



RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Wojciecha Rukata

pt. „Metodyka parametryzacji oddziaływań wibroakustycznych zmechanizowanych narzędzi ręcznych o niestacjonarnym trybie pracy na przykładzie pilarki łańcuchowej”.

Promotor pracy : dr. hab. inż. Roman Barczewski

Promotor pomocniczy : dr inż. Małgorzata Wojsznis

Podstawa prawna oceny : Pismo DIM.075.338.2023 Dziekana Wydziału Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej Olafa Ciszaka z dnia 07.07.2023 r.

1. Ocena problematyki rozprawy.

Problemy badawcze związane z doskonaleniem wiedzy wspomagającej rozpoznawanie stanu zagrożeń wibroakustycznych działających na operatorów zmechanizowanych narzędzi ręcznych, należy do grupy zagadnień badawczych ciągle rozwijanych w licznych ośrodkach naukowo-badawczych w kraju i zagranicą. Poszukiwane rozwiązania; *(w sytuacji złożoności ich niestacjonarnych wymuszeń dynamicznych oddziaływujących na operatorów, powiązanych z niestacjonarnymi trybami ich oddziaływań na użytkownika)* są niezbędnym warunkiem rozwoju nowej wiedzy diagnostycznej, pomocnej w procesach zapewnienia bezpiecznych warunków pracy. Wpisują się w poszukiwania efektywnych metod bezpiecznego ich użytkowania i zarządzania procesami wytwórczymi.

W obszarze tym problematyka rozpoznań istotnych poznawczo i aplikacyjnie uwarunkowań kształtujących właściwy pomiar i ocenę hałasu i drgań oddziaływujących na operatorów pilarek łańcuchowych, związanych z : modelowaniem niestacjonarnych zagrożeń wibroakustycznych, analizą metrologiczną sygnałów i wyborem dróg estymacji właściwie je reprezentujących, a także poszukiwaniami właściwych rozwiązań i przyporządkowanych jej algorytmów wyznaczania poziomu narażenia na drgania i hałas na stanowiskach pracy; *(alternatywnych do powszechnie stosowanych pomiarów dozymetrycznych)*; należy zaliczyć do istotnych i aktualnych.

Mają one swoje ważne miejsce w rozwoju dziedzin inżynierii mechanicznej i zagadnień związanych bezpieczną eksploatacją zmechanizowanych narzędzi ręcznych. Definiują zadania poszukiwawcze związane z opracowaniem zaleceń dla budowy porównywalnych metrologicznie pomiarów, niestacjonarnych zagrożeń wibroakustycznych na stanowiskach pracy.

Mają swoją specyfikę, w tle ogólnej problematyki metrologicznej kontroli wpływu hałasu i drgań na stanowiskach pracy pilarsza, z ich pomiarem i analizą, z jakimi mamy do czynienia w diagnostycznych badaniach opisywanych w literaturze badawczej.

Doktorant z tym kierunkiem poszukiwań rozwiązań diagnostycznych związał swoje badania. Podjął próbę opracowania metody parametryzacji niestacjonarnych wibroakustycznych oddziaływań zmechanizowanych narzędzi ręcznych na człowieka dla potrzeb ich klasyfikacji, przy niestacjonarnych trybach określonych warunkami ich pracy. Wykonał liczne badania eksperymentalne i ich analizy, które zilustrował procesem wycinki drzew. Pozwoliły mu one na opracowanie podstawy teoretycznej konstrukcji klasyfikatora narażenia na drgania i hałas pilarza, będącego alternatywą do metody dozymetrycznej pomiarów hałasu. Pokazał, jej wykorzystanie do oszacowania dziennego poziomu ekspozycji na drgania i hałas na jakie narażony jest pilarz, bez konieczności prowadzenia regularnych poziomów dozymetrycznych.

Uzyskane przez Doktoranta rezultaty mają wymiar narzędzi i wskazań projektowych do budowy klasyfikatora zagrożeń wibroakustycznych operatorów pilarki łańcuchowej przy uwzględnieniu warunków niestacjonarnych ich oddziaływań w trakcie procesu wycinki drzew. Mogą one znaleźć liczne aplikacje w budowanych systemach monitorujących stan zagrożeń wibroakustycznych operatorów pilarek łańcuchowych.

