

Recenzja Rozprawy Doktorskiej
mgr inż. Magdaleny Oziębło

pt. „Probabilistyczna ocena wrażliwości stanów granicznych
konstrukcji inżynierskich na imperfekcje geometryczne i materiałowe”

1. Podstawa formalna i przedmiot opracowania recenzji

Podstawę formalną opracowania recenzji stanowi zlecenie Dziekana Wydziału Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej, Pana prof. dr hab. inż. Krzysztofa Wilde prof. zw. PG z dnia 21.06.2018 roku na wykonanie niniejszej recenzji.

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Magdaleny Oziębło pt. „Probabilistyczna ocena wrażliwości stanów granicznych konstrukcji inżynierskich na imperfekcje geometryczne i materiałowe”, przygotowana pod kierunkiem dr hab. inż. Jarosława Górskiego, prof. nadzw. PG.

2. Zawartość rozprawy

Recenzowana rozprawa składa się z 6 rozdziałów, spisu literatury obejmującego 204 pozycje oraz streszczenia w języku polskim i angielskim. Tekst rozprawy liczy 151 stron formatu A4, w którym zawarto 69 rysunków, 17 tabel oraz 109 wzorów.

Rozdział pierwszy stanowi wstęp, w którym Autorka omówiła podstawowe problemy dotyczące zagadnień związanych z zastosowaniem metod probabilistycznych w problemach inżynierskich. W rozdziale tym Autorka przedstawiła przedmiot, cel i zakres pracy, a także główny problem naukowy i tezę rozprawy. Ponadto dokonała niezwykle wnikliwego przeglądu literatury ze szczególnym uwzględnieniem aktualnego stanu wiedzy w zakresie oceny niezawodności konstrukcji inżynierskich. Obszerna część przeglądu literatury poświęcana jest osiągnięciom zespołu badawczego kierowanego przez wiele lat przez prof. Eugeniusza Bielewicza w Politechnice Gdańskiej. Autorka podkreśla, że recenzowaną pracę stanowi kontynuację i rozwinięcie prac prowadzonych w tym ośrodku w zakresie metod probabilistycznych stosowanych w mechanice konstrukcji i dotyczy rozwinięcia wcześniej opracowanych metod analizy wrażliwości

mechanicznej odpowiedzi na losową zmianę parametrów opisujących geometrię i definiujących materiały.

Rozdział drugi zawiera podstawowe pojęcia i definicje dotyczące niezawodności konstrukcji inżynierskich, między innymi: poziomy metod probabilistycznej analizy konstrukcji, wybrane miary niezawodności, losowe modele zmiennych projektowych oraz pojęcie funkcji stanu granicznego.

W rozdziale trzecim zawarto opis metod analizy niezawodności konstrukcji, które zostały wykorzystane w recenzowanej pracy doktorskiej. W niezwykle rozbudowany sposób przedstawiono założenia i teoretyczne podstawy metody Monte Carlo. Wiele uwagi poświęcono metodzie Powierzchni Odpowiedzi (Response Surface Method RSM) oraz metodzie Estymacji Punktowej (Point Estimate Method PEM). Odrębną część tego rozdziału stanowi przegląd technik Redukcji Wariancji obejmujących Próbkowanie Warstwowe (Stratified Sampling SS), Hipersześcianem Łacińskim (Latin Hypercube Sampling (LHS) czy tzw. Doskonałą Warstwową Koncepcję Próbkowania (Refined Stratified Sampling RSS) często stosowaną w technice Próbkowania Ukierunkowanego (Targeted Random Sampling TRS).

Rozdział czwarty poświęcony jest analizie wrażliwości konstrukcji. Zawarto w nim podstawowe pojęcia i kryteria podziału metod analizy wrażliwości odpowiedzi mechanicznej konstrukcji na zmianę jej parametrów projektowych. Wiele uwagi poświęcono projektowaniu przesiewowemu (Screening Design) oraz analizie wariancji ze szczególnym uwzględnieniem procedury obliczania indeksów wrażliwości Sobola metodą Monte Carlo (MC).

W rozdziale piątym przedstawiono przykłady zastosowania probabilistycznej analizy wrażliwości do oceny niezawodności wybranych konstrukcji inżynierskich. Analizą objęto kratownicę von Misesa, dla której obliczono wskaźniki wrażliwości Sobola. Ponadto analizowano słup Zieglera i stalową wieżę telekomunikacyjną, dla których przeprowadzono analizę wrażliwości opartą na metodzie Monte Carlo (MC) oraz Powierzchni Odpowiedzi (RSM) z zastosowaniem i bez zastosowania różnych metod próbkowania. W ostatnim przykładzie dokonano oceny wrażliwości kopuły prętowej z zastosowaniem metody Estymacji Punktowej (PEM).

