

Przyjmuję pod względem formalnym



Prof. dr hab. inż. Leszek Małyszko
Katedra Mechaniki i Konstrukcji Budowlanych
Wydział Geoinżynierii
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Recenzja osiągnięć naukowych dr inż. Anny Al Sabouni-Zawadzkiej
w związku z postępowaniem w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego
w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport

1. Uwagi wstępne

Rada Naukowa Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Warszawskiej powołała Komisję Habilitacyjną w pełnym składzie szóstego czerwca na mocy uchwały nr 743/2023, w tym mnie jako recenzenta z wyznaczenia przez Radę Doskonałości Naukowej. Stosowne dokumenty otrzymałem 26 czerwca. Kandydatka do stopnia doktora habilitowanego nie ubiegała się uprzednio o jego nadanie. Przygotowała materiały w postaci elektronicznej zgodnie z wymaganiami określonymi w art. 219 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce – w tym autoreferat i wykaz osiągnięć naukowych, publikacje wraz z oświadczeniami o wkładzie merytorycznym współautorów oraz zaświadczenia, zawierające informacje o odbytych kursach i szkoleniach. Kandydatka zgłosiła dwa osiągnięcia naukowe, składające się z publikacji w języku angielskim:

- książkę wydaną przez wydawnictwo z grupy *Taylor & Francis* w 2023 r. jako materiał typu *camera-ready copy*, której jest jedyną autorką oraz
- cykl ośmiu publikacji, składający się z jednego artykułu z 2014 r. napisanego samodzielnie i siedmiu artykułów z lat 2013-2021 napisanych wspólnie z promotorem rozprawy doktorskiej.

2. Sylwetka kandydatki

Pani Anna Al Sabouni-Zawadzka, rocznik 1987, ukończyła na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej studia z wyróżnieniem na kierunku budownictwo - stopnia pierwszego i drugiego w 2010 i 2012 roku - aktywnie uczestnicząc w dodatkowych, krajowych i zagranicznych szkoleniach i kursach w ramach studenckiego koła naukowego. W 2016 roku ukończyła studia doktoranckie w Instytucie Dróg i Mostów wydziału, jednocześnie pracując na stanowisku asystenta, najpierw na pół etatu, a od listopada 2014 roku na całym etacie. Rada Wydziału Inżynierii Lądowej nadała jej 23 listopada 2016 roku stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie budownictwo. Rozprawa doktorska pod promotorstwem prof. Wojciecha Gilewskiego pt. *Studium możliwości zastosowania konstrukcji inteligentnych w budownictwie mostowym* została wyróżniona i nagrodzona indywidualną nagrodą Rektora. W rozprawie kandydatka zajmowała się analizą statyki modułów i konstrukcji tensegrity za pomocą komercyjnego programu MES oraz ich porównaniem na podstawie własnego oprogramowania w środowisku Mathematica.

Po obronie kontynuowała pracę w Instytucie Inżynierii Budowlanej wydziału, od lutego 2017 roku na stanowisku adiunkta na umowie na czas nieokreślony. Obecnie jest zatrudniona w Zakładzie Budownictwa Ogólnego kierowanym przez promotora.

W 2021 roku kandydatka została członkiem Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport oraz otrzymała stypendium dla młodych naukowców za osiągnięcia naukowe z lat 2018-2021, a także nagrodę zespołową Rektora za osiągnięcia naukowe w latach 2019-2020.

3. Ocena cyklu publikacji

Zgłoszony przez kandydatkę cykl ośmiu publikacji pt. *Konstrukcje inteligentne i metody ich oceny* składa się z czterech artykułów opublikowanych po i czterech przed uzyskaniem stopnia doktora. Publikacje są bezpośrednio związane z konstrukcjami tensegrity i problemami badawczymi omawianymi zarówno w monografii, jak i rozprawie doktorskiej. Skupiając się na pracach po doktoracie, omawiam je w kolejności chronologicznej, zamieszczając w numerowanych nawiasach ewentualne uwagi szczegółowe, wynikające z niedokładnych lub niejasnych sformułowań, w tym o charakterze krytycznym.

- Artykuł kandydatki z promotorem pt. *Inherent Properties of Smart Tensegrity Structures* (Immanentne właściwości inteligentnych konstrukcji tensegrity) został opublikowany w czasopiśmie *Applied Sciences* wydawnictwa MDPI w 2018 r.