Podjęcie tego tematu przez Doktoranta i jego realizację oceniam jednoznacznie pozytywnie. Z punktu widzenia walorów poznawczych i praktycznych, recenzowana praca doktorska jest **poznawczo ważna i aktualna**.

Spełnia wszystkie oczekiwania jakie wiązać można z tematem pracy doktorskiej. Jest ona atrakcyjna aplikacyjnie i naukowo, i dobrze wkomponowując się w współczesne potrzeby i trendy badawcze, związane z poszukiwaniami nowych rozwiązań diagnostycznych dla zapewnienia bezpiecznych warunków pracy operatorów pilarek łańcuchowych.

2. Analiza zawartości rozprawy.

Przechodząc do ogólnej charakterystyki rozprawy mgr inż. Wojciecha Rukata stwierdzam, że opiniowana praca doktorska stanowi bardzo obszerne analityczno-eksperymentalne studium problemu zagrożeń wibroakustycznych na stanowisku operatora pilarki łańcuchowej. Ma ona egzemplifikację w zadaniach ich oceny odnoszącej się do procesu wycinki drzew. Jej treści są ujęte na 181 stronach. Są prezentowane w 10 rozdziałach, 57 rysunkach, 35 tabelach. Całość uzupełnia wykaz 140 odnośników literaturowych do treści pracy, streszczenia (*w jez. polskim i angielskim*), oraz dodatek na nośniku elektronicznym CD. Zawiera on zbiorczą prezentację wyników przeprowadzonych eksperymentów. Ujmuje materiał: audio-wideo obrazujący proces ścinki-wyrzynki 5 drzew, zdjęcia ilustrujące wycinki oraz 5 załączników zawierających szczegółowe wyniki pomiaru i analizy hałasu oraz drgań zarejestrowanych w trakcie wyrzynki drzew objętych planem badań.

Rozdział 1 rozprawy doktorskiej stanowi wprowadzenie do problemu naukowego poruszonego w pracy. Przedstawia jej motywację oraz jego podłoże naukowe celowości jego podjęcia. Umiejscawiają ideę programową rozprawy w tle zadań oceny narażenia pracowników korzystających z narzędzi ręcznych na szkodliwe działanie czynników fizycznych (*tj. hałas i wibracje*). Podnosi kwestie doboru metodyk i strategii pomiarowych, warunkowanych procesami roboczym wykonywanymi na stanowisku pracy. Punktuje nieadekwatność aktualnych rozwiązań ze względu na niestacjonarne uwarunkowania im towarzyszące, obecne na stanowiska pracy pilarza-drwala. Kreśli potrzebę opracowania metodyki parametryzacji oddziaływań wibroakustycznych (WA), uwzględniających ich niestacjonarny charakter. Omawia zakres poruszonych w rozprawie problemów.

Rozdział 2 skupia uwagę na analizie stanu wiedzy opisującej stosowane obecnie techniki i metody parametryzacji oddziaływań akustycznych i drganiowych na stanowiskach pracy. Szczegółowo omawia szkodliwe wpływy hałasu i drgań na człowieka, warunki ich parametryzacji i kwantyfikacji ze względu na dopuszczalne wartości, a także powiązane z nimi strategie pomiarowe.

Zwraca uwagę na kwestie oceny niepewności estymacji uzyskanych wyników, w tym na określający je budżet niepewności. Prezentowany w tym rozdziale materiał nawiązuje ponadto do przedstawień ryzyka zawodowego z nimi związanego oraz prezentacji rozwiązań związanych z doborem indywidualnych środków ochrony przed narażeniem na hałas i drgania pracownika.

Treści tego rozdziału zawierają dobrze wybrane prezentacje i analizy pomocne w zadaniach oceny zagrożeń procesami wibroakustycznym stanowisk pilarsza-drwala. Stanowią bazę dla poszukiwań autorskiego rozwiązania opracowania prognostycznej metody wyznaczania poziomu narażenia na drgania i hałas osób pracujących na tych na stanowiskach, alternatywnej do stosowanych pomiarów dozymetrycznych.