Rozdział szósty zawiera wnioski końcowe i kierunki dalszych badań.

Uważam, że kolejność rozdziałów i podrozdziałów pozytywnie wpływa na logiczny sposób przedstawiania treści pracy, a bardzo skrupulatny opis stosowanych metod znacząco podnosi naukowo-dydaktyczne walory rozprawy. Niemniej przejrzystość pracy zaburzą zbyt długie zdania, zawiłe wywody, błędy stylistyczne oraz brak 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 bardzo dobrze wpisuje się w aktualny problem badawczy, dotyczący analizy niezawodności oraz probabilistycznej wrażliwości konstrukcji inżynierskich na imperfekcje geometryczne i materiałowe. Z tematem tym związane są zasady projektowania, wykonania i eksploatacji konstrukcji inżynierskich

gwarantujące jej bezpieczeństwo oraz odpowiedni poziom użytkowania. W praktyce inżynierskiej bardzo aktualne 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. W odpowiedzi na potrzebę rozwiązania powyższego problemu w opiniowanej rozprawie Doktorantka jasno określiła cel pracy, jakim było zaadoptowanie istniejących algorytmów do analizy wrażliwości stanów granicznych nośności i użyteczności wybranych konstrukcji inżynierskich z uwzględnieniem imperfekcji geometrycznych i materiałowych. Tezę pracy sformułowała następująco: *Możliwe jest oszacowanie wrażliwości stanów granicznych nieliniowych modeli konstrukcji inżynierskich na imperfekcje geometryczne i materiałowe przy zastosowaniu metody symulacyjnej Monte Carlo wraz z odpowiednio sformułowanymi technikami redukcyjnymi, próbkowaniem ukierunkowanym, metodą powierzchni odpowiedzi oraz metodą estymacji punktowej.*

Do najważniejszych oryginalnych osiągnięć naukowych Autorki można zaliczyć:

- 1) Wnikliwe i krytyczne rozpoznanie aktualnego stanu wiedzy dotyczącego probabilistycznych metod obliczeniowych pozwalających na analizę niezawodnościowej wrażliwości konstrukcji. Należy podkreślić, że spis literatury obejmuje, aż 204 krajowe i zagraniczne pozycje bibliograficzne, wśród których można znaleźć opracowania poświęcone niezawodności konstrukcji, numerycznej analizie zjawisk losowych, optymalizacji niezawodnościowej konstrukcji, analizie wrażliwości zarówno w zakresie deterministycznym jak i probabilistycznym oraz losowej teorii podejmowania decyzji.
- 2) Dokonanie rozbudowanego przeglądu wybranych metod analizy niezawodności konstrukcji, ze szczególnym uwzględnieniem metody Monte Carlo, Powierzchni Odpowiedzi (Response Surface Method RSM), Estymacji Punktowej (Point Estimate Method PEM) oraz technik Redukcji Wariancji obejmujących Próbkowanie Warstwowe (Stratified Sampling SS), Próbkowanie Hipersześcianem Łacińskim (Latin Hypercube Sampling (LHS), a także Próbkowanie Ukierunkowane (TRS), które zostało wykorzystane w budowie autorskiego programu Doktorantki. Na uwagę zasługuje bardzo uporządkowany i dydaktyczny charakter tego przeglądu wraz ze wskazaniem wad i zalet poszczególnych metod.
- 3) Klasyfikacja metod analizy wrażliwości mechanicznej odpowiedzi konstrukcji na zmianę jej parametrów projektowych, wśród których znalazły się Projektowanie Przesiewowe oraz metoda Monte Carlo (MC) ukierunkowana na estymacje indeksów wrażliwości Sobola.
- 4) Opracowanie autorskiego programu w środowisku MATLAB wykorzystującego technikę Próbkowania Ukierunkowanego (TRS), która umożliwia poszukiwanie próbek w otoczeniu stanu granicznego konstrukcji, co znacząco wpływa na podniesienie dokładności szacowanego prawdopodobieństwa wystąpienia awarii przy stosunkowo niewielkiej liczbie próbek. Autorka wskazuje tu krytycznie, że istotne ograniczenie proponowanego podejścia stanowi wymiar wektora zmiennych losowych. Technika ta sprawdza się w problemach o małej liczbie zmiennych.
- 5) Adaptacja wybranych metod (Monte Carlo, PEM i metoda Powierzchni Odpowiedzi), do zadań analizy wrażliwości niezawodnościowej i przetestowanie ich na przykładach prętowych konstrukcji inżynierskich w postaci kratownicy von Misesa, słupa Zieglera,

stalowej wieży telekomunikacyjnej i kopuły prętowej. Właśnie ta część pracy umożliwiła Doktorantce obronę tezy recenzowanej rozprawy.

