

Łukasz Domagalski

e-mail: lukasz.domagalski@p.lodz.pl

Politechnika Łódzka

Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska

Katedra Mechaniki Konstrukcji

Al. Politechniki 6, 90-924 Łódź

Załącznik 1

Autoreferat dotyczący osiągnięć w pracy naukowo-badawczej



1. Imię i Nazwisko: Łukasz Domagalski

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/ artystyczne – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

lipiec 2012: stopień doktora nauk technicznych

Doktorat w dziedzinie nauk technicznych, w dyscyplinie budownictwo; tytuł rozprawy doktorskiej: **Zagadnienia elastostatyki cienkich płyt periodycznych o umiarkowanie dużych ugięciach**, Politechnika Łódzka, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska; promotor: prof. dr hab. inż. Jarosław Jędrusiak, recenzenci: dr hab. inż. Marek Lefik, dr hab. Ewaryst Wierzbicki. Praca wyróżniona przez Radę Wydziału.

wrzesień 2007: tytuł magistra inżyniera budownictwa

Praca magisterska w zakresie konstrukcji budowlanych pt.: **Projekt komina stalowego o wysokości 51 m w wieży kratowej**, Politechnika Łódzka, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska; promotor: doc. dr inż. Marcin Wieczorek.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/ artystycznych.

A) Zatrudnienie w jednostkach naukowych:

od 26.10.2012 do chwili obecnej: adiunkt Zakład Mechaniki Konstrukcji, Katedra Mechaniki Konstrukcji, Politechnika Łódzka

od 26.10.2009 do 25.10.2012: asystent (1/2 etatu) Zakład Mechaniki Konstrukcji, Katedra Mechaniki Konstrukcji, Politechnika Łódzka

B) Zatrudnienie w przemyśle:

kwiecień 2008 - marzec 2014: asystent projektanta konstrukcji ERGON Poland Sp. z o.o., Mszczonów

styczeń 2007 - marzec 2008: asystent projektanta konstrukcji Biuro Usług Inwestycyjnych JAS-Projekt, Łódź

C) Zatrudnienie na podstawie umów cywilnoprawnych w innych jednostkach:

październik 2012 - luty 2018, październik 2018 - obecnie: wykładowca Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Koninie



4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2017 r. poz. 1789):

A) tytuł osiągnięcia naukowego:

Moje osiągnięcie naukowe stanowi jednotematyczny cykl publikacji pt. **Analiza geometrycznie nieliniowych zagadnień dynamiki belek i stateczności płyt o budowie periodycznej.**

B) publikacje lub inne prace wchodzące w skład osiągnięcia naukowego:

Do oceny przedstawia się jednotematyczny cykl **16 publikacji** na łączną sumę **229 punktów MNiSW**.

Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports
- zgodnie z Rozporządzeniem MNiSW z dn. 1 września 2011 r. w sprawie kryteriów osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego § 3 pkt. 4a

L.p.	Tytuł	Udział	Impact Factor	Punkty MNiSW
A1	Ł. Domagalski, M. Świątek, J. Jędrusiak, <i>An analytical-numerical approach to vibration analysis of periodic Timoshenko beams</i>, Composite Structures 211, 2019, 490-501 <i>Przedmiotem artykułu jest analiza drgań poprzecznych periodycznych belek krępych. Celem pracy było przedstawienie uśrednionych modeli, które uwzględniają odkształcenia postaciowe i nieliniowość geometryczną, oraz wyników analizy drgań poprzecznych takich belek w zakresie umiarkowanych ugięć. Za podstawy teoretyczne przyjęto teorię belek Timoszenki z nieliniowością typu von Kármána. Następnie zaproponowano uproszczony model opisujący drgania rozpatrywanych belek w zakresie niskich częstotliwości. Odpowiedź rezonansową belki na poprzeczne obciążenie harmoniczne badano wykorzystując metodę kontynuacji numerycznej. Uwzględniono nieliniowe sprzężenie pomiędzy postaciami drgań i możliwość wystąpienia rezonansu superharmonicznego.</i>	75%	4,101	35



A2	M. Świątek, Ł. Domagalski, J. Jędrysiak, <i>Free vibrations spectrum of periodically inhomogeneous Rayleigh beams using the tolerance averaging technique</i>, Journal of Theoretical and Applied Mechanics 57(1), 2019, 141-154 W pracy przedstawiono zastosowanie uśrednionego modelu opartego na teorii Rayleigha w analizie belki o zmiennym periodycznie przekroju poprzecznym. Uwagę skupiono na występowaniu, wywołanych periodyczną budową belki, przerw w spektrum częstości drgań własnych. Przebadano wpływ rozkładu parametrów geometrycznych i materiałowych w powtarzalnej komórce. Wyniki porównano z modelem numerycznym MES.	35%	0,636	15
A3	Ł. Domagalski, <i>Free and forced large amplitude vibrations of periodically inhomogeneous slender beams</i>, Archives of Civil and Mechanical Engineering 18(4), 2018, 1506-1519 Praca jest rozwinięciem i podsumowaniem rozważań nad drganiami smukłych belek periodycznych zawartych w pracach wcześniejszych. Przedstawiono udoskonalony uśredniony model nieliniowy, oparty na koncepcji funkcji słabo wolnozmiennnej. Dokonano porównania w szerokim zakresie częstości i postaci drgań własnych liniowych z pełnym modelem numerycznym, uzyskując bardzo dobre rezultaty. Przeprowadzono analizę parametryczną nieliniowych tłumionych drgań wymuszonych. Wyniki zaprezentowano w postaci krzywych amplitudowo-częstotliwościowych, szeregów czasowych, przekrojów Poincaré i diagramów bifurkacyjnych.	100%	2,763	30
A4	Ł. Domagalski, J. Jędrysiak, <i>Geometrically nonlinear vibrations of slender meso-periodic beams. The tolerance modeling approach</i>, Composite Structures 136, 2016, 270-277 Artykuł stanowi rozwinięcie pracy [A5]. Przeprowadzono analizę dynamiczną swobodnie podpartej belki pryzmatycznej obłożonej masami skupionymi z bezwładnością zarówno translacyjną, jak i obrotową. Stosując dokładniejszą niż we wspomnianej wcześniejszej pracy metodę analizy drgań komórki periodyczności, uzyskano bardzo dobrą zgodność wyników uzyskanych z proponowanego modelu z wynikami modelu MES oraz wybranymi wynikami dokładnymi. Pokazano na przykładzie obliczeniowym możliwość wystąpienia drgań intermitentnych w przypadku wymuszenia okresowego.	80%	4,101	35

A5	Ł. Domagalski, J. Jędrysiak, <i>Nonlinear vibrations of periodic beams</i>, Journal of Theoretical and Applied Mechanics 54(4), 2016,1095-1108 <i>W artykule przeanalizowano między innymi wpływ sposobu doboru fluktuacyjnych funkcji kształtu opisujących drgania własne pojedynczej komórki periodyczności na dokładność, z jaką można wyznaczyć liniowe częstości i postacie drgań własnych belek periodycznych. Pokazano, że nawet w przypadku komórki o prostej budowie, dokładniejsze wyniki otrzymuje się wykorzystując rozwiązanie zagadnienia własnego na komórcie niż w przypadku przybliżonych funkcji kształtu. Zaprezentowano przykład analizy nieliniowych drgań wymuszonych nietłumionych, a wyniki przedstawiono w postaci diagramu bifurkacyjnego. Zademonstrowano, że istnieją wartości amplitudy wymuszenia dla których występują okna okresowe odpowiedzi.</i>	80%	0,636	15
A6	Ł. Domagalski, J. Jędrysiak, <i>On the tolerance modelling of geometrically nonlinear thin periodic plates</i>, Thin-Walled Structures 87, 2015,183-190 <i>W pracy rozważane są cienkie płyty periodyczne o umiarkowanie dużych ugięciach. Aby uwzględnić wpływ wielkości komórki periodyczności na zachowanie się tych płyt, stosuje się technikę modelowania tolerancyjnego. W artykule zawarto przykład obliczeń obciążenia krytycznego i analizy pokrytycznej płyty z uwzględnieniem obciążenia poprzecznego, wyznaczono również szerokość efektywną płyty w funkcji względnego skrócenia krawędzi. Na przykładzie tym pokazano między innymi, że uźebrowanie płyty redukuje wpływ obciążenia poprzecznego na utratę sztywności na ściskanie płyty w jej płaszczyźnie.</i>	75%	2,881	35

Inne publikacje

- zgodnie z Rozporządzeniem MNiSW z dn. 1 września 2011 r. w sprawie kryteriów osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego § 4 pkt. 1-2

