Dr hab. inż. Marek Galewski, prof. Uczelni
Katedra Mechaniki i Mechatroniki

Gdańsk, dnia 21.09.2020 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej
mgr. inż. Damiana Dziedziocha
pt.: „Analysis of dynamic characteristics of conceptual vibration reduction system"

Praca wykonana na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki
Politechniki Śląskiej w Gliwicach
Promotor: dr hab. inż. Grzegorz Nowak, prof. PŚ

Podstawa oceny:
uchwała Rady Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki PŚ z 24.09.2019 oraz pismo. Prof. dr hab. inż. Ewy Majchrzak Przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna PŚ z dnia 12.08.2020 wraz z otrzymanym egzemplarzem pracy doktorskiej.

1. Dobór tematu, cel i zakres pracy
Przedmiotem przedłożonej przez mgr. inż. Damiana Dziedziocha pracy doktorskiej są badania własności dynamicznych opracowanego, autorskiego pasywnego systemu redukcji drgań należącego do grupy rozwiązań typu *Tuned Mass Damper* czyli tzw. masowego tłumika drgań. W pracy zawarto opis konstrukcji proponowanego urządzenia, jego teoretyczną i eksperymentalną analizę dynamiczną i wytrzymałościową oraz obszerne analizy dynamiczne dla trzech przypadków jego praktycznego zastosowania.
Rozpatrywane zagadnienie ma duże znaczenie praktyczne. Drgania maszyn i obiektów budowalnych (np. mostów) mogą nieść za sobą wiele niepożądanych, negatywnych następstw i dlatego opracowano wiele różnych metod ich redukcji czy eliminacji. Proponowany w pracy układ jest układem pasywnym składającym się ze sprężystej belki, do której przymocowane są zestawy płyt o odpowiednio dobranych masach. Zaletą układu są ograniczone rozmiary geometryczne, w szczególności mała wysokość, co umożliwia jego montaż pod urządzaniami z małym prześwitem nad posadzką. Ponadto, ze względu na dość prostą konstrukcję układ jest tani. Cechy te uzyskano między innymi poprzez eliminację elementów tłumiących w formie klasycznych amortyzatorów. Rolę elementów rozpraszających energię przejęły w zastosowanym systemie zjawiska tłumienia materiałowego oraz tarcia co pozwoliło uprościć konstrukcję urządzania.

Tematyka podjęta przez Doktoranta spełnia warunki znamion oryginalnego problemu konstrukcyjnego i badawczego, do którego rozwiązania niezbędna jest ogólna wiedza teoretyczna i praktyczna Kandydata w dyscyplinie naukowej „Inżynieria mechaniczna" oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy przez Doktoranta.

Tytuł pracy brzmi: „Analysis of dynamic characteristics of conceptual vibration reduction system" tj. „Analizy charakterystyk dynamicznych koncepcyjnego system redukcji drgań" i dość dobrze opisuje zawartość pracy, choć nie w pełni pokrywa się z zadeklarowanym celem pracy, który Autor przedstawił jako: „*The main aim of this dissertation is to develop and analyse a simple, effective and passive vibration-reduction system without dampers for three different types of production machines exposed to harmonic excitation*" tj.: „*Głównym celem niniejszej dysertacji jest opracowanie i analiza prostego, efektywnego i pasywnego system redukcji drgań bez [wykorzystania] [jawnych] elementów tłumiących dla trzech różnych urządzeń produkcyjnych poddanych wymuszeniu harmonicznemu*". Można więc zauważyć, że zgodnie z tematem, praca dotyczyć ma analizy charakterystyk dynamicznych systemu, natomiast nakreślony cel jest szerszy, ponieważ obejmuje również opracowanie tego systemu. Niemniej, cel został określony jasno i zrozumiale. Co jednak najważniejsze, cel został osiągnięty.

