

Przebiegło
Wydziału Budownictwa i Architektury
dr hab. inż. Maria Kalczyńska, prof. ZUT

Prof. dr hab. inż. Piotr Konderla
Politechnika Wroclawska

Zachodniopomorski Uniwersytet
Technologiczny w Szczecinie

03. 02. 2020

DZIAŁ NAUKI
WPŁYNĘŁO

Wrocław, dnia 25.01.2020 r.

PROREKTOR
ds. Nauki
prof. dr hab. inż. Jacek Przepiórski

Recenzja osiągnięć naukowo-badawczych, aktywności naukowej oraz dorobku dydaktycznego dra inż. Tomasza Wróblewskiego

1. Podstawa opracowania recenzji

Recenzję opracowałem na podstawie pisma Prorektora ZUT w Szczecinie prof. dr hab. Jacek Przepiórskiego z dnia 28.11.2019r. Dokumentacja opracowana przez Habilitanta i dołączona do wniosku obejmowała:

- Monografia habilitacyjna: Wróblewski T.: *Zastosowanie metody sztywnych elementów skończonych do oceny charakterystyk dynamicznych płytowo-belkowych układów konstrukcyjnych*. Szczecin, Wydawnictwo Uczelniane Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, 2019, ISBN 978-83-7663-284-1,
- Odpis dyplomu uzyskania stopnia naukowego doktora nauk technicznych,
- Autoreferat w języku polskim i angielskim,
- Wykaz opublikowanych prac naukowych lub twórczych prac zawodowych oraz informacja o osiągnięciach dydaktycznych, współpracy naukowej i popularyzacji nauki,
- Wykaz publikacji naukowych w czasopismach znajdujących się w bazie JCR wraz z re-printami i oświadczeniami współautorów.
- Zaświadczenia, certyfikaty, dyplomy, etc

Podstawą prawną opracowania recenzji była Ustawa z dnia 14 marca 2003 r. *o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki*, Dz.U., 2003.65.595, oraz Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011r. *w sprawie kryteriów ocen osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego*, Dz.U. 2011.196.1165.

2. Sylwetka Habilitanta

Dr inż. Tomasz Wróblewski urodził się 24.07.1977r. w Kaliszu Pomorskim. Studia na Wydziale Budownictwa i Architektury Politechniki Szczecińskiej ukończył w 2001 na kierunku *budownictwo* uzyskując tytuł magistra inżyniera. Tematem pracy magisterskiej była: *Analiza statyczno-wytrzymałościowa ustroju nośnego wieloprzęsłowego sprężonego wiaduktu zespolonego*.

W latach 2001-2005 był uczestnikiem studiów stacjonarnych III stopnia prowadzone na Wydziale Mechanicznym Politechniki Szczecińskiej.

Stopień doktora nauk technicznych uzyskał 29.06.2006r. na Wydziale Budownictwa i Architektury Politechniki Szczecińskiej na podstawie pracy doktorskiej pt. „*Ocena właściwości dynamicznych belek zespolonych*”. Promotorem pracy doktorskiej był prof. Stefan Berczyński.

Habilitant pracę w Katedrze Teorii Konstrukcji na Wydziale Budownictwa i Architektury

Politechniki Szczecińskiej rozpoczął już w trakcie studiów w roku 2000, gdzie na stanowisku asystenta stażysty pracował do roku 2001. Ponownie na Wydziale został zatrudniony w roku 2004 i pracuje do dnia dzisiejszego kolejno na stanowiskach asystenta i adiunkta. W roku 2016 został kierownikiem Zakładu Teorii Konstrukcji

3. Recenzja pracy habilitacyjnej

3.1. Krytyczny przegląd treści rozprawy

Praca habilitacyjna stanowi monografia pt. „*Zastosowanie metody sztywnych elementów skończonych do oceny charakterystyk dynamicznych płytowo-belkowych układów konstrukcyjnych.*” wydana przez Wydawnictwo Uczelniane ZUT w 2019 r. Rozprawa o objętości 152 strony zawiera 7 rozdziałów, dwa dodatki oraz bibliografię obejmującą 165 pozycje literatury. W zakończeniu rozprawy załączone są streszczenia w języku angielskim i niemieckim.