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

4. Uwagi krytyczne

Niezależnie od mojej pozytywnej oceny wartości merytorycznej rozprawy doktorskiej, z obowiązku recenzenta wykażę poniżej dyskusyjne lub ujemne jej strony.

4.1. Ogólne uwagi merytoryczne

- 1) W recenzowanej pracy Doktorantka podkreśla, że jej oryginalnym osiągnięciem jest opracowanie autorskiego algorytmu Próbkowania Ukierunkowanego (TRS). Jednakże nie jest jasne, czy zastosowane procedury obliczeniowe są jedynie kompilacją powszechnie stosowanych metod obliczeniowych, czy też rzeczywiście stanowią nowe podejście zaproponowane przez Doktorantkę. Powstała wątpliwość wynika z faktu, że w rozdziale 3.4.3, gdzie Autorka skrupulatnie objaśnia algorytm techniki Próbkowania Ukierunkowanego, powołuje się na pracę [Shields i inni 2015 a] jako twórcy metody. Dlatego też bardzo proszę o uściślenie, na czym polega oryginalny wkład Doktorantki w tym zakresie.
- 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. W konsekwencji trudno jest śledzić poszczególne zapisy zawarte w pracy. Na przykład na stronie 30 we wzorze 3.1 funkcję charakterystyczną zbioru I_{Ω_f} (funkcję Dirichleta) opisano dla zbioru realizacji zmiennych losowych x . Natomiast we wzorze 3.2 funkcję charakterystyczną I_{Ω_f} opisano dla zbioru zmiennych losowych X . Zdaniem recenzenta należy wyjaśnić dlaczego przyjęto powyższy zapis. Podobna uwaga dotyczy zakresu wektora realizacji zmiennych losowych x . Czy wynosi on n czy N ? Na stronie 21 wektor ten zapisany jest w postaci: $x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$; natomiast na stronie 30 w postaci: $x = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$. Podobne pytanie odnosi się do wektora zmiennych losowych X . Na stronie 21 zapisany jest w postaci: $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$, natomiast ze wzoru 3.5 wynika, że $X = \{X_1, X_2, \dots, X_N\}$.
- 3) W rozdziale 5 wiele określeń użytych do opisu konstrukcji inżynierskich nie odpowiada fachowej terminologii, powszechnie stosowanej w konstrukcjach budowlanych. Powoduje to pewne nieporozumienia i trudności zrozumienia co Autorka ma na myśli. Prawdopodobnie błędne określenia pojawiają się w tekście rozprawy jako efekt tłumaczenia wprost z języka angielskiego. Na przykład na stronie 83, przy opisie stalowej wieży telekomunikacyjnej, na określenie przekładki stalowej użyto słowa „odstępnik”; do określenia „krawężników” lub „gałęzi wieży użyto błędnie słowa „nogi”, zamiast „zakratowanie” „wykratowanie”, zamiast „przekrój rurowy” „przekrój kołowy”. Ponadto w wielu miejscach pracy na określenie elementu ściskanego, Autorka stosuje słowo „kolumna”. Natomiast w praktyce inżynierskiej na określenie tego typu elementów powszechnie stosuje się słowo „słup”.