W zakres pracy wchodzą elementy, których oczekuje się od rozprawy doktorskiej tj.: wprowadzenie, przegląd literatury, przedstawienie podstaw teoretycznych metod modelowania drgań oraz tarcia, przedstawienie technik pomiaru drgań, ogólne przedstawienie metod tłumienia drgań, a następnie układów typu *Tuned Mass Damper*, przedstawienie autorskiego rozwiązania układu tłumienia drgań, symulacyjna i eksperymentalna analiza własności dynamicznych układu, symulacyjne i eksperymentalne badania skuteczności tłumienia drgań trzech różnych obiektów w postaci ram maszyn produkcyjnych, podsumowanie i wnioski.

Praca zredagowana jest w języku angielskim, liczy 216 stron i zawiera streszczenia w języku polskim angielskim i niemieckim. Zasadnicza część pracy składa się 6 rozdziałów (w tym wprowadzenie i podsumowanie) oraz załącznika. Wykaz literatury zawiera aż 210 pozycji dobranych właściwie i w zdecydowanej większości aktualnych (tj. opublikowanych w ciągu ostatnich 20 lat). Około 1/3 pozycji literaturowych to publikacje w języku angielskim z czasopism indeksowanych na liście JCR. Wykaz zawiera także znaczną liczbę wydawnictw książkowych (głównie w języku angielskim i niemieckim) renomowanych wydawnictw o charakterze naukowym, poradnikowym i podręcznikowym. Wśród cytowanych prac znaleźć można również 7 pozycji autorskich lub powstałych przy współudziale Doktoranta są to: praca magisterska Doktoranta, 1 artykuł naukowy w piśmie JCR i 5 zgłoszeń patentowych. Wszystkie pozycje z wykazu bibliograficznego zostały zacytowane w treści pracy, a liczba i umiejscowienie tych odwołań są uzasadnione i prawidłowe.

2. Ocena pracy pod względem redakcyjnym

Układ treści pracy jest prawidłowy i logiczny. Tytuły rozdziałów i podrozdziałów są zrozumiałe i odpowiadają ich zawartości. Materiał ilustracyjny dobrano właściwie do treści poszczególnych fragmentów tekstu. Język pracy (praca napisana jest w języku angielskim) jest zrozumiały i niemal całkowicie pozbawiony niedociągnięć edycyjnych co zasługuje na uznanie. Od strony graficznej praca przygotowana jest starannie i czytelnie. Jedyną uwagą może być nieumieszczenie w wielu przypadkach opisów elementów składowych rysunków złożonych z kilku pod-rysunków (np. rys. 27 a), b) itd.) przy czym odpowiednie opisy znajdują się bezpośrednio w treści pracy. Jest więc to raczej kwestia wyboru konwencji dokona przez Autora niż brak opisu jako taki.

3. Merytoryczna ocena pracy

3.1. Charakter pracy

Praca ma charakter konstrukcyjno-eksperymentalny i dotyczy zastosowania pasywnego układu redukcji drgań.

Autor przedstawił obszerny przegląd literatury dotyczącej metod redukcji drgań oraz metod pomiarów drgań. Na tej podstawie, oraz po uwzględnieniu założeń wynikających z planowanego zastosowania projektowanego układu w konkretnych przypadkach praktycznych, opracował pasywny, niskokosztowy układ o stosunkowo płaskiej, kompaktowej konstrukcji który nazwał CVRS (*Cocnceptual Vibration Reduction System*). Następnie przeprowadził symulacyjną analizę własności dynamicznych tego systemu potwierdzoną badaniami eksperymentalnymi. Najistotniejszym elementem pracy jest eksperymentalna weryfikacja skuteczności tłumienia drgań przez proponowany system po jego zainstalowaniu na trzech wybranych obiektach przemysłowych (ramach maszyn produkcyjnych). We wszystkich przypadkach uzyskano zadowalające wyniki. W szczególności na uwagę zasługuje fakt, że bez układu tłumienia drgania ram były na tyle znaczące, że nie było możliwe uzyskanie pożądanych parametrów pracy tych maszyn. Po instalacji układu tłumienia było to już możliwe. Jest to więc niewątpliwie sukces Autora pracy dowodzący, że układy takiego typu jak zaproponowany w pracy są w określonych sytuacjach wręcz niezbędne i mają ważne zastosowania aplikacyjne. Ponadto, system był przedmiotem zgłoszenia patentowego co dodatkowo wskazuje na jego dużą wartość utylitarną.
Oprócz systemu CVRS, w pracy pokrótce opisano (rozdział 4.5) także inne układy tłumienia drgań, w których opracowaniu miał udział Autor. Rozwiązania te również były objęte zgłoszeniami patentowymi.

