

dr hab. inż. Dorota Pawlus, prof. ATH
Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej
Wydział Budowy Maszyn i Informatyki
Katedra Podstaw Budowy Maszyn
ul. Willowa 2
43-309 Bielsko-Biała

Ocena rozprawy doktorskiej

mgra inż. Wojciecha Perlińskiego-Chaładaj

**pt.: „Stateczność jedno oraz dwukierunkowo wstępnie pofalowanych sinusoidalnie
ścianek kształowników stalowych”**

Promotor rozprawy: prof. dr hab. inż. Bohdan Michalak

Promotor pomocniczy: dr inż. Michał Gajdzicki

Podstawą do opracowania oceny rozprawy doktorskiej jest pismo Prodziekana ds. Nauki pana dr hab. nt. Artura Zaguły Wydziału Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Politechniki Łódzkiej z dnia 10.11.2017.

1. Przedmiot badań i zakres analizy

Przedmiotem badań podjętych przez Pana mgra inż. Wojciecha Perlińskiego-Chaładaj jest nowy rodzaj dźwigara powierzchniowego, którego część podstawowa: ścianka kształownika czy środnik blachownicy stanowiąca prostokątną płytę jest dwukierunkowo wstępnie pofalowana. Badany jest element o konstrukcyjnej ortotropii. Efekt wprowadzenia dodatkowego pofalowania płyty, np. dobrze znanej blachy falistej w drugim kierunku zmienia sztywność struktury i jej odpowiedź na działanie obciążeń. Prosta, wydaje się logicznie naturalna modyfikacja geometrii powierzchni z jednokierunkowo pofalowanej na dwukierunkowo pofalowaną formułuje nowy, badawczo ciekawy problem wymagający opracowania efektywnej metody obliczeniowej akceptowanej szczególnie w szerokim środowisku inżynierijno-technicznym. Może nią być oczywiście powszechnie stosowana metoda elementów skończonych. Możliwość jej zastosowania jest jednak ograniczona, np.

dostępnością do odpowiedniego oprogramowania czy umiejętnościami i odpowiednim doświadczeniem osoby podejmującej obliczenia numeryczne.

Numeryczne rozwiązywanie problemu szczególnie w przypadku obliczeń płyt nie jest jedynym. Można wykorzystać znane w literaturze procedury obliczeń analitycznych lub analityczno-numerycznych płyt ortotropowych dostosowując matematyczne formuły do potrzeb zdefiniowanego zadania. Można przeprowadzić teoretyczne, naukowe rozważania do przedstawienia propozycji toku obliczeń elementu na podstawie opracowanych zależności i przygotowanych tablic, wykresów lub formuł charakteryzujących własności strukturalne płyt, takie jak sztywność na zginanie i skręcanie. Taką merytorycznie niełatwą i wymagającą nakładu znacznej pracy drogę rozwiązania zagadnienia stateczności płyty dwukierunkowo pofalowanej zaproponował Doktorant w przedstawionym opracowaniu.

Sześć rozdziałów obejmujących 203 strony pracy pokazuje konsekwentną, zwartą i logiczną realizację ciekawego pomysłu wykorzystania zarówno rozwiązań numerycznych opartych na metodzie elementów skończonych oraz analitycznych w ocenie możliwości obliczeń płyt pofalowanych na podstawie równań różniczkowych dla płyt ortotropowych. Pozyskane umiejętności i doświadczenie w obliczeniach płyt jednokierunkowo pofalowanych oraz potwierdzona możliwość rozwiązania zagadnienia stateczności zostały wykorzystane w również mieszanej numeryczno-matematycznej analizie wyboczenia płyt dwukierunkowo pofalowanych.

