



Dr hab. inż. Katarzyna Rzeszut
Zakład Konstrukcji Budowlanych
Instytut Budownictwa
Wydział Inżynierii Lądowej i Transportu
Politechnika Poznańska
Tel: 61 6652097
E-mail: katarzyna.rzeszut@put.poznan.pl

Poznań 16.07.2020

Recenzja Rozprawy Doktorskiej
mgr inż. Klaudii Juszczyk-Andraszyk

pt. „Dynamika smukłych konstrukcji stalowych pod obciążeniem
o charakterze stochastycznym”

1. Podstawa formalna i przedmiot opracowania recenzji

Podstawę formalną opracowania recenzji stanowi pismo Dziekana Wydziału Budownictwa, Architektury i Środowiska Politechniki Łódzkiej, Pana prof. dr hab. inż. Marka Lefika z dnia 11.05.2020 roku oraz umowa o dzieło nr NR D/15/2020 na wykonanie niniejszej recenzji. Recenzja została opracowana na podstawie wytycznych zawartych w¹ i².

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Klaudii Juszczyk-Andraszyk pt. „Dynamika smukłych konstrukcji stalowych pod obciążeniem o charakterze stochastycznym”, przygotowana pod kierunkiem: Promotora prof. dr hab. inż. Marcina Kamińskiego oraz Promotora pomocniczego dr hab. inż. Jacka Szafrana.

2. Zawartość rozprawy

Recenzowana rozprawa została napisana w języku polskim i składa się z 8 rozdziałów w tym spisu literatury (226 pozycji). Tekst rozprawy liczy 230 stron formatu A4, w którym zawarto 124 rysunki, 37 fotografii, 27 tabel oraz 109 wzorów.

Rozdział pierwszy stanowi wstęp, w którym Autorka omówiła podstawowe problemy dotyczące zagadnień związanych z zastosowaniem metod probabilistycznych w zadaniach inżynierskich. Szczególną uwagę zwróciła na losowy charakter oddziaływań wiatru i ich wpływ na lekkie stalowe konstrukcje smukłe, takie jak kominy, kratowe wieże, maszty i budynki wysokie. W rozdziale tym, Autorka przedstawiła przedmiot, cel i zakres pracy oraz sformułowała tezy pracy.

W kolejnym rozdziale, Autorka dokonała wnikliwego przeglądu literatury ze szczególnym uwzględnieniem aktualnego stanu wiedzy w zakresie oceny niezawodności

¹ Ustawa z dnia 14 marca 2003r., „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” (Dz.U. Nr 65, poz. 595).

² Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 22 września 2011 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodach doktorskich, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. 2011 nr 204 poz. 1200).

konstrukcji inżynierskich w kontekście badań nad ich dynamiką oraz szacowania oddziaływania wiatru. Obszerna część przeglądu literatury poświęcana była rozwiązaniom konstrukcyjnym i technologicznym wieżowych stacji bazowych. Wiele uwagi poświęcono rozwiązaniom połączeń występujących w konstrukcjach wieżowych. Na uwagę zasługuje obszerna dokumentacja fotograficzna ilustrująca szczegóły konstrukcyjne połączeń pomiędzy krawężnikami, krawężnikami a skratowaniem i krawężnikami a fundamentem.

W rozdziale trzecim zawarto opis badania niszczącego konstrukcji wieżowej w naturalnej skali, będącego częścią projektu „Networks Towers Reinforcement Cost Optimisation” autorstwa dr. hab. inż. Jacka Szafrana, realizowanego w latach 2014-2016. Całość badań polowych przeprowadzona była na sześciu niezależnych stalowych, kratowych wieżach telekomunikacyjnych. Wyniki badań opublikowano w licznych współautorskich artykułach.

W rozdziale czwartym przedstawiono opis metod analizy niezawodności konstrukcji, które zostały wykorzystane w recenzowanej pracy doktorskiej. Miedzy innymi przedstawiono założenia i teoretyczne podstawy symulacyjnej metody Monte Carlo oraz metody półanalitycznej, które traktowane były jako procedury referencyjne. Omówiono także uogólnioną metodę perturbacji stochastycznej, która stanowiła główną technikę wykorzystywaną w rozprawie. Ponadto podano definicję liniowego wskaźnika niezawodności (tzw. wskaźnik Cornella) i kwadratowego wskaźnika niezawodności (tzw. Hasofera-Linda). W kolejnej części rozdziału omówiono zagadnienia dynamiki konstrukcji w kontekście metody elementów skończonych i metody całkowania równań ruchu HHT- α .