L.p.	Tytuł	Udział	Punkty MNiSW
Baza Web of Science			
A7	Ł. Domagalski, J. Jędrysiak, <i>Nonlinear dynamic response of periodically inhomogeneous Rayleigh beams</i>, Advances in Mechanics: Theoretical, Computational and Interdisciplinary Issues - 3rd Polish Congress of Mechanics, PCM 2015 and 21st International Conference on Computer Methods in Mechanics, CMM 2015, 2015, 151-154 <i>Wartykule rozpatrzono liniowe i nieliniowe drgania swobodne nietłumione belek o periodycznie rozmieszczonych masach skupionych z bezwładnością obrotową. Wyniki analizy drgań swobodnych nietłumionych porównano z modelem MES. Porównano przebiegi czasowe uzyskane w ramach modelu liniowego i nieliniowego geometrycznie oraz ich dyskretne transformaty Fouriera. Przeanalizowano wpływ wielkości komórki periodyczności na rezonansowe krzywe szkieletowe dla tzw. podstawowej i wyższej (o półfali bliskiej długości komórki periodyczności) postaci drgań.</i>	80%	15
A8	Ł. Domagalski, M. Gajdzicki, <i>Moderately large deflections of thin densely ribbed plates</i>, Shell Structures: Theory and Applications 3, 2014, 77-80 <i>Artykuł dotyczy umiarkowanie dużych ugięć cienkich płyt, których struktura jest okresowa w płaszczyznach równoległych do płaszczyzny środkowej. Zaprezentowano uśredniony model matematyczny oparty na modelowaniu tolerancyjnym. Wyniki porównano z wynikami uzyskanymi z metody elementów skończonych, z zadowalającymi rezultatami.</i>	50%	15
Publikacje naukowe w czasopismach o zasięgu międzynarodowym			
A9	M. Świątek, J. Jędrysiak, Ł. Domagalski, <i>Linear vibrations of periodic Timoshenko and Rayleigh beams</i>, Vibrations in Physical Systems 29, 2018, 2018035 <i>Artykuł poświęcony jest analizie liniowych drgań własnych belek o przekrojach i właściwościach materiału zmieniających się okresowo wzdłuż osi podłużnej. Rozpatrzono modele uśrednione uwzględniające wpływ bezwładności rotacyjnej przekrojów oparte na teoriach Rayleigha i Timoszenki. Porównano wynikające z uwzględnienia wpływu odkształceń postaciowych różnice pomiędzy częstościami drgań własnych w zakresie postaci drgań o liczbie półfal bliskiej wielokrotności liczby komórek periodyczności.</i>	30%	5

A10	M. Świątek, J. Jędrzyak, Ł. Domagalski, <i>Nonlinear vibrations of a slender beam interacting with a periodic viscoelastic subsoil</i>, Vibrations in Physical Systems 29, 2018, 2018030 <i>W artykule przedstawiono założenia i wyprowadzono równania różniczkowe uśrednionego modelu belek typu Eulera-Bernoulliego oddziałujących z periodycznym fundamentem lepkosprężystym. Uwzględniono wpływ skończonych gradientów ugięcia. Następnie zaprezentowano model zlinearyzowany i omówiono różnice wynikające z tego uproszczenia.</i>	30%	5
A11	Ł. Domagalski, <i>An analytical-numerical approach to analysis of large amplitude vibrations of slender periodic beams</i>, Vibrations in Physical Systems 27, 2016, 99-106 <i>Artykuł poświęcony jest analizie geometrycznie nieliniowych drgań belek o geometrycznych i materiałowych właściwościach okresowo zmieniających się wzdłuż osi. Zastosowano teorię belek Eulera-Bernoulliego z nieliniowością typu von Kármána. Zaproponowano analityczno-numeryczny model oparty na modelowaniu tolerancyjnym i metodzie Galerki. Wyznaczono liniowe częstotliwości i postacie drgań własnych, a wyniki potwierdzono przez porównanie z modelem elementów skończonych. W celu zilustrowania złożonego zachowania układu, przeprowadzono analizę drgań wymuszonych harmonicznie w zakresie dużych amplitud. Jako zaletę proponowanego podejścia podkreślono fakt, że pozwala ono na budowę modeli o niskiej liczbie stopni swobody.</i>	100%	5
A12	M. Świątek, Ł. Domagalski, J. Jędrzyak, <i>A study on natural frequencies of Timoshenko beam with rapidly varying stiffness</i>, Vibrations in Physical Systems 27, 2016, 369-376 <i>W pracy rozważane są drgania belek krępych o właściwościach okresowo zmieniających się wzdłuż osi. Przyjęto założenia teorii Timoszenki i wyprowadzono uśrednione równania różniczkowe stosując metodę tolerancyjnego uśredniania. Następnie, przechodząc formalnie z długością komórki do wielkości pomijalnej w stosunku do rozpiętości belki, uzyskano model asymptotyczny, który dalej zastosowano w analizie niskich częstości drgań własnych. Otrzymane wyniki porównano z modelem numerycznym metody elementów skończonych, wykazując dobrą zgodność rezultatów.</i>	40%	5

A13	M. Świątek, J. Jędrzyak, Ł. Domagalski, <i>Influence of substructure properties on natural vibrations of periodic Euler-Bernoulli beams</i>, Vibrations in Physical Systems 27, 2016, 377-384 Wartykule analizowano drgania swobodne nietylumione periodycznych belek smukłych. Zastosowano uśrednione równania różniczkowe otrzymane metodą modelowania tolerancyjnego. Pokazano, że przy zastosowaniu przybliżonych funkcji kształtu opisujących drgania własne komórki periodyczności, uzyskano wyniki zgodne z metodą elementów skończonych.	30%	5
A14	Ł. Domagalski, J. Jędrzyak, <i>Nonlinear vibrations of periodic beams</i>, Vibrations in Physical Systems 26, 2014, 73-78 W pracy przedstawiono założenia teoretyczne i wyprowadzenie uśrednionego modelu belek o strukturze periodycznej w ramach teorii Eulera-Bernoulliego z uwzględnieniem umiarkowanie dużych ugięć. Zaprezentowano również zlinearyzowane równania różniczkowe i przedyskutowano różnice pomiędzy modelami wynikające z zastosowanych uproszczeń.	80%	4
Rozdziały w monografiach			
A15	M. Świątek, Ł. Domagalski, <i>Nonlinear forced vibrations of periodic beams</i>, Shell Structures: Theory and Applications 4, 2018, 565-568 Artykuł dotyczy wymuszonych drgań poprzecznych o umiarkowanej amplitudzie smukłych belek periodycznych o skończonej długości. Uśredniony model belki rozwiązano z wykorzystaniem metody Galerkina oraz metody kontynuacji numerycznej, otrzymując krzywe rezonansowe. Rozpatrzono wpływ warunków brzegowych na rezonans harmoniczny i superharmoniczny.	70%	5
A16	M. Świątek, Ł. Domagalski, <i>Elastic postbuckling deformation analysis of thin periodic plates</i>, Shell Structures: Theory and Applications 4, 2018, 275-278 W pracy rozpatrywano zjawisko wyboczenia cienkich płyt periodycznych z uwzględnieniem nieliniowości geometrycznej. Analizowano płyty o technicznej anizotropii, poddane równoczesnym obciążeniom poprzecznemu i krawędziowym. Zbadano wpływ kąta nachylenia żeber do krawędzi płyty na postacie równowagi pokrytycznej. Obciążenia krytyczne porównano z wynikami modelu elementów skończonych (program Abaqus).	70%	5

C) omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Wstęp Przedłożone do recenzji osiągnięcie naukowe stanowi cykl opublikowanych, przeważnie w renomowanych czasopismach, prac dotyczących teoretycznego modelowania zagadnień stateczności cienkich płyt oraz drgań belek o budowie periodycznej. W większości z tych prac proponowane modele obliczeniowe uwzględniają nieliniowość geometryczną, a ściślej: umiarkowanie duże ugięcia.

Struktury o regularnie rozmieszczonych w przestrzeni własnościach fizycznych są szeroko stosowane w technice. Zainteresowanie badaczy tego rodzaju obiektami jest związane z ich szczególnymi właściwościami. W zagadnieniach mechaniki odpowiednio zaprojektowane struktury kompozytowe charakteryzują się m.in. korzystnym stosunkiem sztywności do masy, co przy trendach we współczesnej technice do projektowania konstrukcji lekkich, o dużej nośności, stanowi o wadze i aktualności problemu. Płyty, a także powłoki, wzmocnione regularnie rozmieszczonymi żebrami, wykazują znaczny wzrost sztywności w stosunku do struktur nieusztynionych, przy nieznacznym przyroście zużycia materiału. W szczególności, struktury periodyczne wyróżniają się interesującymi i pożądanymi właściwościami dynamicznymi, a mianowicie stanowią mogą filtr dla określonych pasm częstości drgań. Interesujące rezultaty opublikowano w pracy Olhoffa, Niu i Chenga (2012), gdzie na drodze optymalizacji geometrii belki w celu uzyskania maksymalnej szerokości pasma wzbronionej częstości otrzymano jako rozwiązanie belki o strukturze periodycznej.

Bezpośrednie modelowanie numeryczne struktur tego rodzaju, np. metodą elementów skończonych, jest oczywiście możliwe i powszechnie stosowane. Jednakże celowe jest również dążenie do formułowania zastępczych modeli ciągłych. Podejście to prowadzi do korzyści w postaci zmniejszenia kosztu obliczeniowego, ale ma również znaczenie poznawcze. Pośród metod analitycznych stosowanych w zagadnieniach stacjonarnych najszerzej rozpowszechnione są te oparte o matematyczną teorię homogenizacji asymptotycznej operatorów różniczkowych. W ramach tego podejścia rzeczywista struktura periodyczna modelowana jest jako anizotropowa struktura jednorodna o efektywnych własnościach. Własności efektywne otrzymywane są na drodze analizy pojedynczej komórki periodyczności, tzw. zagadnienia na komórkę.

