

Prof. dr hab. inż. Marek Witkowski

Warszawa, dnia 27 kwietnia 2016 r.

Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania

w Warszawie

RECENZJA

rozprawy doktorskiej

mgr inż. AGNIESZKI DUDZIK

pt. „**EFEKTYWNOŚĆ METODY FORM NA TLE INNYCH METOD PROBABILISTYCZNYCH W ANALIZIE KONSTRUKCJI PRĘTOWYCH**”

1. PODSTAWA OPRACOWANIA RECENZJI

Podstawę opracowania recenzji stanowi uchwała Rady Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Świętokrzyskiej z dnia 10 lutego 2016r. oraz list Dziekana Wydziału dr hab. Marka Iwańskiego, prof. PŚk. z dnia 29.02 2016r. zlecający wykonanie recenzji.

Przedmiotem oceny jest praca doktorska, opracowana przez mgr inż. Agnieszkę Dudzik pt. „Efektywność metody FORM na tle innych metod probabilistycznych w analizie konstrukcji prętowych”. Promotorem przewodu jest dr hab. inż. Urszula Radoń, profesor Politechniki Świętokrzyskiej. Rozprawa doktorska liczy 159 stron, podzielonych na 5 rozdziałów, w tym spis literatury, liczący 168 pozycji, oraz załącznik w formie cyfrowej, zawierający pliki Mathematica. W dołączonej dokumentacji znajduje się także autoreferat Doktorantki.

2. OCENA PRZEDMIOTU ROZPRAWY

W ciągu ostatnich dwudziestu lat dokonał się znaczący postęp w opracowaniu metod projektowania konstrukcji, uwzględniających w znacznie większym, niż wcześniej stopniu, niedoskonałość modeli obliczeniowych. Dotyczy to modeli konstrukcji i oddziaływań, niezbędnych do przeprowadzenia analizy stanu wyężenia, przy użyciu metod mechaniki, na przykład mechaniki budowli w przypadku konstrukcji budowlanych. Oczywiście, trudno sobie obecnie wyobrazić, aby proces projektowania mógł odnosić się do rzeczywistych konstrukcji i oddziaływań a nie ich modeli, korzystających z rozmaitych uproszczeń. Jednak w związku z szybko rosnącymi mocami komputerów, jesteśmy w stanie coraz dokładniej zbliżać się do rzeczywistości, czyli poprawiać proces modelowania. Takie działania

prorowadzone są w różnych kierunkach, między innymi przez uwzględnienie losowości parametrów, określających konstrukcje i obciążenie. Badania naukowe w tej dziedzinie doprowadziły do powstania algorytmów, opartych na matematycznych podstawach teorii prawdopodobieństwa i służących do oceny jednej z najważniejszych cech konstrukcji, jaką jest ich niezawodność. Bariery, utrudniającą powszechne stosowanie tego podejścia w praktyce projektowej są przyzwyczajenia projektantów do stosowania metod, wcześniej dobrze opanowanych. Nie jest to sytuacja nowa, gdyż wdrażanie do praktyki wyników badań naukowych przeważnie napotyka na opory środowisk, niezaangażowanych bezpośrednio w działalność badawczą. W znacznym stopniu przyczyniają się do tego zbyt mało związane z praktyką problemy, przedstawiane w publikacjach. Zatem umiejętność pokonania tej bariery jest ważną cechą badaczy, zajmujących się wspomaganiem inżynierii.

Recenzowana rozprawa doktorska z powodzeniem wypełnia tę lukę. Doktorantka, napisała pracę, wykorzystując współczesne metody badania niezawodności konstrukcji budowlanych. Z dwóch głównych grup metod, czyli aproksymacyjnych i symulacyjnych skoncentrowała się na metodzie aproksymacyjnej FORM, przybliżając powierzchnię graniczną funkcją liniową. Metoda ta w zastosowaniu jest stosunkowo prosta, pod warunkiem użycia jej w analizie niezawodności do określonej klasy konstrukcji. Jednym z celów rozprawy było wykazanie użyteczności metody i jej efektywności w praktyce, w porównaniu do innych metod, znacznie bardziej pracochłonnych. Doktorantka, co jest oczywiste, za podstawę swych rozważań przyjęła rozprawę habilitacyjną promotora swej pracy, Pani Profesor Urszuli Radoń, lecz dokonała istotnych rozszerzeń, przeprowadzając różne analizy w zakresie statyki, stateczności i dynamiki konstrukcji metalowych. Bardzo starannie dobrane zostały dane do przykładów rozwiązań, w szczególności dotyczące rozkładów prawdopodobieństwa zmiennych losowych. Oryginalnym wkładem w rozwój metod niezawodności jest klasyfikacja sposobów definiowania funkcji granicznej i opracowanie modułu do obliczeń symbolicznych w środowisku Mathematica, służącego do jawnego sformułowania stanu granicznego. Oceniam, że właśnie takie podejście, obejmujące dużą część typowych prac projektowych może przyczynić się do rozpowszechnienia metod uwzględniających ocenę niezawodności konstrukcji.

