

Gdańsk, dnia 02.09.2020

prof. dr hab. inż. Robert Jankowski  
Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska  
Politechnika Gdańska  
ul. Narutowicza 11/12  
80-233 Gdańsk  
tel.: (58) 3472200, fax.: (58) 3471670  
e-mail: jankowr@pg.edu.pl

## Recenzja

pracy doktorskiej mgr inż. Krzysztofa Neringa pt.

### **Analiza wpływu drgań i hałasu na mieszkańców w budynkach**

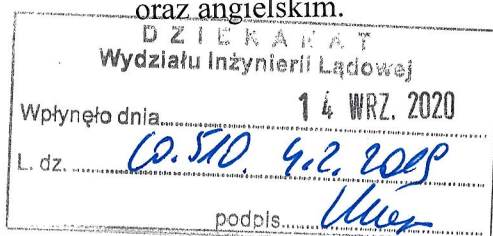
#### **1. Podstawa opracowania**

Podstawą opracowania niniejszej recenzji pracy doktorskiej jest pismo Dziekana Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej, dra hab. inż. Andrzeja Szaraty, prof. PK, z dnia 13.07.2020 i dołączona do niego rozprawa doktorska mgr inż. Krzysztofa Neringa pt. „Analiza wpływu drgań i hałasu na mieszkańców w budynkach” wykonana pod kierunkiem śp. prof. dra hab. inż. Krzysztofa Stypuły (promotor) oraz dr hab. inż. Alicji Kowalskiej-Koczwary, prof. PK (promotor pomocniczy).

#### **2. Ogólna charakterystyka pracy**

Praca dotyczy wpływu drgań i hałasu w aspekcie kryteriów komfortu wibroakustycznego ludzi przebywających w budynkach. Jej celem jest zaproponowanie kompleksowego sposobu oceny klimatu wibroakustycznego oraz przeanalizowanie istniejących metod prognozowania poziomu hałasu od drgających przegród pomieszczenia. Dysertacja ma charakter eksperymentalno-numeryczny.

Praca liczy w sumie 207 stron (179 stron bez obszernych streszczeń w języku polskim oraz angielskim) i zawiera 166 rysunków, 19 tablic, 50 ponumerowanych wzorów oraz 107 pozycji bibliografii. Napisana jest ona w języku polskim i obejmuje: spis treści, spis oznaczeń, 8 numerowanych rozdziałów (w tym wstęp, wnioski końcowe, kierunki przyszłych prac i bibliografię), spis rysunków, spis tabel, a także obszerne streszczenia w języku polskim oraz angielskim.



### 3. Treść pracy i uwagi krytyczne

#### 3.1. Rozdział 1: „Wstęp” (9 stron)

We wstępie przedstawiono wprowadzenie do zagadnienia związanego z komfortem wibroakustycznym osób przebywających w budynkach. Określono też genezę tematu, cel i zakres pracy doktorskiej, a także podano tezy rozprawy.

##### Uwagi

- Na stronie 8 podane jest odwołanie do Rys. 1.3. Tymczasem opis do tego rysunku (znaczenie krzywych  $W_b$ ,  $W_c$ ,  $W_d$ ) znajduje się dopiero w dolnej części strony 9.
- Wątpliwości budzi opis osi poziomej na Rys. 1.4 (strona 10): „Zestawienie zakresów częstotliwości do oceny hałasu niskoczęstotliwościowego”. Powinien on raczej brzmieć: „Zestawienie liczby publikacji analizujących różne zakresy częstotliwości przy ocenie hałasu”.
- Obie tezy pracy przytoczone na stronie 12 wydają się trochę oczywiste w kontekście przeglądu literatury dokonanego w rozdziale 2.
- Cel pracy, który określony został jako: „... przeanalizowanie istniejących metod pozwalających na prognozowanie poziomu hałasu towarzyszącemu drganiom i jego wpływu na komfort osób przebywających w pomieszczeniach ...” (strona 12) jest zbyt uproszczony.
- W kilku miejscach występują drobne błędy językowe, np.: „inny różne zakresy” zamiast „różne inne zakresy” (strona 9).

#### 3.2. Rozdział 2: „Stan wiedzy” (45 strony)

W rozdziale, na tle odwołania się do literatury, nakreślono obszar dotychczasowych badań związany z oddziaływaniem drgań mechanicznych i hałasu na ludzi przebywających w budynkach.

##### Uwagi

- Na stronie 16 odwołano się do wzoru (0.4), który przedstawiono dopiero na stronie 26.
- Błędnie zastosowano wyraz „ilość” zamiast „liczba” do opisu rzeczowników policzalnych, np.: „ilość cykli” zamiast „liczba cykli” (strona 20), „ilość czynników” zamiast „liczba czynników” (strona 52).