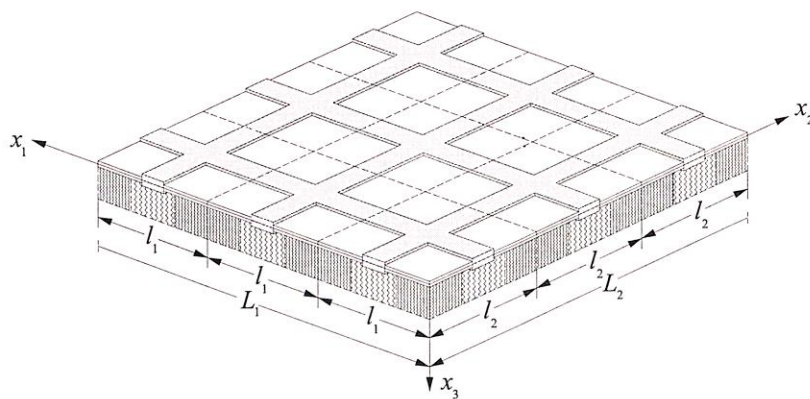
Opis zagadnień dynamiki i stateczności w ramach teorii liniowych, ogranicza rozważania do przemieszczeń małych w porównaniu z najmniejszym wymiarem elementu konstrukcyjnego. Ponieważ rozważane struktury są zazwyczaj cienkie (płyty) lub smukłe (belki) na poziomie makro, ograniczenie to uniemożliwia analizę w pełnym zakresie możliwości ich zastosowania. Ponadto, w zagadnieniach drgań i wyboczenia układów nieliniowych występują zjawiska fizyczne niemożliwe do zbadania w teoriach zlinearyzowanych, a mające istotny wpływ na charakter zachowania układu. Mimo dużej liczby opracowań traktujących o zagadnieniach nieliniowych, większość rozważań dotyczy układów o relatywnie niewielkiej liczbie stopni swobody. Zważywszy na fakt, że zagadnienia dynamiki i stateczności struktur periodycznych są wciąż aktualne, a tematyka żywo się rozwija, problem wydaje się być atrakcyjny poznawczo. Wykorzystanie aparatu matematycznego modelowania tolerancyjnego jest, w stosunku do znanych metod, nowatorskie poprzez wykorzystanie innego niż dotąd aparatu pojęciowego. Technika modelowania tolerancyjnego, opisana w książce Woźniaka i Wierzbickiego (2000) i monografiach pod redakcją Woźniaka i innych (2008, 2010), pozwala na analizę w skali makroskopowej ośrodków z mikrostrukturą. Odbywa się to poprzez zastąpienie, na drodze pewnego rodzaju wagowego uśredniania, wyjściowych równań różniczkowych o silnie oscylujących, periodycznie zmiennych, nieciągłych współczynnikach – równaniami o współczynnikach stałych. Zaletą proponowanych modeli tolerancyjnych jest fakt, że przy rozwiązywaniu równań różniczkowych, opisujących te modele, można stosować znane metody rozwiązywania układów równań różniczkowych o stałych współczynnikach. Równocześnie, omawiana technika pozwala na uwzględnienie w otrzymanych równaniach w sposób jawny wpływu wielkości komórki periodyczności.

Modelowanie tolerancyjne w najprostszym sformułowaniu opiera się na hipotezie, wynikającej z obserwacji zachowania obiektów rzeczywistych, że odpowiedź termomechaniczna struktury o budowie periodycznej ma charakter periodyczny. Oznacza to, że np. funkcje (współrzędnych przestrzennych) przemieszczeń można traktować jako superpozycję ruchu „wolnozmiennego” (o małych gradientach w komórce periodyczności) i ruchu szybkozmiennego, wynikającego z rozkładu własności fizycznych w komórce periodyczności. W związku z tym, każdą niewiadomą funkcję $u_i(\mathbf{x})$ można przedstawić w postaci sumy *funkcji uśrednionej* $U_i(\mathbf{x}) = \langle u_i \rangle(\mathbf{x})$ w komórce, i jej fluktuacji. Fluktuacja ta jest przedstawiona w postaci sumy iloczynów *fluktuacyjnych funkcji kształtu* $h_i^A(\mathbf{x})$ i wolnozmiennych



amplitud fluktuacji $V_i^A(\mathbf{x})$, $u_i(\mathbf{x}) = U_i(\mathbf{x}) + \sum_A h_i^A(\mathbf{x}) V_i^A(\mathbf{x})$. Na etapie badań do mojej pracy doktorskiej zwróciłem uwagę na fakt, iż właśnie dobór odpowiednich funkcji kształtu, oraz ich liczba przyjęta do obliczeń ma kluczowy wpływ na prawidłowość odzwierciedlenia zachowania rozważanych obiektów przez proponowane modele.

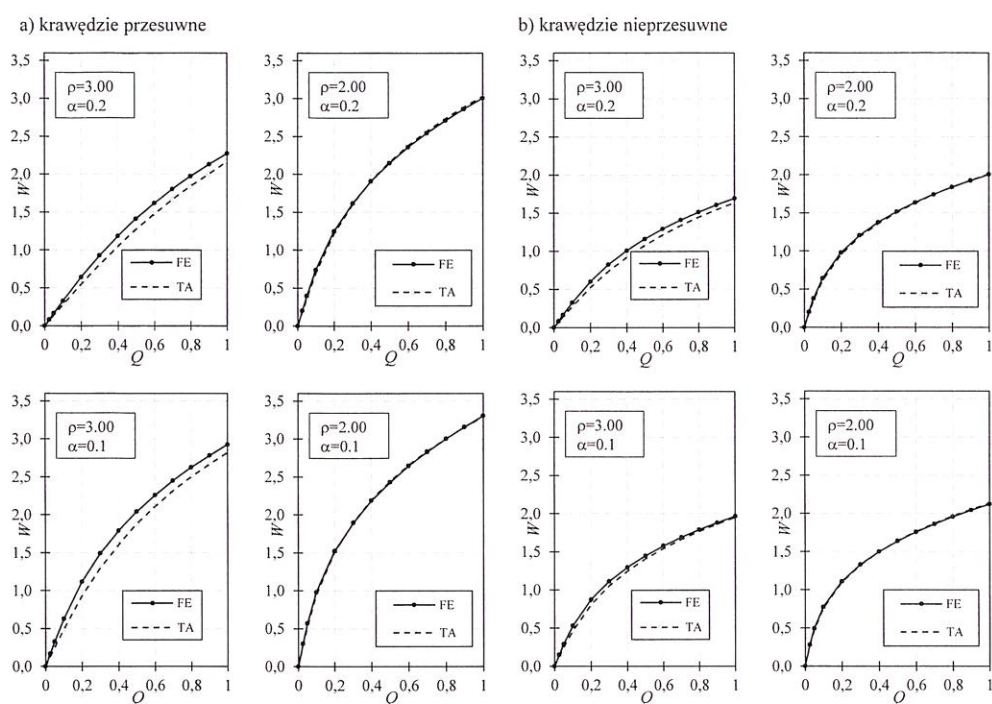
Nieliniowe zagadnienia stateczności cienkich płyt periodycznych W pracach [A6,A8,A16], stanowiących kontynuację prac opublikowanych przed uzyskaniem stopnia doktora [B1,B3,B4], przedstawiłem wyniki analizy cienkich płyt o strukturze periodycznej w płaszczyznach równoległych do płaszczyzny środkowej (Rys. 1). Płyty tego rodzaju składają się z wielu małych, powtarzalnych elementów, zwanych komórkami periodyczności, z których każda, z racji proporcji jej wymiarów, może być traktowana jako cienka płyta. Rozmiar mikrostruktury jest charakteryzowany poprzez średnicę (największy liniowy wymiar) komórki. Wymiar ten nazywany jest parametrem mikrostruktury. Właściwości mechaniczne płyty, reprezentowane przez składowe tensorów sztywności płytowych i tarczowych, są periodycznymi, nieciągłymi, silnie oscylującymi funkcjami współrzędnych parametryzujących płaszczyznę środkową. Przyjęto również, że niezależnie od własności samej płyty, może ona współpracować z periodycznie niejednorodnym podłożem sprężystym (przyjęto jednoparametrowe podłoże typu Winklera), z tym ograniczeniem, że okresy periodyczności własności płyty i podłoża są identyczne w dwóch kierunkach. Głównym celem mojej aktywności naukowej w tym zakresie było zaproponowanie i przetestowanie matematycznego modelu opisującego zagadnienie umiarkowanie dużych ugięć rozważanych płyt, opartego na technice modelowania tolerancyjnego.