Artykuł bazuje na pracach sprzed uzyskania stopnia doktora, zgłoszonych w cyklu osiągnięć naukowych. Są to m.in. samodzielny artykuł z 2014 r. pt. *Active Control of Smart Tensegrity Structures* (Aktywna kontrola inteligentnych konstrukcji tensegrity) z czasopisma *Archives of Civil Engineering* PAN oraz artykuł promotora z kandydatką z 2015 r. pt. *On possible applications of smart structures controlled by self-stress* (O możliwych zastosowaniach konstrukcji inteligentnych kontrolowanych samonapężeniem) z czasopisma *Archives of Civil and Mechanical Engineering* wydawnictwa Elsevier.

W omawianym artykule z 2018 r. kandydatka jest pierwszą oraz wyłączną autorką obliczeń numerycznych. Autorzy zamieścili na rysunkach wybrane wyniki analizy równowagi statycznej trzech, przykładowych konstrukcji o cechach tensegrity, przeprowadzonej za pomocą komercyjnego programu metody elementów skończonych w wersji edukacyjnej. Poczynając od belki swobodnie podpartej, obciążonej w środkowym przegubie siłą poprzeczną, której równowaga jest stabilizowana rozciągającą siłą osiową, poprzez moduł *Simplex* skręcany w płaszczyźnie górnego trójkąta, do płytowej struktury składającej się z 14 modułów *Simplex*, obciążonej w węzłach prostopadle do górnej powierzchni. Autorzy przyjmując jeden stan samonapężenia, zilustrowali jego wpływ na wybrane przemieszczenie i siły w cięgnach, przy czym obliczenia wykonano zarówno z uwzględnieniem sztywności geometrycznej, jak i geometrycznej nieliniowości. Potwierdził się spodziewany wniosek, że konstrukcja się usztywnia wraz ze wzrostem poziomu samonapężenia oraz wraz ze wzrostem obciążenia zewnętrznego bez dodatkowych operacji zewnętrznych, co zdaniem autorów świadczy o inteligencji konstrukcji i jest możliwe z uwagi na obecność mechanizmów infinitezymalnych i stanów samonapężenia. Wykonano także analizę równowagi konstrukcji tensegrity z symulowaną utratą cięgna bez efektów dynamicznych.

(U1) Artykuł ma charakter naukowo-popularyzacyjny i powtarza w znacznej części wcześniejsze prace. Chociaż sprawne wykonanie obliczeń w zakresie geometrycznej nieliniowości wymaga zaawansowanej wiedzy, trudno się w artykule dopatrzeć osiągnięcia naukowego, poza propozycją ewentualnej klasyfikacji wybranych struktur tensegrity.

- Artykuł kandydatki z promotorem pt. *Soft and Stiff Simplex Tensegrity Lattices as Extreme Smart Metamaterials* (Podatne i sztywne simpleksowe siatki tensegrity jako ekstremalne metamateriały inteligentne) został opublikowany w czasopiśmie *Materials* wydawnictwa MDPI w 2019 r. W tym piętnastostronicowym artykule kandydatka jest pierwszą autorką, wykonała obliczenia numeryczne oraz jest współtwórcą hipotezy badawczej.

Autorzy porównują za pomocą tzw. modelu ciągłego trzy modularne siatki struktury tensegrity zbudowane czterech lub ośmiu 4-zastrzałowych modułów *Simplex* o różnych wysokościach, tzw. superkomórkę regularną, wysoką oraz niską. Każdej superkomórce przypisali ortotropową macierz sztywności materiału ciągłego, bez przekonującego wyjaśnienia co do głównych osi ortotropii. Macierz sztywności uzależnili od parametrów (k) i (σ) związanych ze sztywnością prętów i z samonapężeniem charakteryzujących superkomórki. Dla każdej z siatek autorzy porównali rozkład wartości własnych macierzy sztywności oraz wektorów własnych dla parametrów (k) i (σ), przy których najniższa wartość własna jest bliska zeru. W porównaniu wykorzystali terminologię z pracy z 1995 r. Milтона G.W. i Cherkaeva A.V. pt. *Which Elasticity Tensors are Realizable?*

(U2) Moduł *Simplex* ma jeden stan samonapężenia, należy się jednak spodziewać, że konstrukcja powtarzalna z niego zbudowana powinna mieć ich więcej. Jak wybrano jeden stan samonapężenia superkomórki autorzy nie podają. Ta uwaga odnosi się także do poprzedniego artykułu.

(U3) W dodatku do artykułu autorzy zamieścili przykład walidacji modelu ciągłego na podstawie przestrzennej kratownicy o 24 stopniach swobody wpisanej w sześciąt. Walidacja jest niepełna i mało czytelna z uwagi na niejasny sposób podparcia kratownicy i jednostki. Chociaż model ciągły nie został przewidziany do analizy równowagi konstrukcji tensegrity, to jako metoda porównania modułów i konstrukcji wydaje się również mało przekonujący.