Rozdział piąty poświęcony został w całości omówieniu przeprowadzonych obliczeń dotyczących szacowania niezawodności konstrukcji inżynierskich przy zastosowaniu analizy dynamicznej oraz obciążenia o charakterze stochastycznym. W ocenie recenzenta rozdział ten stanowi największą wartość rozprawy, gdyż zawiera on szereg oryginalnych analiz numerycznych prowadzonych na przykładach rzeczywistych, stalowych, smukłych konstrukcji pod obciążeniem o charakterze stochastycznym.

Pierwszy przykład obliczeniowy dotyczył komina stalowego o wysokości ok. 40,0 m, dla którego opracowano dwa modele konstrukcji: prętowy ze stałym w czasie obciążeniem wiatrem (model statyczny), oraz powierzchniowy z obciążeniem wiatrem generowanym za pomocą funkcji wzbudzenia, w której zmienną w czasie była prędkość wiatru (model dynamiczny). W obu przypadkach średnia bazowa prędkość wiatru wynosiła 22,0 m/s. Celem niniejszego przykładu było porównanie podejścia statycznego i dynamicznego oraz wykazanie poprawności zastosowanej procedury na podstawie analizy podstawowych parametrów statystycznych odpowiedzi konstrukcji w postaci przemieszczeń wierzchołka komina takich jak: wartość oczekiwana, współczynnik zmienności, skośność i kurtoza.

Drugi przykład obliczeniowy odnosił się do kratowej wieży telekomunikacyjnej, identycznej jak ta, która została poddana testom w pełnej skali. W numerycznej analizie niezawodności zastosowano podejście dynamiczne prowadzone w zdefiniowanym przedziale czasu. Głównym celem była analiza wskaźników niezawodności Hasofera-Linda w wybranym przedziale czasu w odniesieniu do wartości zmiennej losowej prędkości wiatru oraz odpowiedzi konstrukcji w postaci siły przekrojowej w krawężniku.

Ponadto w rozdziale tym analizowano niezawodność kratowej wieży telekomunikacyjnej w kontekście nośności jej rozciąganych węzłów oraz w odniesieniu do jej stanu granicznego użytkowania

Wszystkie przeprowadzone w przykładach numerycznych obliczenia i analizy, a także obróbka danych wyjściowych zostały przeprowadzone przy użyciu komercyjnego

oprogramowania Autodesk Robot Structural Analysis 2016, Idea Statica v. 9.0 oraz Maple v. 16.

Rozdział szósty dotyczy kalibracji częściowych współczynników bezpieczeństwa, które stosowane są powszechnie w podejściu normowym do zapewnienia odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa projektowanej konstrukcji. Rozważania przeprowadzono na przykładzie komina oraz trzech wież telekomunikacyjnych o podobnej strukturze, różniących się wysokością, dla których na podstawie wskaźników niezawodności wyznaczono odpowiadające im częściowe współczynniki bezpieczeństwa.

Rozdział siódmy zawiera podsumowanie i wnioski wyciągnięte z podjętych w rozprawie doktorskiej badań oraz potwierdzono słuszność tez postawionych w rozdziale pierwszym. Pracę kończy spis literatury obejmujący książki artykuły naukowe oraz normy projektowe, które przywołano w treści rozprawy.

Podsumowując, zaproponowana kolejność rozdziałów i podrozdziałów umożliwiła przedstawienie treści pracy w sposób logiczny i przejrzysty. Na pochwałę zasługuje bardzo syntetyczne przedstawienie metodyki badań naukowych w formie schematów blokowych. Niemniej niektóre rozdziały pracy mogłyby być przeredagowane, rozbudowane, a niekiedy skonsolidowane. Śledzenie myśli przewodniej danego zagadnienia utrudnia niekiedy, jego przedstawianie w różnych, rozrzuconych punktach dysertacji. W pracy brak jest streszczeń, tak w języku polskim, jak i w języku angielskim oraz spisu tabel i rysunków. Ponadto Doktorantka nie zamieściła w dysertacji wykazu najważniejszych oznaczeń oraz kierunków dalszych badań.

