterizing the harmful factors acting on workers, such as: permissible values of vibration acceleration, permissible exposure time have been calculated and compared with measured values. Ratios of measured vibration values to Occupational Exposure Limits (NDN) were evaluated. A comparison of the changes in the NDN index that took place in 2005–2016 at work stations for selected drilling equipment was made. The publication discusses the issue of mechanical vibrations occurring at work stations. Pilot vibration surveys were performed according to the requirements described in Polish regulations and appropriate EU documents. By comparing measured vibration values with OEL, the degree of their harmful effect was determined. In order to facilitate and accelerate calculations, a spreadsheet was prepared. Elaborated measuring and interpretation methods were implemented in the form of a spreadsheet and are currently used to evaluate mechanical vibrations in oil industry plants and in other similar industries.

Key words: mechanical vibration, harmful factors, working environment.

Adres do korespondencji: T. Kwilosz e-mail tadeusz.kwilosz@inig.pl

Artykuł nadesłano do Redakcji 28.12.2018 r. Zatwierdzono do druku 22.02.2019 r.

Wstęp

Wśród wielu uciążliwych czynników środowiskowych charakteryzujących pracę maszyn i urządzeń zarówno na wiertni podczas wiercenia otworu, jak i w czasie pracy podobnych urządzeń górniczych występuje szkodliwe działanie przyspieszenia drgań mechanicznych (wibracji), oddziałujące niekorzystnie na stanowiska pracy. Czynnikiem ten w znaczący sposób wpływa na wyniki pracy podczas użytkowania, obsługi i eksploatacji maszyn i urządzeń technicznych w obiektach górnictwa naftowego oraz w innych gałęziach przemysłu (Bednarz i Urba, 2006).

W zaprezentowanym artykule omówiono zagadnienie drgań mechanicznych występujących na stanowiskach pracy, wykonano pilotowe badania wibracji zgodnie z wymaganiami w tym zakresie, dostosowując opracowany arkusz kalkulacyjny (jako narzędzie pomocnicze) do obowiązujących przepisów krajowych i europejskich interpretacji wyników pomiaru wibracji w obiektach górnictwa nafty i gazu oraz w innych gałęziach przemysłu. Dla ustalenia wielkości wibracji przeprowadza się okresowo badania i pomiary, głównie na stanowiskach pracy.

Opracowanie dokumentacji oraz wykonanie arkusza kalkulacyjnego dostosowanego do bieżących potrzeb pozwoliło w stosunkowo krótkim terminie przesłać wyniki zlecniodawcy, zgodnie z wymaganiami Unii Europejskiej oraz posiadanego certyfikatu. Opracowane narzędzia informatyczne spełniają wymagania europejskie i są na bieżąco użytkowane przy ocenie drgań mechanicznych w zakładach górnictwa przemysłu naftowego oraz branż pokrewnych.

Zagadnienie drgań wywołane pracą maszyn i urządzeń

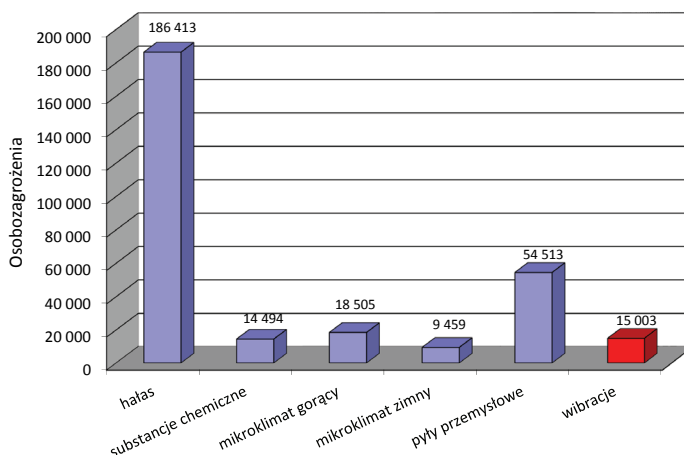
Drgania mechaniczne (wibracje) – niskoczęstotliwościowe drgania akustyczne rozprzestrzeniające się w ośrodkach stałych, przekazywane do organizmu człowieka przez określoną część jego ciała będącą w bezpośrednim kontakcie z drgającym ośrodkiem (źródłem drgań), mogą wywierać ujemny wpływ na jego zdrowie, doprowadzając niejednokrotnie do trwałych zmian chorobowych. Zatem z punktu widzenia ochrony i bezpieczeństwa człowieka w środowisku pracy – drgania mechaniczne są szkodliwym czynnikiem fizycznym, który należy eliminować lub przynajmniej ograniczać (Harazin, 1996; Engel et al., 1999; Harazin, 2000).

Mając powyższe na względzie, drgania mechaniczne występujące w środowisku pracy podzielono umownie na dwa rodzaje:

- drgania o ogólnym działaniu, przekazywane do organizmu człowieka przez jego nogi, miednicę, plecy lub boki (drgania ogólne);
- drgania działające na organizm człowieka przez kończyny górne (drgania miejscowe).