3.2. Samodzielny i oryginalny dorobek doktoranta

Praca doktorska mgr. inż. Damiana Dziedziocha wykazuje cechy samodzielności. Wyraża się to odpowiednim doborem metod analitycznych i eksperymentalnych, przeprowadzaniu badań eksperymentalnych oraz analizie i przedstawieniu ich wyników. Istotny i oryginalny dorobek doktoranta to:

- opracowanie konstrukcji własnego, oryginalnego, niskokosztowego układu tłumienia drgań;
- eksperymentalne potwierdzenie skuteczności tłumienia drgań z wykorzystaniem opracowanego systemu na trzech wybranych obiektach przemysłowych (maszynach produkcyjnych);

Drugi z powyższych punktów, tj. praktyczne zastosowanie opracowanego urządzenia, jest najważniejszym osiągnięciem recenzowanej pracy.
W kontekście oryginalności konstrukcji systemu CVRS należy zaznaczyć, że idea wykorzystania tłumienia materiałowego oraz zjawiska tarcia do rozpraszania energii drgań w miejsce np. klasycznego amortyzatora cylindrycznego jest znana od dawna (np. pozycja [170] z bibliografii pracy, pozycja Ricciardelli, F., Vickerya B. J., *Tuned Vibration Absorbers with Dry Friction Damping* Earthquake Engng. Struct. Dyn. 28, 1999, 707-723, oraz pozycja Carmona J., Avila S., Doz G., *Proposal of a tuned mass damper with friction damping to control excessive floor vibrations*, Engineering Structures, Vol. 148, 2017, 81-100). Podobnie jest z wykorzystaniem sprężyny płaskiej zamiast np. śrubowych. W tym zakresie trudno więc mówić o oryginalności rozwiązania. Niemniej, mimo że w literaturze (w szczególności w pozycji Keinänen, J., Tammi, K., Sainio, H. *Adjustable Tuned Mass Damper Concept for a Diesel Generator*. MTZ ind 3, 2013, 44–49) znaleźć można rozwiązania o pewnym stopniu podobieństwa do rozwiązania proponowanego przez Autora, to jednak samą konstrukcję systemu CVRS w przedstawionej formie można uznać za oryginalną i autorską. Wskazane byłoby jednak, żeby Autor sam w swojej pracy bardziej wyraźnie zaznaczył oryginalność i odmienność swojego rozwiązania od innych, zwłaszcza, że system CVRS był przedmiotem zgłoszenia patentowego, które w swojej treści musiało przecież zawierać takie wskazanie.

3.3. Teza naukowa i wnioski z pracy

W przedłożonej pracy Autor sformułował następującą tezę:

„A passive and low-cost vibration reduction system without dampers can reduce vibrations of a production machine frame exposed to harmonic excitation" tj. "Pasywny i niskokosztowy system redukcji drgań bez [„jawnych"] elementów tłumiących pozwala zredukować drgania ramy urządzenia produkcyjnego narażonego na wymuszenia harmoniczne"

Teza sformułowana jest prawidłowo, jednak można ją uznać za nieco oczywistą. Pasywne systemy redukcji drgań jak i efekty ich stosowania są znane od wielu lat.

3.4. Uwagi dotyczące pracy

Uwagi zasadnicze i pytania ogólne

1. Uwagi dotyczące zgodności tematu pracy i jej deklarowanego celu zostały zawarte w części 1. niniejszej recenzji.
2. W pracy przedstawiono dwie wersje systemu CVRS, ale dla wersji z 2x1 płytami nie wykonano analiz numerycznych, a następnie nie wykonano badań eksperymentalnych praktycznej skuteczności tego rozwiązania. Byłby to interesujący materiał zapewne dokumentujący przewagę wersji systemu z 2x5 płytami nad wersją z 2x1 płytami.