Kolejne **rozdziały 3 i 4** omawiają czynniki wpływające na hałas i drgania pilarek łańcuchowych. Stanowią one wartościowe uzupełnienie opisu determinant kształtujących hałas i wibracje na jakie jest narażony pracownik posługujący się nimi, udokumentowany w raportach publikacyjnych różnych autorów. W istotnym zakresie prezentowane w nim treści są syntezą licznych prac określających uwarunkowania podjętego przez doktoranta zadania badawczego. Są bazę informacyjną jaką posługiwał się doktorant w tworzeniu i poszukiwaniach nowych rozwiązań estymacyjnych narażenia na hałas i drgania operatorów pilarek-łańcuchowych.

Rozdział 5 zawiera opis koncepcji metodyki pomiarowej i algorytmu estymacji zagrożeń drganiowych i hałasowych operatora pilarki łańcuchowej zaproponowanej przez Doktoranta. Wskazuje celowości jej realizacji oraz omawia charakterystyki jej istotnych elementów. W szczególności, punktuje potrzebę stworzenia bazy danych zawierających zestawy danych o dawkach hałasu i drgań towarzyszących wyrzynce pojedynczego drzewa (*w odniesieniu do różnych gatunków drzew, i ich parametrów, tj. średnice pnia, wysokość ciecica*). Nakreśla potrzebę jej uzupełnienia bazą informacji opisujących planowane w realizacjach (*dziennych lub tygodniowych*) zadania. Widzi ich parametryzację poprzez liczbę przewidywanych do wycinki drzew, rodzaju gatunków oraz sposobami podziału pnia na sortymenty drzewne, przewidywane w realizacji procesu wyrzynki drzew. W tym miejscu rozprawy mamy dokumentowaną ideę koncepcyjną i wykonawczą pracy Doktoranta. Jest ona **istotnym, nowatorskim rezultatem** rozprawy. Tworzy **nową bazę wiedzy** związanej z procesem estymacji dziennych dawek drgań DVD i hałasu DND, a także obliczeniami dziennych ekspozycji na drgania $A(8)$ oraz hałas $L_{EX,8h}$.

Rozdział 6 zawiera informacje odnoszące się przebiegu badań weryfikujących zaproponowane w rozprawie rozwiązanie. Rozpoczyna go krótki opis stanowiska pomiarowego, z charakterystyką udostępnionego do badań drzewostanu, a także opisem stosowanej do wycinki pilarki z jej danymi technicznymi. Omawia opracowany przez Doktoranta system synchronicznej rejestracji sygnałów wibroakustycznych zastosowany podczas badań w warunkach terenowych, a także system rejestracji audio-wizualnych czynności roboczych związanych ze : ścinką, okrzesywaniem i przerzynką pnia na określone asortymenty. Da cyfrowej rejestracji sygnałów przyspieszeń drgań i ciśnienia akustycznego Doktorant opracował **autorską aplikację** DOC_ANALIZY_DSB w środowisku DASyLab. Umożliwia on parametryzację i analizę sygnałów wibroakustycznych WA dostosowaną do dalszego przetwarzania (*postprocesingu*), tj. wyznaczania wartości podstawowych symptomów charakteryzujących zagrożenia hałasowe i drganiowe. Opracowany program umożliwia realizację analiz sygnałów WA w dziedzinie częstotliwościowej i czasowo-częstotliwościowej; (*pozwalającej analizować ich niestacjonarność*) i jest otwarty na dalsze modyfikacje i uzupełnienia obliczeniowe. Otrzymywane wyniki analiz końcowych, jak pośrednich mają reprezentację w pamięci masowej: tekstowej i binarnej. Są przystosowane do dalszego przetwarzania danych, np. z wykorzystaniem arkusza kalkulacyjnego EXCEL. Należy podkreślić, że Doktorant udostępnił opracowaną dokumentację AV; (*raportującą warunki oddziaływań zagrożeń środowiskowych obecnych podczas pracy pilarsza*); w internetowym serwisie społecznościowym You-Tube. Została też ona dołączona do rozprawy w formie ich cyfrowej reprezentacji na nośniku CD.