Z uwagi na zakres merytoryczny opracowania, praca mieści się w dyscyplinie naukowej *budownictwo*.

Tytuł pracy jest zgodny z tematyką samej rozprawy.

Przedmiotem badań habilitanta jest dosyć wąska klasa konstrukcji, a mianowicie belki, płyty oraz układy płytowo-belkowe. W pracy układy płytowo-belkowe określa się terminem *płyty usztywnione belkami* co w mojej opinii nie jest terminem trafny. W praktyce inżynierskiej układy te występują pod nazwą układów płytowo-żebrowych, gdzie żebra są często głównymi elementami nośnymi całego układu. Termin *płyty usztywnione belkami* może sugerować, że żebra są jedynie podrzędnym elementem całego układu.

Badania naukowe dotyczyły modelowania układów płytowo-belkowych pod kątem wyznaczenia charakterystyk dynamicznych układu, przede wszystkim wyznaczenia częstotliwości i form drgań własnych układu. Modelowane i analizowane były drgania swobodne konstrukcji bez tłumienia i z uwzględnieniem tłumienia.

W badaniach Habilitant stosował całe spektrum metod wyznaczenia charakterystyk dynamicznych: metody analityczne, metody numeryczne oraz badania doświadczalne. Główną uwagę skierował na metodą sztywnych elementów skończonych (krótka metoda SES). Metoda ta, w zasadzie dedykowana do analizy układów złożonych z elementów sensu stricto sztywnych połączonych wiskospężystymi łącznikami, jest tutaj adaptowana do analizy ciągłych układów odkształcalnych. W pracy starano się wykazać, że metoda SES jest efektywną numeryczną metodą analizy dynamicznej przedmiotowych klas konstrukcji, która nie ustępuje klasycznej metodzie elementów skończonych (MES) a pod pewnymi względami ją przewyższa.

Trzy pierwsze rozdziały są wprowadzeniem do zagadnienia. Na tle przeglądu literatury formułowane zostały cele pracy i uzasadnienie podjęcia się tych badań, co zostało ujęte następująco: *Celem pracy była ocena możliwości zastosowania metody sztywnych elementów skończonych do analizy właściwości dynamicznych płytowo-belkowych ustrojów konstrukcyjnych z uwzględnieniem specyfiki konstrukcji używanych w budownictwie.* Główną uwagę skierowano na analizę dynamiczną zespolonych konstrukcji stalowo-betonowych.

Cel pracy został sformułowany bardzo ogólnie w zdaniu, które określa w zasadzie zakres a nie cel badań naukowych. Metoda SES jest metodą znaną od dawna i bez specjalnych badań naukowych można postawić tezę, że można ją stosować do modelowania zachowania dynamicznego praktycznie każdej typowej konstrukcji budowlanej. Kwestią otwartą jest celowość i efektywność stosowania tej metody w stosunku do innych znanych metod analizy zagadnienia.

Rozdział 4 poświęcony jest modelowaniu belek, płyt i układów płytowo-belkowych w konwencji SES. W monografii stosowano generalnie standardowy model dyskretny metody SES – modelem konstrukcji odkształcalnej o ciągłym rozkładzie masy jest układ złożony z nieodkształczanych brył zwanych SES połączonych elementami sprężysto-tłumiącymi (EST). Habilitant swoje badania układów płytowo-belkowych skoncentrował na konstrukcjach zespolonych i do standardowego algorytmu metody wprowadził kilka oryginalnych elementów:

- modyfikacja połączenia SES belki dwuteowej – zastąpienie jednego elementu EST trzema elementami EST na poziomie środka i 2-ch pasów,
- modyfikacja EST w modelu płyty poprzez wprowadzenie dodatkowego stopnia swobody – obrotu na kierunku osi Z; tego typu modyfikację stosuje się również w modelowaniu płyty MES,
- opracowanie oryginalnych metod wyznaczania parametrów sztywności EST połączenia zespolonego belki stalowej i płyty betonowej.