- 4) W równaniu 5.1 została określona zależność obciążenia P od kąta obrotu ϕ . Jeżeli przyjąć, że wzór ten sformułowany jest dla imperfekcji α_0 , takiej jak zaznaczono na rysunku 5.1, to wówczas do wzoru 5.1 należy wprowadzić kąt α_0 ze znakiem ujemnym. Warto jednak podkreślić, że wstępna imperfekcja geometryczna wyrażona kątem α_0 może przyjmować zarówno wartości dodatnie jak i ujemne, co warunkuje poprawność wzoru 5.1.
- 5) W rozdziale 5 Doktorantka często stosuje określenie „stałe sprężystości” lub „współczynniki sprężystości”, które w analizowanych modelach konstrukcji inżynierskich stanowią charakterystykę sprężystych podpór lub sprężystych przegubów. Określenie „współczynniki sprężystości” nie jest jednak pojęciem jednoznacznym i używane jest w różnym kontekście. Dlatego też lepiej jest stosować określenia, które jednoznacznie definiują rozpatrywane wielkości. Na przykład na stronie 68 przy opisie słupa Zieglera użyto sformułowania „przeguby wewnętrzne wzmocnione sprężynami o stałych sprężystości”. W rzeczywistości analizowany słup nie jest wzmocniany sprężynami, lecz posiada dwa przeguby sprężyste o sztywności obrotowej odpowiednio: k_1 u podstawy i k_2 w środku wysokości. Podobnie jest w przypadku wieży transmisyjnej (str. 86 w 8d), gdzie Autorka pisze o „zastępczych współczynnikach k ”, i dalej, że są to „stałe sprężystości” lub „współczynniki sprężystości podpór”. Jednakże bardziej precyzyjne byłoby scharakteryzować wielkość k jako sztywność translacyjną sprężystych podpór modelujących warunki podparcia krawężników wieży.
- 6) Na stronie 90 wiersz 3 od dołu strony, Autorka stwierdza: „...że w przypadku małych wartości k mnożnik m_{dop} przyjmuje wartości większe...”. Czy obserwacje te poczynione są na podstawie wyników prezentowanych w tabelach 5.8 i 5.9 oraz na rysunkach 5.19 i 5.20. Jeśli tak, to przytoczone w nich wyniki prezentują całkowicie przeciwną tendencję. Niejasne jest także, skąd Autorka otrzymała wartości mnożnika m_{dop} równe 1,832, 1,811 i 1,823. Wcześniej liczby te nie pojawiały się ani na w/w rysunkach ani na w/w wykresach. Ta część pracy wymaga doprecyzowania co do źródła przytoczonych wyników.
- 7) W podsumowaniu wyników uzyskanych na podstawie analizy stalowej wieży telekomunikacyjnej stwierdzono, że: „wrażliwość odpowiedzi konstrukcji (wyrażonej zarówno poprzez mnożnik obciążenia dopuszczalnego, jak również poprzez wskaźnik niezawodności) na zmianę współczynnika sprężystości podpory słupa ściskanego jest wyraźnie większa, niż na zmianę współczynników sprężystości podpór słupów rozciąganych”. Wymaga to komentarza. W ocenie recenzenta prezentowany przez Autorkę wniosek jest prawdziwy jedynie dla rozpatrywanej konfiguracji obciążeń, w której dwa krawężniki są rozciągane, a jeden ściskany. W takiej sytuacji, niemal intuicyjnie można stwierdzić, że wyższe prawdopodobieństwo awarii całego ustroju konstrukcyjnego związane jest z elementem konstrukcyjnym pracującym pojedynczo. Jednakże analizowana w pracy sytuacja obliczeniowa nie jest jedyna jaka może wystąpić. Zwykle przy projektowaniu wieży o przekroju trójkątnym rozpatruje się różne kierunki oddziaływania wiatru, między innymi takie, w których dwa krawężniki są ściskane, a jeden rozciągany. W związku z tym, w celu uzyskania wyników o wyższym stopniu uniwersalności, należałoby rozważyć szerszy wachlarz kombinacji obciążeń.
- 8) W rozdziale 6 zawarto wiele ciekawych spostrzeżeń i wniosków. Trudno jest się jednak zgodzić ze stwierdzeniem, że przeprowadzona w recenzowanej rozprawie probabilistyczna analiza wrażliwości konstrukcji inżynierskich nie wymaga zaawansowanej wiedzy lub specjalistycznego oprogramowania. Należy podkreślić, że nawet sama Doktorantka dysponująca ogromnym warsztatem teoretycznym w zakresie

probabilistycznej analizy wrażliwości przyznaje, że dostępne narzędzia obliczeniowe pozwalają jedynie na analizę prostych konstrukcji inżynierskich z uwzględnieniem wielu uproszczeń i ograniczeń.

