

Dr hab.inż.Jerzy RAKOWSKI, prof.WSG
Osiedle Rusa 98/6
61-245 Poznań
E-mail: rakowski.jerzy@gmail.com

Poznań, kwiecień 2022 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgra inż. Krystiana ROSIŃSKIEGO
pod tytułem

Modelowanie cienkościennych układów płytowych w ujęciu makroelementowym

1. OPIS PRACY

Przedmiotem opiniowanej rozprawy jest analiza wybranych problemów statyki płyt cienkich metodą wykorzystującą oryginalne zastosowanie makroelementów płytowych. Autor przeprowadził analizę teoretyczną i numeryczną dla wybranych płyt jednorodnych i izotropowych w zakresie liniowo-sprężystym dla małych odkształceń i przemieszczeń. Celem pracy jest wykazanie skuteczności oraz efektywności zaproponowanej metody.

Przedstawiono w niej rozwiązanie konkretnych przykładów zginania dla wybranych przypadków obciążeń płyt o różnych kształtach w postaci wielokątów o różnych warunkach podparcia. W odróżnieniu od znanych rozwiązań tych zagadnień Autor zastosował oryginalne sformułowanie wykorzystujące zdefiniowane przez siebie *makroelementy płytowe*. Konsekwencją tego sposobu było między innymi to, że w numerycznym modelu obliczeniowym wykorzystał on również rozwiązanie analityczne problemu zginania płyty cienkiej. Zgodnie z istotą fizyczną i geometryczną wielkości opisujących stan sił i przemieszczeń w płycie wyznaczone zostały oprócz uogólnionych przemieszczeń (ugięcia i kąty obrotów przekrojów płyty) wielkości statyczne, to znaczy siły poprzeczne, momenty zginające i momenty skręcające. Autor przyjął do obliczeń uproszczenia wynikające z założeń Kirchhoffa-Love'a w odniesieniu do płyt cienkich, a w warunkach podparcia po zastosowaniu sztucznych zabiegów dostosował liczbę równań brzegowych do rzędu równania różniczkowego czwartego rzędu.

W swym schemacie ideowym rozprawa doktorska zawiera 4 zasadnicze wątki tematyczne poprzedzone *Wstępem* i zakończone *Dyskusją* oraz *Podsumowaniem i wnioskami*.

W pierwszym z numerowanych rozdziałów (*Analiza literatury*) podano obszernie omówienie treści większości cytowanych w pracy artykułów naukowych i książek zestawionych w *Bibliografii*.

Druga część obejmuje bardzo krótkie przedstawienie, zgodnie z tytułem rozdziału, *Hipotezy badawczej, celu i zakresu badań*.

W trzecim z wątków dysertacji Autor przedstawił *Materiały i metody badań*. Omówiono w nim model matematyczny cienkiej płyty izotropowej i budowę *makroelementów płytowych*.

Czwarty z wątków (*Wyniki*) zawiera omówienie modeli symetrycznej i niesymetrycznej konstrukcji płytowej, schematy blokowe opracowanych przez Autora programów komputerowych i wyniki obliczeń numerycznych, które zostały zestawione w postaci kolorowej wizualizacji graficznej.

Przedstawiona do opinii praca doktorska wykonana przez mgra inż. Krystiana ROSIŃSKIEGO pod naukowym kierownictwem *promotora profesora Mykhaylo Dellyavskyyego* z Politechniki Bydgoskiej przy współudziale *promotora pomocniczego docenta Dariusza Buchańca* z Wyższej Szkoły Gospodarki w Bydgoszczy liczy 259 ponumerowanych stron i składa się ze *Spisu treści, Spisu rysunków, Spisu tablic*, z siedmiu numerowanych rozdziałów, *Bibliografii (266 pozycji), Streszczenia i Abstractu, Implementacji algorytmu obliczeń (A), Wyników programu ABAQUS (B)* oraz *Indeksu*.