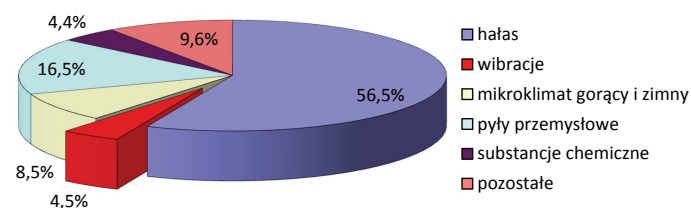
Zagrożenie drganiami mechanicznymi w środowisku pracy w Polsce

Zaprezentowane dane statystyczne obrazujące stan zagrożenia drganiami mechanicznymi w środowisku pracy w Polsce opracowano na podstawie danych publikowanych przez Główny Urząd Statystyczny (*Warunki pracy w 2016 r.*, Warszawa 2017) oraz przez Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera (*Choroby zawodowe w Polsce w 2016 r.*, Łódź 2017). Stosowane w opisach określenie „osobozagrozenia” to suma działających na pracownika szkodliwych czynników (np. jeśli pracownik narażony jest jednocześnie na drgania mechaniczne, hałas i substancje chemiczne, to mamy do czynienia z trzema osobozagrozeniami). Jeżeli na każdego pracownika działa tylko jeden czynnik szkodliwy, wówczas suma osobozagrożeń równa jest liczbie osób narażonych na czynniki szkodliwe (Kwilosz i Buczek, 2017; Centralny Instytut Ochrony Pracy [CIOP], b.d.-a). Z analizy rysunków 1 i 2 wynika, że drgania mechaniczne (wibracje) są czwartym pod względem liczby zagrożonych pracowników czynnikiem szkodliwym środowiska pracy (CIOP, b.d.-c). W 2016 roku w przemyśle naftowym na



Rys. 1. Liczba zatrudnionych w warunkach zagrożenia czynnikami szkodliwymi w 2016 roku w Polsce (CIOP, b.d.-c)

Fig. 1. Number of employees working in harmful conditions in the year 2016 in Poland



Rys. 2. Procentowy udział zatrudnionych w warunkach zagrożenia czynnikami szkodliwymi w 2016 roku w Polsce (CIOP, b.d.-c)

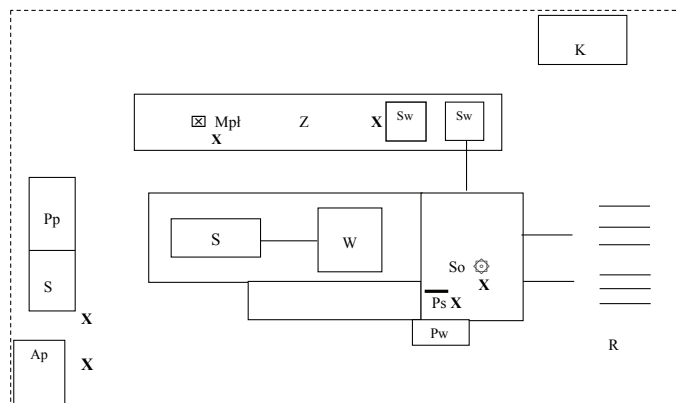
Fig. 2. Percent of employees working in harmful conditions in the year 2016 in Poland

drżania mechaniczne było narażonych 15 003 pracowników. Według danych GUS w porównaniu do roku 2015 liczba pracowników zagrożonych drżaniami mechanicznymi utrzymuje się na podobnym poziomie (rys. 1), jednak w dłuższym okresie można zauważyć tendencję malejącą (rys. 2).

Pilotowe badania drżać mechanicznych w środowisku pracy

Badania zostały przeprowadzone zgodnie z PN-EN 14253+A1:2011, PN-EN ISO 5349-1:2004, PN-EN ISO 5349-2:2004. W celu uzyskania obiektywnych danych dla oceny narażenia pracowników na działanie szkodliwe wibracji wykonuje się okresowo badania w strefach roboczych, gdzie znajdują się stanowiska pracy. Z punktu widzenia bezpieczeństwa i higieny pracy drżania mechaniczne dzielą się na drżania o działaniu ogólnym i drżania przenoszone przez kończyny górne (Koton et al., 1997; Koton i Szopa, 1999; Koton i Harazin, 2000; CIOP, b.d.-b). W czasie wiercenia otworu na poszczególnych stanowiskach pracy wiertnicy mamy do czynienia w przeważającej mierze z drżaniami o działaniu ogólnym. W przypadku wibracji o działaniu ogólnym drżania mechaniczne wytwarzane przez pracujące podzespoły wiertni przenoszą się na pokrycia podbudowy (podesty), a następnie przez kończyny dolne oddziałują na cały organizm pracownika, co warunkuje wykonanie pomiarów w kierunku Z oraz X, Y.

Porównując wartości drżać uzyskane w czasie pomiarów z uwzględnieniem czasu ekspozycji z dopuszczalnymi wartościami określającymi granicę szkodliwości, przeprowadza się ocenę oddziaływania drżać na pracownika. Pomiary drżać mechanicznych wykonano w czasie obsługi urządzenia wiertniczego podczas pracy silników napędowych wyciągu wiertniczego, pomp płuczkowych, sit wibracyjnych, mieszalników płuczki. Punkty pomiarowe zlokalizowano na stanowiskach pracy oraz w strefach roboczych obsługi wokół pracujących urządzeń, co pozwoliło określić wielkość drżać mechanicznych w miejscach wykonywania czynności związanych z eksploatacją wiertnic. Pomiary przeprowadzono precyzyjnym miernikiem drżać typu SVAN 958 firmy Svantek z przetwornikiem 3233A do pomiaru drżać ogólnych i przetwornikiem 3023M do pomiaru drżać miejscowych produkcji firmy Dytran oraz dokonano sprawdzenia toru pomiarowego kalibratorem klasy 1 typu K-20 firmy Emson-Mat. Aparatura posiadała świadectwa wzorcowania wydane przez Laboratorium Wzorujące SVANTEK w Warszawie i OUM we Wrocławiu. Badania wykonano na wiertni Łapanów-1 podczas pracy urządzenia wiertniczego typu KREMCO K-600 produkcji USA oraz na urządzeniach ręcznych w zakładach mechanicznych.