   W pracy przedstawiono (rozdziały 5.3 i 7.2) tylko:
   - jeden zestaw wyników analiz numerycznych dla wersji z 2x5 płytami,
   - jeden zestaw wyników testów dynamicznych układu dla jednej konfiguracji dla wersji z 2x1 płytami,
   - jeden zestaw wyników testów dynamicznych układu dla jednej konfiguracji dla wersji z 2x5 płytami.

   Testy dynamiczne systemu CVRS (nie zainstalowanego na obiekcie) wykonano więc zarówno dla wersji z 2x1 jak i 2x5 płytami, ale tylko dla jednego ustawienia pozycji płyt. Jednocześnie Autor sam zaznacza, że poprzez zmianę pozycji płyt można dostrajać własności układu, z czego później korzysta przy badaniach eksperymentalnych układu zainstalowanego na rzeczywistych obiektach. Wskazane byłoby więc wykonać testy, a przynajmniej symulacje, np. dla dwóch skrajnych pozycji ustawienia płyt co ukazałoby jaki jest możliwy do uzyskania zakres zmian charakterystyk układu. Inny warty pogłębienia aspekt konstrukcji to analiza wpływu stopnia dokręcenia śrub mocujących płyty na efektywność tłumienia drgań, zwłaszcza, że parametr ten Autor również wskazuje jako ważny dla systemu.

   Ponadto, badania eksperymentalne wykonano tylko dla jednej konfiguracji umieszczenia wzbudnika i czujnika. Powstaje więc pytanie czy jest to wystarczające do eksperymentalnego potwierdzenia wyników symulacji, m.in. kształtu postaci drgań. Dodatkowo, Autor nie podaje, czy przeprowadzono tylko po jednej próbie badań eksperymentalnych dla opisanych przypadków czy może przeprowadzono ich więcej? Jeśli było ich więcej, to czy były powtarzalne i w jaki sposób opracowano zestawy wyników tak, by przedstawić je w formie zamieszczonej w pracy?
3. Autor dość pobieżnie przedstawia konstrukcję proponowanego systemu CVRS i w ogóle nie opisuje skąd wzięły się takie, a nie inne jego parametry. Dlaczego system ma określone rozmiary geometryczne, masy elementów itp.? Musiały przecież one wynikać choćby z wymogów konstrukcyjnych narzuconych przez urządzania, na których system później zainstalowano w praktyce. W szczególności nigdzie nie podano na jakiej podstawie dobrano masy i liczby płyt, wymiary elementu sprężystego czy odległości mocowania płyt od bazy urządzania. Parametry te powinny być przedmiotem optymalizacji lub strojenia, a przynajmniej jakiegoś opisowego uzasadnienia. Tymczasem, po przeczytaniu pracy, można odnieść wrażenie, że ich dobór mógł być przypadkowy. Oczywiście, być może dzięki odpowiedniej konstrukcji systemu niektóre z tych parametrów były „ręcznie" strojone (pośrednio sugeruje to wzmianka na str. 103) po ich montażu na konkretnych obiektach, ale brakuje odpowiedniego wyjaśnienia. W pracy naukowej wskazane

byłoby jednak użyć metod naukowych, np. wybierając odpowiednią metodę optymalizacji. Należy więc zadać pytanie: jakie wykorzystano narzędzia i metody, żeby parametry systemu dobrać tak, by był on skuteczny? Pogłębiając powyższe pytanie można je rozszerzyć o kwestię wskazania / opisania sposobu doboru nastaw systemu do konkretnych przypadków praktycznych pokazanych w rozdziałach 5.5, 5.6 i 5.8?
Jednocześnie należy w tym miejscu dodać, że w kontekście wyboru miejsca umieszczenia tłumików na poszczególnych obiektach Autor wprawdzie nie zastosował szczególnych metod doboru tych miejsc, ale przynajmniej przeprowadził stosowną dyskusję będącą odpowiednim i wystarczającym uzasadnieniem podjętych w tym zakresie decyzji.