Kolejny **rozdział 7** przedstawia wyniki parametryzacji i analiz sygnałów drganiowych i hałasowych generowanych przez spalinową pilarkę łańcuchową, podczas prac leśnych. Prezentuje analizy spektrogramów hałasu zarejestrowanego podczas wyrzynki wszystkich drzew objętych planem badań oraz wyniki reprezentujących je miar liczbowych. Dokonuje ich porównań i analiz w powiązaniu z poszczególnymi stanami obciążenia jednostki napędowej pilarki. Raportuje proces diagnostyki specyfiki oddziaływań drgań w ujęciu czasowo-częstotliwościowym; (*podobnie jak hałasu*) poprzez analizy i porównania ich widm w wariancie nieskorygowanych częstotliwościowo i skorygowanych charakterystyką W_h , dla różnych procesów wyrzynki drzew. Badania uzupełnia proces identyfikacji przyczyn i źródeł drgań w pilarence łańcuchowej, ich częstotliwościowe symptomy.

Prezentowane w **rozdziałach 6 -7** treści raportujące dokonania Doktoranta, niosą nowy przekaz wiedzy. Zwarte w nich informacje są **istotnym, nowatorskim rezultatem** rozprawy. Określiły **nową bazę wiedzy** pomocną w budowie algorytmu detekcji zagrożeń wibroakustycznych (WA) pilarka pracującego w niestacjonarnym trybie pracy.

W **rozdziale 8** ma miejsce prezentacja zasadniczego elementu idei rozprawy tj. kwestii powiązania trybów pracy pilarki; (*wynikających z realizowanych na stanowisku pilarka-drwala operacji*); z dziennymi dawkami hałasu STND i drgań STVD. Wykazano możliwość ich rozróżniania na bazie śledzenia zmian chwilowych wartości poziomów ciśnienia akustycznego w wyróżnionych pasmach oktawowych o częstotliwościach środkowych 125 i 250 Hz. Możliwość identyfikacji trybów pracy pilarki związane również z faktem z ich powiązania ze zmianami prędkości obrotowej kosza bębna sprzęgłowego, monitorowanej tachometrycznie. Poprawność rozpoznania stanów pracy pilarki weryfikowano również na podstawie analizy poklatkowej materiału audio-video. Pozwoliły one określić relacje wiążące miarę dawki hałasu z trybem pracy pilarki, z określonym czasem trwania jej obciążenia. Podobne rozpoznania realizowano w odniesieniu do identyfikacji związku przyjętej miary przyspieszeń drgań z określonym stanem obciążenia pilarki. Istotnym elementem raportowanych w tym rozdziale badań było wyznaczenie funkcji skalujących umożliwiających określenie dawek hałasu $E=f_1(\varphi)$ oraz dawek drgań $D=f_2(\varphi)$ w zależności od średnicy pnia φ [cm], a także średnicy pnia φ [cm] na określonej wysokości pnia względem gruntu L_h [m]. Zostały one zidentyfikowane dla trybu pracy pilarki związanej z jej pracą przy pełnym obciążeniu. Nakreślono również algorytm estymacji dziennej dawki drgań STVD i hałasu STND związanej z przerzynką pnia drzewa o danej średnicy, wysokości i znanym gatunku.

W tym miejscu rozprawy mamy do czynienia z dokumentowaniem **nowej, bazy wiedzy i wskazań** dotyczących budowy bazy danych określających dzienne dawki hałasu STNDT i drgań STVD, pozwalających na zaimplementowanie opracowanej metodyki do oszacowania narażenia na hałas i drgania operatorów postępujących się w niestacjonarnych trybach pracy pilarkami łańcuchowymi.

Całość pracy dobrze uzupełniają treści **rozdziału 9**, który zawiera przykłady implementacji opracowanej metodyki dla dwóch różnych scenariuszy cięć drzewa. Prezentuje obliczenia, (w *pierwszym przypadku*); wycinki 17 drzew w ciągu dnia (*w tym 7 sosen, 7 dębów i 6 brzoź*) oraz (w *drugim*); 50 drzew (*w tym 31 sosen, 13 dębów i 6 sztuk brzoź*). Dla analizowanego przedmiotowego wyřębu wyznaczono dzienną ekspozycję na drgania $A(8)$ oraz poziom dziennej ekspozycji na hałas $L_{EX, 8h}$ które porównano względem wartości dopuszczalnych. Dokonano walidacji opracowanej metody oszacowania narażenia na hałas i drgania co pozwoliło określić przydatność zaproponowanej metodyki.