Rys. 3. Schemat rozmieszczenia punktów pomiarowych wibracji na stanowiskach pracy podczas obsługi urządzenia wiertniczego typu KREMCO K-600

X – punkt pomiarowy wibracji, K – kancelaria, Pw – pomieszczenie wiertacza, Ps – pulpit sterowniczy wiertacza, So – stół obrotowy, Sw – sito wibracyjne, Mpl – mieszalnik płuczki, Pp – pompa płuczkowa, S – silnik spalinowy, W – wyciąg wiertniczy, Ap – agregat prądotwórczy, Z – zbiornik płuczki, R – rampa rurowa

Fig. 3. Vibration measurement points on workplaces of drilling rig KREMCO K-600 operation

X – vibration measurement point, K – office, Pw – drillers room, Ps – drillers console, So – rotary table, Sw – shale shaker, Mpl – mud mixer, Pp – mud pump, S – combustion engine, W – drawworks, Ap – electric generator, Z – mud tank, R – pipe ramp

Zestawienie wyników pomiarów drżać mechanicznych przedstawiono w tabelach 1a i 1b – podczas wiercenia otworu wiertniczego oraz w tabelach 2a i 2b – na stanowisku polerowacza w czasie pracy szlifierką prostą i kątową działającymi na organizm człowieka przez kończyny górne (Balawajder i Buczek, 2015–2018). Przetworniki drżać montowano na metalowych podestach za pomocą listwy z przetwornikiem trójosiowym oraz na rękojeści urządzeń mechanicznych za pomocą uchwytu typu SA51.

Ze względu na krótką ekspozycję pracowników obsługujących maszyny i urządzenia nie występują przekroczenia dopuszczalnych wartości drżać mechanicznych.

Ocena wyników badań

Na podstawie wykonanych pomiarów stwierdzono, że dla podanych czasów ekspozycji w ciągu jednej zmiany roboczej na:

- stanowisku kierownika wiertni i asystenta podczas dozoru prac w szybie wiertniczym oraz w strefie roboczej obsługi sit wibracyjnych i mieszalników płuczki;
- stanowisku wiertacza przy pulpicie sterowniczym;
- stanowisku pomocnika wiertacza (dołowego) przy pulpicie sterowniczym, w strefie roboczej obsługi sit wibracyjnych i mieszalników płuczki oraz pompy płuczkowej;

Tabela 1a. Wyniki pomiarów drgań mechanicznych o działaniu ogólnym. Urządzenie typu KREMCO K-600

Table 1a. Whole body vibration measured values. Drilling rig type KREMCO K-600

Opis stanowiska (punktu pomiarowego), czynności	Czas narażenia <i>te</i>	Średniokwadratowa wartość skorygowana przyspieszeń drgań <i>aw,śr</i> z kierunków X, Y, Z	Kierunek dominujący przyspieszeń drgań <i>awd,śr</i> Niepewność pomiaru U_{95}
	[min]	[m/s ²]	[m/s ²]
Punkt pomiarowy 1 – przy pulpicie sterowniczym wiertacza	–	0,113 0,090 0,188	– – 0,188 ± 0,025
Punkt pomiarowy 2 – przy stole obrotowym (szyb wiertniczy)	–	0,098 0,107 0,286	– – 0,286 ± 0,030
Punkt pomiarowy 3 – w strefie roboczej obsługi sit wibracyjnych	–	0,114 0,126 0,194	– – 0,194 ± 0,025
Punkt pomiarowy 4 – w strefie roboczej obsługi mieszalników płuczki	–	0,181 0,175 0,277	– – 0,277 ± 0,030
Punkt pomiarowy 5 – w strefie roboczej obsługi pompy płuczkowej	–	0,118 0,163 0,344	– – 0,344 ± 0,034
Punkt pomiarowy 6 – w strefie roboczej obsługi silnika napędzającego pompę płuczkową	–	0,107 0,128 0,419	– – 0,419 ± 0,037

Tabela 1b. Wyniki pomiarów drgań mechanicznych o działaniu ogólnym. Urządzenie typu KREMCO K-600

Table 1b. Whole body vibration measured values. Drilling rig type KREMCO K-600

Opis stanowiska (punktu pomiarowego), czynności	Czas narażenia <i>te</i>	Kierunek domin. równoważny dla 8 godz. <i>awd,eq,8h</i> Niepewność pomiaru U_{95}	Dopuszczalne wartości przyspieszeń drgań <i>aw,dop</i>	Dopuszczalny czas narażenia <i>tdop</i>	Krotność wartości dopuszczalnej NDN
	[min]	[m/s ²]	[m/s ²]	[min]	
I. Stanowisko kierownika wiertni podczas dozoru prac w szybie wiertniczym, w strefie roboczej obsługi sit wibracyjnych i mieszalników płuczki Pkt pom. 2 <i>te</i> = 120 min Pkt pom. 3 <i>te</i> = 30 min Pkt pom. 4 <i>te</i> = 30 min	180	0,166 ± 0,028	0,8	> 720	0,21
II. Stanowisko asystenta podczas dozoru prac w szybie wiertniczym, w strefie roboczej obsługi sit wibracyjnych i mieszalników płuczki Pkt pom. 2 <i>te</i> = 60 min Pkt pom. 3 <i>te</i> = 30 min Pkt pom. 4 <i>te</i> = 30 min	120	0,132 ± 0,028	0,8	> 720	0,16
III. Stanowisko wiertacza przy pulpicie sterowniczym Pkt pom. 1 <i>te</i> = 300 min	300	0,149 ± 0,025	0,8	> 720	0,19