4.2. Szczegółowe uwagi merytoryczne

- 1) Str. 12 w 13d – proszę uściślić na jakim polu i który ośrodek krakowski był wiodący?
- 2) Str. 14 w 12d – należy wyjaśnić o jakim kryterium optymalizacji jest tu mowa. Na koszt konstrukcji składa się wiele elementów takich jak: koszt materiału, koszt robocizny, czy transportu. Zwykle funkcje celu określa się jako minimum ciężaru własnego konstrukcji przy maksimum jej nośności.
- 3) Str. 18 w 4d – proszę wyjaśnić jaką odporność konstrukcji Autorka ma na myśli. Czy chodzi tu o nośność, sztywność czy odporność np. na korozję lub inne czynniki?
- 4) Str. 26 w 10g – proszę wyjaśnić o jakiej „wytrzymałości” jest mowa.
- 5) Str. 69 w 10d – proszę wyjaśnić na jakiej podstawie przyjęto, że $\lambda=0,75\lambda_E$.
- 6) Str. 80 w 10g – proszę doprecyzować jakiej „powierzchni” dotyczy równanie 5.13. Czy chodzi tu o powierzchnię granicznej odpowiedzi konstrukcji?
- 7) Str. 83 w 8g – Proszę wyjaśnić czy rzeczywiście krawężniki wieży zostały wykonane z „okrągłych prętów pełnych”? Byłoby to dość nieekonomiczne rozwiązanie konstrukcyjne. W praktyce inżynierskiej krawężniki wież wykonane są z rur okrągłych i kwadratowych lub z przekrojów otwartych np. kątowników.
- 8) Str. 83 w 3d nad tabelą – w zdaniu rozpoczynającym się od słów „Podstawą do ich ustalenia...” wkradła się nieścisłość. Wynika z niego, że próbę rozciągania stali, na podstawie której określa się właściwości mechaniczne stali, wykonano na próbkach, które miały przekrój kołowy lub kątowy. Sądzę, że w rzeczywistości z elementów o przekroju rurowym lub kątowym wycięto standardowe próbki stosowane w próbie rozciągania stali (tzw. wiosełka).
- 9) Str. 84 w 5g – układ sił nie został „zredukowany” do wypadkowej, ale „sprowadzony” do wypadkowej.
- 10) Str. 89 – w tabeli 5.8 wpisano błędne zakresy zmiennych x_1 i x_2 . Z rysunku 5.19 wynika, że zmienna x_1 należy do przedziału (175MN/m – 304MN/m), natomiast x_2 należy do przedziału (260MN/m – 460MN/m).
- 11) Str. 89 – w tabelach 5.8 i 5.9 mnożnik obciążenia dopuszczalnego oznaczono „ m_{crit} ”, natomiast w tekście pracy użyto oznaczenia „ m_{dop} ”. Proszę ujednoczyć notację. Dotyczy to również opisu w tekście, gdzie Autorka „ m_{dop} ” w jednym miejscu opisuje jako mnożnik obciążenia dopuszczalnego, a w drugim jako mnożnik obciążenia krytycznego (str. 91 w2g).
- 12) Str. 97 rys. 5.28 – rysunek jest nieczytelny, ponieważ wykresy odnoszące się do EPS - wariant 2 ($x_{0,01}$), ERR - wariant 3 ($x_{0,1}$), EPS - wariant 3 ($x_{0,01}$), ERR - wariant 4 oraz EPS - wariant 4 nakładają się, co sprawia, że niemożliwa jest weryfikacja wniosków zawartych w opisie rysunku.

4.3. Uwagi dotyczące redakcji rozprawy

- 1) Str. 5 w 2g – jest: „jej”, powinno być: „ich”.