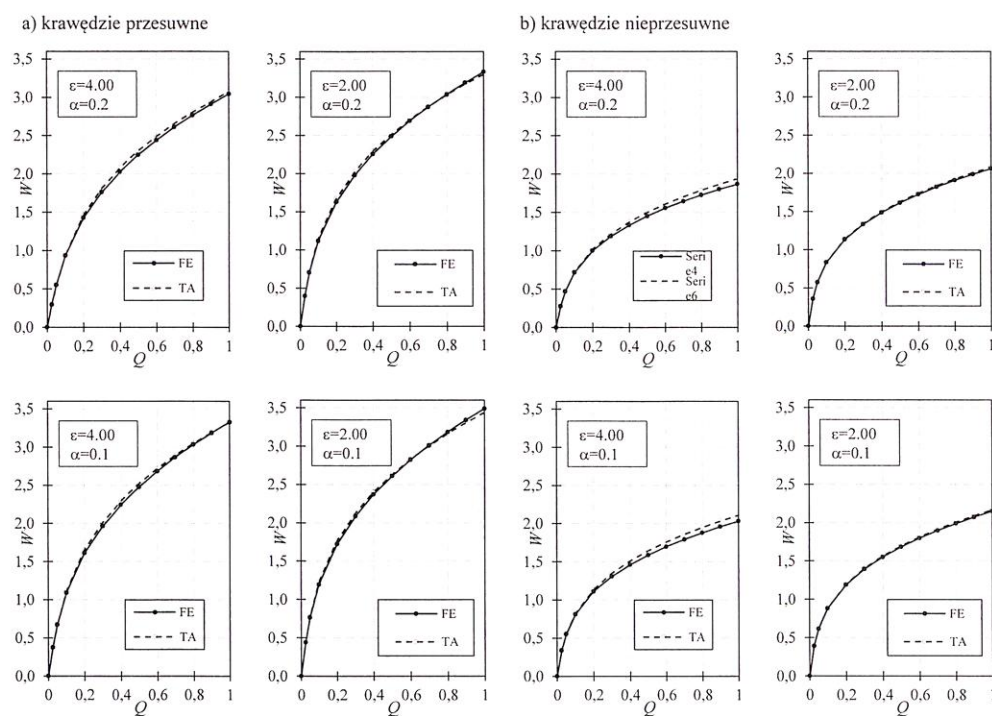
Rysunek 1. Fragment płyty periodycznej

W pracy [A8] rozpatrzono zginanie gęsto uźebrowanych płyt prostokątnych, jak na Rys.1. Rozważane płyty, o grubości h_M i module Younga E_M , wzmocnione były żebrami o wysokości $h_R = \rho h_M$ i module Younga $E_R = \varepsilon E_M$. W pracy analizowano ugięcia płyty pod działaniem równomiernego obciążenia poprzecznego. Przebadano wpływ przyjętej liczby fluktuacyjnych funkcji kształtu na dokładność obliczeń. Tylko nieznaczna część wyników została opublikowana we wspomnianej pracy, pozostałe prezentowane były na konferencjach naukowych. Rysunki 2 i 3 ilustrują ugięcie centralne W , obliczone według proponowanego modelu nieliniowego i modelu MES (program Abaqus), płyty o krawędziach przesuwnych lub nieprzesuwnych w funkcji intensywności obciążenia Q . Wyniki te, nigdzie wcześniej nie publikowane, zostały otrzymane we współpracy z dr. inż. Michałem Gajdzickim, i wykazują zadowalającą zgodność modelu.

Wartykule [A6] rozpatrzono równoczesne zginanie i jednokierunkowe ściskanie płyty kwadratowej uźebrowanej w dwóch kierunkach żebrami o różnej szerokości. Wyprowadzono metodą wariacyjną uśrednione modele płyty periodycznej w przypadku ogólnym zmienności wszystkich parametrów geometrycznych i materiałowych. Sprowadzono model do układu równań algebraicznych metodą orto-



Rysunek 2. Płyta o zmiennej grubości - porównanie modeli TA i FE



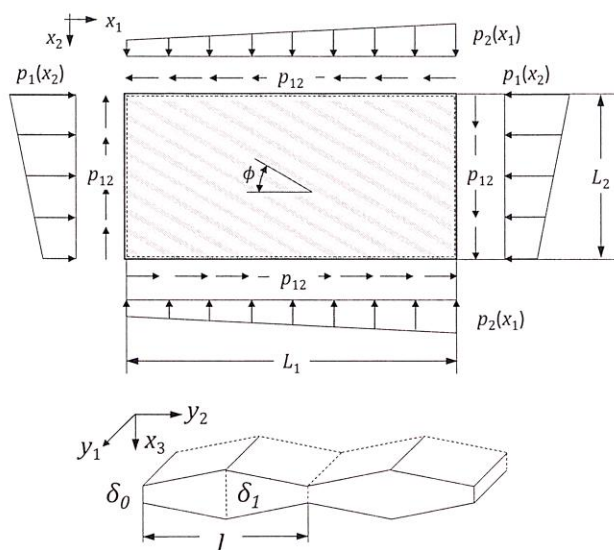
Rysunek 3. Płyta o zmiennym module sprężystości - porównanie modeli TA i FE

gonalizacji Galerkina. Stosując metodę Newtona-Rhapsona, wyznaczono ścieżki równowagi pokrywającej oraz wpływ względnego skrócenia krawędzi na tzw. efektywną szerokość płyty. Pokazano, że model uśredniony prawidłowo uwzględnia wpływ kierunku uźebrowania w stosunku do kierunku

MZ

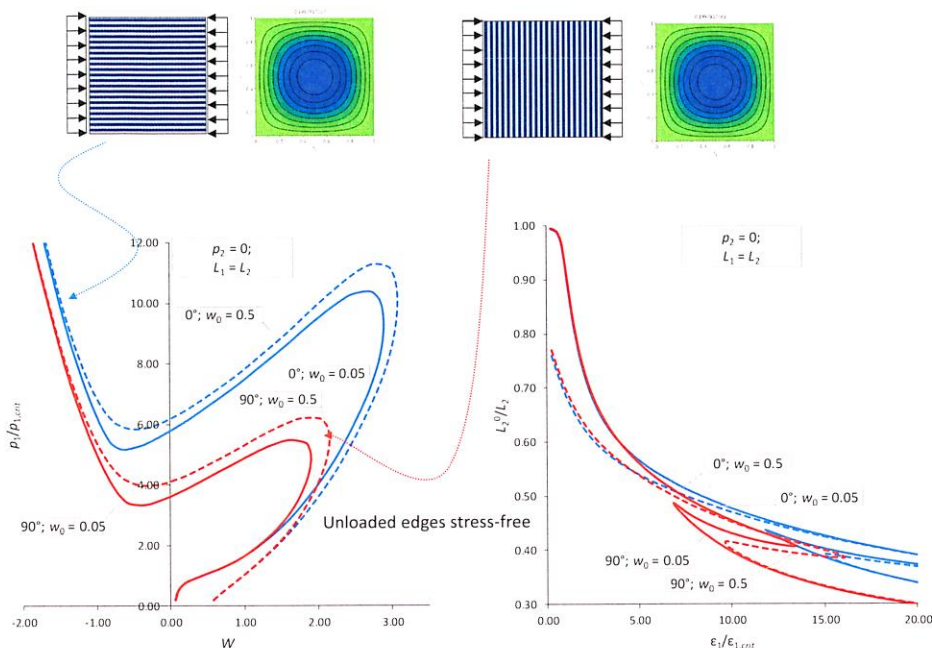
obciążenia w płaszczyźnie płyty. Wyciągnięto wniosek, że wpływ uźebrowania wykazuje korzystny wpływ na początkową redukcję sztywności płyty w przypadku jednoczesnego ściskania i zginania.

Tematem pracy [2] było zagadnienie równowagi pokrywyczej płyty prostokątnej uźebrowanej jednokierunkowo, o ężebach równoległych, skierowanych pod dowolnym kątem do krawędzi (Rys. 4). Sformułowano model nieliniowy o własnościach efektywnych, pomijając wpływ rozmiaru komórki periodyczności. Uwzględniono możliwość wystąpienia imperfekcji płyty o zadany kształcie. Stosując metodę długości łuku, wyznaczono ścieżki równowagi pokrywyczej płyty w przypadku obciążeń krawędziowych. Rozpatrzono wpływ proporcji wymiarów płyty, kierunku uźebrowania, amplitudy imperfekcji i warunków brzegowych na krawędziach nieobciążonych. Znacząca część wyników (wybrane przedstawiono na Rys. 5, 6) została zaprezentowana wyłącznie na konferencji SSTA XI w 2017 roku w Gdańsku, lecz nie została opublikowana.

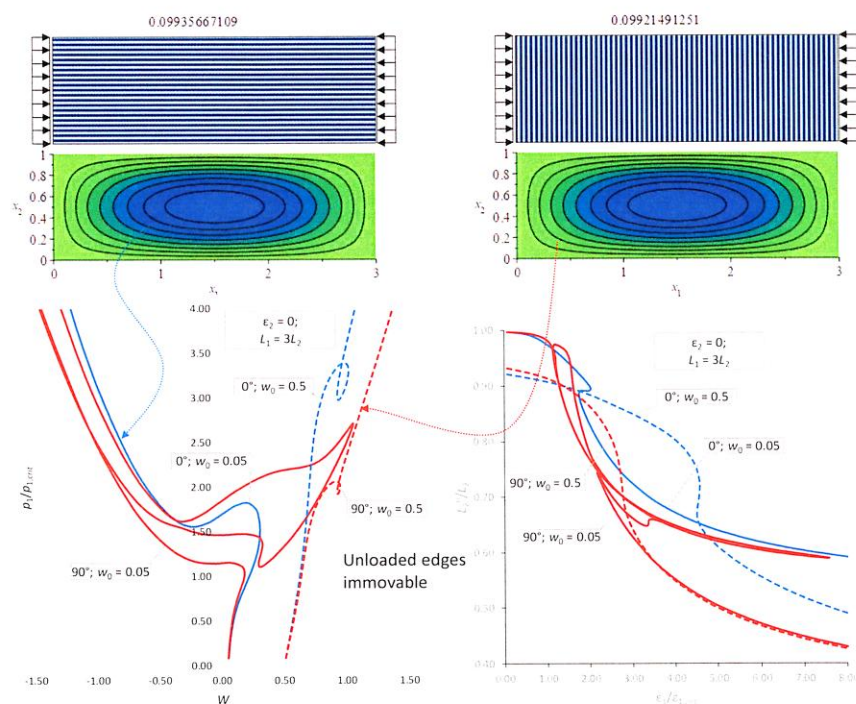


Rysunek 4. Płyta uźebrowana jednokierunkowo obciążona w płaszczyźnie

Podsumowanie Omówione w tej części badania modelowe dostarczają nowych wyników w rozważanym zakresie analizy nieliniowych geometrycznie zagadnień płyt periodycznych. W wymienionych publikacjach uśrednione modele uzyskane zostały przy wykorzystaniu przybliżonych trygonometrycznych funkcji kształtu. Za elementy oryginalne uważam przebadanie wpływu liczby fluktuacyjnych funkcji kształtu, opisujących stan przemieszczenia w komórce periodyczności, oraz liczby wyrazów szeregu funkcji przyjętego za rozwiązanie, na zbieżność modelu, a także przeprowadzenie analizy porównawczej z modelem MES. Są to zagadnienia relatywnie rzadko poruszane w pracach autorów zajmujących się tą metodą modelowania. Potwierdzono natomiast opublikowane wcześniej rezultaty wskazujące, że zakres stosowania funkcji przybliżonych jest ograniczony do niejednorodności o niedużym kontraście własności materiałowych i geometrycznych, oraz niezbyt wąskich ężeb. Z drugiej strony, w przypadku gdy zmienność sztywności jest ciągła (a takie przypadki częściej występują w technice), stosowanie tych funkcji jest uzasadnione. Zamierzałem rozwinąć ten temat, analizując wpływ przyjęcia funkcji dokładniejszych, otrzymanych metodą dyskretyzacji komórki, na dokładność wyników. Jednakże nie udało mi się w przewidywanym czasie uzyskać niezbędnego finansowania dalszych badań, z uwagi na co tematyka nie była kontynuowana.