cd. Tabela 1b / ect. Table 1b

Opis stanowiska (punktu pomiarowego), czynności	Czas narażenia <i>te</i>	Kierunek domin. równoważny dla 8 godz. <i>awd,eq,8h</i> Niepewność pomiaru U_{95}	Dopuszczalne wartości przyspieszeń drgań <i>aw,dop</i>	Dopuszczalny czas narażenia <i>tdop</i>	Krotność wartości dopuszczalnej NDN
	[min]	[m/s ²]	[m/s ²]	[min]	
IV. Stanowisko pomocnika wiertacza (dolowego) przy pulpicie sterowniczym oraz w strefie roboczej obsługi: sit wibracyjnych, mieszalników płuczki, pompy płuczkowej Pkt pom. 1 <i>te</i> = 180 min Pkt pom. 3 <i>te</i> = 30 min Pkt pom. 4 <i>te</i> = 30 min Pkt pom. 5 <i>te</i> = 30 min	270	0,167 ± 0,029	0,8	> 720	0,21
V. Stanowisko pomocników otworowych przy stole obrotowym oraz w strefie roboczej obsługi sit wibracyjnych i mieszalników płuczki Pkt pom. 2 <i>te</i> = 120 min Pkt pom. 3 <i>te</i> = 60 min Pkt pom. 4 <i>te</i> = 60 min	240	0,186 ± 0,028	0,8	> 720	0,23
VI. Stanowisko wieżowego w szybie wiertniczym oraz w strefie roboczej obsługi: sit wibracyjnych, mieszalników płuczki, pompy płuczkowej Pkt pom. 2 <i>te</i> = 60 min Pkt pom. 3 <i>te</i> = 30 min Pkt pom. 4 <i>te</i> = 30 min Pkt pom. 5 <i>te</i> = 60 min	180	0,179 ± 0,030	0,8	> 720	0,22
VII. Stanowisko mechanika w szybie wiertniczym oraz w strefie roboczej obsługi: sit wibracyjnych, mieszalników płuczki, silnika napędzającego pompę płuczkową Pkt pom. 2 <i>te</i> = 60 min Pkt pom. 3 <i>te</i> = 30 min Pkt pom. 4 <i>te</i> = 30 min Pkt pom. 6 <i>te</i> = 60 min	180	0,198 ± 0,031	0,8	> 720	0,25
VIII. Stanowisko maszynisty silników spalinowych w szybie wiertniczym oraz w strefie roboczej obsługi: sit wibracyjnych, mieszalników płuczki, silnika napędzającego pompę płuczkową Pkt pom. 2 <i>te</i> = 60 min Pkt pom. 3 <i>te</i> = 15 min Pkt pom. 4 <i>te</i> = 15 min Pkt pom. 6 <i>te</i> = 120 min	210	0,240 ± 0,031	0,8	> 720	0,30
IX. Stanowisko elektromontera w szybie wiertniczym oraz w strefie roboczej obsługi: sit wibracyjnych, mieszalników płuczki, silnika napędzającego pompę płuczkową Pkt pom. 2 <i>te</i> = 30 min Pkt pom. 3 <i>te</i> = 15 min Pkt pom. 4 <i>te</i> = 15 min Pkt pom. 5 <i>te</i> = 30 min	90	0,140 ± 0,030	0,8	> 720	0,18
X. Stanowisko płuczkowego w strefie roboczej obsługi sit wibracyjnych i mieszalników płuczki Pkt pom. 3 <i>te</i> = 30 min Pkt pom. 4 <i>te</i> = 30 min	60	0,085 ± 0,028	0,8	> 720	0,18

Tabela 2a. Wyniki pomiarów drgań mechanicznych działających przez kończyny górne. Prace przy użyciu szlifierki prostej typu Dotco i szlifierki kątowej Archimedes

Table 2a. Hand arm vibration measured values. Work with straight grinder type Dotco and angle grinder Archimedes

Opis stanowiska, punktu pomiarowego	Czas narażenia <i>te</i>	Kierunek drgań	Suma wektorowa przyspieszeń drgań <i>aw,wek</i>	Średnia suma wektorowa <i>aw,wek,śr</i> Niepewność pomiaru U_{95}
	[min]		[m/s ²]	[m/s ²]
I. Stanowisko polerowacza w Polerni nr 1, stanowisko szlifierskie nr 2 Na uchwycie szlifierki pneumatycznej prostej produkcji Dotco podczas szlifowania elementów stalowych trzpieniem z włókniną ϕ 80 Pkt pom. 1	120	X ₁ , Y ₁ , Z ₁ X ₂ , Y ₂ , Z ₂ X ₃ , Y ₃ , Z ₃	2,78 2,66 2,61	2,68 ± 0,41
Na uchwycie szlifierki pneumatycznej prostej produkcji Dotco podczas szlifowania elementów stalowych toczkiem ϕ 40 typ MED z papierem ściernym P 120 Pkt pom. 2	120	X ₁ , Y ₁ , Z ₁ X ₂ , Y ₂ , Z ₂ X ₃ , Y ₃ , Z ₃	2,79 2,70 2,62	2,70 ± 0,44
Na uchwycie szlifierki pneumatycznej kątowej małej podczas szlifowania elementów stalowych motylkiem z papierem ściernym P 120 Pkt pom. 3	120	X ₁ , Y ₁ , Z ₁ X ₂ , Y ₂ , Z ₂ X ₃ , Y ₃ , Z ₃	1,09 1,07 1,06	1,07 ± 0,11
II. Stanowisko polerowacza w Polerni nr 2, stanowisko szlifierskie nr 3 Na uchwycie szlifierki pneumatycznej prostej produkcji Dotco podczas szlifowania elementów stalowych trzpieniem ϕ 38 z papierem ściernym P 60 Pkt pom. 4	120	X ₁ , Y ₁ , Z ₁ X ₂ , Y ₂ , Z ₂ X ₃ , Y ₃ , Z ₃	2,35 2,36 2,26	2,32 ± 0,32
Na uchwycie szlifierki pneumatycznej prostej produkcji Dotco podczas szlifowania elementów stalowych toczkiem ϕ 40 typu MED z papierem ściernym P 120 Pkt pom. 5	120	X ₁ , Y ₁ , Z ₁ X ₂ , Y ₂ , Z ₂ X ₃ , Y ₃ , Z ₃	3,21 3,12 3,03	3,12 ± 0,46
Na uchwycie szlifierki pneumatycznej kątowej produkcji Archimedes podczas szlifowania elementów stalowych tarczą ϕ 125 z papierem ściernym P 120 Pkt pom. 6	120	X ₁ , Y ₁ , Z ₁ X ₂ , Y ₂ , Z ₂ X ₃ , Y ₃ , Z ₃	1,46 1,43 1,41	1,43 ± 0,15