W rozdziale 1 (*Wstęp*) podano wprowadzenie i omówienie aktualności tematu pracy. Po czterech rozdziałach zawierających, moim zdaniem, zasadnicze wątki tematyczne pracy, w rozdziale 6 (*Dyskusja*) porównano wyniki obliczeń numerycznych uzyskanych przez Autora z wynikami podanymi w literaturze. Porównanie to dotyczy trzech wybranych płyt prostokątnych o różnych warunkach podparcia na brzegach i analizowanych przez Timoshenkę (rozwiązanie ściste) i uzyskane z zastosowaniem programu komputerowego ABAQUS.

W rozdziale 7 (*Posumowanie i wnioski*) ponownie omówiono zastosowany model obliczeniowy i metodę rozwiązania postawionego problemu oraz dokonano krytycznej autorskiej analizy wad i zalet prezentowanej w dysertacji metody obliczeń.

W oddatku A (*Implementacja algorytmu obliczeń*) Doktorant podaje kod źródłowy opracowanego przez siebie oryginalnego i zastosowanego do obliczeń programu komputerowego, a w oddatku B (*Wyniki programu ABAQUS*) przytacza kolorową wizualizacji graficzną obliczeń zawartych w rozdziale 6 i uzyskanych z zastosowaniem programu komputerowego ABAQUS.

2. OCENA ROZPRAWY

2.1. Uwagi ogólne

Poszukiwanie nowych metod analiz oraz opisów zjawisk i problemów w mechanice konstrukcji należy uznać za efektywne wtedy, gdy ich zastosowanie do rozwiązań konkretnych zagadnień cechuje przewaga nad innymi metodami. Przewaga ta wynika ze spełnienia konkretnych warunków, które zawarte są w ustalonych kryteriach oceny. Może to być: uniwersalność metody bądź opisu, prostota lub łatwość jej zastosowania, czas i koszt obliczeń, dokładność obliczeń, nakład pracy, dostępność odpowiednich narzędzi materialnych lub niematerialnych itp. Można to również inaczej ująć: przyjęta metoda jest skuteczna, gdy daje spodziewane efekty w rozwiązywaniu złożonych problemów, dla których stosowanie innych metod jest często niemożliwe lub bardziej skomplikowane. Sądzę, że nie mylę się twierdząc, że w *mechanice konstrukcji* płyty należą do tych dźwigarów powierzchniowych, którym w literaturze światowej poświęcono najwięcej uwagi. Parafrazując powyższe stwierdzenie można uznać, że w *teorii płyt* trudno doszukać się obszaru, który mógłby być uznany za pole badań naukowych, których rezultatem mogłyby być efekty wymienione przeze mnie wyżej.

Wyznacznikiem dobrej pracy naukowej z dziedziny nauk technicznych jest możliwość aplikacji jej rezultatów. Przez aplikację rozumiem nie tylko praktyczne wdrożenie jej rezultatów, lecz także możliwie dokładne rozwiązanie i wyjaśnienie problemów istniejących w otaczającej nas rzeczywistości. Do zasługujących na uznanie należy zaliczyć także prace naukowe, które stanowiąc rozwiązanie określonego problemu można opisać jako **przygodę intelektualną**. Opiniowana przeze mnie dysertacja należy z całą pewnością do tej drugiej wymienionej kategorii prac. Autor nie zajął się płytami o zmiennej grubości opisanymi precyzyjnie równaniami teorii sprężystości, płytami o dużych gradientach obciążeń (np. podpartych słupami), płytami o zmiennych na długości krawędzi warunkach podparcia, płytami, których kształty nie są wypukłe czy płytami z otworami. Nie założył możliwości

dużych przemieszczeń (nieliniowość geometryczna) czy niejednorodności materiału (nieliniowość fizyczna). Wybrał wariant najprostszy, z defektem na wstępie, jaki leży u podstaw sformułowania równania płyty w postaci przyjęcia założeń upraszczających w postaci hipotez Kirchhoffa-Love'a. Rozważane płyty są małej grubości, związki geometryczne i fizyczne są liniowe, a wybrane obciążenie rozważanych płyt nie ma cech dowolności.

Mimo tych, wymienionych powyżej i znanych Doktorantowi uwarunkowań potrafił On znaleźć temat, którego owocem stała się ta dysertacja. Autor zastosował oryginalne sformułowanie wykorzystujące zdefiniowane przez siebie *makroelementy płytowe*. To nowe sformułowanie stanowi zasadniczy, oryginalny element rozprawy doktorskiej i jest to istotną zaletą dysertacji.