Rysunek 5. Ścieżki równowagi pokrytycznej i sprężysta szerokość efektywna płyt uźebrowanych



Rysunek 6. Ścieżki równowagi pokrytycznej i sprężysta szerokość efektywna płyt uźebrowanych (c.d.)

Zagadnienia nieliniowych drgań belek o budowie periodycznej

Prace [A1 - A5], [A7, A9 - A15] poświęcone są drganiom belek o strukturze periodycznej. Jak wspomniano wcześniej, układy tego rodzaju cechują się nietypowymi własnościami dynamicznymi.

ml

Okresowy rozkład masy i sztywności faworyzuje określone postacie drgań lub określone długości fali biegnącej przez ośrodek. W przypadku zbliżenia się długości fali biegnącej (w zagadnieniach propagacji fal) lub długości fali postaci drgań (w zagadnieniach drgań) do wielokrotności lub podwielokrotności rozmiaru komórki periodyczności, zachodzą zjawiska takie jak m.in. występowanie pasm częstości wzbronionych.

Mając własne doświadczenie w modelowaniu mechaniki struktur periodycznych, jak również zagadnień nieliniowych geometrycznie, skierowałem moje zainteresowanie na następujące zagadnienia:

1. Czy jest możliwe sformułowanie uśrednionego modelu struktury periodycznej, który jakościowo i ilościowo odzwierciedlałby jej zachowanie,
2. Czy występujące w teoriach nieliniowych sprzężenie pomiędzy postaciami drgań „makro” (o długości półfali znacznie większej od rozmiaru komórki periodyczności) i „mikro” (o długości półfali rzędu rozmiaru komórki periodyczności) może być w określonych zagadnieniach niepomijalne.

Wybór belek jako obiektu badań wynikał z założenia otrzymania modeli o relatywnie niskiej liczbie stopni swobody. Pierwsza z moich prac dotyczących tej tematyki (pkt. 5 vi) została nagrodzona w konkursie im. Jana Szmeltera na prace naukowe z mechaniki technicznej organizowanego przez Oddział Łódzki PTMTS i zarekomendowana do publikacji w czasopiśmie *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*. Nie w pełni zadowolony z efektu końcowego, zdecydowałem się nie publikować jej w ówczesnej formie, i kontynuować badania, poszerzając ich zakres.

Większość prac dotyczących tego zagadnienia powstała w czasie realizacji projektu badawczego finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki *Geometrycznie nieliniowe zagadnienia dynamiki belek o nieciągłej strukturze periodycznej* o numerze 2011/15/B/ST8/03155 (pkt. 5 v). Kierownikiem projektu, realizowanego od sierpnia 2015 do listopada 2018 roku, był prof. dr hab. inż. Jarosław Jędrusiak, ja występowałem w roli głównego wykonawcy. Byłem też pomysłodawcą tematu, autorem harmonogramu jego realizacji, modeli analitycznych, procedur numerycznych i przeprowadziłem znaczącą część obliczeń. Zadanie badawcze realizowane było we współpracy z dwoma studentami studiów III stopnia, nad którymi sprawowałem opiekę, a obecnie jestem promotorem pomocniczym w ich przewodach doktorskich. W ramach projektu przeprowadzono modelowanie i analizę nieliniowych geometrycznie zagadnień dynamiki belek o strukturze periodycznej. Główne osiągnięcia zadania badawczego można wyartykułować następująco:

1. Sformułowano uśrednione modele matematyczne przy wykorzystaniu założeń nieliniowych teorii belek sprężystych;
2. Porównano rezultaty analizy drgań z dostępnymi wynikami uzyskanymi innymi metodami, w celu określenia zakresu stosowalności proponowanych modeli;
3. Przeprowadzono analizę wpływu parametrów geometrycznych i materiałowych w obrębie komórki periodyczności w wybranych problemach drgań autonomicznych i wymuszonych.

Ad 1. Uśrednione modele sformułowano w ramach trzech podstawowych technicznych teorii belek: w przypadku elementów smukłych przyjmowano jako wyjściową teorię Eulera-Bernoulliego [A10, A11, A13, A14] lub Rayleigha [A2, A3, A4, A5, A7, A9, A15]. W przypadku krępych belek periodycznych zastosowano jako model wyjściowy model Timoszenki [A1, A9, A12]. W analizie zastosowano podejście wariacyjne, wychodząc z zasady stacjonarności funkcjonału działania uśrednionego na komórce periodyczności. W efekcie otrzymano odpowiednie układy równań różniczkowych (lub całkowo-różniczkowych), jako warunki znikania wariacji tego funkcjonału. W konsekwencji wprowadzono również naturalne warunki brzegowe [A1 - A3]. W części z wymienionych prac opisano również przejście z modeli tolerancyjnych do modeli tolerancyjno-asymptotycznych, przechodząc z wymiarem komórki periodyczności do zera. Tak otrzymane równania mają formę analogiczną do modeli wyjściowych w przypadku belek jednorodnych, z tym, że ich sztywności są zastąpione sztywnościami efektywnymi.



Ad 2. Sprowadzenia otrzymanych modeli do układów równań różniczkowych zwyczajnych dokonywano zazwyczaj metodą ortogonalizacji Galerkina. Podjęto również próbę zastosowania metody kwadratury różniczkowej, nie uzyskując jednak znaczących korzyści. W ramach projektu porównano szereg wyników analizy drgań, otrzymanych w ramach zaproponowanych modeli tolerancyjnych, z dostępnymi wynikami uzyskanymi innymi metodami, głównie metodą elementów skończonych [A1 - A5, A7, A11 - A13] lub metodą Ritza [A10]. Pozwoliło to ocenić zakres stosowalności proponowanych modeli analitycznych. Porównano głównie wyniki uzyskane wg uśrednionych liniowych modeli w ramach teorii Eulera-Bernoulliego, Rayleigha, oraz Timoszenki. Przeprowadzono również analizę porównawczą pomiędzy modelami otrzymanymi w ramach rozpatrywanych teorii belek [A9]. Różnice pomiędzy wynikami dla belek krępych i smukłych przejawiały się głównie na poziomie tzw. częstości wyższych. Ma to związek z faktem, że odpowiadające tym częstościom postacie drgań charakteryzowały się długością półfali zbliżoną do wysokości przekroju belki.

Na tym etapie projektu przeprowadzono analizę doboru fluktuacyjnych funkcji kształtu. Przeważnie we wcześniejszych pracach [A4, A5, A10, A12, A13] przyjmowano przybliżone rozwiązania w postaci funkcji trygonometrycznych. Niedostatkami takiego podejścia jest niespełnienie warunku ciągłości naprężeń na interfejsach w przypadku skokowych zmian sztywności belki. Powoduje to również wolniejszą zbieżność rozwiązań przy zwiększaniu liczby wyrazów szeregu przybliżającego rozwiązanie na komórce, i w konsekwencji ograniczenie zakresu stosowalności modeli, a w przypadku dużych wartości kontrastu może prowadzić do błędnych wyników. Znacznie lepsze wyniki uzyskano stosując przybliżone rozwiązania zagadnienia własnego komórki periodyczności metodą elementów skończonych [A1 - A3, A11]. Próby zastosowania jako funkcji kształtu rozwiązań dokładnych na komórce wykazały, że takie podejście nieznacznie zwiększa dokładność obliczeń i jest najmniej korzystne z uwagi na koszt obliczeniowy.

Ponadto, dokonano uaktualnienia modeli wykorzystując klasę funkcji słabo wolnozmiennych [prace A1 - A3, A9, A11, A15]. Równania różniczkowe na amplitudy fluktuacji są wtedy wyższego rzędu niż w przypadku standardowych modeli tolerancyjnych, gdzie zakładano wolną zmienność niewiadomych, jednak poprawa dokładności modeli okazała się być znacząca.

Ad 3. Przeprowadzono analizę wpływu parametrów geometrycznych (wymiarów przekroju i materiałowych (gęstość masy, moduł sprężystości, współczynnik tłumienia, moduł sprężystości podłoża) w obrębie komórki periodyczności, w wybranych problemach drgań autonomicznych i wymuszonych. Przebadano zależność spektrum częstości drgań własnych belek od poszczególnych parametrów, w szczególności występowania w tym spektrum charakterystycznych przerw [A1 - A3, A7, A9, A11]. Dokonano analizy wpływu wielkości komórki periodyczności na liniowe częstości własne belek krępych [A1] i nieliniowe częstości własne belek smukłych [A4].