Punktem wyjścia modelu dyskretnego SES był model belki Timoshenki oraz model płyty średniej grubości Reissnera-Mindlina. W obu modelach uwzględniana jest sztywność ścinania. W pracy poświęcono wiele uwagi wyznaczaniu sztywności ścinania EST.

Sformułowany model dyskretny SES służył do analizy drgań własnych swobodnych i tłumionych.

Rozdział 5 zawiera wyniki i omówienie weryfikacji modeli SES. Częstości drgań własnych wybranych konstrukcji otrzymanych metodą SES porównywano z rozwiązaniami analitycznymi, numerycznymi MES i badaniami doświadczalnymi. Weryfikacje zostały wykonane dla belki stalowej kilku prostych schematów belek, płyt i układów płytowo-żebrowych. Miarą ilościową różnic wyników uzyskanych pomiędzy SES a wynikami uzyskanymi innymi metodami były różnice względne poszczególnych częstotliwości.

Interesującym i wartościowym elementem weryfikacji były badania doświadczalne belki stalowej podwieszanej swobodnie na dwóch cięgnach oraz podobne badania modelowe płyty żelbetowej podwieszanej swobodnie na czterech cięgnach. W badaniach doświadczalnych realizowane były drgania swobodne tłumione, w związku z tym równania modelowania numerycznego musiało zawierać składnik związany z tłumieniem. Parametry tłumienia oraz parametry sztywności płyty o obliczeniach numerycznych były określane na drodze identyfikacji – porównania wyników numerycznych z wynikami badań doświadczalnych. Tą drogą uzyskano dobrą zgodność wyników doświadczalnych i numerycznych.

Technika dopasowania wyników eksperymentalnych i numerycznych poprzez identyfikację parametrów modelu numerycznego jest skuteczna, ale nie można na jej podstawie wyciągać zbyt daleko idących wniosków co do poprawności samego modelu numerycznego jak to zapisano na str. 90: *Stopień dopasowania przebiegów FRF należy uznać za bardzo dobry, co świadczy o tym, że opracowana technika modelowania może być z powodzeniem stosowana nie tylko do zagadnień drgań własnych, ale również w trakcie analizy drgań wymuszonych z uwzględnieniem tłumienia.* Dopasowanie wyników było niejako *wymuszone* poprzez odpowiedni dobór parametrów. Nie można przesądzić, czy dobrane parametry są uniwersalne i zapewniają poprawność rozwiązania w przypadku innych zadań. Jeżeli parametry modelu numerycznego zostały wyznaczone z wykorzystaniem wyników badań doświadczalnych to te same badania doświadczalne nie mogą być weryfikacją poprawności samego modelu.

Ostatnią elementem badań była belka zespolona stalowo-betonowa, gdzie głównym problemem technicznym, jak również teoretycznym, jest element zespolenia obu części konstrukcji. Badania teoretyczne i doświadczalne koncentrowały się głównie na modelowaniu połączenia w

zależności od zastosowanych łączników elementu stalowego z płytą betonową.

Kolejny 6-ty rozdział monografii zawiera wyniki analiz dwóch konstrukcji: stropu płytowo-żebrowego oraz jednotorowego mostu kolejowego. Obie konstrukcje złożone są z elementów zespolonych. Z jednej strony przykłady te posłużyły do weryfikacji opracowanych algorytmów analizy dynamicznej przy użyciu SES, z drugiej strony badano wpływ zespolenia elementów składowych konstrukcji na zmianę rozkładu częstotliwości drgań własnych konstrukcji.

3.2. Ocena pracy habilitacyjnej

Generalnie pracę habilitacyjną oceniam pozytywnie. Habilitant starał się udowodnić, że metoda SES jest skuteczną i efektywną metodą numeryczną analizy dynamicznej określonej klasy konstrukcji powszechnie stosowanych w budownictwie. Do wykazania słuszności postawionej tezy Habilitant stosuje szeroki warsztat badawczy tak w zakresie modelowania matematycznego jak również wykonując oryginalne i złożone badania eksperymentalne.