W rozdziale pierwszym pracy Doktorant przedstawia genezę rozwoju dźwigarów ze środnikami jednokierunkowo pofalowanymi, ich zalety i niektóre aplikacyjne wady, które przy zastosowaniu struktury dwukierunkowo pofalowanej mogą nie wystąpić. Oczekiwanym dążeniem do zwiększenia sztywności prostokątnych ścianek elementów budowlanych uzasadnia wybór obiektu badań. Jest nim stalowa, pofalowana płyta o materiałowej izotropii, której sinusoidalną postać powierzchni ugięcia w zależności od przypadku pofalowania jedno lub dwukierunkowego opisuje pojedyncza lub podwójna nieparzysta funkcja sinus wykorzystywana w tzw. rozwiązaniu Naviera płyty prostokątnej swobodnie podparte. Liczba przebadanych przypadków płyt jest bardzo duża. W opisie zakresu pracy Autor przedstawia obszar podjętych analiz numerycznych, który dla modeli płyt zbudowanych z elementów skończonych w programie Abaqus określa imponująca liczba 2088 różnych rodzajów płyt. Zaznacza przy tym skromnie, że jest to wstępny etap obliczeń zmierzający przede wszystkim do wyznaczenia sztywności płyt ortotropowych o różnej geometrii i do oceny stateczności proponowanego, analitycznego modelu płyty, jednocześnie przyjmując w tezie pracy możliwość jego wykorzystania w obliczeniach struktury, której aplikacyjne parametry ulegną

korzystnej zmianie. Dodatkowo zakładając poprawę pracy i zwiększenie nośności kompletnego ustroju blachownicy, której badana płyta jest środkiem, poszerza wytyczony zakres analiz.

Rozdział drugi wprowadza w stan wiedzy z zakresu stosowanych w technice blach falistych jako elementu powszechnie wykorzystywanego w budowie zarówno lekkich obiektów, jak i konstrukcji nośnych. Doktorant poprzez opis rozwiązania stateczności cienkich, izotropowych płyt prostokątnych równomiernie i nierównomiernie ściskanych oraz obciążonych naprężeniami stycznymi, i poprzez określenie relacji pomiędzy utratą stateczności płyty a klasą przekroju, a także poprzez wnikliwy przegląd obliczeniowych modeli płyt ortotropowych, znanych w literaturze, wprowadza czytelnika w teoretyczne podstawy, które zostaną wykorzystane w części badawczej pracy. Doktorant przyjmuje postać opisu równań różniczkowych modelu płyty obciążonej w płaszczyźnie dużymi siłami przedstawioną w książce Z. Kączkowskiego, pt.: "Płyty. Obliczenia statyczne" oraz obliczeniowo sprawdza formuły do opisu geometrii struktury falistej: długości rozwinięcia fali i momentu bezwładności przekroju. Przedstawia wyprowadzone na podstawie metody energetycznej zależności opisujące siłę krytyczną dla przypadku płyty ściskanej nierównomiernie i płyty obciążonej naprężeniami stycznymi. W tym rozdziale Autor pracy przedstawia także wnikliwe studium prowadzonych badań jednokierunkowo pofalowanych środków dźwigarów dwuteowych obciążonych naprężeniami stycznymi, jako głównymi w ocenie nośności elementu, lecz nie jedynymi jak zaznacza Doktorant zwracając uwagę na występujący również pewien udział naprężeń normalnych. Podobnie, jak w poprzednich podrozdziałach nie jest to tylko bierny opis literatury, lecz Doktorant staje się uczestnikiem naukowego opisu poprzez trafne potwierdzenia i uzupełnienia przedstawianych wyników, również w postaci obliczeniowo wyznaczonych obrazów utraty stateczności płyt. Ciekawe wyniki dostępnych badań eksperymentalnych także blach dwukierunkowo pofalowanych przedstawiono w oddzielnym podrozdziale wprowadzenia zwracając uwagę na brak w tym zakresie dostatecznej liczby opracowań.