- Na stronie 36 brakuje bezpośredniego odwołania do literatury, z której zaczerpnięto wzory (0.21)-(0.23).
- W kilku miejscach występują drobne błędy językowe, np.: „jaki i in-situ” zamiast „jak i in-situ”, „dbających ochronę” zamiast „dbających o ochronę” (strona 22), „Praca ... stanowi porusza zagadnienie” zamiast „Praca ... porusza zagadnienie” (strona 23), „poprzez pomiaru in-situ” zamiast „poprzez pomiar in-situ” (strona 33), „Również kąt nachylenia ... również zmienia się” zamiast „Również kąt nachylenia ... zmienia się” (strona 37), „Analizowanym zakresem częstotliwości ... zawierał się do 250Hz” zamiast „Analizowany zakres częstotliwości ... zawierał się w przedziale do 250Hz” (strona 37), „... zestawienie obecne na Rys. 2.10” zamiast „... zestawienie przedstawiono na Rys. 2.10” (strona 38), „najniższy w niskich” zamiast „najniższy w niskich częstotliwościach” (strona 40), „łączny procent, którym przeszkadza” zamiast „łączny procent osób, którym przeszkadza” (strona 46), „W publikacja [72] jest mowa” zamiast „W publikacji [72] jest mowa” (strona 47), „W badaniu wzięło 8 mężczyzn” zamiast „W badaniu wzięło udział 8 mężczyzn” (strona 50), „kursuje wieczorem i wieczorem” zamiast „kursuje wieczorem i w nocy” (strona 58).

### 3.3. Rozdział 3: „Metodyka i program badań” (13 stron)

W rozdziale przedstawiono metodykę pomiarową oraz sposób opracowania modeli obliczeniowych. Opisano również metodykę oceny komfortu wibroakustycznego oraz program badań.

#### Uwagi

- Na stronie 65 Autor pisze: „W ramach kryterium komfortu wibroakustycznego proponuje się wprowadzania trzech klas komfortu wibroakustycznego: A, B, Z. Wartości graniczne proponowanych klas przedstawiono w Tab. 3.2”. Nasuwa się jednak kilka pytań. Dlaczego zaproponowano trzy klasy komfortu? W jaki dokładnie sposób wyznaczono wartości progowe podane w Tab. 3.2? Jak je zweryfikowano?
- W kilku miejscach występują drobne błędy językowe, np.: „pochodzącego drgań mechanicznych” zamiast „pochodzącego od drgań mechanicznych” (strona 61), „komfortu związanego z obioem drgań” zamiast „komfortu związanego z odbiorem drgań” (strona 62), „gdy poziomowi uciążliwości ... różniły się” zamiast „gdy poziomy

uciążliwości ... różniły się” (strona 64), „pozwała złapać większość mod pomieszczenia” zamiast „pozwała wyznaczyć większość mod pomieszczenia” (strona 71).

### 3.4. Rozdział 4: „Opis i wyniki przeprowadzonych pomiarów” (68 stron)

W rozdziale szczegółowo opisano badania przeprowadzone w różnych budynkach. Przedstawiono również uzyskane wyniki pomiarów hałasu, drgań oraz poziomu uciążliwości od przejeżdżających pojazdów.

#### Uwagi

- Przy obliczaniu niepewności montażu zestawu pomiarowego, Autor przyjął maksymalne wielkości niepewności cząstkowej na poziomie 5% w odniesieniu do niepewności wyznaczania punktów pomiarowych oraz niepewności montażu akcelerometru do podłoża (strona 72). Na jakiej podstawie przyjęto właśnie takie wartości?
- Z kolei, na stronie 73 Autor pisze: *„Przy obliczaniu niepewności analizy sygnału przyjmuje się dla analizy w pasmach tercjowych maksymalną wartość niepewności 2% ... Wielkość ... oszacowano na podstawie wieloletnich obserwacji wyników pomiarów i analiz wykonywanych przez Laboratorium Badania Odkształceń i Drgań Budowli popartych doświadczeniem”*. Nie kwestionując bogatego doświadczenia Laboratorium, należy zwrócić uwagę, iż użycie takiego określenia w pracy naukowej, jaką jest praca doktorska, jest mało precyzyjne. Sformułowanie to wymagałoby odniesienia do jakiejś pozycji dostępnej literatury potwierdzającej zasadność przyjęcia takiej właśnie wartości.
- Opisane w rozdziale badania wykonano na wybranym jednym piętrze każdego z wielokondygnacyjnych budynków. Czym się kierowano przy wyborze piętra, na którym przeprowadzono badania? Czy wybrane piętra można potraktować jako reprezentatywne dla całego obiektu? Czy badań nie należałoby również wykonać na innych kondygnacjach?
- W podrozdziale 4.5 dokonano oceny komfortu wibracyjnego od wymuszeń impulsowych, którymi były uderzenia lemieszem koparki o drogę gruntową. Do jakiego stopnia taki sposób wymuszenia można porównać do rzeczywistego wymuszenia w postaci przejeżdżających pojazdów?
- Uzyskane wyniki są w wielu przypadkach mocno rozrzucone (zob. np. Rys. 4.12-4.14), a jednocześnie zaproponowana przez Autora krzywa aproksymująca mocno wykracza poza zakres wyników pomiarowych. W pracy brakuje komentarza w tym zakresie.