W mojej ocenie pewnym mankamentem pracy jest wybór samej tematyki badań naukowych. Metoda SES nie mieści się obecnie w głównym nurcie badań naukowych zastosowań metod numerycznych do analizy konstrukcji budowlanych, a takie konstrukcje są przedmiotem analiz habilitanta. Metoda SES była intensywnie rozwijana w latach 70-tych ubiegłego wieku, równoległe z MES. Z uwagi na ograniczoną moc obliczeniową ówczesnych komputerów, metoda SES była atrakcyjna ze względu na znaczną redukcję parametrów zadania w stosunku do MES przy jednoczesnej porównywalnej dokładności wyników dla celów inżynierskich. Obecnie moc obliczeniowa współczesnych komputerów nie jest ograniczeniem w technicznych analizach konstrukcji, stąd metoda SES przestała być atrakcyjna i nie doczekała się poważniejszych aplikacji w komercyjnych systemach analizy konstrukcji.

Mimo powyższych zastrzeżeń zgadzam się z Habilitantem, że istnieją określone obszary techniki, gdzie metoda SES może być konkurencyjna w stosunku do innych popularnych metod numerycznych. Takimi obszarami zastosowań mogą być między innymi konstrukcje poddawane zmiennym obciążeniom dynamicznym, w których stosowane są tłumiki drgań. Metoda SES może służyć nie tylko do optymalnej lokalizacji tych tłumików, jak to zauważono w podsumowaniu monografii, ale również może być elementem sterowania monitoringiem „inteligentnych” tłumików reagujących na obciążenia w czasie rzeczywistym. Relatywnie krótki czas obliczeń i niewielkie zapotrzebowanie sprzętowe stwarzają potencjalne możliwości zbudowania efektywnego systemu monitoringu. Drugim obszarem efektywnego zastosowania metody SES, wymienionym w monografii, są zagadnienia detekcji uszkodzeń.

Zamieszczona bibliografia jest obszerna i wydaje się być reprezentatywna w stosunku do literatury naukowej przedmiotu badań. Liczba cytowań własnych prac wskazuje, że praca habilitacyjna jest podsumowaniem wieloletnich badań naukowych Habilitanta.

Metoda SES jako metoda numerycznej analizy konstrukcji jest znana i rozwijana z różnicowaną intensywnością od kilkudziesięciu lat. Zdaniem Habilitanta, z którym mogę się zgodzić, wprowadził on do metody szereg elementów oryginalnych, w tym

- opracowanie alternatywnego sposobu rozmieszczania elementów sprężysto-tłumiących EST łączących sztywne elementy skończone SES w stosunku do standardowych procedur;
- modyfikacja techniki modelowania płyt prostokątnych dyskretyzowanych dwukierunkowo poprzez zastosowanie sztywnych elementów skończonych o sześciu stopniach swobody łączonych za pomocą EST o zadanych charakterystykach sztywności na kierunku każdego ze stopni swobody;
- opracowanie techniki modelowania połączenia podatnego i sztywnego stalowo-

betonowych konstrukcjach zespolonych stosowanych powszechnie w budownictwie.

Habilitant jest autorem szeregu programów komputerowych analizy określonych klas konstrukcji będących przedmiotem badań. Dużo uwagi poświęcił weryfikacji i walidacji tych programów, w szczególności została wykonana

- weryfikacja oprogramowania poprzez porównanie wyników analizy metodą SES ze znanymi rozwiązaniami analitycznymi;
- weryfikacja oprogramowania poprzez porównanie wyników analizy metodą SES z wynikami uzyskanymi za pomocą MES;
- walidacja oprogramowania poprzez porównanie wyników analizy metodą SES z wynikami własnych badań doświadczalnych.