- 2) Str. 5 w 7g – po „...danych warunkach eksploatacji” brak kropki.
- 3) Str. 5 w 7g – z konstrukcji zdania rozpoczynającego się od słów „Jedynie metody probabilistyczne...” wynika, że chodzi o oszacowanie bezpieczeństwa wielkości – „ich”. Wydaje się, że powinno być „oszacowanie bezpieczeństwa konstrukcji”. Zdanie wymaga przerezegowania.
- 4) Str. 6 w 2d – po „...zmiany na ogólną niezawodność” brak kropki.
- 5) Str. 7 w 7g – zdanie rozpoczynające się od słów „Zautomatyzowanie obliczeń z zakresu...” jest zbyt długie.
- 6) Str. 7 w 12g – jest: „udokładnienia”, powinno być np.: „podniesienia poziomu dokładności”.
- 7) Str. 7 w 3d – jest: „zastosowania”, powinno być: „zastosowaniu”.
- 8) Str. 8 w 2g – po „...wybór metody” brak przecinka.
- 9) Str. 8 w 10g – po „...układów prętowych” usunąć przecinek.
- 10) Str. 8 w 8d – zamiast: „optymalizujących”, proponuję: „usprawniających”. Termin optymalizacja obejmuje znacznie szersze zagadnienia niż usprawnienie obliczeń.
- 11) Str. 8 w 6d – po „...dobrych przykładów” usunąć średnik i dodać kropkę.
- 12) Str. 9 w 10g – po „...a także” usunąć przecinek.
- 13) Str. 9 w 14g – po „...zagadnieniami probabilistycznymi” brak przecinka.
- 14) Str. 9 w 16g – jest: „metody”, powinno być: „metod”.
- 15) Str. 10 w 1g – jest: „najobszerniejszy”, powinno być: „najobszerniejszym”.
- 16) Str. 10 w 11g – jest: „współczynników”, powinno być: „współczynniki”.
- 17) Str. 10 w 13g – zamiast: „Kolumna Zieglera”, proponuję: „Słup Zieglera”.
- 18) Str. 10 w 16g – po „...Monte Carlo (MC)” brak przyimka „w”.
- 19) Str. 12 w 2g – po „Analiza probabilistyczna...” usunąć przecinek.
- 20) Str. 12 w 7d – zdanie złożone rozpoczynające się od słów „Istotny wkład w rozwój...” podzielić na dwa osobne zdania.
- 21) Str. 12 w 5d – w spisie literatury brak jest pozycji [Engel i Sieczkowski, 1978]. Może chodzi tu o publikację Engel i inni z 1980 – zawartą w spisie literatury.
- 22) Str. 13 w 10g – zamiast: „...i metodologii rozwiązania na analizie szczególnych ...”, proponuję: „...poprzez metodologię rozwiązania, na analizie szczególnych ...”.
- 23) Str. 13 w 5d – po „...krytyczny” brak przecinka.
- 24) Str. 14 w 6d – błąd stylistyczny – podejście nie może kłaść nacisku.
- 25) Str. 15 w 17d – w spisie literatury brak jest pozycji [Sobol, 2001], [Sudret, 2009] i [Xiao i Lu, 2017].
- 26) Str. 15 w 15d – zdanie rozpoczynające się od słów „Wrażliwości probabilistyczna...” wymaga poprawy.
- 27) Str. 16 w 4g – zdanie rozpoczynające się od słów „Zdecydowana większość prac...” jest niezrozumiałe.
- 28) Str. 16 w 8g – po „...przeglądu” brak np. słowa „literatury”.

- 29) Str. 16 w 8g – zamiast „...pracę”, proponuję „osiągnięcia”.
- 30) Str. 16 w 10g – po „...XX w.” usunąć kropkę.
- 31) Str. 16 w 7d – po „...[Tejchman i inni, 2009(b); Korol 2012]” brak przecinka.
- 32) Str. 16 w 6d – zamiast: „zastosowaniu”, ma być: „zastosowanie”.
- 33) Str. 16 w 4d – zdanie rozpoczynające się od słów „Niniejsza praca...” wymaga poprawy.
- 34) Str. 17 w 15d – usunąć kropkę przed i dodać kropkę po [Sobczyk 2010].
- 35) Str. 17 w 14d – po „...konstrukcji” brak przecinka.
- 36) Str. 17 w 13d – po „...matematycznej” brak przecinka.
- 37) Str. 17 w 7d – zdanie złożone rozpoczynające się od słów „Sprawdzenie czy konstrukcja...” podzielić na dwa osobne zdania.
- 38) Str. 18 w 6g – zdanie złożone rozpoczynające się od słów „Ze względu...” jest zbyt długie.
- 39) Str. 18 w 11g – po „...miarę” brak przecinka.
- 40) Str. 18 w 15d – zamiast: „podane”, proponuję: „sformułowane”.
- 41) Str. 18 w 5d – zamiast: „działań”, ma być: „oddziaływań”.
- 42) Str. 19 w 1g – zamiast: „granicznej”, ma być: „granicznego”.
- 43) Str. 19 w 13g – zamiast: „wolne”, ma być: „wolny”.
- 44) Str. 19 w 15g – zdanie złożone rozpoczynające się od słów „Procedury...” jest zbyt długie. Np. po: „...matematycznej” kropka; potem nowe zdanie np.: „Z tego powodu metody...”.
- 45) Str. 19 w 13g – usunąć kropkę przed i dodać kropkę po [Lewicki, 1995].
- 46) Str. 19 w 18g – usunąć kropkę przed i dodać kropkę po [Skowronek, 2006].
- 47) Str. 21 w 4g – po „...konstrukcji” brak przecinka.
- 48) Str. 23 – na rysunku 2.2 prawdopodobieństwo awarii powinno być oznaczone małą literą p_f . Na rysunku oznaczenia powinny być opisane czcionką pochyłą, zgodnie z oznaczeniami w tekście. Pod rysunkiem 2.2 brak jest opisu oznaczeń: σ_M - odchylenie standardowe, μ_M - wartość oczekiwana.
- 49) Str. 26 w 6g – zamiast: „modelowaniu losowym”, może: „losowym modelowaniu”.
- 50) Str. 26 w 14d – po „[Adler, 1981; Vanmarcke, 1983]” ,zamiast: kropki, ma być: średnik.
- 51) Str. 27 w 4d – po „...(dynamiczne)” brak przecinka.
- 52) Str. 28 w 3d – po „...pękania” ,zamiast: przecinka, ma być: kropka.
- 53) Str. 28 w 1d – po „...[Nowak i inni, 2000]” brak kropki.
- 54) Str. 29 w 9g – zamiast: „obliczeniowych”, ma być: „obliczeniowej”.
- 55) Str. 29 w 10g – zamiast: „lata 70. XX wieku”, ma być: „lata 70-te XX wieku”.
- 56) Str. 31 w 4d – po „...oprogramowania” ,zamiast: przecinka, ma być: średnik.
- 57) Str. 32 w 8g – po „...możliwości” ,zamiast: przecinka, ma być: średnik.
- 58) Str. 32 w 14d – po „...zjawisko” brak przecinka.