Przeprowadzono szczegółową analizę autonomicznych i wymuszonych drgań nieliniowych. Wykorzystano przybliżone metody analityczne (metoda uśredniania Ritza) w połączeniu z metodami kontynuacji numerycznej (głównie metodą długości łuku) [A1, A3, A15], oraz bezpośrednie numeryczne całkowanie równań różniczkowych zwyczajnych (metoda Runge-Kutty-Fehlberga RKF45) [A3 - A5, A7, A9, A11]. Rezultaty przedstawiono w postaci tabel, wykresów szeregów czasowych, krzywych amplitudowo-częstotliwościowych, portretów fazowych, przekrojów Poincare, diagramów bifurkacyjnych.

Zademonstrowano szerokie spektrum możliwości odpowiedzi belki na wymuszenia harmoniczne: od rezonansu harmonicznego, przez okna okresowe, do drgań nieregularnych (chaotycznych) [A3, A5]. Pokazano, że nieliniowe sprzężenie pomiędzy postaciami drgań „makro” i „mikro” nie powinno być pomijane w zagadnieniach drgań z wymuszeniem o częstotliwości bliskiej częstotliwościom wyższym, i znaczącej amplitudzie. W takich przypadkach występować może zjawisko nieliniowego dudnienia [A4]. W związku z tym, że dla elementów rozpatrywanych proporcjach wymiarów geometrycznych częstości te znajdują się w zakresie częstości słyszalnych, zjawisko to może być obserwowalne w zagadnieniach akustyki.

Podsumowanie Podsumowując opisane wyżej pole mojej działalności naukowej, **odpowiedź na dwa kluczowe pytania sformułowane we wstępie do tego podrozdziału jest twierdząca**, co nie znaczy, że temat jest wyczerpany. W związku z zakupem przez zatrudniającą mnie Katedrę Mechaniki Konstrukcji aparatury badawczej umożliwiającej pomiary drgań wymuszonych, zamierzam w najbliższym czasie wykonać eksperymenty na obiektach rzeczywistych, w celu potwierdzenia możliwości wystąpienia zjawisk, na które wskazują wyniki obliczeń.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych

5.1 Osiągnięcia naukowe

i. Omówienie osiągnięć naukowo-badawczych

Umiarkowanie duże ugięcia cienkich płyt periodycznych

Rezultatem mojej działalności naukowej w okresie przed uzyskaniem stopnia doktora było sformułowanie modelu matematycznego i analiza zagadnień równowagi cienkich płyt periodycznych z uwzględnieniem możliwości wystąpienia umiarkowanie dużych ugięć płaszczyzny podstawowej. Przyjęto podstawowe założenia nieliniowej teorii płyt von Kármána, w której przyjmuje się, że iloczyny gradientów ugięcia nie są pomijalne w stosunku do gradientów przemieszczeń w płaszczyźnie płyty. Wykorzystując technikę modelowania tolerancyjnego, otrzymano dla rozpatrywanego zagadnienia równania o stałych współczynnikach, uwzględniające wpływ wielkości komórki periodyczności. Owocem tej działalności są artykuły opublikowane w czasopismach krajowych [B3,B4] i międzynarodowych [B1]. W pierwszej z tych prac [B3], wyprowadzono i opisano nieliniowy model płyt sformułowany w przemieszczeniach, oraz zapisano w sposób jawny równania algebraiczne. Równania te rozwiązano numerycznie, a wyniki porównano z rezultatami otrzymanymi w ramach uśrednionego modelu liniowego, opartego na teorii Kirchhoffa.

W okresie późniejszym jako punkt wyjścia przyjmowałem równania nieliniowej teorii płyt w sformułowaniu mieszanym przemieszczeniowo-naprężeniowym. Wspomniane równania są otrzymywane zazwyczaj poprzez podstawienie w miejsce sił tarczowych odpowiednich pochodnych tzw. funkcji naprężeń Airy'ego. Uzyskuje się tą drogą tożsamościowe spełnienie równań równowagi zapisanych dla sił tarczowych. Brakujące równanie dla funkcji naprężeń otrzymuje się z równania zwartości odkształceń powierzchni podstawowej płyty poprzez podstawienie za składowe stanu odkształcenia odpowiednich iloczynów składowych tensora podatności tarczowej i składowych tensora sił tarczowych wyrażonych, jak wyżej, przez pochodne funkcji naprężeń. Za mój oryginalny wkład uważam m.in. sformułowanie funkcji Lagrange'a w taki sposób, że wspomniane równania są jednym z warunków koniecznych stacjonarności funkcjonału działania, i wykazaniu, że obydwa sformułowania prowadzą do tych samych równań. W pracach [B1,B4] zawarto skrótowe wyprowadzenie proponowanego modelu oraz przedstawiono porównanie wyników obliczeń numerycznych z wynikami teorii liniowej [B1] oraz metody elementów skończonych [B4].

Tematy realizowane we współpracy ze studentami studiów II stopnia

Niektóre tematy moich zainteresowań naukowych realizowane były przy udziale dyplomantów, którzy wykazywali zainteresowanie prowadzonymi przeze mnie tematami badawczymi. Moja rola obejmowała propozycje tematów, wskazanie piśmiennictwa oraz stały nadzór i wsparcie merytoryczne w tworzeniu modeli oraz doborze przypadków obliczeniowych.

Nieliniowe zagadnienia równowagi kratownic płaskich Studenci studiów II stopnia Marcin i Michał Świątek pod moim kierunkiem sformułowali nieliniowy geometryczny model statyki kratownic. Inspiracją do zajęcia się tą tematyką były dyskusje na temat zaawansowanych zagadnień stateczności (kratownica von Misesa) w ramach prowadzonego wówczas przeze mnie przedmiotu mechanika



konstrukcji. Dyplomanci napisali w pełni funkcjonalny program wykorzystujący metodę elementu skończonego i metodę długości łuku oraz otrzymali interesujące wyniki symulacji, które zostały zawarte i opisane w nagrodzonej przez Łódzką Okręgową Izbę Inżynierów Budownictwa pracy magisterskiej.

Drgania własne belek o zmiennym przekroju Mój dyplomant na studiach II stopnia Maciej Sobkiewicz, pracując pod moim kierunkiem rozpatrywał w swojej pracy magisterskiej drgania belek o zmiennym przekroju poprzecznym. Praca ta obejmuje swoim zakresem sformułowanie modelu belki, o różnych warunkach brzegowych i funkcjach zmienności przekroju poprzecznego, metodą elementów skończonych oraz metodą Ritza w autorskich programach, oraz analizę częstości i postaci drgań własnych.

Drgania elementów konstrukcyjnych wymuszone pracą maszyn obrotowych Mój dyplomant na studiach II stopnia Rafał Bredow pracując pod moim kierunkiem rozpatrywał w swojej pracy magisterskiej drgania stropu obciążonego maszynami wirującymi. Praca ta obejmuje swoim zakresem sformułowanie modelu stropu metodą elementów skończonych w autorskim programie, oraz analizę przebiegów drgań wymuszonych pracą pralnic przemysłowych.

ii. Wykaz innych publikacji nie wchodzących w skład osiągnięcia naukowego

L.p.	Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie JCR	Udział	Impact Factor	Punkty MNiSW
B1	Ł. Domagalski, J. Jędrysiak , <i>On the elastostatics of thin periodic plates with large deflections</i> , <i>Meccanica</i> 47(7), 2012, 1659-1671 W pracy zaprezentowano liniowy i geometrycznie nieliniowy uśredniony model płyty cienkiej o periodycznie rozmieszczonych inkuzjach. Przebadano wpływ kontrastu parametrów materiałowych matrycy i wzmocnienia na ugięcie sprężyste, a także różnice ilościowe w wynikach uzyskanych w ramach prezentowanych modeli płyt.	75%	2,211	25

L.p.	Tytuł	Udział	Punkty MNiSW
Publikacje naukowe w czasopismach o zasięgu międzynarodowym			
B2	J. Jędrysiak, Ł. Domagalski , J. Marczak, E. Pazera, <i>Tolerance modelling of nonstationary problems of microheterogeneous media and structures</i> , <i>Vibrations in Physical Systems</i> 29, 2018, 2018001 W niniejszej notatce przedstawiono przegląd zastosowań nieasymptotycznego modelowania, zwanego modelowaniem tolerancyjnym, w wybranych problemach termomechaniki struktur periodycznych. Zaprezentowano przykład zastosowania metody w analizie nieliniowych drgań belek złożonych z powtarzalnych segmentów.	25%	5