Rozdział trzeci przedstawiający analizy stateczności płyt jednokierunkowo sinusoidalnie pofalowanych jest początkowym etapem badawczej realizacji oryginalnego pomysłu Doktoranta. Dla dwóch przykładowych płyt: prostokątnej i kwadratowej o dziewięciu różnych wartościach grubości spełniających warunek opisu płyty cienkiej i ośmiu wartościach amplitudy fali, opisującej jej geometrię, wyznaczono techniką obliczeń numerycznych dla modelu płyty lub pasma płytowego podstawowe wielkości opisujące deformację struktury. Modele zbudowano z elementów skończonych w programie Abaqus. Wyniki przedstawiono w tablicach. Rozwiązując proste zadania wytrzymałościowe wyznaczono sztywności płyt na

zginanie i skręcanie. Dalej, korzystając z przedstawionych we wprowadzeniu zależności wykorzystywanych w opisie sztywności płyt sinusoidalnie pofalowanych ponownie obliczono sztywności płytowe porównując je z wyznaczonymi wcześniej. Uzyskano bardzo dobrą zgodność liczb potwierdzoną dostatecznie małymi wartościami różnic względnych. Potwierdzona została także prawidłowość zastosowania techniki obliczania sztywności płytowej wykorzystująca różne modele MES płyty. Wyznaczone sztywności dla modelu MES płyty i obliczone analitycznie z dodatkową analizą sztywności płyty na odkształcenia postaciowe przyjęto w obliczeniach stateczności płyty obciążonej siłami równomiernie ściskającymi oraz siłami stycznymi wykorzystując i rozwiązując przedstawione we wprowadzeniu zależności. Uzyskano trzy tablice liczb sił krytycznych, które porównano z wyznaczonymi dla modelu MES płyty w pełni liczonego numerycznie w programie Abaqus. Otrzymane wyniki bardzo wnikliwie porównano przedstawiając kolejne tablice liczb różnic względnych. Przedstawiono merytorycznie ciekawą dyskusję wyników. Zwrócono uwagę na lokalne formy utraty stateczności płyt pofalowanych, które uznano za ograniczenie możliwości zastosowania tak przyjętego toku rozwiązania stateczności płyt. Ciekawie graficznie zaprezentowano postacie utraty stateczności płyt o różnej liczbie fal wyboczenia. Należy zaznaczyć, że analiza dotyczyła przypadków płyty kwadratowej o ustalonej liczbie fal pofalowania.

Rozdział czwarty rozprawy jest jej częścią najważniejszą. Sprawdzony przez Doktoranta mieszany numeryczno-analityczny sposób postępowania w rozwiązaniu zagadnienia stateczności płyt pofalowanych jednokierunkowo został wykorzystany w obliczeniach naukowo nowych struktur płyt dwukierunkowo sinusoidalnie pofalowanych. Badaniom poddano osiem rodzajów płyt o różnych wymiarach geometrycznych, w tym pasmo płytowe. Podobnie, jak w przypadku płyt jednokierunkowo pofalowanych płyty mają dziewięć różnych grubości i różnią się ośmioma wartościami amplitudy fal. Długość fali w tzw. komórce periodyczności w obu kierunkach pofalowania jest stała. Badany problem jest zagadnieniem sprężystym. Stateczność płyty ściskanej równomiernie lub także nierównomiernie dla dwóch różnych rozkładów obciążeń oraz obciążonej stycznie oceniono również dla płyt swobodnie podpartych na wszystkich brzegach. Na podstawie numerycznie wyznaczonych przemieszczeń liniowych i kątowych obliczono sztywności płytowe. Wyniki przedstawiono w tablicach. W analizach przedstawiono także ocenę wpływu liczby komórek periodycznych na dokładność wyznaczonych wartości sztywności płytowych. Wszystkie przedstawione tablice liczb pokazują także wyniki obliczeń dla płyty izotropowej – niepofalowanej. Wyznaczone wartości sił krytycznych na podstawie równań płyty ortotropowej porównano z obliczonymi

metodą elementów skończonych. Przedstawiono liczne obrazy płyt wyboczonych zwracając uwagę na przypadki innej deformacji krytycznej niż spodziewanej w obliczeniach analitycznych. Dyskusji poddano także wpływ modyfikacji modelu numerycznego płyty równomiernie ściskanej polegającej na zmianie sposobu realizacji obciążenia i podparcia. Oceniając wyniki zaproponowano tablice liczb sztywności struktury płyty dwukierunkowo pofalowanej, które dla różnych, przebadanych przypadków płyt można przyjąć w obliczeniach analitycznych wykorzystujących równania płyty ortotropowej. Są one bardzo ważnym osiągnięciem pracy.