Kończący pracę **rozdział 10** zawiera podsumowanie dokonań rozprawy. Przedstawia wnioski wynikające z omówionych w rozprawie autorskich analiz i badań eksperymentalnych; (*wykonanych według dobrze zdefiniowanych i zaprogramowanych w doktoracie rozpoznania badawczych*); które mają wyraźnego adresata i które mogą być pomocne w kontroli zagrożeń hałasowych i drganiowych.

Jak wynika z przedstawionej charakterystyki zawartości rozprawy jej tytuł ma właściwe brzmienie, a jej treści w pełni z nim korespondują. Zrealizowane i udokumentowane w rozprawie

doktorskiej poszukiwania badawcze Autora: skalą złożoności podjętych zadań i realizacją wykonanych prac: analitycznych, eksperymentalnych, a także przekazem nowej idei estymacji zagrożeń wibroakustycznych na stanowisku operatora pilarki łańcuchowej pracującego w niestacjonarnym reżimie pracy w pełni wypełniają wymogi stawiane rozprawom doktorskim.

3. Ocena merytoryczna.

Przechodząc do oceny merytorycznej rozprawy doktorskiej i sposobu rozwiązania podjętego problem badawczego należy podkreślić, że rozprawa mgr inż. Wojciecha Rukata stanowi **wartościową naukową pozycję**. Można ją uznać za ważne źródło informacji dotyczącej estymacji zagrożeń drganiowych i hałasowych pilarza pracującego w niestacjonarnych trybach pracy. W moim przekonaniu jej idea realizacyjna znajdzie liczne grono odbiorców wśród osób zajmujących się diagnostyką zagrożeń środowiskowych na stanowiskach pracy, w tym służb odpowiedzialnych za ich kontrole.

Temat pracy można uznać za rozwiązany; (na etapie zadania doktorskiego); z oczekiwaną od niego problemową dociekliwością, z licznymi szczegółowymi odniesieniami do prezentowanych i rozwiązywanych przez Doktoranta zagadnień. Poszczególne rozdziały rozprawy w klarowny sposób referują Jego tok myślowy, i w przekonujący sposób wyjaśniają przyjęte rozwiązania podjętego przez niego zadania badawczego.

Rozprawa napisana jest czytelnie, dobrym językiem, a materiał prezentowany w recenzowanej pracy doktorskiej jest właściwie wyeksponowany. Jej objętość jest wyważona, a jej część ilustracyjna jest właściwie rozbudowana i udokumentowana, co ułatwia zrozumienie istoty realizowanych poszukiwań badawczych. Widać w edycji rozprawy starania Autora do przekonania czytelnika do Jego idei badawczej, którą obudował prezentowanymi w rozprawie wynikami przeprowadzonych: analiz, zrealizowanych eksperymentów numerycznych i pomiarowych, oraz opracowanymi przez siebie narzędziami informatycznymi je wspomagającymi.

Rozprawa swoimi treściami przekazuje **nowe wskazania metodyczne oraz informacje wykonawcze** dla procesów kontroli zagrożeń wibroakustycznych operatora pilarki łańcuchowej pracującego w niestacjonarnych trybach pracy. Mają one **istotną wartość poznawczą** dla dziedziny wiedzy jaką jest inżynieria mechaniczna i rozwiązywania powiązanych z nią problemów zapewnienia bezpieczeństwa pracy.

Do istotnych rezultatów rozprawy doktorskiej zaliczam :

- opracowania metodyki parametryzacji oddziaływań wibroakustycznych (WA), jakie występują podczas pracy pilarza, przy uwzględnieniu ich niestacjonarnych oddziaływań jakie są wynikiem różnych trybów pracy ;
- opracowanie; (na bazie obszernego, autorskiego materiału analitycznego i eksperymentalnego); nowej bazy wiedzy pomocnej przy budowie algorytmu kontroli zagrożeń hałasowych i drganiowych na stanowisku pilarza pracującego w niestacjonarnych reżimach pracy, zabezpieczającego potrzeby wykonawcze opracowania planów bezpiecznej wycinki drzew ;
- podanie wskazań metodycznych i wzorców wykonawczych dla budowy klasyfikatora stanu zagrożeń WA na stanowisku pilarza podczas wycinki drzew, odmiennego od obecnie stosowanych dozymetrycznych ocen powszechnie obecnych w praktyce kontrolnej ;
- wskazanie istotnych kierunków aplikacji opracowanej metody w odniesieniu do zadań opracowania planów dziennych i tygodniowych wycinki drzew, przy których są dochowane wymagane wartości NDN dla hałasu i drgań, mogących być źródłem inspiracji do dalszych rozwinięć i aplikacji opracowanej i wskazanej przez Autora drogi diagnostycznej.