3. OCENA WARSZTATU BADAWCZEGO

Umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, zgodnie z wymogami ustawowymi, stanowi jeden z atrybutów kandydata do stopnia naukowego doktora. Należy tu ocenić wiedzę teoretyczną, niezbędną do prowadzenia badań, precyzję formułowania celów i wyciągania wniosków, umiejętność stosowania metod badawczych i posługiwania się językiem naukowym, redagowania pracy i odwołań do literatury. Lektura rozprawy wskazuje na opanowanie przez Autorkę znacznej wiedzy w zakresie nauk technicznych, związanych z dyscypliną budownictwo. Widoczne jest dobra znajomość wytrzymałości materiałów i mechaniki budowli, w szczególności w zakresie teorii stateczności i dynamiki konstrukcji. Przykłady rozwiązań wskazują na opanowanie metod projektowania konstrukcji metalowych. Kandydatka, przedstawiając pracę naukową w zakresie niezawodności konstrukcji, powinna mieć dużą wiedzę w zakresie teorii prawdopodobieństwa i statystyki. Znajduje to potwierdzenie podczas studiowania przedstawionej pracy doktorskiej. Rozdział 2 rozprawy,

stanowiący teoretyczną podstawę rozważanych później problemów niezawodności, jest zredagowany bardzo klarownie oraz, co w pracach doktorskich nie jest powszechne, jest napisany językiem tak zrozumiałym, że mógłby stanowić fragment podręcznika. Ogólnie, stwierdzam, że Autorka potrafi jasno formułować cele i na podstawie swych badań wyciągać wnioski, choć, co jest typowe u młodych badaczy, czasami zbyt optymistyczne. Wysoko oceniam też biegłość Autorki w łączeniu różnych modułów programów niezawodnościowych i skończenie-elementowych. Bez wątplenia jest to bardzo potrzebna cecha współczesnych badań, wykorzystująca istniejącą bibliotekę dostępnych programów komputerowych, co nie jest zadaniem prostym, gdyż dla wielu modułów brak jest programów źródłowych. O dojrzałości Doktorantki świadczy też dołączony do dokumentacji autoreferat, zawierający opis dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego w Uczelni. Aktywność naukowa, wyrażona w liczbie 10 publikacji w ciągu 6 lat jest bardzo duża, przy czym połowa z nich opublikowana została w znaczących periodykach lub w księgach poważnych konferencji. Bez wątplenia, Kandydatka potrafi umiejętnie prowadzić badania naukowe i stosować odpowiednie metody badawcze. Redakcja pracy, jak wspomniałem wcześniej, nie budzi zastrzeżeń w zakresie logicznej konstrukcji, języka naukowego i poprawności używania języka polskiego. Wykaz literatury jest obszerny, gdyż zawiera aż 168 pozycji, co świadczy o dobrej znajomości przedmiotu badań. Co prawda, część publikacji nie ma bezpośredniego zastosowania w redakcji rozprawy, ale wszystkie dotyczą zakresu badań, co pozwala pozytywnie ocenić wiedzę Doktorantki. Podsumowując tę część recenzji, oceniam, że mgr inż. Agnieszka Dudzik opanowała warsztat naukowy w stopniu wymaganym do prowadzenia samodzielnej pracy naukowej.

4. OCENA OSIĄGNIĘTYCH WYNIKÓW

Autorka na wstępie nie sformułowała jawnie, jakie cele zamierza osiągnąć, natomiast napisała, jakie cele zostały osiągnięte. Nie jest to zbyt zręczne, gdyż może sugerować, że rozpoczynając pracę Doktorantka nie wiedziała, do jakiego celu zmierza. Natomiast te cele wynikają z postawionych tez pracy, które skrótowo można przedstawić następująco:

- Metoda FORM jest znacznie bardziej efektywna, z uwagi na czas obliczeń, w porównaniu do metod symulacyjnych,
- Współczynniki wrażliwości wskaźnika niezawodności pozwalają na wybranie odpowiedniej funkcji granicznej i redukcję zmiennych losowych.

Analizując zrealizowane cele pracy można stwierdzić, że cel pierwszy, jakim jest możliwość zastosowania metody FORM w analizie różnych problemów mechaniki budowli wydaje się dość oczywista. Bardziej zaskakujący byłby brak możliwości realizacji tego celu. Celem drugim było zbadanie wpływu typu rozkładu prawdopodobieństwa na wartość wskaźnika niezawodności. Realizacji tego celu Doktorantka poświęciła wiele uwagi, zwracając uwagę, że w rzeczywistych układach rozkłady niektórych parametrów projektowych daleko odbiegają od rozkładu Gaussa. Nie dotyczy to zresztą tylko obciążeń wynikających z wpływów atmosferycznych, ale i niektórych stałych materiałowych. Wydaje się, że z pewnymi zastrzeżeniami cel został osiągnięty. Kolejnym celem było udowodnienie numerycznej efektywności metody w porównaniu do innych metod analizy niezawodności. W tym