Publikacje naukowe w czasopismach o zasięgu krajowym			
B3	Ł. Domagalski, M. Gajdzicki, J. Jędrzyński, <i>On a certain nonlinear model of thin periodic plates</i>. Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej, 2012, 64, 49-59 <i>W pracy przytoczono nieliniowy model statyki płyt periodycznych opisany w pracy doktorskiej autora. Zaprezentowano przykład obliczeniowy ugięć statycznych płyty sprężystej wzmocnionej żebrami z materiału o wyższym niż materiał matrycy module sprężystości. Dokonano porównania z wynikami uzyskanymi w modelu liniowym oraz metodą elementów skończonych uzyskując zadowalające rezultaty.</i>	50%	2
B4	Ł. Domagalski, J. Jędrzyński, <i>Modelling of thin periodic plates subjected to large deflections</i>, Civil and Environmental Engineering Reports 1(5), 2010, 133-148 <i>W pracy rozpatrywane były cienkie, liniowo-sprężyste płyty o budowie periodycznej w płaszczyznach równoległych do płaszczyzny środkowej. Zaproponowano model tolerancyjny, opisujący nieliniowo-geometryczne zagadnienia cienkich płyt periodycznych. Model ten zastosowano do wyznaczenia ugięć dla danego obciążenia, a otrzymane wyniki porównano z wynikami uzyskanymi w ramach liniowego modelu tolerancyjnego.</i>	60%	6

iii. Zgodnie z § 4 pkt. 3: sumaryczny Impact Factor publikacji naukowych według listy Journal Citation Reports (JCR) wynosi: 17,329 (po doktoracie 15,118)

iv. Zgodnie z § 4 pkt. 4: Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS): 42

v. Zgodnie z § 4 pkt. 5: indeks Hirscha według bazy Web of Science (WoS): 4

vi. Zgodnie z § 4 pkt. 6: kierowanie międzynarodowymi i krajowymi projektami badawczymi lub udział w takich projektach

1. Projekt badawczy NCN nr 2014/15/B/ST8/03155,
Geometrycznie nieliniowe zagadnienia dynamiki belek o nieciągłej strukturze periodycznej,
Okres realizacji: 08.2015-11.2018, charakter udziału: **główny wykonawca**
2. Projekt badawczy finansowany ze Stypendialnego Funduszu Młodych Naukowców na Wydziale Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Politechniki Łódzkiej
Zagadnienia elastostatyki cienkich płyt periodycznych o umiarkowanie dużych ugięciach.
Okres realizacji: 05.2011-12.2011, charakter udziału: **wykonawca**

vii. Zgodnie z § 4 pkt. 7: międzynarodowe i krajowe nagrody za działalność odpowiednio naukową albo artystyczną

1. Nagroda II stopnia w Ogólnokrajowym Konkursie im. Profesora Jana Szmeltera na prace z mechaniki technicznej w roku 2012 za pracę:
Geometrycznie nieliniowe drgania belek periodycznie niejednorodnych.
2. Nagroda JM Rektora PŁ za osiągnięcia naukowe w latach 2012, 2013, 2015, 2017, 2018.

viii. Zgodnie z § 4 pkt. 8: wygłoszenie referatów na międzynarodowych i krajowych konferencjach tematycznych

L.p.	Referaty wygłoszone na konferencjach
Referaty wygłoszone po uzyskaniu stopnia doktora	
1.	Ł. Domagalski, J. Jędrysiak, <i>An analytical-numerical approach to analysis of non-linear vibrations of periodic Timoshenko beams</i> , Mechcomp3 International Conference on Mechanics of Composites, Bolonia (Włochy), 2017
2.	M. Świątek, Ł. Domagalski, <i>Elastic postbuckling deformation analysis of thin periodic plates</i> , Shell Structures: Theory and Applications XI, 2017, Gdańsk
3.	Ł. Domagalski, J. Jędrysiak, <i>Large amplitude vibrations of periodically inhomogeneous beams</i> , ICCS19 – 19th International Conference on Composite Structures, Porto (Portugalia), 2016
4.	Ł. Domagalski, <i>An analytical-numerical approach to analysis of large amplitude vibrations of slender periodic beams</i> , Vibrations in Physical Systems, Poznań-Będlewo, 2016
5.	Ł. Domagalski, J. Jędrysiak, <i>Nonlinear dynamic response of periodically inhomogeneous Rayleigh beams</i> , 3rd Polish Congress of Mechanics PCM 2015 and 21st International Conference on Computer Methods in Mechanics CMM 2015, Gdańsk, 2015
6.	Ł. Domagalski, J. Jędrysiak, <i>Geometrically nonlinear vibrations of slender meso-periodic beams</i> , ICCS18 – 18th International Conference on Composite Structures, Lizbona (Portugalia), 2015
7.	Ł. Domagalski, <i>Geometrically nonlinear vibrations of periodic beams</i> , IV Ogólnopolskie Seminarium "Modelowanie Ośrodków z Mikrostrukturą", Łódź, 2015
8.	Ł. Domagalski, J. Jędrysiak, <i>Large amplitude forced vibrations of micro-periodic slender beams</i> , 39th Solid Mechanics Conference SOLMECH 2014, Zakopane, 2014
9.	Ł. Domagalski, J. Jędrysiak, <i>Modelling the dynamics of microperiodic beams with large deflections</i> , I Konferencja Naukowa „Aktualne Problemy Budownictwa”, Warszawa, 2014
10.	J. Jędrysiak, Ł. Domagalski, <i>Modelling of thin periodic plates with moderately large deflections</i> , 53. Sympozjon “Modelowanie w mechanice”, Ustroń, 2014
11.	Ł. Domagalski, J. Jędrysiak, <i>Nonlinear vibrations of periodic beams</i> , Vibrations in Physical Systems, Poznań-Będlewo, 2014
12.	Ł. Domagalski, M. Gajdzicki, <i>Moderately large deflections of thin densely ribbed plates</i> , Shell Structures: Theory and Applications X, Gdańsk, 2013
13.	Ł. Domagalski, J. Jędrysiak, <i>Geometrycznie nieliniowe zagadnienia stateczności cienkich płyt periodycznych</i> , IV Konferencja Naukowa "Mechanika Ośrodków Niejednorodnych", Zielona Góra – Łagów, 2013
14.	Ł. Domagalski, J. Jędrysiak, <i>Geometrycznie nieliniowe zagadnienia stateczności cienkich płyt periodycznych</i> , X Konferencja "Nowe Kierunki Rozwoju Mechaniki", Jarnołtówek, 2013
Referaty wygłoszone przed uzyskaniem stopnia doktora	
15.	Ł. Domagalski, M. Gajdzicki, J. Jędrysiak, <i>Umiarkowane ugięcia cienkich płyt periodycznych</i> , 51. Sympozjon "Modelowanie w mechanice", Ustroń, 2012
16.	Ł. Domagalski, J. Jędrysiak, <i>Równowaga pokrywiczna cienkich płyt periodycznych</i> , XIII Sympozjum Stateczności Konstrukcji, Zakopane, 2012
17.	Ł. Domagalski, J. Jędrysiak, <i>Modelowanie cienkich płyt periodycznych o umiarkowanych ugięciach</i> , Konferencja "Nowe Kierunki Rozwoju Mechaniki", Hucisko, 2011
18.	J. Jędrysiak, Ł. Domagalski, <i>Model tolerancyjny cienkich płyt periodycznych o umiarkowanych ugięciach</i> , II Kongres Mechaniki Polskiej, Poznań, 2011

19.	Ł. Domagalski, J. Jędrysiak , <i>Modelling of thin non-linear periodic plates under macro- and micro-loadings</i> , III Ogólnopolskie Seminarium "Modelowanie Ośrodków z Mikrostrukturą", Łódź, 2011
20.	Ł. Domagalski, J. Jędrysiak , <i>Elastostatyka cienkich płyt periodycznych o dużych ugięciach</i> , IV Konferencja naukowa "Inżynierskie i przestrzenne aspekty kształtowania terenów nieurbanizowanych", Warszawa, 2010
21.	Ł. Domagalski, J. Jędrysiak , <i>Modelowanie cienkich płyt periodycznych o dużych ugięciach</i> , Konferencja "Mechanika Ośrodków Niejednorodnych", Zielona Góra-Łagów, 2010

ix. Zgodnie z § 5 pkt. 10: recenzowanie (...) publikacji w czasopismach międzynarodowych i krajowych.

1. Mechanics Research Communications, 2014-2018, liczba recenzji: **3**
2. Vibrations in Physical Systems, 2018, liczba recenzji: **1**
3. Meccanica, 2019, liczba recenzji: **1**

5.2 Osiągnięcia dydaktyczne

i. Zgodnie z § 5 pkt. 3: otrzymane nagrody i wyróżnienia

1. Nagroda dla promotora prac dyplomowej:
Marcin Świątek, Michał Świątek, *Geometrycznie nieliniowe zagadnienia stateczności płaskich układów kratowych w ujęciu Metody Elementów Skończonych*. Praca wyróżniona (I nagroda) w konkursie im. prof. W. Kuczyńskiego na najlepszą pracę dyplomową magisterską (edycja 2014) organizowanym przez Łódzką Okręgową Izbę Inżynierów Budownictwa.
2. Nagroda dla promotora prac dyplomowej:
Maciej Sobkiewicz, *Projekt wolno stojącego komina stalowego o wysokości 60 m*. Praca wyróżniona (II nagroda) w konkursie im. prof. W. Kuczyńskiego na najlepszą pracę dyplomową inżynierską (edycja 2016) organizowanym przez Polski Związek Inżynierów i Techników Budownictwa.

ii. Zgodnie z § 5 pkt. 8: Osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki lub sztuki

W mojej działalności dydaktycznej prowadziłem głównie zajęcia z przedmiotów dotyczących podstawowych i zaawansowanych zagadnień mechaniki teoretycznej, takich jak mechanika budowli na kierunkach budownictwo i architektura na studiach I stopnia oraz mechanika konstrukcji na kierunku budownictwo na studiach II stopnia. Moim nadrzędnym celem było zawsze rozwijanie u studentów wyuczucia konstrukcji oraz uświadamianie im praktycznych implikacji treści prezentowanych podczas zajęć. W szczególności dotyczy to: doboru poprawnych schematów statycznych, świadomości wpływu rozkładu sztywności oraz obciążeń termicznych i montażowych w układach statycznie niewyznaczalnych, a w kursach zaawansowanych świadomości znaczenia zagadnień dynamiki i stateczności konstrukcji. W tabeli poniżej zestawilem wykaz przedmiotów i rodzaje prowadzonych zajęć.