4. W przykładach zastosowania systemu CVRS opisanych w rozdziałach 5.5 i 5.8 rysunki sugerują, że użyto innych konfiguracji systemu (innej liczby płyt) niż opisywane wcześniej wersje. W tekście obu rozdziałów nie ma o tym żadnej wzmianki ani uzasadnienia. Jedynie bardzo dokładna analiza rysunków pozwala czytelnikowi zorientować się, że badania eksperymentalne dotyczyły różnych wersji systemu, a nie tylko 2x5.
5. W pierwszej połowie pracy Autor prowadzi narrację kierującą czytelnika ku stwierdzeniu, że istotnym elementem proponowanego systemu jest wykorzystanie tłumienia materiałowego i tarcia jako zjawisk kluczowych dla tłumienia drgań co pozwoliło zbudować system, w którym nie użyto „jawnych", klasycznych tłumików drgań np. w postaci cylindrycznych amortyzatorów. Jednakże w części pracy dotyczącej prezentacji systemu i jego badań, zjawiska te nie są właściwie eksponowane. Są one jedynie sygnalizowane i to często w formie dość ogólnikowych stwierdzeń. W związku z tym, np. nie zawsze wiadomo czy zjawiska te zostały uwzględnione w symulacjach. Nie wskazano również jak je kontrolować w zamierzony sposób tak, by osiągnąć określone efekty (np. jaki wpływ ma różny stopień dokręcenia śrub mocujących płyty czy też jaki jest wpływ stanu współpracujących powierzchni płyt na tłumnie drgań). Nie wyjaśniono także dlaczego pomiędzy płytami, które przecież są skręcone śrubami, występują wzajemne przemieszczenia, a co za tym idzie – tarcie.
W szczególności:
   - We wstępie do rozdziału 5 deklarowane jest, że w systemie wykorzystuje się tłumienie materiałowe, a na str. 108 pada stwierdzenie, że wersja układu z 2x5 płytami powinna dawać lepsze rezultaty tłumienia ze względu na tarcie między płytami. W tym miejscu pracy ma to jednak tylko charakter przypuszczenia (w oryginale *„[...] 2x5 plate design version sholud exhibit some enchanced damping* [...]"), które powinno być w dalszej części pracy udowodnione i przeanalizowane. Wprawdzie na str. 113...116 Autor prezentuje dla obu wersji systemu różnice w kształtach odpowiedzi czasowych i ich widm po czym uzasadnia je właśnie wystąpieniem tarcia, to w istocie nadal można to traktować tylko jako założenie. Dopiero w dalszej części pracy zawarte są wyniki badań (str. 118), które można uznać za potwierdzenie tego założenia. Nie wskazano przy tym w jaki sposób pokazane na rys. 100 współczynniki tarcia zostały wyznaczone (patrz również uwaga 6 z części 3.4 niniejszej Recenzji). Niezależnie od powyższego, pierwszym krokiem jaki naturalnie powinien był nasunąć się Autorowi podczas prowadzenia badań powinno być wykazanie, że pomiędzy płytami występują przemieszczenia, a więc i tarcie. Warto byłoby także przeprowadzić badania efektów tłumienia drgań dla przypadków o różnych współczynnikach tarcia pomiędzy płytami.
   - Kwestię chropowatości powierzchni poruszono w rozdziale 5.4 na str. 120-121, ale poza stwierdzeniem, że może mieć ona wpływ na zachowanie systemu, ponieważ ma kluczową rolę w rozwijaniu się zjawiska tarcia, zagadnienia nie pogłębiono. W rozdziale jedynie zaprezentowano wartości R_z elementów systemu i ogólnikowo stwierdzono, że wskazane jest podniesienie chropowatości elementów będących w kontakcie.