Praca napisana jest bardzo starannie, poprawną polszczyzną, choć Doktorantka nie ustrzegła się pewnych usterek w postaci błędów stylistycznych oraz braku konsekwencji w stosowaniu oznaczeń i określeń niektórych wielkości. Szczegółowe uwagi dotyczące powyższych zastrzeżeń zamieszczono w punkcie 4 (Uwagi krytyczne) niniejszej recenzji.

3. Ocena doboru tematu i naukowej wartości rozprawy

Recenzowana rozprawa doktorska dotyczy analizy dynamicznej lekkich, smukłych konstrukcji stalowych pod obciążeniem o charakterze stochastycznym. Zagadnienie to bardzo dobrze wpisuje się w aktualny problem badawczy, dotyczący analizy niezawodności oraz probabilistycznej wrażliwości konstrukcji inżynierskich narażonych na działanie obciążeń zmiennych w czasie, takich jak na przykład oddziaływanie wiatru. W praktyce inżynierskiej bardzo istotne jest pytanie, jak należy formułować kryteria nośności, użyteczności i trwałości, aby konstrukcja bezpiecznie spełniała stawiane jej wymagania. Przy rozwiązaniu tego zagadnienia kluczowe jest zrozumienie losowej natury zmiennych projektowych, której uwzględnienie możliwe jest jedynie na gruncie analizy niezawodności przy zastosowaniu metod probabilistycznej oceny wrażliwości konstrukcji. Szeroko znany jest fakt, że w przypadku oddziaływań wiatru mamy do czynienia z obciążeniem o charakterze dynamicznym, o chaotycznym przebiegu czasowym, co sprawia, że deterministyczne metody analizy niezawodności konstrukcji są niewystarczające. Dlatego też w przypadku stalowych konstrukcji kominów, masztów czy wież telekomunikacyjnych, w których zasadniczym obciążeniem jest oddziaływanie wiatru, szacowanie niezawodności powinno odbywać się przy uwzględnieniu stochastycznego obciążenia dynamicznego w wybranym przedziale czasu.

W opiniowanej rozprawie Doktorantka podjęła próbę rozwiązania powyższego problemu i jasno określiła cel pracy, jakim było zaadoptowanie istniejących algorytmów do analizy wrażliwości stanów granicznych nośności i użyteczności wybranych konstrukcji inżynierskich. Szczególną uwagę poświęciła analizie efektywności metody

elementów skończonych oraz uogólnionej metody perturbacji stochastycznej w zagadnieniach nieliniowych o charakterze dynamicznym.

Doktorantka sformułowała szereg tez pracy, z których jedną można uznać za główną tezę pracy: *„Zasadne jest szacowanie niezawodności lekkich, smukłych konstrukcji inżynierskich, w szczególności kratowych wież telekomunikacyjnych, przy wykorzystaniu analizy dynamicznej, w której obciążenie ma charakter stochastyczny”*.

Do najważniejszych oryginalnych osiągnięć naukowych Autorki można zaliczyć:

- 1) Wnikliwe rozpoznanie aktualnego stanu wiedzy dotyczącego probabilistycznych metod obliczeniowych pozwalających na analizę niezawodności konstrukcji. Należy podkreślić, że spis literatury obejmuje, aż 216 krajowych i zagranicznych pozycji bibliograficznych, wśród których można znaleźć opracowania poświęcone szacowaniu oddziaływania wiatru, badań niszczących konstrukcji wieżowych i ich dynamiki.
- 2) Dokonanie rozbudowanego przeglądu wybranych rozwiązań konstrukcyjnych kratowych wież telekomunikacyjnych, ze szczególnym uwzględnieniem projektowania, realizacji oraz wzmacniania tego rodzaju konstrukcji. Na uznanie zasługuje obszerna dokumentacja rysunkowa i fotograficzna przedstawiająca najczęściej stosowane w praktyce inżynierskiej rozwiązania konstrukcyjne.
- 3) Przedstawienie i analiza eksperymentu niszczącego w naturalnej skali kratownicowej konstrukcji wieżowej pod kątem mechanizmu jej zniszczenia i najsłabszych punktów. Określenie rzeczywistej nośności badanej wieży wraz z pomiarem faktycznych przemieszczeń i imperfekcji geometrycznych pomocnych w kalibracji modeli komputerowych.
- 4) Dokonanie przeglądu wybranych metod analizy niezawodności konstrukcji, ze szczególnym uwzględnieniem metody Monte Carlo, metody półanalitycznej i uogólnionej metody perturbacji stochastycznej oraz wybranych miar niezawodności takich jak wskaźnik niezawodności Cornella i Hasofer-Linda. Ponadto, omówienie metody elementów skończonych w zagadnieniach dynamiki konstrukcji w świetle metody Hilbera, Hughesa i Taylora.
- 5) Zaproponowanie przydatnego w praktyce inżynierskiej algorytmu obliczeniowego służącego do szacowania niezawodności konstrukcji przy uwzględnieniu dynamicznego, zmiennego w czasie oddziaływania wiatru.
- 6) Przeprowadzenie szeregu eksperymentów numerycznych dotyczących niezawodności stalowego komina oraz stalowej, kratowej wieży telekomunikacyjnej określonej na podstawie nośności wybojeniowej krawężników, nośności węzłów i stanu granicznego użytkowności w postaci przemieszczenia wierzchołka wieży.
- 7) Zaimplementowanie procedury pozwalającej na określenie mnożników do obciążeń działających na konstrukcję dla odpowiedniego poziomu niezawodności z zastosowaniem analizy perturbacyjnej wskaźnika niezawodności i z uwzględnieniem analizy dynamicznej z obciążeniem o charakterze stochastycznym.

Biorąc pod uwagę powyższe osiągnięcia Doktorantki oraz fakt, że założony główny cel pracy został osiągnięty pozytywnie oceniam naukową wartość recenzowanej rozprawy.

4. Uwagi krytyczne

Podczas lektury i analizy wyników przedstawionych w recenzowanej rozprawie doktorskiej nasuwają się pewne pytania i uwagi krytyczne.

4.1. Ogólne uwagi merytoryczne

- 1) W recenzowanej pracy Doktorantka sformułowała szereg tez pracy, z których jedną można uznać za główną, pozostałe mogą być uznane za tezy szczegółowe czyli hipotezy lub za problem badawczy.

Brak jasnego rozgraniczenia wprowadza pewien nieład myślowy, być może wynikający z różnorodnych interpretacji poprawnego formułowania założeń dysertacji naukowych i dość swobodnego stosunku do podstaw metodyki prac naukowych. W ocenie recenzenta należy odnosić się do pierwotnych interpretacji. Zatem według słownika wyrazów obcych teza (gr. thesis) to twierdzenie zawierające treść podstawową dla jakiejś dziedziny, założenie, które należy udowodnić na drodze dedukcji. Natomiast hipotezy stanowią rozwinięcie i uszczegółowienie tezy, często wyrażane są w formie pytań i mogą być potwierdzone lub nie. Należy także wspomnieć, że teza rozumiana jako główna myśl pracy, czasami utożsamiana jest z problemem badawczym, który z kolei często formułowany jest w postaci pytania badawczego. Dlatego też prosiłabym o jasne zadeklarowanie, które z postawionych przez Doktorantkę założeń noszą znamiona tezy, które hipotezy, a które problemu badawczego.