- 59) Str. 32 w 9d – po „...czynnikami” brak przecinka.
- 60) Str. 32 w 5d – zdanie rozpoczynające się od słów „Kolejne stadium...” wymaga poprawy (stadium metody nie może się skupiać).
- 61) Str. 33 w 12d – jest „...obszar, na którym ...”, powinno być: „...obszar, w którym ...” lub „...powierzchnia, na której ...”.
- 62) Str. 34 w 13g – po „...układu” brak przecinka.
- 63) Str. 34 w 8d – po „...punktów” brak przecinka.
- 64) Str. 35 w 11d – po „...standardowe” brak przecinka.
- 65) Str. 43 w 3g – „...wektor X_i ”- powinien być zaznaczony pogrubioną czcionką.
- 66) Str. 45 w 5d – zdanie rozpoczynające się od słów „Warstwa zawierająca...” wymaga przeredagowania. Proponuję: „Warstwa zawierająca wyznaczony punkt przecięcia zostaje podzielona. Obszar próbkowania zwiększa się o kolejną podprzestrzeń, i tym samym o kolejny wynik symulacji.
- 67) Str. 48 w 4d – po „...próbek” brak kropki.
- 68) Str. 51 w 13d – po „...probabilistycznych” brak przecinka.
- 69) Str. 57 w 1g – podpis rysunku 4.2 powinien znajdować się bezpośrednio pod rysunkiem umieszczonym na stronie 56.
- 70) Str. 57 w 6d – po „...czynników” brak przecinka.
- 71) Str. 59 w 4g – usunąć nawias na końcu zdania.
- 72) Str. 60 w 5d – zamiast: „wplątana”, proponuję: „uwikłana”.
- 73) Str. 60 w 5d – jest : „wpływu wariancję”, powinno być: „wpływu na wariancję”.
- 74) Str. 62 w 13g – jest : „obliczeniach”, powinno być: „obliczenia”.
- 75) Str. 63 w 2g – jest : „Pole poprzeczne”, powinno być: „Pole przekroju poprzecznego”.
- 76) Str. 63 w 3g – po „...wynosi $A = 1,0 \text{ m}^2$ ” brak przecinka.
- 77) Str. 66 w 3g pod rysunkiem – po „...granicznego” brak przecinka.
- 78) Str. 77 w 8g – po „...przestrzeni” brak przecinka.
- 79) Str. 77 w 13g – przed „a zatem” brak przecinka.
- 80) Str. 77 w 10d – przed „przez” brak kropki.
- 81) Str. 78 w 1g – po „Sprawdzenie” brak przecinka.
- 82) Str. 78 w 2g – po „warstw” brak przecinka.
- 83) Str. 78 w 5g – jest: „liczbę”, ma być: „liczbą”.
- 84) Str. 80 w 7g – jest: „badanie”, ma być: „badania”.
- 85) Str. 80 w 1d – podpis pod rysunkiem 5.12 należy uzupełnić. Proponuję „Schemat przyjętych płaszczyzn przecięcia (linie czerwone, przerywane) powierzchni odpowiedzi granicznej słupa”.
- 86) Str. 84 w 5d nad rys. 5.16 – po „bez” dodać słowo „balastu”.
- 87) Str. 88 w 6g – zamiast: „wahania”, proponuję „zmiany”.
- 88) Str. 88 w 8d – po „analizie” brakuje przecinka.