(U4) Obliczenia wymagały opracowania własnego oprogramowania w środowisku Mathematica, które wykonała kandydatka, co należy zaliczyć jej na plus, bo zawsze jest to uciążliwe i rzadko kiedy uważane za osiągnięcie. Oprogramowanie mogło powstać na użytek pracy doktorskiej i być konsekwentnie rozbudowywane przez kandydatkę.

- Artykuł promotora i kandydatki pt. *Equivalent mechanical properties of tensegrity truss structures with self-stress included*, (Zastępcze właściwości mechaniczne kratownicowych konstrukcji tensegrity z uwzględnieniem samonapężenia) został opublikowany w 2020 r. w czasopiśmie *European Journal of Mechanics / A Solids* wydawnictwa Elsevier. Kandydatka jest drugim autorem, współautorką hipotezy badawczej oraz samodzielną autorką oprogramowania w środowisku Mathematica i wykonanych obliczeń.

W 20-stronicowym artykule z rysunkami zajmującymi ponad 15 stron, autorzy rozpatrzyli pięć macierzy sztywności modelu anizotropowego materiału ciągłego, odpowiadających wybranym modułom tensegrity w arbitralnie wybranym kartezjańskim układzie współrzędnych. Macierze są zależne od dwóch parametrów (k) i (σ) związanych ze sztywnością prętów i z samonapężeniem. Porównując otrzymane macierze sztywności z ogólną postacią macierzy podatności materiału

anizotropowego sporządzili szereg rysunków ilustrujących wpływ parametrów (k) i (σ) na charakterystyki sprężystości, m.in. na zastępcze moduły Younga, Kirchhoffa i Poissona.

(U5) Autorzy dwóm modułom przypisali cechy ortotropii. W materiale ortotropowym może być celowe określanie modułów sprężystości, głównie na potrzeby porównawczych badań doświadczalnych. Trzy moduły Younga, trzy moduły Kirchhoffa i sześć współczynników Poissona określa się w układzie pokrywającym się z osiami ortotropii i zwyczajowo stosuje się wtedy nazwę technicznych stałych sprężystości, przy czym tylko dziewięć z nich jest niezależnych. Należy jednak podkreślić, że charakterystyki sprężystości materiału anizotropowego nie są stałymi. Zmieniają się wraz ze obrotem układu współrzędnych. Przy braku jakiejkolwiek symetrii materiału celowość określania cech sprężystości w dowolnym układzie współrzędnych jest wątpliwa.

- Artykuł promotora i kandydatki pt. *Towards Recognition of Scale Effects in a Solid Model of Lattices with Tensegrity-Inspired Microstructure*, (O rozpoznaniu efektów skali w ciągłym modelu siatek z mikrostrukturą inspirowaną konstrukcjami tensegrity) został opublikowany 2021 r. w czasopiśmie *Solids* wydawnictwa MDPI. Kandydatka jest drugim autorem, współautorką koncepcji artykułu i samodzielną autorką oprogramowania.

Ten 10-stronicowy artykuł z odwołaniem do 45 publikacji (w tym 11 z udziałem autorów) nie identyfikuje efektów skali w typowym rozumieniu. Autorzy podjęli próbę rozszerzenia modelu ciągłego struktur tensegrity. Przy przejściu od struktur do modelu ciągłego uwzględnili we wzorze Taylora drugie pochodne w rozwinięciu funkcji przemieszczeń węzłów. Chociaż nadal przejście następuje na podstawie energii odkształcenia sprężystego modułu tensegrity w postaci formy kwadratowej przemieszczeń, wyrażenie energii modelu ciągłego staje się skomplikowane. Można ją wtedy przedstawić w postaci sumy trzech wyrazów, pomijając wyższe pochodne. Pojawiają się trzy macierze sztywności przy iloczynach pierwszych i drugich pochodnych oraz przy iloczynach mieszanych. Autorzy zamieścili dwa przykłady, dla których podali postacie macierzy sztywności. Zdaniem autorów przez dobór wyrazów w macierzy sztywności przy drugich pochodnych można za pomocą parametrów geometrycznych i stanu samonapężenia ograniczyć wpływ drugich pochodnych, zatem takie wartości parametrów określają efekt skali. Nie pokazano jak. Walidację efektów skali autorzy pozostawili na przyszłość.

(U6) Pełniejsza analiza była by zapewne możliwa, gdyby autorzy przyjęli nieliniowy związek konstytutywny z uzgodnionymi energetycznie miarami naprężenia i odkształcenia i szerzej skorzystali z wiedzy z mechaniki ośrodka ciągłego.