- 2) Dobrą praktyką stosowaną przy opracowaniu dysertacji naukowych jest zamieszczenie na początku pracy wykazu najważniejszych oznaczeń. Pozwala to uniknąć wielokrotnego użycia tego samego symbolu do określenia różnych wielkości oraz ułatwia jednolity opis oznaczeń. Niestety w recenzowanej pracy zabrakło tego elementu. Na przykład do oznaczenia wskaźnika niezawodności Cornella i Hasofera-Linda Doktorantka używa tego samego oznaczenia β , z drugiej zaś strony do oznaczenia tegoż samego wskaźnika niezawodności Hasofera-Linda używa różnych symboli: β , β_{H-L} lub β_{SORM} itd.
- 3) Doktorantka formułując cel i zakres pracy podkreśla, że „*znaczącym elementem rozprawy są przeprowadzone badania w pełnej skali konstrukcji*” – str.11. W prawdzie doktorantka wykazała w pozycjach literaturowych swój udział w/w badaniach, jednakże nie jest jasne, w jakim zakresie przedstawione badania są oryginalnym osiągnięciem Doktorantki. Dlatego też bardzo proszę o uściślenie, na czym polegała rola w zaplanowaniu, przygotowaniu i przeprowadzeniu badań, a także w jakim zakresie analiza uzyskanych wyników stanowi oryginalny wkład Doktorantki?
- 4) Jak już wcześniej stwierdzono dokonanie rozbudowanego przeglądu wybranych rozwiązań konstrukcyjnych kratowych wież telekomunikacyjnych stanowi jeden z cenniejszych elementów pracy. Jednakże temat pracy oraz przeprowadzone analizy numeryczne odnoszą się do dynamiki smukłych konstrukcji stalowych, nie tylko w formie kratowych wież telekomunikacyjnych, ale także w postaci kominów stalowych. Dlatego też pewnym uchybieniem wydaje się brak rozdziału traktującego o rozwiązaniach konstrukcyjnych stalowych kominów, analogicznego jak ten, dotyczący wieżowych stacji bazowych.
- 5) W rozdziale trzecim doktorantka wspomina, że tensometry mocowane były do konstrukcji ułożonej w poziomie dzień przed eksperymentem, i że badania były prowadzone w okresie zimowym. Wiedząc, że tensometry elektrooporowe są urządzeniami bardzo czułymi na zmiany temperatury i wilgotności powietrza nasuwa się pytanie, czy były one w jakikolwiek sposób kalibrowane? W przypadku pomiarów

prowadzonych na otwartej przestrzeni, można zastosować tensometr referencyjny, zwykle naklejony na badany materiał umieszczony w zamkniętym pomieszczeniu. Na podstawie odczytów uzyskanych z tensometru referencyjnego można przeprowadzić tzw. kompensację tensometrów elektrooporowych, która pozwala na uwzględnienie różnic wynikających z wydłużalności cieplnej materiału.

- 6) Pewnego komentarza wymagają wykresy naprężeń w przekrojach krawężników ściskanych segmentów S-6 i S-7, w poszczególnych punktach pomiarowych, prezentowane na rysunku 3.23. Brak jest informacji dotyczącej poziomu obciążenia wymuszanego poprzez holownik, dla którego obliczono w/w naprężenia. Czy jest to obciążenie niszczące? Ponadto, interesujące byłoby wyjaśnienie, skąd znany jest kształt nieliniowego przebiegu naprężeń w przekroju, jeśli znane są jedynie wartości natężeń w punktach pomiaru A, B, C, D. Wyjaśnienia wymaga także, metoda wyznaczania sił przekrojowych, które wystąpiły w poszczególnych elementach konstrukcji podczas badania (wzór 3.3). Zważywszy na silnie nierównomierny rozkład naprężeń określonych w przekroju na podstawie czterech punktów pomiarowych, warto było by przeanalizować na ile zaproponowana, uproszczona formuła prowadzi do wiarygodnych, rzeczywistych wartości sił przekrojowych.
- 7) W ocenie recenzenta pominięcie w analizie niezawodności wieży telekomunikacyjnej niepewności wynikających z wymuszenia obciążenia poprzez holownik, wynikających z zamocowania i ustawienia liny w osi dwusiecznej kąta wieży, jest daleko idącym uproszczeniem. Zrozumiałym jest, że pominięcie niepewności kierunku wiatru zdecydowanie upraszcza analizę, a precyzyjne pomiary geodezyjne prowadzone podczas eksperymentu, mogą upewniać w przeświadczeniu o niezmienności kierunku obciążenia. Wydaje się jednak, że ten aspekt, obok zmiennych losowych dotyczących chwilowej prędkości wiatru, mógłby istotnie wzbogacić prowadzone analizy. Bardzo proszę Doktorantkę o odniesienie się do tej kwestii.
- 8) W rozdziale szóstym jako przykład do implementacji procedury kalibracji częściowych współczynników bezpieczeństwa skorelowanych z ciśnieniem wiatru wykorzystano między innymi trzy stalowe, kratowe wieże telekomunikacyjne o wysokościach odpowiednio 40,0 m, 52,0 m i 58,0. W odniesieniu do w/w badań bardzo proszę o ustosunkowanie się do następujących uwag:
 - a) Czy wieża o wysokości 40,0 m jest rzeczywiście identyczna z konstrukcją badaną w pełnej skali i opisaną w rozdziale 3? Z porównania tabeli 3.1 z tabelą 6.1 wynika, że wieże te różnią się pod względem przekrojów poprzecznych zastosowanych tak na krawężniki jak i na skratowanie.
 - b) W punkcie 6.1.2. doktorantka pisze, że „*Rzeczywista nośność analizowanych wież, jak również odchylenie standardowe od tej nośności zostały określone w procedurze szacowania częściowych współczynników bezpieczeństwa jako wartości otrzymane z badań pełnoekranowych*”. Niestety w pracy recenzent nie doszukał się opisu tych badań. Zatem proszę o wskazanie źródła danych wykorzystanych do szacowania częściowych współczynników bezpieczeństwa w tych przykładach.
 - c) Proszę o interpretację przeskoku jaki można zaobserwować na wykresach zależności pomiędzy częściowymi współczynnikami bezpieczeństwa i wskaźnikami niezawodności dla odpowiadających im poziomów niezawodności rys. 6.8 i 6.9 a i b.
- 9) Bardzo ciekawym elementem pracy był pomiar imperfekcji geometrycznych badanej wieży (rozdz. 3.2.4), który poza imperfekcjami lokalnymi poszczególnych elementów, obejmował także pomiar imperfekcji globalnych w postaci wychylenia punktów zlokalizowanych na wierzchołku wieży, po montażu konstrukcji i jej zamocowaniu w