przypadku można stwierdzić, że przeprowadzone badania wykazały słuszność tej tezy. Realizacja następnego celu polegała na zbadaniu wpływu opisu modelu matematycznego na wartość wskaźnika niezawodności. Niemal we wszystkich przykładach rozwiązań przeanalizowano tę zależność, wskazując, jak ważne jest dobranie odpowiednich modeli. Zabrakło mi jednak jakiegoś syntetycznego wniosku, choćby na podstawie przeprowadzonych obliczeń. Ostatnim ze zrealizowanych celów było badanie wrażliwości wskaźnika niezawodności na zmiany charakterystyk probabilistycznych zmiennych losowych. Doktorantka zdawała sobie sprawę ze znaczenia tego czynnika i łatwości jego badania w analizowanej metodzie FORM. Przeprowadziła wiele eksperymentów numerycznych i prawdopodobnie wyciągnęła właściwe wnioski. Odczuwam jednak pewien niedostatek braku syntetycznych wniosków, co będzie dokładniej przedstawione w następnym punkcie recenzji.

Porównując zrealizowane cele z tezami pracy, stwierdzam, że tezy zostały udowodnione, choć oczywiście nie w sposób matematyczny.

5. UWAGI KRYTYCZNE I POLEMICZNE

Jednym z bardziej wartościowych wniosków, wynikających z przeprowadzonych badań jest ocena wrażliwości wskaźnika niezawodności na zmienne losowe oraz ich parametry rozkładu. Autorka przeprowadziła szereg analiz, określając wpływ przyjętych zmiennych losowych na wartość wskaźnika niezawodności. Wnioski, wypływające z tych badań świadczą o znaczeniu typu rozkładu zmiennej losowej na wrażliwość wskaźnika niezawodności. Pozwoliło to zidentyfikować te zmienne losowe, które cechują się najmniejszą wrażliwością na wartość wskaźnika niezawodności i w konsekwencji potraktować je, jako wielkości deterministyczne. Łatwość obliczania wrażliwości wskaźnika niezawodności na opisy parametrów zadania jest ważną cechą metody FORM, co mogłoby być wykorzystane do bardziej sformalizowanej oceny doboru zmiennych losowych. Doktorantka analizując wykresy wrażliwości wskaźnika niezawodności, przedstawione np. na rysunkach 17 i 18 dokonała poprawnej, lecz subiektywnej redukcji niektórych zmiennych. Szkoda, że nie podjęto próby zbudowania liczbowej miary wrażliwości, pozwalającej na podjęcie bardziej obiektywnej decyzji, które zmienne powinny mieć charakter losowy a które deterministyczny. Wydaje się, że można by wykorzystać do realizacji tego celu moduł Mathematica.

Język rozprawy jest poprawny, choć razi nadużywanie słowa „dla”, charakterystyczne w wielu pracach z dziedziny nauk technicznych a wynikające z błędnego powielania wzorców angielskich. Stare słowniki poprawnej polszczyzny były w tym względzie bardzo rygorystyczne. Na przykład w Słowniku Poprawnej Polszczyzny PWN z 1976 roku podane są cztery znaczenia, z których dwa mają zastosowanie w recenzowanej rozprawie. Jedno z nich zezwala na łączenie przyimkiem *dla* określonej rzeczy i istoty **żywej**, np. szpital dla dzieci, wagon dla bydła. Drugie znaczenie pozwala na tworzenie wyrażenia oznaczających cel np. dla podkreślenia powagi sytuacji, dla przyjemności. Nowszy Słownik Języka Polskiego z 1998 roku jest bardziej liberalny, zezwalając na łączenie przyimkiem *dla* nie tylko istoty żywej, ale i rzeczy. Przykładami tego są wyrażenia np. zajezdnia dla autobusów, postój dla taksówek.

Żadną miarą nie da się tego jednak dopasować do znaczeń, używanych przez Autorkę: *granica plastyczności dla stali* (lepiej; *granica plastyczności stali*), *analiza niezawodności dla łuku* (lepiej; *analiza niezawodności łuku*), *dla ogólnego przypadku* (lepiej; *w ogólnym przypadku*), *dla zmiennych...*, *rozkład dla każdej zmiennej losowej*, *dla statecznych stanów równowagi*. Takich niezbyt dokładnych sformułowań jest więcej. Zauważone pomyłki są nieliczne np. wzór (120), rysunki 34 i 44.

6. WNIOSKI KOŃCOWE

Podsumowując recenzję, stwierdzam, że mgr inż. Agnieszka Dudzik przedstawiła w swej rozprawie doktorskiej rozwiązanie oryginalnego problemu naukowego. Sposób przeprowadzenia badań wskazuje na opanowanie przez Doktorantkę warsztatu badawczego i znacznego zasobu wiedzy w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie budownictwo, w szczególności w zakresie mechaniki budowli, wytrzymałości materiałów, konstrukcji metalowych, a przede wszystkim niezawodności konstrukcji.

W związku z powyższym stwierdzam, że przedstawiona rozprawa pt. „Efektywność metody FORM na tle innych metod probabilistycznych w analizie konstrukcji prętowych” spełnia ustawowe wymagania stawiane rozprawom doktorskim i wnoszę o dopuszczenie jej Autorki, mgr inż. Agnieszki Dudzik do publicznej obrony wyżej wymienionej pracy.