W ostatnim badawczym piątym rozdziale rozprawy Doktorant porównuje i ocenia pracę materiału środka oraz nośność trzech przykładowych rodzajów dźwigarów ze środkiem płaskim, jednokierunkowo wzdłuż osi podłużnej pofalowanym oraz dwukierunkowo pofalowanym. Badane elementy z materiału sprężysto-plastycznego, które opisano podstawowym modelem teorii plastyczności (modelem Prandtla) są równomiernie ściskane siłą równą obliczeniowej nośności materiału belki. Statyczne obliczenia numeryczne ściskanej konstrukcji blachownicy prowadzono dla materiałowej i geometrycznej nieliniowości z uwzględnieniem wpływu początkowej imperfekcji, której postać wyznaczono również numerycznie dla struktury idealnej. Przedstawiono interesujące wyniki wartości obciążeń krytycznych oraz postaci wyboczenia trzech badanych ustrojów.

W rozdziale szóstym ostatnim Doktorant szczegółowo podsumował wyniki badań, potwierdził możliwość prowadzenia obliczeń płyty dwukierunkowo pofalowanej poprzez wykorzystanie równań płyty ortotropowej i wskazał konieczne kierunki dalszych działań, w tym szczególnie ważne dla ostatecznego, aplikacyjnego znaczenia pracy związane z szerokim programem badań doświadczalnych.

Pracę kończy bogaty spis literatury zawierający 65 prac.

2. Ocena jakości merytorycznej pracy, oryginalności i wartości naukowej oraz aplikacyjnej

Przedstawiona rozprawa doktorska jest samodzielny, oryginalny opracowaniem naukowym zagadnienia stateczności prostokątnej płyty ortotropowej o szczególnym ukształtowaniu powierzchni. Analiza płyty dwukierunkowo pofalowanej jest nowym, praktycznie niezbadanym tematem wśród rozwiązań wielu zadań płytowych. Mimo wielu opracowań teoretycznych i praktycznych instrukcji ciągle brak jest w literaturze prac wyczerpująco opisujących zagadnienie, powszechnie stosowanej, płyty jednokierunkowo

pofałdowanej pracującej w warunkach złożonego obciążenia. Ograniczenie badań do tylko tego przypadku płyty miałyby już wartość naukową i praktyczne znaczenie. Doktorant badaniami także w tym zakresie znacznie uzupełnił obszar poznania wyboczeniowych zachowań tych struktur.