Znaczenie i aktualność cyklu pt. *Konstrukcje inteligentne i metody ich oceny* są dość duże w zakresie możliwości publikacyjnych w czasopismach z listy ministerialnej. Publikacje jednak w znacznym stopniu stanowią kontynuację zagadnień z rozprawy doktorskiej. Wątpliwość budzi także poprawność metody badawczej, zwłaszcza uzasadnienie tzw. modelu ciągłego. Do elementów oryginalnych autorstwa kandydatki można zaliczyć rozbudowę oprogramowania w środowisku Mathematica oraz współautorstwo koncepcji każdego z artykułów, co wynika z załączonych oświadczeń. Należy docenić wkład pracy kandydatki w przygotowanie publikacji oraz jej sprawność w obliczeniach numerycznych.

Podsumowując, zgłoszony cykl nie uważam za znaczące osiągnięcie naukowe kandydatki w kontekście ubiegania się o kolejny stopień naukowy.

4. Ocena książki

Książka pt. *High Performance Tensegrity-Inspired Metamaterials and Structures (Wysokowydajne metamateriały i struktury inspirowane konstrukcjami tensegrity)* ma charakter monograficzny w zakresie teoretycznego wykorzystania statyki konstrukcji tensegrity w skali makro oraz opisu ośrodka ciągłego do identyfikacji ekstremalnych właściwości mechanicznych metamateriałów tensegrity. Ekstremalne właściwości mechaniczne pojawiają się w materiałach, które wykazują ekstremalną sztywności w niektórych postaciach odkształcenia, a innych ekstremalną podatność. Terminologia zaczerpnięta z cytowanej powyżej pracy z 1995 r. Metamateriały tensegrity to niewystępujące w naturze struktury kompozytowe, o cechach których decyduje morfologia utożsamiana ze formą tensegrity, a nie np. skład chemiczny. Nazwa użyta po raz pierwszy przez innych badaczy w artykule z 2014 r.

Książka składa się z sześciu rozdziałów zróżnicowanej objętości, spójnych tematycznie. Zawiera 136 stron tekstu, w tym wykaz cytowanej literatury (11 stron - 152 pozycje) oraz indeks nazw (6 stron). Cytowane publikacje są aktualne, związane z treścią lub tematyką, chociaż czasami dość luźno. Pochodzą z czasopism o uznanym poziomie naukowym i do pewnego stopnia odzwierciedlają poszukiwanie przez część środowiska naukowego luki publikacyjnej.

Rozdział 1: *Introduction* (Wprowadzenie - 2 strony) zawiera skrótowe wyjaśnienie przedmiotu badań oraz zakres poszczególnych rozdziałów.

Rozdział 2: *Extremal Materials and Structures* (Ekstremalne materiały i struktury – 10 stron) ma charakter całkowicie opisowy. Stanowi swojego rodzaju przegląd literatury na temat określony tytułem. Artykuły, do których kandydatka się odwołuje, stanowią prawie połowę spisu literatury.

Rozdział 3: *Tensegrity – Smart Structures with Unusual Mechanical Properties* (Tensegrity – inteligentne konstrukcje o niezwykłych właściwościach mechanicznych – 15 stron) poza definicjami i klasyfikacją zawiera ilustrację immanentnych właściwości inteligentnych konstrukcji tensegrity takich jak: samo-sterowanie, samo-diagnoza, samo-naprawa i aktywna kontrola. Kandydatka powołuje się na artykuł omówiony na początku trzeciego punktu recenzji.

Rozdział 4: *Analysis of Tensegrity Systems* (Analiza układów tensegrity - 11 stron). Kandydatka zwięźle przypomniała następujące dwa modele analizy konstrukcji tensegrity, stosowane i oprogramowywane przez zespół prof. Wojciech Gilewskiego od ponad dekady. Jest to:

- model kratownicowy, zwany przez zespół dyskretnym. Statyczna równowaga z niewiadomymi przemieszczeniami węzłów kratownicy analizowana jest za pomocą formalizmu metody elementów skończonych lub macierzowych układów równań algebraicznych. Płaskie lub przestrzenne struktury tensegrity są traktowane jak prętowo-ciężnowe, liniowo sprężyste kratownice z mechanizmami infinitezymalnymi, stabilizowane stanem samonapężenia. W macierzy sztywności konstrukcji wprowadzono dwa bezwymiarowe parametry (k) i (σ), charakteryzujące struktury. Parametr (k) jest związany ze sztywnością prętów i wyznaczany jako stosunek sztywności podłużnej ciężarów i zastrzałów, przy czym zarówno grupa zastrzałów, jak i ciężarów mają swój materiał i przekrój poprzeczny. Parametr (σ) jest związany z poziomem stanu samonapężenia i wyznaczany jako stosunek wybranej siły osiowej stanu samonapężenia i sztywności zastrzałów, przy czym przyjęto tylko jeden stan samonapężenia.
- model ciągły, zwany kontynualnym. Analizuje się w nim odpowiadającą modułowi tensegrity, bryłę zastępczego, anizotropowego, liniowo sprężystego materiału ciągłego w jednorodnym stanie napężenia i odkształcenia. Zastępcze składowe macierzy sztywności materiału otrzymuje

się na podstawie przekształcenia wzoru na energię odkształcenia sprężystego modułu, liczonej jako forma kwadratowa przemieszczeń węzłowych, do postaci właściwej dla materiału ciągłego. W tym celu wykorzystuje się rozwinięcie funkcji przemieszczenia węzłów modułu według wzoru Taylora w otoczeniu punktu centralnego bryły, przy założeniu jednakowej funkcji dla każdego z węzłów. Uwzględniając parametry (k) i (σ), charakteryzujące konstrukcję modułu tensegrity, otrzymuje się wtedy zastępcze składowe sprężystości od nich zależne oraz możliwość ich porównania za pomocą wiedzy z mechaniki ośrodków ciągłych.

(U7) Model kontynuacyjny modułów tensegrity był wykorzystywany w siódmym rozdziale pracy doktorskiej kandydatki, gdzie na 95 stronach ilustrowała przykładami jego zastosowanie, przy czym pochodzi on z artykułu promotora z innym doktorantem z 2014 r. Treści rozdziału siódmego zostały również wykorzystane w artykule z 2020 r. omówionym w pkt. 3 recenzji.

(U8) Kandydatka wybrała dwa bezwymiarowe parametry (k) i (σ) charakteryzujące moduły tensegrity, które nie uwzględniają sztywności giętnej zastrzałów. Zatem nie uwzględnia możliwości utraty przez nie stateczności, co w praktycznych obliczeniach powinno być sprawdzone. Trzecim parametrem mógł by być np. stosunek sztywności zastrzałów - osiowej do giętnej, co oczywiście wymaga innej macierzy sztywności zastrzałów. Uwzględnienie trzeciego parametru nie wydaje się być kłopotliwe. Ciekawe jak wnioski porównań z trzecim parametrem różniły by się od wniosków aktualnej wersji?

(U9) Liniowa analiza konstrukcji tensegrity jest dopuszczalna w określonych warunkach, np. w analizie małych drgań wokół położenia równowagi statycznej, ustalonej poziomem stanu samonapężenia albo przy niewielkich obciążeniach, czyli o dość małym znaczeniu praktycznym. Celowe ograniczenie się kandydatki do liniowego modelu, zarówno dyskretnego, jak i kontynuacyjnego, ogranicza analizę konstrukcji tensegrity i powinno być szerzej uzasadnione. Tym bardziej, że nieliniowy element skończony do analizy kratownic według teorii trzeciego rzędu został opisany w literaturze cztery dekady temu, a kandydatka w doktoracie też wykonywała obliczenia konstrukcji tensegrity według teorii 3 rzędu.

(U10) Jak przy przejściu od modelu kratowniczowego do ciągłego zachowuje się masa obu modeli? Z rozwinięcia przemieszczeń węzłów modułu według wzoru Taylora w bryle materiału ciągłego poza pochodnymi, które można potraktować jako składowe tensora odkształcenia, powinny powstać także przemieszczenia liniowe. W jaki sposób są one uwzględniane?

Rozdział 5: *Extremal Mechanical Properties of Tensegrity Systems* (Ekstremalne właściwości mechaniczne układów tensegrity - 73 strony). Jest to podstawowy, najbardziej obszerny rozdział. Materiały o ekstremalnych właściwościach mechanicznych to takie, dla których wartości własne efektywnego tensora sprężystości są bardzo duże albo bardzo małe. Nazwa pochodzi z pracy z 1995 r. wymienionej w pkt. 3. W rozdziale kandydatka rozszerza analizę ze wcześniejszych artykułów oraz z pracy doktorskiej. Za pomocą modelu ciągłego porównuje przestrzenne i płaskie struktury tensegrity, zarówno pojedyncze moduły, jak i modularne siatki z nich powstałe, m.in. pięć przestrzennych modułów podstawowych w pięciu wariantach geometrycznych. Na podstawie rozwiązania zagadnienia własnego dla macierzy sztywności ośrodka ciągłego odpowiadającej danej strukturze tensegrity, czyli zależnej od parametrów (k) i (σ), otrzymuje wartości własne też od nich zależne. Możliwy jest wtedy taki dobór ekstremalnych wartości parametrów, dla których najmniejsza wartość własna jest bliska zeru, co wskazuje na możliwą postać podatnej deformacji. Inne wartości własne mogą powodować średnie albo sztywne postacie deformacji. Rozkład wartości własnych pozwala na