L.p.	Przedmiot	Rodzaj zajęć
Politechnika Łódzka		
1.	Mechanika budowli, kierunek: budownictwo, studia I stopnia	wykłady, ćwiczenia, laboratorium, projekt
2.	Stateczność i dynamika układów prętowych, kierunek: budownictwo, studia I stopnia	laboratorium
3.	Mechanika konstrukcji, kierunek: budownictwo, studia II stopnia	wykłady, projekt

4.	Mechanika budowli, kierunki: architektura i architektura wnętrz, studia I stopnia	wykłady, ćwiczenia
----	--	--------------------

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Koninie (umowa cywilnoprawna)		
5.	Mechanika budowli, kierunek: budownictwo, studia I stopnia	wykłady, projekt
6.	Projektowanie konstrukcji tradycyjnych, kierunek: budownictwo, studia I stopnia	wykłady, projekt
7.	Mechanika techniczna, kierunek: mechanika i budowa maszyn, studia I stopnia	wykłady, projekt
8.	Metody numeryczne, kierunek: mechanika i budowa maszyn, studia I stopnia	wykłady, laboratorium

Jednorazowo (w semestrze zimowym r. akad. 2013/2014) przeprowadziłem również wykład z przedmiotu „Współczesne problemy badawcze budownictwa” dla studentów I roku Studium Doktoranckiego na Wydziale Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska. Celem przedmiotu jest zapoznanie doktorantów z tematyką działalności naukowej pracowników wydziału. Podczas wykładu przedstawiłem cel, zakres, najważniejsze wyniki i wnioski mojej pracy doktorskiej.

W czasie zatrudnienia w Politechnice Łódzkiej odbyłem następujące szkolenia podnoszące moje kwalifikacje jako nauczyciela akademickiego:

- szkolenie *English as a medium of instruction*, 60-godzinne szkolenie organizowane przez Centrum Językowe PŁ dla prowadzących przedmioty w języku angielskim (certyfikat);
- szkolenie z oprogramowania BIM, PŁ, 2016. Szkolenie prowadzone przez firmę INTERsoft, producenta oprogramowania (certyfikat);
- szkolenie *Pisanie wniosków grantowych. Jak skutecznie aplikować o środki na badania?*, Warszawa 2014 (certyfikat);
- kurs pedagogiczny w ramach studium doktoranckiego PŁ, semestr zimowy r. akad. 2008/09.

Moi dyplomanci wzięli czynny udział w Konferencji Studenckiej Budmika 2015, przedstawiając dwa referaty na temat geometrycznie nieliniowych zagadnień kratownic płaskich. Referaty zostały wyróżnione przez komitet naukowy i opublikowane w materiałach pokonferencyjnych.

Sprawowałem również opiekę nad zespołem studentów uczestniczących w konkursie wyKOMBINuj mOst w roku 2017.

Do części prowadzonych przeze mnie zajęć (mechanika budowli i mechanika konstrukcji) przygotowywałem materiały dydaktyczne do samodzielnej nauki. Materiały te w formie elektronicznej zamieszczałem regularnie na platformie e-learningowej Wikamp PŁ i, sądząc po liczbie pobrań, cieszyły się dużym zainteresowaniem wśród studentów. Obecnie opracowuję wraz ze współautorami z Katedry Mechaniki Konstrukcji dwutomowy skrypt z przedmiotu mechanika budowli, który obejmuje zakresem realizowane przez naszą jednostkę treści nauczania. Sprawuję funkcję redaktora, jestem autorem części teoretycznej do wszystkich działów oraz około 25% przykładów obliczeniowych.

iii. Zgodnie z § 5 pkt. 9: Opieka naukowa nad studentami i lekarzami w toku specjalizacji

1. Promotor prac dyplomowych na studiach I stopnia, Politechnika Łódzka: 6
2. Promotor prac dyplomowych na studiach II stopnia, Politechnika Łódzka: 7

iv. Zgodnie z § 5 pkt. 10: Opieka naukowa nad doktorantami w charakterze opiekuna naukowego lub promotora pomocniczego

1. Marcin Świątek, otwarcie przewodu 28 czerwca 2018, *Nonlinear vibrations of slender periodic beams interacting with visco-elastic subsoil*, charakter: **promotor pomocniczy**,



2. Michał Świątek, otwarcie przewodu 28 czerwca 2018, *Vibrations of thick microinhomogeneous beams*, charakter: **promotor pomocniczy**.

v. Zgodnie z § 5 pkt. 2: udział w międzynarodowych lub krajowych konferencjach naukowych lub udział w komitetach organizacyjnych tych konferencji

1. Modelowanie Ośrodków z Mikrostrukturą IV, 2018, Łódź, członek komitetu organizacyjnego
2. Modelowanie Ośrodków z Mikrostrukturą III, 2014, Łódź, członek komitetu organizacyjnego

vi. Zgodnie z § 5 pkt. 7: Członkostwo w międzynarodowych lub krajowych organizacjach oraz towarzystwach naukowych

1. Polskie Towarzystwo Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej, 2011-2016, członek zarządu, skarbnik
2. Polskie Towarzystwo Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej, 2017-obecnie, członek zarządu, sekretarz

5.3 Zatrudnienie w przemyśle

Przed podjęciem studiów doktoranckich rozpocząłem pracę w przemyśle budowlanym. W okresie zatrudnienia w Biurze Usług Inwestycyjnych JAS-Projekt jako asystent projektanta, początkowo współpracowałem z projektantami, głównie jako kreślarz. Szybko jednak zdobyłem umiejętności pozwalające mi na samodzielne opracowanie projektów budowlanych od projektu wstępnego, przez obliczenia statyczno-wytrzymałościowe, po projekt wykonawczy. W czasie piętnastu miesięcy zatrudnienia pracowałem przy ponad dwudziestu projektach obiektów budownictwa przemysłowego, mieszkaniowego i użyteczności publicznej, głównie wznoszonych tradycyjnie. Kilka z nich opracowałem samodzielnie pod nadzorem projektanta.

W związku z moim zainteresowaniem obiektami przemysłowymi, w kwietniu 2008 roku zatrudniłem się w firmie Ergon Sp. z o. o., również w charakterze asystenta projektanta. Podczas mojego sześcioletniego zatrudnienia (do końca marca 2014 roku) brałem udział w projektowaniu ponad 70 obiektów, w tym przemysłowych, użyteczności publicznej, sportowych i drogowych, na terenie Polski oraz Rumunii (we współpracy z oddziałem w Timișoarze). Uczestnicząc w wielu szkoleniach i często przebywając w hali produkcyjnej, zdobywałem wiedzę z zakresu technologii prefabrykacji, projektowania elementów z betonu sprężonego, oraz wznoszenia tego typu konstrukcji. Do moich obowiązków należało również przygotowanie procedur obliczeniowych do wymiarowania i optymalizacji elementów z betonu sprężonego, a także przygotowywanie na bieżąco statystyk pracy działu projektowego.

Wybrane dziesięć projektów, w których brałem czynny udział, wyszczególniłem w wykazie dorobku (tabela poniżej). Dzięki temu doświadczeniu, mogę z pełną odpowiedzialnością uzupełniać treści zawarte w programie nauczania o wskazówki z własnego doświadczenia i uświadamiać studentom budownictwa i architektury powiązania wiedzy zdobywanej w czasie studiów z rzeczywistością procesu inwestycyjnego.

L.p.	Oryginalne osiągnięcia projektowe
W czasie zatrudnienia w Biurze Usług Inwestycyjnych JAS-Projekt	
1.	S. Jagiełło, Ł. Domagalski , 2007, <i>Projekt konstrukcyjny budynków mieszkalnych wielorodzinnych III etapu budowy osiedla Barciński Park</i> , Łódź, ul. Tylna
2.	S. Jagiełło, Ł. Domagalski , 2007, <i>Projekt konstrukcyjny budynków mieszkalnych w zabudowie bliźniaczej i szeregowej</i> , Łódź, ul. Byszewska
3.	S. Jagiełło, Ł. Domagalski , 2007, <i>Projekt konstrukcyjny budynku dyskontu Aldi</i> , Aleksandrów Łódzki, ul. Łódzka
W czasie zatrudnienia w Ergon Poland Sp. z o.o.	



4.-10.	<i>Projekt konstrukcji centrum handlowo-usługowego CWW, 2008, Lubin, ul. Zwierzyckiego</i> <i>Projekt konstrukcji centrum handlowo-usługowego Pod Wiatrakami, 2009, Kobylnica, ul. Wspólna</i> <i>Projekt konstrukcji obiektu handlowego PSB Mrówka, 2010, Grodzisk Maz., ul. Gen. Orlicz-Dreszera</i> <i>Projekt konstrukcji obiektu przemysłowego Uniwheels, 2011, Stalowa Wola, ul. Mościckiego</i> <i>Projekt konstrukcji centrum targowo-wystawienniczego Arena Ostróda, 2012, Ostróda, ul. Grunwaldzka</i> <i>Projekt konstrukcji stadionu żużlowego Motor Lubin, 2013, Lubin, Aleje Zygmuntofskie</i> <i>Projekt konstrukcji kompleksu biurowego Business Garden, 2013, Poznań, ul. Kolorowa</i>
--------	--

Michał Domagała