- W kilku miejscach występują drobne błędy językowe, np.: „*Wielkość tej wartość*” zamiast „*Wielkość tej wartości*” (strona 73), „*w pomieszczeniu zlokalizowanym środkowej części*” zamiast „*w pomieszczeniu zlokalizowanym w środkowej części*” (strona 91), „*hałas ... generowany drgania przegród*” zamiast „*hałas ... generowany przez drgania przegród*” (strona 93), „*Hałas w pomieszczeniu w szczególności od drgającego stropu*” zamiast „*Hałas w pomieszczeniu generowany jest w szczególności od drgającego stropu*” (strona 93), „*oceny komfortu ludzi przebywającym w danym pomieszczeniu*” zamiast „*oceny komfortu ludzi przebywających w danym pomieszczeniu*” (strona 98).

### 3.5. Rozdział 5: „*Wyniki analizy modelu obliczeniowego*” (17 stron)

Rozdział poświęcony jest na przedstawienie wyników analiz dla różnych modeli obliczeniowych. Analizy te wykonano dla dwóch modeli uproszczonych oraz stosując model dokładny z wykorzystaniem metody elementów skończonych.

#### Uwagi

- Na stronie 141 Autor pisze: „*W modelach założono również chłonność akustyczną oszacowaną na podstawie pomiarów in-situ i normy [107]*”. Podobnie, na stronie 142 czytamy: „*Chłonność akustyczna pomieszczenia dla każdego z pasm tercjowych została określona w toku pomiarów in-situ*”. Autor nie precyzuje jednak, które dokładnie pomiary wykorzystano. Czy były to pomiary opisane w rozdział 4?
- Na stronie 142 Autor pisze: „*Drugim modelem uproszczonym jest model z wykorzystaniem współczynnika promieniowania dźwięku [8]*”. Nie podaje jednak w pracy szczegółów dotyczących tego modelu.
- Na stronie 144 (oraz podobnie na stronie 149) czytamy: „*Podparcie modelowanego pomieszczenia zrealizowano poprzez podparcie przegubowe po obwodzie stropu jak pokazano niebieską linią na Rys. 5.6*”. Autor nie uzasadnia jednak przyjęcia takich właśnie warunków brzegowych.
- Na Rys. 5.7 (strona 146) przedstawiono widok aksonometryczny modelu numerycznego. Brakuje jednak informacji w jaki sposób zweryfikowano dokładność tego modelu. Dlaczego przyjęto taki, a nie inny, rozkład elementów skończonych? Czy dalsze zagęszczenie siatki miałoby istotny wpływ na uzyskane wyniki? Jak modelowano powietrze oraz interakcję pomiędzy powietrzem a konstrukcją? Ponadto zdanie: „*Elementy trójkątne bowiem przesztynniają konstrukcję w przypadku wpływów*”

*dynamicznych*” (strona 145-146) wymagałoby odwołania się do wybranej pozycji literatury lub dalszego wyjaśnienia.

- W kilku miejscach występują drobne błędy językowe, np. „*parametry materiałowe użyte do modeli*” zamiast „*parametry materiałowe modeli*” (strona 141), „*bierze pod uwagę tylko i wyłącznie na przyspieszenia drgań*” zamiast „*bierze pod uwagę tylko i wyłącznie przyspieszenia drgań*” (strona 142), „*Różnica poziomu ciśnienia akustycznego otrzymany w punktach*” zamiast „*Różnica poziomu ciśnienia akustycznego otrzymana w punktach*” (strona 155), „*wzór 2.4*” zamiast „*wzór 0.4*” (strona 156), „*wzór 2.24*” zamiast „*wzór 0.24*” (strona 156).

### **3.6. Rozdział 6: „Wnioski końcowe” (3 strony)**

Rozdział poświęcono na podsumowanie pracy i wnioski końcowe.

#### Uwagi

- Na stronie 158 użyte jest nieprawidłowo sformułowanie „*jest nie możliwe*” zamiast „*jest niemożliwe*”.