porównanie modułów tej samej rodziny o różnych wymiarach geometrycznych oraz pomiędzy rodzinami. Kandydatka zamieszcza także przykład superkomórki z 4-zastrzałowych modułów *Simplex* w dwóch wariantach, różniących się rozmieszczeniem modułów. Macierz sztywności superkomórek jest zależna od parametrów (k) i (σ) i może być analizowana w podobny sposób, co moduły. Jeśli rozmiar geometryczny modułów lub superkomórek dąży do zera, to według kandydatki jest to skala materiałowa i mamy do czynienia z metamateriałem. Na końcu rozdziału kandydatka zaproponowała sposób identyfikacji ekstremalnych właściwości mechanicznych struktur tensegrity za pomocą łącznego wykorzystania modelu dyskretnego i kontynualnego, ilustrując go na przykładzie płaskiego i przestrzennego modułu. Sposób wynika głównie z rozmiarów macierzy sztywności w obu modelach. Macierz sztywności w przestrzennym modelu kontynualnym jest rozmiaru 6 na 6, a w modelu dyskretnym macierz sztywności konstrukcji zależy od liczby stopni swobody, czyli jest znacznie większa. Decydują tu rozmiary zadania, choć rozwiązanie zagadnienia własnego dodatnio określonej macierzy symetrycznej jest dość prostym ćwiczeniem, jeśli wykorzystuje się uznane, komercyjne systemy w zakresie programowania symbolicznego.

(U11) Czy dla metamateriału nie byłby właściwszy modelu laminatu składającego się z dwóch rodzajów materiału ciągłego – jeden zastępujący strukturę tensegrity oraz drugi w miejsce pustki?

(U12) Tensor sprężystości liniowego związku Hooke'a można sprowadzić do wartości i wektorów własnych za pomocą zagadnienia własnego dla kwadratowej macierzy sztywności jego reprezentacji, co kandydatka stosuje we wszystkich artykułach. Warto jednak podkreślić, że obrót układu odniesienia w opisie materiału anizotropowego zmienia składowe wektorów własnych, choć nie zmienia wartości własnych. W takiej analizie tracone są pewne właściwości w opisie materiału. Pełniejszą informację o mechanicznych właściwościach można uzyskać na podstawie rozkładu widmowego tensorów Hooke'a, który został opublikowany 10 lat wcześniej niż praca, na którą kandydatka się powołuje. 21 współczynników sprężystości dzieli się na trzy grupy: 6 wartości własnych (tzw. modułów Kelvina, które muszą być dodatnie), 12 bezwymiarowych dystrybutorów sztywności, określających stany własne tensorów, za pomocą których można przedstawić dowolny stan odkształcenia i naprężenia oraz 3 parametry określające strukturę wewnętrzną materiału względem układu współrzędnych. W bazie stanów własnych tensora sztywności czy podatności macierze ich reprezentacji są diagonalne, przez co związek Hooke'a redukuje się do sześciu prostych równań algebraicznych. Stany własne są wzajemnie energetycznie ortogonalne o ekstremalnej (maksymalnej lub minimalnej) wartości energii sprężystej, zależnej od wartości własnych.

Rozdział 6: *Technology and Applications* (Technologia i zastosowania – 4 strony). Jest to przegląd literatury na podany temat (14 publikacji), z którego wynika zainteresowanie kandydatki badaniami doświadczalnymi. W autoreferacie zamieściła informację o testach doświadczalnych próbek metamateriałów zbudowanych w technologii druku 3D, które wykonuje na uczelni w ramach współpracy międzywydziałowej. Niestety żadna publikacja na ten temat nie została zgłoszona w ramach osiągnięcia naukowego.