Podsumowując stwierdzam, że praca habilitacyjna jest znaczącym osiągnięciem naukowym Habilitanta. W mojej opinii oryginalnym wkładem osiągnięć naukowych Habilitanta w dyscyplinę budownictwa jest:

- **rozwój metody sztywnych elementów skończonych prowadzący do zwiększenia efektywności zastosowanie tej metody w analizach dynamicznych konstrukcji, między innymi analizach konstrukcji płytowo-żebrowych stosowanych w budownictwie,**
- **potwierdzenie, poprzez szerokie testy weryfikacyjne, że autorskie oprogramowanie metody SES jest skutecznym i wiarygodnym narzędziem analizy dynamicznej konstrukcji dla określonych klas zagadnień mogące w wielu przypadkach konkurować skutecznie z MES.**

4. Ocena aktywności naukowej Habilitanta

Na dorobek naukowy dr inż. Tomasza Wróblewskiego składa się

- ◆ monografia habilitacyjna,
- ◆ 7 artykułów w czasopismach znajdujących się w bazie JCR,
- ◆ 12 artykułów w czasopismach, innych niż znajdujących się w bazie JCR, punktowanych przez MNiSzW,
- ◆ 12 rozdziałów w monografiach,
- ◆ 3 patenty,
- ◆ 26 prac opublikowanych w materiałach konferencji krajowych i międzynarodowych.

Spośród wymienionych publikacji 17 artykułów (85%), 8 rozdziałów monografii (66%) oraz 20 referatów konferencyjnych (77%) zostało opublikowane po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych.

W całym dorobku naukowym Habilitanta tylko 4 prace są pracami indywidualnymi: monografia habilitacyjna, 1 artykuł w czasopiśmie *Obiekty Inżynierskie* oraz 2 prace opublikowane w materiałach konferencyjnych. Większość swoich prac naukowych Habilitant opublikował przy współautorstwie prof. Stefana Berczyńskiego, swojego promotora pracy doktorskiej. W artykułach współautorskich udział Habilitanta jest znaczący i w każdym przypadku co najmniej proporcjonalny do liczby współautorów.

W publikacjach Habilitanta dominującymi tematami są:

- analiza właściwości dynamicznych i statycznych konstrukcji, głównie zespolonych,
- badania doświadczalne konstrukcji płyt, belek zespolonych stalowo-betonowych oraz mostów zespolonych,
- badania zjawiska międzymodalnego transferu energii w kontekście lokalizacji uszkodzeń.

Badania naukowe Habilitanta obejmują stosunkowo wąski tematycznie obszar badań, stąd rozdzielenie osiągnięcia naukowego jaką jest praca habilitacyjna od pozostałego dorobku naukowego nie jest łatwe i oczywiste. Szereg publikacji deklarowanych jako „nie wchodząca w skład osiągnięcia naukowego” jest w części przytaczana w pracy habilitacyjnej. Przykładem może być artykuł Berczyński S., Wróblewski T.: *Vibration of steel-concrete composite beams using the Timoshenko beam model*. Journal of Vibration and Control, którego duże fragmenty zamieszczone są w pracy habilitacyjnej

Na uwagę zasługują oryginalne badania Habilitanta związane z badaniami doświadczalnymi, które realizowane były w ramach projektów badawczych (art. II.A.2). Wyniki tych badań służyły głównie do weryfikacji modeli konstrukcji oraz do identyfikacji parametrów tych modeli (art. II.A.5, II.A.7).

Znaczące wyniki Habilitant uzyskał w badaniach zjawiska międzystrefowego transferu energii oraz wykorzystaniu tego zjawiska do lokalizacji uszkodzeń (art. II.A.3, II.A.4, II.A.6).

W ostatnich latach Habilitant podjął badania naukowe w zespole prof. M.Kaszyńskiej dotyczących technologii druku 3D elementów betonowych, których efektem są 2 współautorskie artykuły (art. II.E.11, II.E.12).