Tabela 2b. Wyniki pomiarów drgań mechanicznych działających przez kończyny górne. Prace przy użyciu szlifierki prostej typu Dotco i szlifierki kątowej Archimedes

Table 2b. Hand arm vibration measured values. Work with straight grinder type Dotco and angle grinder Archimedes

Opis stanowiska, punktu pomiarowego	Czas narażenia <i>te</i>	Suma wektorowa równoważna dla 8 godz. <i>aw,eq,8h</i> Niepewność pomiaru U_{95}	Dopuszczalne wartości przyspieszeń drgań <i>aw,dop</i>	Dopuszczalny czas narażenia <i>t_{dop}</i>	Krotność wartości dopuszczalnej NDN
	[min]	[m/s ²]	[m/s ²]	[min]	
I. Stanowisko polerowacza w Polerni nr 1, stanowisko szlifierskie nr 2 Pkt pom. 1, 2, 3	360	1,98 ± 0,35	2,8	480	0,71
II. Stanowisko polerowacza w Polerni nr 2, stanowisko szlifierskie nr 3 Pkt pom. 4, 5, 6	360	2,07 ± 0,33	2,8	386 pkt 5	0,74

- stanowisku pomocników otworowych przy stole obrotowym oraz w strefie roboczej obsługi sit wibracyjnych i mieszalników płuczki;
- stanowisku wieżowego w szybie wiertniczym, w strefie roboczej obsługi sit wibracyjnych i mieszalników płuczki oraz pompy płuczkowej;
- stanowisku mechanika i maszynisty w szybie wiertniczym, w strefie roboczej obsługi sit wibracyjnych, mieszalników płuczki, silnika napędzającego pompę płuczkową;
- stanowisku elektromontera w szybie wiertniczym, w strefie roboczej obsługi sit wibracyjnych, mieszalników płuczki, pompy płuczkowej;
- stanowisku płuczkowego w strefie roboczej obsługi sit wibracyjnych i mieszalników płuczki

podczas wiercenia otworu wiertniczego na głębokości 1316 m wartości przyspieszenia drgań mechanicznych o działaniu ogólnym nie przekraczają dopuszczalnej wartości normy (Balawajder i Buczek, 2015–2018):

$$t_r < 480 \text{ min}, t_{dop} > t_r; \text{ krotność NDN} < 1$$

Artefakty powstałe na skutek wykonywania przez pracownika ruchów na ww. stanowiskach pracy nie mają istotnego wpływu na wielkość drgań przy podanej ekspozycji podczas wykonywanej pracy.

Ocena wyników badań

Na podstawie wykonanych pomiarów stwierdzono, że dla podanych czasów ekspozycji w ciągu jednej zmiany roboczej na stanowisku polerowacza (Polernia nr 1 stanowisko szlifierskie nr 2, Polernia nr 2 stanowisko szlifierskie nr 3) podczas szlifowania elementów stalowych szlifierkami prostymi produkcji Dotco (punkty pomiarowe 1, 2, 4, 5), szlifierką kątową małą (punkt pomiarowy 3) oraz szlifierką kątową produkcji Archimedes (punkt pomiarowy 6) wartości przyspieszenia drgań mechanicznych działających przez kończyny górne nie przekraczają dopuszczalnej wartości normy (Balawajder i Buczek, 2015–2018):

$$t_r < 480 \text{ min}; t_{dop} > t_r; \text{ krotność NDN} < 1$$

Artefakty powstałe na skutek wykonywania przez pracownika ruchów na ww. stanowiskach pracy nie mają istotnego wpływu na wielkość drgań przy podanej ekspozycji podczas pracy. Z pomiarów przeprowadzonych w warunkach ruchomych badanego urządzenia wiertniczego wynika, że poziom drgań mechanicznych na stanowiskach pracy w większości nie przewyższa dopuszczalnych wartości drgań mechanicznych według czasu ekspozycji pracowników obsługujących urządzenie wiertnicze, jak również w czasie obsługi szlifierek

ręcznych pneumatycznych przy użyciu różnych narzędzi do polerowania elementów stalowych. Wykonane pomiary drgań o działaniu ogólnym i działaniu przez kończyny górne stwarzają podstawy do opracowania arkusza kalkulacyjnego zgodnie z wymaganiami europejskiego zapotrzebowania, niwelującego stosunkowo żmudne obliczenia konwencjonalne.

Tabelarycznie i na wykresach przedstawiono krotność wartości dopuszczalnej NDN na stanowiskach pracy w czasie obsługi urządzeń wiertniczych.

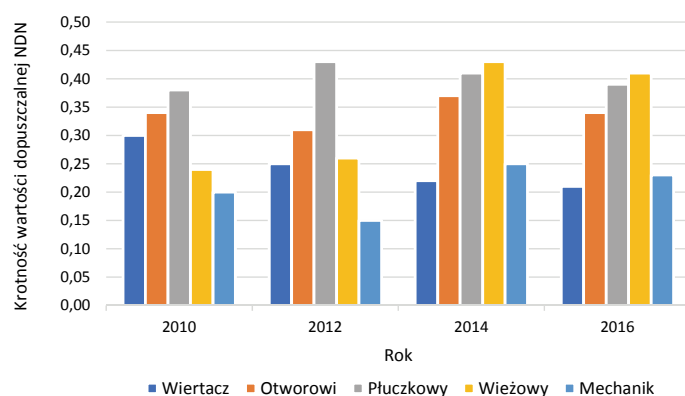
Na podstawie zebranych danych stwierdzono, że wartości drgań mechanicznych na wymienionych stanowiskach pracy podczas obsługi urządzeń wiertniczych nie przekraczają wartości normatywnych. Należy zwrócić uwagę, że przez odpowiedni dobór czasów ekspozycji zagrożenie zdrowia dla załóg pracowniczych w wyniku narażenia na drgania wytwarzane przez pracujące maszyny i urządzenia zostaje zmniejszone.