- 89) Str. 90 w 7g pod rysunkiem – jest: „którym”, ma być: „których”.
- 90) Str. 90 w 8g pod rysunkiem – zamiast: „...zdaje się być możliwa do aproksymacji...”, proponuję: „...można aproksymować...”.
- 91) Str. 90 w 9g pod rysunkiem – zamiast: „większego”, proponuję: „wyższego”.
- 92) Str. 96 rys. 5.26 – brak opisu, co oznaczają czerwone punkty znajdujące się na wykresach dotyczących wariantu 1 i 2.
- 93) Str. 98 w 4g pod rysunkiem – błędne odniesienie do rysunku. Zamiast: (rysunek 5.29) powinno być: (rysunek 5.30).
- 94) Str. 99 w 11g – zamiast: „największej”, proponuję: „najwyższej”.
- 95) Str. 100 w 3g – zamiast: „w okolicy”, proponuję: „w zakresie”.
- 96) Str. 101 w 2g – zamiast: „w okolicy”, proponuję: „w obszarze”.
- 97) Str. 112 w 11d – po „płaszczyznami” brakuje przecinka.
- 98) Str. 112 w 9d – po „wytycznymi” brakuje przecinka.
- 99) Str. 118 w 9g – po „sam” brakuje przecinka.
- 100) Str. 118 w 13g – zamiast: „wahania”, proponuję: „zmiany”.
- 101) Str. 118 w 14g – zamiast: „wrażliwsza”, proponuję: „bardziej wrażliwa”.
- 102) Str. 127 w 6g – zamiast „odpowiada to przekrojom poprzecznym”, proponuję: „odpowiada to sumarycznemu polu przekrojów poprzecznych”.
- 103) Str. 128 w 10g – zamiast: „standardowych konstrukcji”, proponuję: „typowych
- 104) Str. 128 w 5d – po „systemie” brakuje przecinka.
- 105) Str. 128 w 10g – zamiast: „...większa zawodnością obliczenia...”, proponuję: „...większą zawodnością, to obliczenia...”.
- 106) Str. 129 w 6g – zamiast: „pobliży”, proponuję: „pobliżu”.
- 107) Str. 129 w 7g – zamiast: „analizę algorytmu TRS”, proponuję: „analizę efektywności algorytmu TRS”.
- 108) Str. 129 w 8g – zamiast: „odpowiednią”, proponuję: „odpowiednim”.
- 109) Str. 129 w 7d – zamiast: „mechaniczna”, proponuję: „mechaniczną”.
- 110) Str. 129 w 5d – zamiast: „kolumny”, proponuję: „słup”.
- 111) Str. 129 w 2d – zamiast: „udokładnienia”, proponuję: „podniesienia dokładności”.

5. Wnioski końcowe

Podsumowując stwierdzam, że rozprawa doktorska Pani mgr inż. Magdaleny Oziębło stanowi rozwiązanie oryginalnego zagadnienia naukowego. Praca wnosi znaczący wkład w rozwój wiedzy w dyscyplinie „budownictwo” i ma również duże znaczenie praktyczne oraz dydaktyczne. Doktorantka wykazała się bardzo dobrą znajomością aktualnego stanu wiedzy w zakresie podjętej tematyki i umiejętnością prowadzenia analiz naukowych. Doktorantka wskazała również kierunki dalszych badań, co świadczy o Jej odpowiednim przygotowaniu do samodzielnego prowadzenia prac naukowobadawczych.

Uważam, że główny cel rozprawy doktorskiej został osiągnięty, a teza pracy obroniona.

Uwagi krytyczne wymienione w punkcie 4 nie obniżają dobrego, moim zdaniem, poziomu merytorycznego i ogólnej wysokiej oceny dysertacji. Pomimo tych uwag rozprawa jest bardzo interesująca z naukowego punktu widzenia i posiada wysoką wartość praktyczną. Mam nadzieję, że przedstawione przez mnie uwagi krytyczne choć w części będą pomocne Autorce w prowadzeniu dalszych badań naukowych i w przygotowywaniu artykułów do czasopism naukowych.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska autorstwa mgr inż. Magdaleny Oziębło pt. „Probabilistyczna ocena wrażliwości stanów granicznych konstrukcji inżynierskich na imperfekcje geometryczne i materiałowe” spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim określone w Ustawie z dnia 14.03.2003 roku ”O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” (Dz.U. Nr 65, poz. 595).

W związku z tym stawiam wniosek o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej do publicznej obrony przed Radą Wydziału Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej.



Katarzyna Rzeszut