Wskaźniki bibliometryczne dorobku Habilitanta:

- ◆ Sumaryczny *impact factor* publikacji naukowych według listy Journal Citation Reports (JCR) wynosi 5,203.
- ◆ Liczba cytowań publikacji wg bazy Web of Science wynosi 64, wg bazy Scopus 75, a wg Google Scholar - 112.
- ◆ Indeks Hirscha opublikowanych prac wg bazy Web of Science wynosi 3, według bazy Scholar – 3, a wg Google Scholar – 4.
- ◆ Liczba punktów MNiSzW uzyskana za publikacje naukowe sumarycznie wynosi 417 (brak informacji o liczbie punktów z uwzględnieniem procentowego udziału Habilitanta w publikacjach).
- ◆ Habilitant kierował jednym projektem badawczym jako główny wykonawca i ośmiokrotnie brał udział w projektach badawczych jako wykonawca.
- ◆ Dr inż. Tomasz Wróblewski otrzymał 2 nagrody Rektora PSz oraz 2 nagrody Rektora ZUT za osiągnięcia naukowe.

W podsumowaniu stwierdzam, że dorobek naukowo-badawczy Habilitanta jest znaczący, merytorycznie stojący na wysokim poziomie. Siedem artykułów, których Habilitant jest współautorem zostało opublikowane w renomowanych czasopiśmie z listy JCR. Na uwagę zasługuje stosunkowo wysokie wskaźniki bibliometryczne. Słabą stroną dorobku Habilitanta jest bardzo mały liczbowo udział prac indywidualnych.

5. Ocena w zakresie dorobku dydaktycznego popularyzatorskiego i współpracy międzynarodowej

- ◆ Dr inż. Tomasz Wróblewski od roku 2007 6-ciokrotnie był członkiem Komitetu Organizacyjnego Konferencji Naukowo-Technicznej Awaryjne Budowlane. W ostatniej edycji w roku 2019 konferencja miała rangę międzynarodową, w której Habilitant pełnił funkcję Sekretarza KN.
- ◆ Habilitant 3-krotnie był opiekunem pracy dyplomowej studentów na macierzystym Wydziale ZUT.
- ◆ Był 4-krotnie promotorem pomocniczym w przewodach doktorskich: Małgorzaty Jarosiń-

skiej, Małgorzaty Abramowicz, Agnieszki Pełka-Sawenko i Krzysztofa Wierzbickiego.

- ◆ Habilitant aktywnie prowadzi działalność inżynierską w obszarze budownictwa. Wykonał łącznie 111 opracowań technicznych takich jak ekspertyzy, opinie techniczne, projekty techniczne. Zdecydowana większość projektów technicznych dotyczyła rusztowań.
- ◆ Habilitant był recenzentem 1-go artykułu w czasopiśmie Journal of Vibration and Control i 3-ch artykułów do wydawnictwa MATEC Web of Conferences.

W podsumowaniu pozytywnie oceniam osiągnięcia dr inż. Tomasza Wróblewskiego w zakresie działalności organizacyjnej, kształcenia młodej kadry jako promotora pomocniczy oraz współpracy z przemysłem. Jednocześnie należy odnotować małą aktywność Habilitanta w kontaktach z naukowymi ośrodkami zagranicznymi.

6. Końcowy wniosek

W podsumowaniu recenzji stwierdzam, że praca habilitacyjna i dorobek naukowy Habilitanta spełniają w stopniu dostatecznym wszystkie wymagania stawiane osobom ubiegającym się o stopień naukowy doktora habilitowanego w myśl Ustawy „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” z roku 2003.

W szczególności praca habilitacyjna jest oryginalnym osiągnięciem Habilitanta i stanowi znaczący wkład naukowy w dyscyplinę naukową *budownictwo*. Jego działalność naukowo-badawcza, dorobek dydaktyczny oraz współpraca z przemysłem są znaczące i zauważane w środowisku naukowym. Habilitant wykazał, że dysponuje dobrym warsztatem naukowym.

W związku z powyższym popieram wniosek dra inż. Tomasza Wróblewskiego przyznania mu stopnia doktora habilitowanego nauk technicznych w dyscyplinie budownictwo.