Mam świadomość, że w edycji obszernego materiału badawczego Doktoranta zawsze mogą pojawić się uwagi edytorskie, generujące pewien niedosyt u czytelnika. Dla mnie związać go można z mało informacyjnym streszczeniem rozprawy, które nie w pełni charakteryzuje dokonania doktoranta, zachęcając do bliższego nią zainteresowania i poszerzając krąg potencjalnych odbiorców przekazu rozprawy. Dobrze byłoby też uzupełnić materiał rozprawy wykazem ważniejszych skrótów i oznaczeń. Przyjęte oznaczenie L_h dla opisu wysokości drzewa w funkcji skalującej $\varphi = f(L_h)$ dawki hałasu (rozdział 8.4) jest zdaniem moim niefortunnie przyjęte. Kojarzyć się bowiem może z powszechnym oznaczeniem w poziomym hałasie, uzupełnianego jego specyfikacją poprzez symbol dolnego odnośnika. Znacznie czytelniejszym oznaczeniem zdaniem moim byłby symbol małej litery l_h w funkcji skalującej $\varphi = f(l_h)$. Uwaga ta odnosi się też do oznaczenia na rysunku 8.14 gdzie oznaczenie L_i mogłoby być zastąpione symbolem l_i . Również warto byłoby wprowadzenie rozróżnienia dla funkcji dawek hałasu i drgań $E = f(\varphi)$ i $D = f(\varphi)$ poprzez przypisanie im różnych wskaźników $E = f_1(\varphi)$ i $D = f_2(\varphi)$. Powyższe uwagi edycyjne nie wpływają na moją wysoką ocenę rozprawy.

Reasumując **stwierdzam**, że zarówno wyniki poznawcze, jak i praktyczne dokonania Doktoranta prezentowane w rozprawie zasługują **na w pełni pozytywną opinię**. Dotyczą one zagadnień perspektywicznych, o istotnych rezultatach naukowych, jak i aplikacyjnych.

Uznaję, że stanowią one istotny **wkład naukowy mgr inż. Wojciecha Rukata w rozwój aktualnej wiedzy diagnostycznej**, ważnej w estymacyjnych procesach oceny zagrożeń wibroakustycznych na stanowiskach pracy operatorów pilarek łańcuchowych.

4. Konkluzja.

Biorąc pod uwagę omówione i ocenione wyżej rezultaty rozprawy doktorskiej pracy mgr inż. Wojciecha Rukata stwierdzam, że **rozwiązał pewien istotny obszar ważnych aplikacyjnie i naukowo zadań badawczych**, ukierunkowanych na potrzeby prognozowania zagrożeń drganiowych i hałasowych na stanowiskach operatora pilarki łańcuchowej, pracujących w niestacjonarnych trybach pracy.

Wyniki rozprawy w pełni spełniają wymagania stawiane przez *Ustawę o stopniach i naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dn. 14.03.2003 r. Dz. U. z 2017 r. poz. 1789*.

Moje stanowisko uzasadniają stwierdzenia zawarte w recenzji. Odnosiły się one do kwestii: istotności zadania badawczego rozprawy, oceny jej materiału informacyjnego i powiązanych z nimi konkluzji. Upoważniają mnie one do opowiedzenia się za przyjęciem rozprawy i skierowaniem jej do dalszego procedowania.

Wypracowany przez Doktoranta przekaz wiedzy **nie miał** dotychczas należytego miejsca w dotychczasowym przekazie literaturowym. Został wypracowany w badaniach cechujących się rzetelnością i właściwym poziomem merytorycznym. Został zredagowany w sposób przejrzysty i zachęcający do zajęcia się nakreślonymi przez Doktoranta ideami realizacyjnymi.

Wyniki rozprawy zdaniem moim mają **perspektywiczne miejsce** w budowie i wdrażaniu innowacyjnych rozwiązań estymacyjnych zagrożeń wibroakustycznych na stanowiskach pilarzy pracujących przy wycinkach drzew w kompleksach leśnych.

Wojciech Rukata