### **3.7. Rozdział 7: „Kierunki przyszłych prac” (2 strony)**

W rozdziale opisano kierunki dalszych prac badawczych.

#### Uwagi

- Szkoda, że w rozdziale tym nie wspomniano o możliwej potrzebie przeprowadzenia badań z udziałem ludzi dla różnego czasu ekspozycji na drgania i/lub hałas (dwa oddziaływania oddzielnie oraz oba jednocześnie).

### **3.8. Rozdział 8: „Bibliografia” (6 stron)**

Przedstawiono spis cytowanej literatury (107 pozycji) uporządkowanej zgodnie z kolejnością odwoływania się do niej w tekście pracy. Dotyczy ona głównie zagadnień związanych z wpływem drgań oraz hałasu na ludzi.

## Uwagi

- Na stronie 164 w pozycji [36] błędnie zapisano nazwę czasopisma. Prawidłowa nazwa to: *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control*. Przy tej pozycji literatury nie podano również numerów stron, tj. pp. 135-141.

## **4. Ocena rozprawy**

Recenzowana rozprawa doktorska dotyczy ważnego z praktycznego punktu widzenia problemu, jakim jest ocena komfortu wibroakustycznego osób przebywających w budynkach. Pomimo, iż problem ten jest przedmiotem badań już od dłuższego czasu, jednak w ostatnim czasie badania w tym zakresie zostały znacznie zintensyfikowane. Autorską propozycję kryterium całkowitego poziomu uciążliwości poprzez jednoczesne uwzględnienie wpływu od hałasu i drań należy ocenić pozytywnie. Szkoda jednak, że zaproponowane klasy komfortu wibroakustycznego nie zostały dokładnie zweryfikowane, a podane wartości progowe wcześniej sprawdzone np. na podstawie badań z udziałem ludzi (Autor pisze o potencjalnej potrzebie badań z udziałem ludzi w rozdziale 7 jako kierunek przyszłych prac badawczych).

Pomimo pewnych uchybień, cennym fragmentem pracy jest rozdział 4 przedstawiający wyniki pomiarów hałasu i drgań przeprowadzonych wewnątrz rzeczywistych obiektów budowlanych. Oszacowane na podstawie pomiarów poziomy uciążliwości od przejeżdżających pojazdów stanowią najbardziej wartościowe wyniki zestawione w całej rozprawie.

Szereg wątpliwości budzi natomiast rozdział 5 przedstawiający wyniki analiz dla różnych modeli obliczeniowych. Brakuje tu bowiem informacji dotyczących jednego z modeli uproszczonych. Z kolei, dokładny model numeryczny nie został do końca zweryfikowany (weryfikacja na podstawie porównania częstotliwości drgań własnych stropu nie jest wystarczająca). Ponadto, rozkład elementów skończonych, zagęszczenie siatki oraz warunki brzegowe przyjęte w tym modelu wymagają wyjaśnienia. Brak jest także dokładnych informacji jak modelowano powietrze oraz interakcję pomiędzy powietrzem a konstrukcją. W pewnym sensie do niedoskonałości modeli obliczeniowych wykorzystanych w analizach przyznaje się sam Autor pisząc na stronie 158: „Wykonane modele obliczeniowe wykazały, że wyniki symulacji mogą być wyłącznie użyte w celach diagnostycznych jako metody jakościowej, lecz nie ilościowej”. Tymczasem prawidłowo zbudowane i zweryfikowane

modele obliczeniowe powinny jednak umożliwić wyznaczenie dokładnych wartości badanych parametrów niezależnie od analizowanego zagadnienia inżynierskiego.

Pomimo szeregu uwag krytycznych należy jednak uznać, że postawione w pracy cele merytoryczne zostały osiągnięte.

## 5. Podsumowanie i wnioski końcowe

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska świadczy o umiejętności formułowania i rozwiązywania przez jej Autora, mgra inż. Krzysztofa Neringa, problemów związanych z komfortem wibroakustycznym ludzi przebywających w budynkach. Praca stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Niestety zawiera ona szereg braków, uchybień i niedociągnięć. Niemniej jednak stwierdzam, że recenzowana rozprawa spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim przez Ustawę „*O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki*” (Dz. U. Nr 65, poz. 595, z dnia 14 marca 2003 roku z późniejszymi zmianami) i dlatego stawiam wniosek o dopuszczenie mgra inż. Krzysztofa Neringa do publicznej obrony pracy. Oczekuję jednak, iż podczas obrony, Autor udzieli wyczerpujących odpowiedzi na uwagi i pytania zawarte w niniejszej recenzji.

R. Janowski