Podjęcie ambitnego zadania zbadania zmodyfikowanej struktury płyty o dodatkowe pofałdowanie jest pewnym naukowym wyzwaniem, które w sposób interesujący badał i w dużej części zrealizował Doktorant. Przedstawił możliwość wykorzystania dostępnych rozwiązań literaturowych dla płyt ortotropowych do obliczeń badanej płyty. Nie ograniczył poznania zachowań struktury tylko do obliczeń techniką obecnie powszechną, tj. z zastosowaniem metody elementów skończonych. Chociaż także byłoby to bardzo wartościowe. Pan Doktorant zaznaczył w rozprawie, że celem jest przedstawienie pełnej techniki obliczeniowej badanej struktury opartej nie na konieczności stosowania często komercyjnych programów tylko poprzez wykorzystanie sprawdzonych procedur obliczeń płyt ortotropowych uzupełnionych o stabelaryzowane lub może nawet ujęte formułami dane dodatkowe. Są nimi sztywności płytowe sprawiające szczególną trudność już także w obszarze zagadnień dotyczących płyt jednokierunkowo pofałdowanych. Ich wyznaczenie jest zadaniem wieloparametrowym, trudnym, wymagającym bądź wnikliwych rozważań teoretycznych, bądź rozległych badań doświadczalnych. Pełne, odpowiedzialne przedstawienie procedur obliczeniowych na pewno wymagałoby obu takich analiz. Doktorat potwierdza to w rozprawie. Podkreśla bezwzględne znaczenie badań eksperymentalnych. W rozprawie przedstawia jednak już w dużym zakresie gotową numeryczno-analityczną technikę obliczeń powierzchniowo pofałdowanych płyt. Jest to znaczące osiągnięcie. Podjęty zakres obliczeń, analiz, porównań, sprawdzeń, którego próbę skróconego opisu przedstawia punkt 1 recenzji, jest imponujący i świadczy o bardzo rzetelnym, naukowo odpowiedzialnym podejściu Doktoranta do oceny badanego zjawiska. Zjawiska, które jest problemem wytrzymałościowo wymagającym. Praca pana Doktoranta potwierdza Jego znajomość zagadnień wytrzymałościowych, prawidłowość rozwiązywania zawsze niełatwych zadań z zakresu stateczności płyt oraz inżyniersko ważną umiejętność prowadzenia obliczeń numerycznych MES wraz z tworzeniem autorskich aplikacji dodatkowych. Co jednak szczególnie ważne szeroki zakres posiadanej wiedzy Doktorant wykorzystuje znajdując *pomysł* na rozwiązanie problemu. Jak można przypuszczać nie obawia się różnych, możliwych trudności towarzyszących realizacji zadania, także tych związanych z bardzo dużym nakładem pracy własnej oraz dążeniem, chyba w niedalekiej przyszłości, do podjęcia działań zmierzających do aplikacji nowego typu struktury płyty stalowej. Wydaje się, że architektura otaczającego nas zurbanizowanego krajobrazu zyskałaby na takim rozwiązaniu

i wniosła nowe, może nawet zadziwiające obrazy. Na to niestety trzeba jeszcze trochę poczekać.

Pan Doktorant pokazał w pracy złożoność zagadnienia stateczności tak formowanych płyt, których modelowanie cechuje się dużą wrażliwością. Analizując drogę postępowania i zapisy przedstawione w pracy pojawiają się oczywiście pewne niejasności, które wymagają wyjaśnienia.

Należą do nich:

- brak tradycyjnej analizy zbieżności z doбором liczby i rodzaju elementu skończonego w metodzie MES – czy takie badania w szerszym zakresie były podjęte (znaczne różnice wartości sztywności D_{22} w zależności od podziału siatki MES zasygnalizowano), czy rozważono przyjęcie w modelowaniu płyty elementu, np. ośmio lub dziewięciowęzłowego ?
- przemieszczenia wybranych brzegów modelu MES płyty są uzależnione – jakie opcje programu Abaqus wykorzystano oraz czy realizując przyjęty układ podporowy płyt przeprowadzono także obliczenia odbierając odpowiednie kątowne stopnie swobody ?
- realizacja połączenia elementów środniczka i pasów w modelu numerycznym blachownicy?
- brak zgodności wartości dla przykładowej sztywności D_{11} przedstawionej w tablicy 3-5 obliczonej na podstawie wyników kątów obrotu pokazanych w tablicy 3-4 i wzoru (3-4) – przykładowe obliczenia sztywności płytowych na podstawie wzorów i obliczonych numerycznie przemieszczeń kątowych oraz liniowych proszę przedstawić,
- inna wartość w tabeli niż na rysunku 3-10 kąta obrotu $3.59E-7$,
- zapis zależność (3-17) ujawnia niezgodność jednostek – jak rozumiany jest kąt γ ?
- wyjaśnienie wielkości w_{mi} oraz współczynników oznaczonych $a_{11(2,3)}$ w rozdziale 2.2.2, którego zapis opracowano na podstawie pracy K.Rykaluka, pt.: „Zagadnienia stateczności konstrukcji metalowych” – odwołanie do literatury powinno być mocniej akcentowane,
- nie jest zrozumiały układ osi x,y na rysunku 3-25 gdy siła ściskająca działa na krawędzie AB i CD zgodnie z rysunkiem 3-24,
- brak komentarza do ciekawej obserwacji bardzo dużej wartości siły krytycznej dla dźwigara ze środkiem jednokierunkowo pofałdowanym (tablica 5-3),
- wątpliwości dotyczące różnic wartości sił krytycznych płyt ścinanych, niepofałdowanych przedstawionych w tablicach 3-43 i 4-27,
- uzasadnienie przyjęcia wartości jednostkowej obciążenia w obliczeniach metodą elementów skończonych sił krytycznych na poziomie 1 kN/m ,