- Dopiero na str. 148, w opisie rys 139 pojawia się ślad informacji (ale bez szerszego opisu) sugerujący, że tarcie było jednak uwzględniane przy symulacjach.
- Na str. 109 podano wartość momentu dokręcenia śrub mocujących płyty uzasadnioną odniesieniem do pozycji [204, 205] z literatury. Druga wzmianka dotycząca wpływu stopnia dokręcenia śrub pojawia się dopiero na str. 162/163 (tj. dopiero w podsumowaniu pracy (sic!)) gdzie pada stwierdzenie, że ten parametr ma wpływ na własności układu, przy czym jest to tylko stwierdzenie ogólnikowe. Naturalnym kierunkiem badań powinno być choćby sprawdzenie jak zmienią się własności systemu po mocniejszym dokręceniu lub poluzowaniu śrub.

Poza opisanymi powyżej miejscami, wykorzystanie zjawisk tłumienia materiałowego, tarcia oraz kwestie dotyczące śrub mocujących płyty nie są w rozdziale 5 szerzej poruszane, a przecież rozdział ten liczy 57 stron i jest najważniejszym rozdziałem w pracy.

Nasuwa się więc pytanie - dlaczego Autor tak pobieżnie opisuje i nie podkreśla znaczenia tak kluczowych dla swojego systemu zagadnień i dlaczego nie przebadano głębiej ich wpływu symulacyjnie i/lub eksperymentalnie? Wskazana byłaby większa „dociekliwość badawcza".

6. W rozdziale 5.3 Autor, na podstawie danych eksperymentalnych wykazuje wzrost współczynników tłumienia dla 2x5-płytowej wersji CVRS. W jaki sposób tłumienie było identyfikowane (jaką metodą)? Czy wyniki zostały uzyskane na podstawie pojedynczej czy wielu prób? Ponadto, należy zwrócić uwagę, że identyfikacja współczynnika tłumienia jest często tylko przybliżona (zwłaszcza w przypadku występowania zakłóceń pomiarowych). W niektórych metodach szacowania tłumienia nawet same parametry rejestracji drgań układu mogą mieć istotny wpływ na uzyskane wyniki. Dlatego wykazany przez Autora wzrost wartości współczynnika tłumienia rzędu np. 8% może być mniejszy niż błędy szacowania tej wartości. Ponadto, dopiero po głębszej analizie wartości z rys. 100 można wywnioskować skąd wynikają wartości średnie podane na str. 118. Powinno to być wyjaśnione.

Uwagi drugorzędne i pytania szczegółowe

Str. 22: Przytoczony przykład dotyczący mostu Tacoma Narrows Bridge jest przykładem niszczycielskiego działania drgań samowzbudnych, które w pracy nie zostały nawet wspomniane. Stąd, w mojej opinii przykład jest nieco nietrafny.

Str. 24. Na rys. 4 oznaczenia części a) i b) rysunku są małe i umieszczone w taki sposób, że trudno je zauważyć.

Str. 27: W tabeli 1 brak opisu niektórych oznaczeń. Choć są to oznaczenia powszechnie przyjęte w mechanice i fizyce to dla zachowania spójności oraz walorów edukacyjnych pracy powinny one zostać zamieszczone.

Str. 35: We wzorach w tabeli 2 część opisów jest w języku niemieckim.

Str. 53: Jaki cel przyświecał umieszczeniu w pracy rozdziału 2.9 („Analogie pomiędzy oscylacjami w układach mechanicznych i elektrycznych")? Informacje tam zawarte choć prawdziwe, to nie są w żaden sposób powiązane ani użyte w pozostałej części pracy.

Str. 71: Brak odniesienia do numeru rozdziału przy układzie Spyder 8.

Str. 73, 7. wiersz od góry: we fragmencie „...*dynamical QA-based investigation*..." – prawdopodobnie Autor miał na myśli analizy OA.

Str. 73: Wyjaśnienie przyczyn i efektów zjawisk aliasingu i przecieku widma są zbyt pobieżne i nieprecyzyjne.

Str. 97, 1. wiersz pod rys. 72: Przywołano rys 70, który nie ma związku z treścią. Czy chodziło o rys. 71?