Na podstawie powyższego, zwięzłego omówienia jest widoczne, że kandydatka w pełni korzysta ze wcześniejszych artykułów, których była współautorką, co utrudnia ocenę jej ogólnej wiedzy i umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Widać to wyraźnie w głównych rozdziałach książki (3, 4 i 5), których treść stanowi ponad 80% tekstu. Można zatem odnieść do książki uwagi z punktu 3 recenzji. Pozostałe rozdziały sprawiają wrażenie stworzonych jako uzupełnienie zaproponowanego tytułu. Wybór tytułu, który jest moim zdaniem na wyrost, świadczy o śledzeniu

przez kandydatkę najnowszych trendów publikacyjnych z zakresu konstrukcji tensegrity. Należy wyraźnie podkreślić duży wkład pracy kandydatki w przygotowanie książki w języku angielskim. Jednak sposób prezentacji niektórych omawianych zagadnień sprawia, że na ogół są one nie do powtórzenia, a zatem i do weryfikacji, choć pojęciowo nie są trudne. Do elementów oryginalnych autorstwa kandydatki można zaliczyć rozbudowę oprogramowania w środowisku Mathematica i sprawność w obliczeniach numerycznych oraz współautorstwo koncepcji badawczych, chociaż są to raczej umiejętności, które mogą stworzyć znaczące osiągnięcie naukowe. Warto też zauważyć w kontekście ostatniej uwagi (U12), że rozkład widmowy tensorów Hooke'a jest w programie studiów magisterskich niektórych kierunków budownictwa. Pozytywnie należy też ocenić przygotowanie książki do wydawnictwa publikującego recenzowane monografie naukowe, znajdującego się na liście MEiN (poziom II - 200 pkt), nawet jeśli nota wydawnicza podkreśla, że książka została przygotowana z kopii autorskiej jako materiał *camera-ready* oraz że wydawnictwo CRC Press zostało przejęte przez grupę Taylor & Francis dopiero w tym roku.

Podsumowując, zgłoszoną monografię nie uważam za znaczące osiągnięcie naukowe kandydatki w kontekście ubiegania się o kolejny stopień naukowy.

5. Osiągnięcia dydaktyczne, organizacyjne i popularyzujące naukę

Kandydatka prowadzi wykłady i ćwiczenia z przedmiotu *Konstrukcje drewniane* w języku polskim i angielskim na studiach pierwszego i drugiego stopnia kierunku budownictwo. Prowadzi też prace dyplomowe inżynierskie i magisterskie. Na podstawie jednej z prac powstał wspólny referat konferencyjny z dyplomantką w 2021 r. Opracowała materiały dydaktyczne do przedmiotu, w tym do ćwiczeń audytoryjnych tzw. projekt twórczy, który w rozumieniu prawa budowlanego może być co najwyżej rodzajem koncepcji. We wniosku kandydatka nie wspomniała nic o swoich konstrukcyjnych uprawnieniach budowlanych. Ich posiadanie z pewnością byłoby korzystne dla jakości zajęć Zakładu Budownictwa Ogólnego. Nawiązała jednak współpracę z krajowym podmiotem gospodarczym produkującym i projektującym konstrukcje z drewna klejonego warstwowo, co dobrze rokuje na drodze do uzyskania uprawnień. Brała także udział w opracowaniu ekspertyz na zamówienie publiczne lub od przedsiębiorców w latach 2016-20. Jest także współautorką zgłoszenia patentowego z 2022 r.

Ponadto, od 2020 r. jest pełnomocnikiem dziekana ds. promocji wydziału oraz promotorem pomocniczym w zakończonym w 2022 r. i aktualnie realizowanym przewodzie doktorskim. Pełniła funkcję redaktora naukowego w monografii naukowej wydanej w 2018 r. przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Warszawskiej. Przewodniczyła komitetowi organizacyjnemu jednodniowego seminarium na temat konstrukcji drewnianych na Wydziale Inżynierii Lądowej oraz jest członkiem komitetu organizacyjnego *Kongresu Polimerów w Betonie – ICPIC 2023*, współorganizowanego przez Politechnikę Warszawską i Instytut Techniki Budowlanej.

Jako kierownik Zespołu Konstrukcji Drewnianych aktywnie nawiązuje kontakty międzynarodowe celem wspólnego aplikowania o granty w zakresie struktur tensegrity i konstrukcji drewnianych oraz organizacji seminariów naukowych. Aktualnie współpracuje z zewnętrznymi jednostkami naukowymi - Politechniką Świętokrzyską w zakresie obliczeń numerycznych konstrukcji tensegrity od 2016 r. oraz z dwiema jednostkami zagranicznymi - z Włoch (Uniwersytet w Salerno) w zakresie konstrukcji tensegrity od 2022 r. oraz z Austrii (Uniwersytet Boku w Wiedniu) w zakresie połączeń elementów z drewna klejonego warstwowo od 2019 r. Prowadzi także aktywną współpracę międzywydziałową na Politechnice Warszawskiej. Aktualnie jest wykonawcą w krajowym projekcie badawczym

Narodowego Centrum Nauki od 2022 r. oraz w dwóch projektach finansowanych przez Unię Europejską i PKP PLK S.A od 2019 r. Ponadto realizuje projekty badawcze finansowane przez Radę Naukową Dyscypliny ILGIT. Wykonała także 14 recenzji do czasopism naukowych.