- uniwersalność porównania (równanie (3-13)) wielkości D_{12} z wyrażeniem, które określa sztywność na skręcanie, wykorzystanym w opisie zależności (3-19), gdy na przykład zgodność obu wielkości dla płyty izotropowej zachodzi dla wartości liczby Poissona równej $1/3$.

Należy zaznaczyć, że prowadząc sprawdzające obliczenia przedstawionego w pracy modelu płyty izotropowej, niepofałdowanej, równomiernie ściskanej uzyskuje się pełną zgodność wartości sił krytycznych do liczb przedstawionych w rozprawie. Podobną zgodność uzyskuje się także dla płyt ścinanych.

Mimo bardzo szczegółowych i dokładnych opisów przedstawionych w pracy jest pewien niedosyt braku dodatkowych odniesień do wielu ciekawych obserwacji. Można wymienić następujące:

- brak oczekiwanych komentarzy do przedstawionych w tablicach wartości sił krytycznych badanych modeli płyt – punkty pracy: 3.4.1, 3.4.2, 4.3.2, 4.3.3, 4.3.4, 4.4.2, 4.4.3, 4.4.4, 4.5.2, 4.5.3, 4.5.4 zawierają sporo interesujących wiadomości,
- szkoda, że np. w tablicach 3.3.5-3.3.7 graficznie nie zaznaczono postaci wyboczenia płyt, dla których obliczono wartości sił krytycznych,
- brak oceny wpływu liczb fal pofałdowania na wartości sił krytycznych. W zagadnieniu stateczności występowanie pofałowań może być niekorzystną imperfekcją struktury obniżającą wartość sił krytycznych przy wzroście wstępnych wychyleń. Mechanizm zachowań może zmieniać się wraz ze stopniem wstępnego zdeformowania struktury,
- zasygnalizowana w pracy niepewność, awaryjność obiektów wykonanych z elementów o pofałdowanej strukturze – czy w przypadku płyty dwustronnie pofałdowanej takie zagrożenia też istnieją?
- możliwość pracy struktury w warunkach obciążenia dynamicznego.

Dodatkowo literaturę mogłyby uzupełnić prace: K.Girkmanna „Dźwigary powierzchniowe” – szczególnie przy opisie stateczności płyty ściskanej równomiernie oraz monografia w dużej części poświęcona badaniom doświadczalnym dźwigarów ze średnikiem falistym M.Góreckiego „Dźwigary mostowe o średnikach z blach falistych”.

Rozprawa nie zawiera streszczenia w języku angielskim. Zapis w ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki zaleca przedstawienie takiego streszczenia, które dodatkowo mogłoby zwiększyć zainteresowaniem tematem rozprawy.

Użycie sformułowań: „powierzchnia wyboczenia płyty” opisującej wielkość jej ugięcia czy „równanie wyboczenia powierzchni środkowej płyty” nie są odpowiednie. Zwracają także uwagę występujące w pracy dyskusyjne zapisy mające raczej charakter oczekiwania czy życzenia w modelowaniu obiektu, aby „dokładnie” opisywał zachowanie ustroju rzeczywistego czy aby był „zbieżny” z modelem teoretycznym. Pewnym pojęciowym problemem może być też stosowanie określenia fali zamiast półfali sinusoidy pojawiającego się w opisach i modyfikacjach zależności określającej funkcję ugięcia powierzchni płyty.