Wszystkie wyniki obliczeń zawartych w tym artykule zostały otrzymane przy użyciu specjalnie w tym celu sporządzonych arkuszy kalkulacyjnych. Opracowane metody pomiarów i interpretacji wyników zaimplementowane w formie arkuszy kalkulacyjnych wykorzystywane są na bieżąco do oceny drgań mechanicznych w przemyśle naftowym oraz branż pokrewnych.

Tabela 3. Krotność wartości dopuszczalnej NDN na stanowiskach pracy podczas obsługi urządzenia wiertniczego typu F400-4DH produkcji rumuńskiej

Table 3. Ratio of measured vibration to Workplace Exposure Limit during operation of drilling rig type F400-4DH produced in Romania

Rok	Wiertacz	Otworowi	Płuczkowy	Wieżowy	Mechanik
2010	0,30	0,34	0,38	0,24	0,20
2012	0,25	0,31	0,43	0,26	0,15
2014	0,22	0,37	0,41	0,43	0,25
2016	0,21	0,34	0,39	0,41	0,23



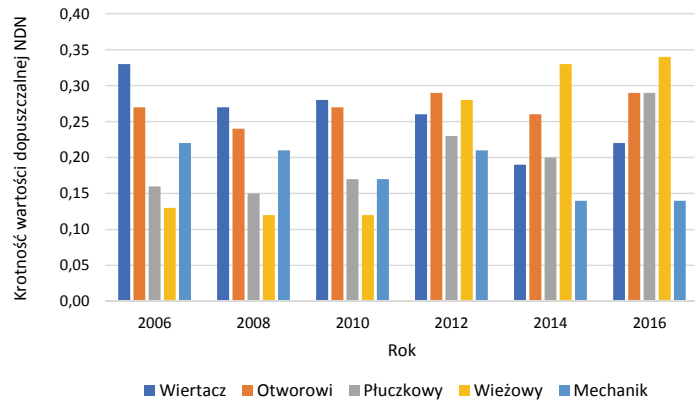
Rys. 3. Krotność wartości dopuszczalnej NDN w czasie obsługi urządzenia wiertniczego typu F400-4DH produkcji rumuńskiej

Fig. 3. Ratio of measured vibration to Workplace Exposure Limit during operation of drilling rig type F400-4DH produced in Romania

Tabela 4. Krotność wartości dopuszczalnej NDN na stanowiskach pracy podczas obsługi urządzenia wiertniczego typu NATIONAL 110-UE produkcji USA

Table 4. Ratio of measured vibration to Workplace Exposure Limit during operation of drilling rig type NATIONAL 110-UE prod. USA

Rok	Wiertacz	Otworowi	Pluczkowy	Wieżowy	Mechanik
2006	0,33	0,27	0,16	0,13	0,22
2008	0,27	0,24	0,15	0,12	0,21
2010	0,28	0,27	0,17	0,12	0,17
2012	0,26	0,29	0,23	0,28	0,21
2014	0,19	0,26	0,20	0,33	0,14
2016	0,22	0,29	0,29	0,34	0,14



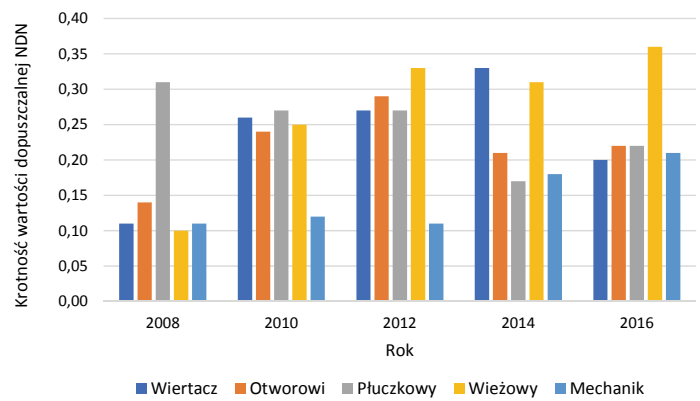
Rys. 4. Krotność wartości dopuszczalnej NDN w czasie obsługi urządzenia wiertniczego typu NATIONAL 110-UE produkcji USA

Fig. 4. Ratio of measured vibration to Workplace Exposure Limit during operation of drilling rig type NATIONAL 110-UE prod. USA

Tabela 5. Krotność wartości dopuszczalnej NDN na stanowiskach pracy podczas obsługi urządzenia wiertniczego typu IRI 1200 IDECO produkcji USA

Table 5. Ratio of measured vibration to Workplace Exposure Limit during operation of drilling rig type IRI 1200 IDECO prod. USA

Rok	Wiertacz	Otworowi	Pluczkowy	Wieżowy	Mechanik
2008	0,11	0,14	0,31	0,10	0,11
2010	0,26	0,24	0,27	0,25	0,12
2012	0,27	0,29	0,27	0,33	0,11
2014	0,33	0,21	0,17	0,31	0,18
2016	0,20	0,22	0,22	0,36	0,20



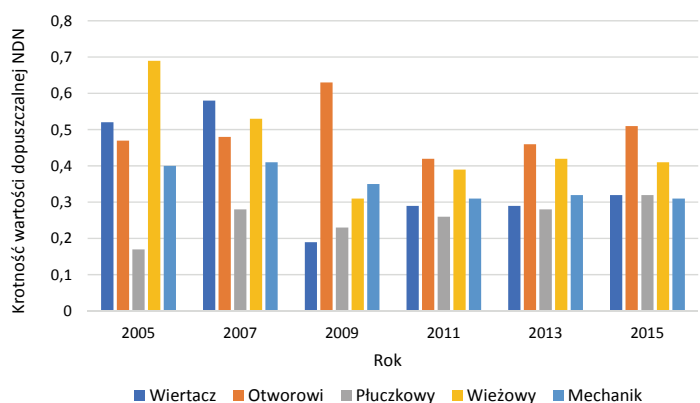
Rys. 5. Krotność wartości dopuszczalnej NDN w czasie obsługi urządzenia wiertniczego typu IRI 1200 IDECO produkcji USA