fundamencie. Pewien niedosyt pozostawia fakt, że tak bogaty zbiór danych wykorzystano jedynie do kalibracji modelu MES uwzględniając w sposób deterministyczny tylko imperfekcje lokalne dla dwóch pierwszych segmentów wieży argumentując, że pozostałe amplitudy były pomijalne (rozdz. 5.2.3.2). Biorąc pod uwagę fakt, że w przypadku szacowania niezawodności badanej konstrukcji w dziedzinie nośności założono, że to właśnie nośność wybozeniowa jest kluczowa, nasuwają się następujące pytania:

- a) Czy wybór najistotniejszych imperfekcji geometrycznych zaimplementowanych w modelu MES nie powinien być poprzedzony rzetelną analizą wrażliwości rozpatrywanej wieży z uwagi na wszystkie możliwe formy imperfekcji?
- b) Czy przy ocenie niezawodności konstrukcji zasadnym jest uwzględnianie imperfekcji jedynie o charakterze deterministycznym? Czy może wskazane byłoby przeprowadzenie analiz z uwzględnieniem lokalnych i globalnych imperfekcji geometrycznych o charakterze stochastycznym?

4.2. Szczegółowe uwagi merytoryczne

- 1) Pomimo znacznej liczby pozycji literaturowych, pewien niedosyt pozostawia brak pogłębionej analizy cytowanych prac. Autorka ogranicza się jedynie do tematycznego ich pogrupowania i zdawkowego, często jednozdaniowego opisu. Na przykład na stronie 34 akapit rozpoczynający się od wiersza 21 d zawiera, aż 10 pozycji literaturowych opatrzonych jednym zdaniem. Podobna uwaga dotyczy cytowania bibliografii na stronach 110, 114 czy 115.
- 2) Rysunki od 2.10 do 2.13 mają znamiona rysunków konstrukcyjnych, jednak poziom reprezentacji szczegółów jest niekonsekwentny i czasami niekompletny lub błędny. Na przykład na rysunku 2.10 na przekroju A-A zaznaczono obrys kołnierza, którego nie ma na widoku, z którego wykonano przekrój. Na rysunku 2.12 otwory na śruby na widoku zaznaczono okręgiem i osiami, a na przekroju tylko okręgiem. Na rysunku 2.13 błędnie umieszczono blachę poziomą w obrysie fundamentu, podczas gdy na fot. 2.10 blacha ta wyniesiona jest ponad powierzchnię fundamentu.
- 3) We wzorze 4.6 brakuje wyjaśnienia oznaczenia „m”.
- 4) Str. 124 – na rysunku 4.3 oznaczenia powinny być opisane czcionką pochyłą, zgodnie z oznaczeniami w tekście. Pod rysunkiem 4.3 brak jest opisu oznaczeń: σ_M - odchylenie standardowe, μ_M - wartość oczekiwana.
- 5) W tabelach 5.1a i 5.1b brak jest podania jednostek, w których przedstawiono wartości oczekiwane przemieszczenia wierzchołka komina.
- 6) W rozdziale 5 Autorka pisze o metodologii modelowania wzbudzenia dynamicznego. Czy rzeczywiście zawarta jest tu metodologia? Czy raczej metodyka modelowania wzbudzenia dynamicznego?