Należy podkreślić, że zapis pracy jest poprawny, czytelny, logiczny, przemyślany. Część graficzna rozprawy jest bardzo starannie przedstawiona. Wymienione poniżej usterki w żaden sposób nie wpływają na bardzo wysoką jakość edycyjną opracowania.

Usterki edycyjne:

- podpunkt 3.3 - odniesienie do literatur [23] nie jest właściwe,
- zapis wielkości S w zależności (2.57),
- sztywność na skręcanie str.38,
- oznaczenia przemieszczeń δx , δy (str. 75) a Δx , Δy na rysunku 3-12,
- opis w tabelicy (3-26) – modeli powłokowych,
- zapis w tabelach 3-42 i 3-43 dotyczy ścinania, a nie ściskania,
- odwołanie do tabelicy (4-28) – strony 169 i 170,
- opis dotyczący analizy płyty prostokątnej oznaczonej na stronie 169 jako P2 odnosi się do płyty o grubości nie 0.4 mm a 1 mm,
- urwane zdanie na stronie 183 dotyczące grubości płyt,
- zapis „przepuszczeniami” – strona 187,
- odwołanie do tabelicy 5.8, a nie 0 na stronie 195.

3. Podsumowanie

Wymienione zagadnienia wymagające wyjaśnień, dyskusji czy wynikające z zainteresowania tematyką pracy nie zmieniają wysokiej, bardzo pozytywnej jej oceny. Podjęte badania numeryczne, obliczenia, rozwiązania zagadnień stateczności oraz ocena wyników w pełni spełniają wymagania poprawnie prowadzonej analizy naukowej. Cel pracy został zrealizowany, a założone tezy potwierdzone. Praca w całym zakresie od początkowych drobnych analiz, przez ważne poznawczo rozwiązania płyt jednokierunkowo pofałdowanych połączone również z modyfikacjami zależności opisujących wielkości sztywności oraz główne badania płyt pofałdowanych dwukierunkowo i pracujących w zespolonym układzie blachownic

jest pracą wzbogacającą zakres obszarowo-tematycznego poznania z różnych dziedzin: budownictwa, mechaniki, wytrzymałości materiałów czy informatyki technicznej.

Pan Doktorant wybierając temat aktualny, o bardzo dużym znaczeniu praktycznym zaproponował nowatorskie podejście do rozwiązania zagadnienia bardzo słabo rozpoznanego zarówno w literaturze naukowej, jak i branżowej, a także w praktyce inżynierskiej. Przedstawiona konsekwentna realizacja tematu oparta na wspomnianym wcześniej *pomyśle* oraz z sukcesem rozpoczęte dążenie do opracowania techniki obliczeniowej pofałdowanych struktur zasługuje na uznanie i wyróżnienie.

Uważam, że praca po przedstawieniu stosownych wyjaśnień może być poddana dyskusji o jej wyróżnienie. O co wnioskuję.

Wyrażę również nadzieję, że opracowanie praktycznych procedur obliczeniowych ze znaczącym udziałem pana Doktoranta zainicjuje działania zmierzające do pokonania trudności technologicznych, sygnalizowanych w rozprawie, związanych z produkcją blach dwukierunkowo, periodycznie pofałdowanych.

4. Wniosek końcowy

Oceniana praca Pana mgra inż. Wojciecha Perlińskiego-Chaładaj, pt.: „Stateczność jedno oraz dwukierunkowo wstępnie pofałdowanych sinusoidalnie ścianek kształtowników stalowych” spełnia wymagania określone w ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2014r. poz.1852 oraz z 2015r. poz.249 i 1767).

Wnioskuję o jej przyjęcie jako podstawy do ubiegania się o stopień doktora nauk technicznych przez Pana mgra inż. Wojciecha Perlińskiego-Chaładaj i dopuszczenie Doktoranta do publicznej obrony.

Wnioskuję o poddanie rozprawy doktorskiej dyskusji o jej wyróżnienie.