Fig. 5. Ratio of measured vibration to Workplace Exposure Limit during operation of drilling rig type IRI 1200 IDECO prod. USA

Tabela 6. Krotność wartości dopuszczalnej NDN na stanowiskach pracy podczas obsługi urządzenia wiertniczego typu CABOT 750 produkcji USA

Table 6. Ratio of measured vibration to Workplace Exposure Limit during operation of drilling rig type CABOT 750 prod. USA

Rok	Wiertacz	Otworowi	Pluczkowy	Wieżowy	Mechanik
2005	0,52	0,47	0,17	0,69	0,40
2007	0,58	0,48	0,28	0,53	0,41
2009	0,19	0,63	0,23	0,31	0,35
2011	0,29	0,42	0,26	0,39	0,31
2013	0,29	0,46	0,28	0,42	0,32
2015	0,32	0,51	0,32	0,41	0,31



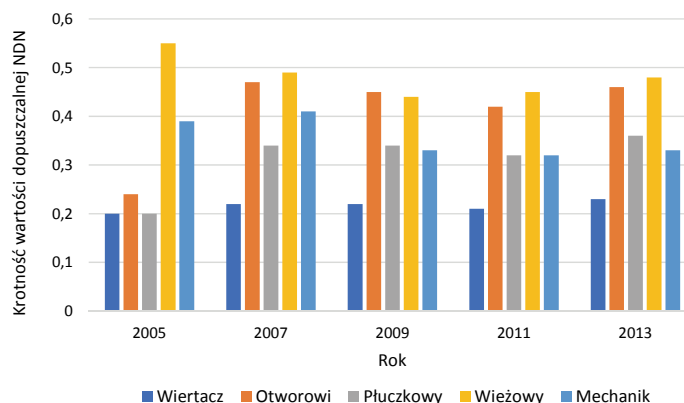
Rys. 6. Krotność wartości dopuszczalnej NDN w czasie obsługi urządzenia wiertniczego typu CABOT 750 produkcji USA

Fig. 6. Ratio of measured vibration to Workplace Exposure Limit during operation of drilling rig type CABOT 750 prod. USA

Tabela 7. Krotność wartości dopuszczalnej NDN na stanowiskach pracy podczas obsługi urządzenia wiertniczego typu SKYTOP TR-800 produkcji USA

Table 7. Ratio of measured vibration to Workplace Exposure Limit during operation of drilling rig type SKYTOP TR-800 prod. USA

Rok	Wiertacz	Otworowi	Pluczkowy	Wieżowy	Mechanik
2005	0,20	0,24	0,20	0,55	0,39
2007	0,22	0,47	0,34	0,49	0,30
2009	0,22	0,45	0,34	0,44	0,30
2011	0,21	0,42	0,32	0,45	0,30
2013	0,23	0,46	0,36	0,48	0,30



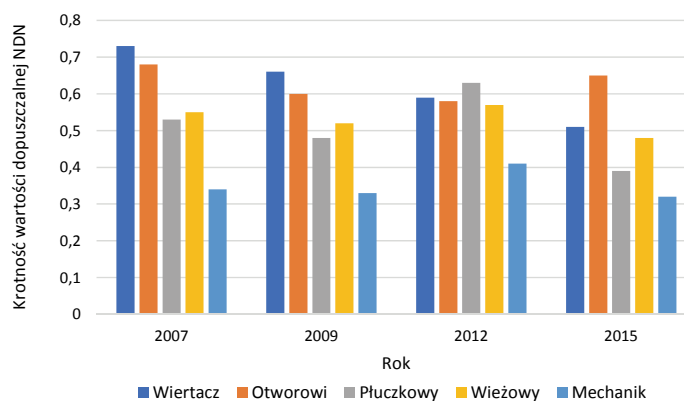
Rys. 7. Krotność wartości dopuszczalnej NDN w czasie obsługi urządzenia wiertniczego typu SKYTOP TR-800 produkcji USA

Fig. 7. Ratio of measured vibration to Workplace Exposure Limit during operation of drilling rig type SKYTOP TR-800 prod. USA

Tabela 8. Krotność wartości dopuszczalnej NDN na stanowiskach pracy podczas obsługi urządzenia wiertniczego typu CARDWELL KB-200C produkcji USA

Table 8. Ratio of measured vibration to Workplace Exposure Limit during operation of drilling rig type CARDWELL KB-200C prod. USA

Rok	Wiertacz	Otworowi	Pluczkowy	Wieżowy	Mechanik
2007	0,73	0,68	0,53	0,55	0,34
2009	0,66	0,60	0,48	0,52	0,33
2012	0,59	0,60	0,63	0,57	0,41
2015	0,51	0,66	0,39	0,48	0,32



Rys. 8. Krotność wartości dopuszczalnej NDN w czasie obsługi urządzenia wiertniczego typ CARDWELL KB-200C produkcji USA

Fig. 8. Ratio of measured vibration to Workplace Exposure Limit during operation of drilling rig type CARDWELL KB-200C prod. USA

Wnioski

Zgodnie z wykonanymi obliczeniami w wiertnicy typu Kremco na stanowiskach pracy drgania emitowane do środowiska przez pracujące urządzenia, jak i drgania działające przez kończyny górne wytwarzane przez szlifierki pneumatyczne dla podanego czasu ekspozycji nie przekraczają dopuszczalnych wartości określających granicę szkodliwości.

W przypadku gdy podczas pracy urządzeń technicznych poziom drgań mechanicznych przekracza dopuszczalne wartości, miejsca te należy oznaczyć tablicami ostrzegawczymi o ryzyku zagrożenia wibracją.