4.3. Uwagi dotyczące redakcji rozprawy

Jak już wcześniej wspomniano recenzowana rozprawa została napisana bardzo starannie, tak pod względem językowym, jak i redakcyjnym. Niemniej, Autorka nie ustrzegła się pewnych błędów gramatycznych i stylistycznych.

- 1) Str. 23 w 16d – po „...Badaniami” brak przecinka.
- 2) Str. 26 w 16g – jest: „...opartych jest o łączność bezprzewodową”. Jest to błąd stylistyczny: można oprzeć się „o drzewo”, ale: „...na łączności bezprzewodowej”.

- 3) Str. 23 w 15d – po „...zagadnień” brak przecinka.
- 4) Str. 23 w 15d – po „...badania” usunąć przecinek.
- 5) Str. 23 w 7d – po „...elementów” brak przecinka.
- 6) Str. 35 w 10d – zamiast: „...teren”, proponuję: „obszar”.
- 7) Str. 101 w 4d – po „...Parametrami” brak przecinka.
- 8) Str. 117 w 13d – zamiast: „m”, powinno być: „μ”.
- 9) Str. 117 w 4d – jest: „Jedną z czynności które należy wykonać...”, powinno być: „Jedną z czynności, którą należy wykonać...”.
- 10) Str. 181 w 13g – zamiast: „...z umocnieniem”, powinno być: „...ze wzmocnieniem”.
- 11) Str. 194 w 6d – zamiast: „rys. 5.46”, powinno być: „rys. 5.45”.
- 12) Autorka przy opisie rysunków często stosuje zwroty: „po lewo”, „po prawo” rys. 3.3, 3.9, 3.10, 3.23, 5.2, 5.19, 5.20 itd. Zwroty te są niepoprawne pod względem stylistycznym. Lepiej jest stosować zwrot np. „po lewej stronie” lub oznaczyć poszczególne elementy rysunku za pomocą podpunktów a, b itd. i do nich odnosić podpis rysunku.

5. Wnioski końcowe

Podsumowując stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska stanowi rozwiązanie oryginalnego zagadnienia naukowego i wnosi znaczący wkład w rozwój wiedzy w dyscyplinie „inżynieria lądowa i transport”. Praca zakończona jest bardzo istotnymi z punktu widzenia praktyki inżynierskiej wnioskami. Z treści rozprawy wynika, że Autorka właściwie sprecyzowała cel i przyjęte tezy rozprawy oraz konsekwentnie ten cel zrealizowała. Doktorantka wykazała się rzadką umiejętnością łączenia wiedzy płynącej z praktyki inżynierskiej i wiedzy związanej w zaawansowaną analizą numeryczną konstrukcji inżynierskich. Ponadto Doktorantka wykazała się bardzo dobrą znajomością aktualnego stanu wiedzy w zakresie podjętej tematyki i umiejętnością planowania oraz prowadzenia analiz naukowych, co świadczy o Jej odpowiednim przygotowaniu do samodzielnego prowadzenia prac naukowo-badawczych.

Uwagi krytyczne wymienione w punkcie 4 nie obniżają dobrego, moim zdaniem, poziomu merytorycznego i ogólnej wysokiej oceny dysertacji. Rozprawa jest bardzo interesująca z naukowego punktu widzenia i posiada ponadprzeciętną, wysoką wartość praktyczną.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska autorstwa **mgr inż. Klaudii Juszczyk-Andraszyk pt. „Dynamika smukłych konstrukcji stalowych pod obciążeniem o charakterze stochastycznym”** spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim określone w¹ i².

Wnoszę zatem o dopuszczenie jej do publicznej obrony przed Radą Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa i Transport Wydziału Budownictwa, Architektury i Środowiska Politechniki Łódzkiej.