2.2. Szczegółowe uwagi krytyczne

Uważna lektura pracy dostarcza wielu uwag i wątpliwości, które jak sądzę staną się w najbliższej przyszłości przedmiotem rozważań Autora. Błędy językowe oraz sformułowania, których poprawność kwestionuję zacząłem zaznaczać w tekście dostarczonego mi egzemplarza rozprawy czerwonym kolorem. Spostrzegłem, że praca zamienia się w *Morze Czerwone*, więc zrezygnowałem z tych drobiazgowych, lecz moim zdaniem istotnych uwag. Pisanie tekstów naukowych wymaga umiejętności, doświadczenia i wiedzy. Umiejętność ta wymaga dużych inwestycji intelektualnych. W czasach „tu i teraz”, rozmowach króluje operowanie równoważnikami zdań, a wyrażanie myśli na piśmie wymaga przede wszystkim zaangażowania kciuków obu dłoni

Uwag więc nie wymieniam, co oznacza, że pozostawiam je bez komentarza. Apeluję jednak do Doktoranta, aby tym problemem zajął się poważnie, gdy zacznie publikować swój dorobek naukowy w czasopismach naukowych. Natomiast uwagi merytoryczne, które uważam za istotne przytaczam poniżej:

- tytuł *Rozprawy* jest niewłaściwy: wyrażenie „*cienkościenne układy*” jest zarezerwowane dla innych rodzajów konstrukcji. Należałoby użyć określenia *plyt cienkich* lub *plyt o małej grubości*. Słowo *Ujęcie* kojarzy się z ujęciem np. wodnym. Lepiej zapisać formułę *zastosowanie makroelementów*
- problematyczna jest *Lista symboli (użytych w tekście?)*. Uzupełnić ją lub raczej **zrezygnować z niej!** Niepoprawne i niekonsekwentne nazewnictwo: *moduł sprężystości przy rozciąganiu?*...Powinno być: *E-moduł odkształcenia liniowego (Younga)*, *K-moduł odkształcenia postaciowego (Kirchhoffa)*, *moduł odkształcenia objętościowe-*

go...itd. Na jednej stronie używa Autor trzech wyrażzeń na tę samą wielkość: *siła tnąca*, *siła poprzeczna*, *siła ścinająca* –to nie jest do zaakceptowania!

- fatalna, moim zdaniem, jest redakcja rozdziału *Analiza literatury*. Jeśli Autor zdecydował się na wykonanie tego bardzo trudnego w 2021 roku zadania, to powinien On przynajmniej uniknąć chaosu, jaki panuje w Jego opisie krytycznej analizy teorii i metod rozwiązywania płyt, którą zawierają cytowane prace. Daleki jestem od wskazywania Doktorantowi zasad poprawnej wersji opracowania tego tematu, który przecież nie jest głównym przedmiotem pracy doktorskiej, lecz odniosę się w skrócie do omówienia drogi postępowania „na przyszłość”:
 - a) opis zagadnienia dotyczy nie rzeczywistych, lecz modeli konstrukcji (wymienić: modele geometryczne, fizyczne, matematyczne czy obliczeniowe) założenia i uproszczenia
 - b) start: dokładny opis to równania różniczkowe (równania równowagi, geometryczne i konstytutywne)
 - c) metody rozwiązywania: analityczne, numeryczne lub mieszane. Wykorzystywane metody: wprost, energetyczne, numeryczne wykorzystujące wszechobecną *dyskretyzację* układów ciągłych (MES, MEB, układy bezsiatkowe), sztuczne sieci neuronoweitp. Oczywiście, technika (narzędzia) rozwiązywania równań (szeregi, mały parametr, metoda kolokacji, metoda Galerkina, Trefftza, splajny, całkowanie i różniczkowanie symboliczne lub numeryczne np. kwadratura Gaussa) to wszystko stanowi jedynie warsztat „rzemiosła”, który powinien być uzupełniony każdorazowo rzetelną analizą błędów obliczeń
 - d) archaicznie brzmi podział na metody techniczne i asymptotyczne, a korzystanie z określenia „wynik dokładny” jest nadużyciem Dokładny wynik, to zbiór wartości zmierzonych na obiekcie rzeczywistym! Anegdotycznie brzmi wyjaśnienie zjawiska odrywania się naroża płyty swobodnie spoczywającej na podłożu przez niewidoczną, tak zwaną zastępczą siłę poprzeczną (sic!)
- podanie w rozdziale 3 określenia *hipoteza badawcza* nie jest potrzebne. Wystarczy opis celu pracy i związanego z nim zakresu badań
- rozdział 4 w dużej swej części ma charakter podręcznika *Teorii sprężystości*. Podstawowe wywody w nim zawarte w odniesieniu do poziomu nakowego *Rozprawy Dok-*