6. Informacja o danych naukometrycznych

Na dzień złożenia wniosku (początek marca br.) kandydatka podaje *Impact Factor* równy 58 oraz indeks Hirscha 6 według bazy *Web of Science* oraz 7 według bazy *Scopus*. Poza książką w języku angielskim, jest współautorką w 57 publikacjach. Liczba publikacji po uzyskaniu stopnia doktora wynosi 38 i przedstawia się następująco: 24 to artykuły naukowe (w 9 kandydatka jest na pierwszym miejscu), 6 to rozdziały w monografiach naukowych (dwukrotnie na pierwszym miejscu) oraz 8 to materiały konferencyjne (w 5 na pierwszym miejscu). Po uzyskaniu stopnia doktora kandydatka 19 razy występowała na krajowych lub międzynarodowych konferencjach naukowych.

Według stanu na początek lipca br. w bazie *Web of Science Core Collection* indeksowanych jest 31 publikacji z lat 2013-2023 z udziałem kandydatki. Pomijając własne odwołania, liczba cytowania wynosi 93, a indeks Hirscha 7. Baza kwalifikuje publikacje do kategorii *Engineering Civil* (16 publikacji) i do kategorii *Materials Science Multidisciplinary* (15), w tym 23 publikacje jako artykuły, a 8 jako referaty konferencyjne. W odniesieniu do cyklu zgłoszonego jako drugie osiągnięcie, zarówno po jak i przed uzyskaniem stopnia doktora, indeksowane są 3 publikacje na 4 zgłoszone. Liczba cytowania wynosi 46, w tym 26 dla artykułów po uzyskaniu stopnia doktora.

W bazie *Scopus* indeksowanych jest 37 publikacji z lat 2014-2023 napisanych głównie we współautorstwie. Liczba cytowania wynosi 104, jeśli pominąć autocytowania każdego ze współautorów, a indeks Hirscha wynosi 6. Większość artykułów została opublikowana w wysoko punktowanych czasopismach z listy ministerialnej (140-punktowych) – 8 artykułów w czasopiśmie *Materials*, 6 w *Archives of Civil Engineering* i 3 w *Construction and Building Materials*.

Aktywność publikacyjna habilitantki jest duża, ponad 6 publikacji rocznie. Widoczna jest zwiększona aktywność od 2018 r. Prawie wszystkie publikacje są pisane we współautorstwie, co świadczy o umiejętności nawiązywania współpracy naukowej. Ze względu na krótki okres, jaki upłynął od wydania książki, zrozumiąły jest brak jej cytowania.

7. Konkluzja końcowa

Pani doktor Anna Al Sabouni-Zawadzka jest osobą bardzo aktywną i pracowitą. Oceniam bardzo pozytywnie jej działalność dydaktyczną, organizacyjną i popularyzującą naukę. Jest też osobą przedsiębiorczą w działalności naukowej i w nawiązywaniu współpracy międzynarodowej, co dobrze rokuje na przyszłość. Bierze udział w zespołowych projektach badawczych i aktywnie publikuje. Jednak od początku działalności naukowej zajmuje się tematem konstrukcji tensegrity, który w dużym stopniu powiela w zgłoszonych publikacjach. Choć jest jedyną autorką monografii to jednak korzysta z artykułów wcześniejszych, napisanych we współautorstwie i trudno jest wydzielić znaczące osiągnięcie naukowe, które bez wątpliwości można jej przypisać. Doceniając starania kandydatki, uważam, że w kontekście osiągnięcia naukowego nie wniosła istotnego wkładu w rozwój dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport. Na obecnym etapie rozwoju naukowego, jej wniosek o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego uważam za przedwczesny.

Olsztyn, dnia 25 sierpnia 2023 r.

Prof. Leszek Małyszko
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Wydział Geoinżynierii

Sz. P.
Prof. Konrad Lewczuk

Przewodniczący
Rady Naukowej Dyscypliny
Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport

Szanowny Panie Profesorze,

W załączeniu przesyłam dokumentację dotyczącą postępowania Pani dr inż. Anny Sabouni-Zalewskiej, w tym

- recenzję dorobku naukowego w postaci papierowej oraz na nośniku danych
- podpisane umowy w przesłanej dokumentacji.

Z poważaniem