Str. 99 i 100: Brak opisów elementów na rys. 75 i 77.

Str. 106: We fragmencie pomiędzy wzorami 62 i 63 przywołano rys. 74. Treść sugeruje, że chodzi o inny rysunek – który?

Str. 116: na rys. 97 widoczny jest wyraźny szczyt dla częstotliwości 680 Hz natomiast na rys. 84 nie ma żadnej postaci drgań zbliżonej do tej częstotliwości. Ponadto, sądząc po kształcie postaci dla 238 Hz z rys. 84, w miejscu mocowania akcelerometru postać ta powinna być tam możliwa do zaobserwowania, a na rys. 97 nie widać dla tej częstotliwości szczytu. Jak to wyjaśnić?

Str. 112, rys. 90: Przy takim „ścieśnieniu" osi czasu na prezentowanych rysunkach trudno stwierdzić, że przebiegi są takie same, jak to zadeklarował Autor, choć istotnie, mają bardzo podobną, obwiednię i bardzo podobne (choć nie identyczne) widma (rys. 92). Bardziej właściwe byłoby pokazanie np. na rysunku różnicy przebiegów lub w inny sposób wykazanie identyczności lub przynajmniej dużego podobieństwa przebiegów.

W rozdziale 5.7 Autor prowadzi analizy wytrzymałościowe systemu skupione głównie wokół wytrzymałości zmęczeniowej elementu sprężystego. Ze względu na charakter pracy systemu należałoby przeprowadzić analizy także pod kątem występowania zjawisku frettingu pomiędzy płytami.

4. Podsumowanie

Praca, a w szczególności rozdział 5, ma w znacznym stopniu charakter raczej sprawozdawczy. Szczególnie brakuje w niej głębszej analizy i badania zachowania przedstawianego systemu pod kątem sprecyzowania wpływu poszczególnych zjawisk, wskazywanych jako kluczowe dla jego działania. Brakuje w niej również uzasadnienia wielu wyborów podjętych przez Autora w kontekście zarówno samej konstrukcji systemu CVRS jak i doboru jego nastaw dla konkretnych przypadków praktycznych.

Niemniej, docenić należy autorski wkład w projekt urządzenia, a zwłaszcza jego eksperymentalną weryfikację w zastosowaniu do trzech odmiennych od siebie, rzeczywistych przykładów ram urządzeń. Ukazane zostały wyraźnie utylitarne zalety, aplikacyjność i faktyczna skuteczność proponowanego rozwiązania w rzeczywistych warunkach przemysłowych. Jednocześnie proponowany system ma prostą, stosunkowo kompaktową i tanią konstrukcję co stanowi jego dodatkowe atuty.

Należy także zwrócić uwagę, że temat pracy jest sformułowany jako „Analizy charakterystyk dynamicznych koncepcyjnego system redukcji drgań" i rzeczywiście, w pracy ten aspekt, zwłaszcza rozumiany jako analiza wpływu systemu na charakterystyki całego układu podlegającego drganiom jest wiodący. Szkoda jednak, że Autor skupiając się na tym wątku zmarginalizował inne kwestie dotyczące proponowanego rozwiązania. Ich opisanie zdecydowanie podniosłoby wartość pracy i w pełni wykazało dojrzałość naukową Autora.

Wierzę, że Autor pracy wyjaśni moje wątpliwości w obszernej odpowiedzi na niniejszą recenzję.

5. Wniosek końcowy

W podsumowaniu recenzji, mimo licznych uwag, stwierdzam, że oceniana praca mgr. inż. Damiana Dziedziocha spełnia w podstawowym stopniu minimalne wymagania stawiane rozprawom doktorskim w myśl art. 13 ust. 1 Ustawy z dnia 14.03.2003 r. *o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki* (Dz.U. z dnia 21.06.2016r. poz. 882)

Wnioskuję o dopuszczenie pracy jako rozprawy doktorskiej do publicznej obrony.

Z wyrazami szacunku

M. Galewski

dr. hab. inż. Marek Galewski, prof. Uczelni