Opracowane arkusze kalkulacyjne ułatwiają tworzenie jednolitego banku danych o przebadanych obiektach górnictwa nafty i gazu pod względem warunków pracy i narażenia pracowników na drgania mechaniczne.

Metodyka opisana w artykule ma charakter stosowany i jest na bieżąco użytkowana przy ocenach zagrożeń drgań mechanicznych w zakładach górniczych przemysłu naftowego i branżach pokrewnych.

Artykuł powstał na podstawie pracy statutowej pt.: *Dostosowanie narzędzi informatycznych badań drgań mechanicznych maszyn i urządzeń w środowisku pracy do wymagań Unii Europejskiej* – praca INiG – PIB na zlecenie MNiSW; nr zlecenia: 0023/KA/18, nr archiwalny: DK-4100-23/18.

Literatura

- Balawajder Z., Buczek J., 2005–2018. Pomiary drgań mechanicznych na stanowiskach pracy. Kraków: Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy. Materiały niepublikowane.
- Bednarz S., Urba R., 2006. Drgania maszyn roboczych urządzeń wiertniczych a bezpieczeństwo pracy. *Wiertnictwo, Nafta, Gaz*, 23(1): 87–94.
- Centralny Instytut Ochrony Pracy, b.d.-a. Drgania mechaniczne: zagrożenia i profilaktyka. <<http://archiwum.ciop.pl/56487>> (dostęp: 26.06.2018).
- Centralny Instytut Ochrony Pracy, b.d.-b. Informacje ogólne – drgania mechaniczne. <<http://archiwum.ciop.pl/1351.html>> (dostęp: 16.05.2018).
- Centralny Instytut Ochrony Pracy, b.d.-c. Zagrożenia drganiami mechanicznymi. <https://m.ciop.pl/CIOPPortalWAR/appmanager/ciop/mobi?_nfpb=true&_pageLabel=P424002461497875434734&html_>

tresc_root_id=300007417&html_tresc_id=300007405&html_klucz=300007402&html_klucz_spis> (dostęp: 26.06.2018).

Engel Z., Koton J., Kowalski P., Szopa J., 1999. Metody ochrony przed drganiami mechanicznymi. [W:] D. Augustyńska, W.M. Zawieska (red.), Ochrona przed hałasem i drganiami w środowisku pracy (s. 151–169). Warszawa: CIOP.

Harazin B., 1996. Drgania mechaniczne. Sosnowiec: IMPiZŚ.

Harazin B., 2000. Zagrożenie zdrowia wywołane działaniem drgań mechanicznych. Sosnowiec: IMPiZŚ.

Koton J., Harazin B., 2000. Skutki zdrowotne zawodowego narażenia na drgania miejscowe. Warszawa: CIOP.

Koton J., Kowalski P., Szopa J., 1997. Rękawice antywibracyjne – metoda badań i kryteria oceny. *Bezpieczeństwo Pracy*, 3: 20–22.

Koton J., Szopa J., 1999. Rękawice antywibracyjne – ocena skuteczności i zasady doboru do stanowisk pracy. *Bezpieczeństwo Pracy*, 11: 2–5.

Kwilosz T., Buczek J., 2017. Zastosowanie narzędzi programistycznych do oceny zapylenia w eksploatowanych wiertnicach. *Nafta-Gaz*, 3: 193–199. DOI: 10.18668/NG.2017.03.07.

Akty prawne i normatywne

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.

PN-EN ISO 5349-1:2004 Drgania mechaniczne. Pomiar i wyznaczanie ekspozycji człowieka na drgania przenoszone przez kończyny górne. Część 1: Wymagania ogólne.

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.



Janusz BUCZEK

Kierownik Laboratorium Badań Środowiskowych
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Lubicz 25 A
31-503 Kraków
E-mail: janusz.buczek@inig.pl



Zbigniew BALAWAJDER

Kierownik Techniczny Laboratorium Badań Środowiskowych
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Lubicz 25 A
31-503 Kraków
E-mail: zbigniew.balawajder@inig.pl



Dr Tadeusz KWIŁOSZ

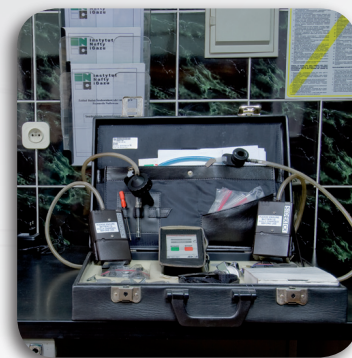
Adiunkt w Zakładzie Podziemnego Magazynowania Gazu
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Lubicz 25 A
31-503 Kraków
E-mail: tadeusz.kwilosz@inig.pl

OFERTA

LABORATORIUM BADAŃ ŚRODOWISKOWYCH

Zakres działania:

- badania w zakresie akredytacji nr AB 493:
 - » pomiary poziomu hałasu na stanowiskach pracy,
 - » pomiary poziomu hałasu od instalacji lub urządzeń z wyznaczaniem map akustycznych,
 - » pomiary drgań mechanicznych o działaniu ogólnym i miejscowym,
 - » pomiary oświetlenia elektrycznego;
 - » pomiary zapylenia (frakcja wdychalna i respirabilna, wolna krzemionka),
- badania poza zakresem akredytacji:
 - » pomiary poziomu hałasu infradźwiękowego, ultradźwiękowego,
 - » wyznaczanie poziomu mocy akustycznej maszyn i urządzeń,
 - » organizowanie badań międzylaboratoryjnych w zakresie: drgania ogólne i miejscowe, hałas na stanowiskach pracy, oświetlenie elektryczne.



Kierownik: Janusz Buczek

Adres: ul. Armii Krajowej 3, 38-400 Krosno

Telefon: 13 436 89 41 w. 5105

Faks: 13 436 79 71

E-mail: buczek@inig.pl