torskiej moim zdaniem są **zbędne**. Nie rozumiem pojęcia *Materiały* zawartego w tytule tego rozdziału

- rezultaty badań Autora stanowiące cel dysertacji oceniam pozytywnie. Metoda zaprezentowana przez Doktoranta, mimo, że nie jest konkurencyjna w stosunku do innych opracowań została opisana poprawnie i z dobrym skutkiem zastosowana do analizy statycznej kilku płyt o nietypowych kształtach
- jako osiągnięcia naukowe Autora należy wymienić: opracowanie oryginalnego analityczno-numerycznego modelu wielokątnej konstrukcji płytowej z możliwością spełnienia statycznych i kinematycznych oraz mieszanych warunków brzegowych. Osiągnięciem jest również autorski program komputerowy do rozwiązywania problemów statyki przedstawionych przykładów. Metodę zaprezentowaną w pracy cechuje większa dokładność i efektywność obliczeń w porównaniu z porównywanymi rozwiązaniami wykonanymi *Metodą Elementów Skończonych*
- celem pracy nie była szczegółowa ocena prac naukowych z teorii płyt. Moim zdaniem Doktorant mógłby jednak przytoczyć pozycje literatury, w których omawia się metodę rozwiązywania prostych przypadków płyt wykorzystując tak zwaną *analogię rusztową* (lub *analogię belkową*). Ta metoda pozwala uwzględnić w równaniach brzegowych warunki formułowane dla momentu skręcającego przy zachowaniu równania płyty jako równania różniczkowego czwartego rzędu
- całkowicie zgadzam się z autorską autooceną zalet i wad prezentowanej w *Rozprawie* metody, więc jej tutaj nie przytaczam (co oznacza cytowanie *mechaniki pęknięcia??*)
- zwracam uwagę na bardzo starannie opracowane wyniki obliczeń (strona graficzna)
- krytyczne uwagi w zasadniczy sposób nie obniżają wartości pracy, czemu daję wyraz w poniższym wniosku końcowym

3. WNIOSEK KOŃCOWY

W podsumowaniu stwierdzam, że mimo krytycznych uwag przedstawioną do recenzji rozprawę doktorską *mgra inż. Krystiana ROSIŃSKIEGO* pod tytułem *Modelowanie cienkościennych układów płytowych w ujęciu makroelementowym* można uznać jako pracę

naukową odpowiadającą wymaganiom stawianym pracom doktorskim zgodnie z obowiązującą *Ustawą o stopniach naukowych i tytule naukowym*. Rekomenduję więc kontynuację procedury nadania **magistrowi inżynierowi Krystianowi ROSIŃSKIEMU** stopnia naukowego **doktora** w dziedzinie **nauk inżynieryjno-technicznych** w dyscyplinie **inżynieria lądowa i transport**. Wnioskuje więc **o przyjęcie pracy i dopuszczenie jej do publicznej obrony**.



Jerzy Rakowski

*Powyższa Recenzja została opracowana na podstawie umowy o dzieło zleconej przez Dziekana Wydziału Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Politechniki Bydgoskiej z dnia 08. marca 2022 r. oraz na podstawie dostarczonego egzemplarza **Rozprawy Doktorskiej** wydanej drukiem w Politechnice Bydgoskiej w roku 2021.*