

Prof. dr hab. inż. Marcin Kamiński
Zakład Niezawodności Konstrukcji, Katedra Mechaniki Konstrukcji
Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska
Politechnika Łódzka, Al. Politechniki 6, 90-924 Łódź
Email: Marcin.Kaminski@p.lodz.pl, telefon: +48-669001636

Acceptuję.

PRZEWODNICZĄCY
Rady Dyscypliny Inżynierii Lądowej i Transportu
Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza
prof. dr hab. inż. Tomasz Siwowski

Łódź, 07.08.2020 r.

OPINIA O OSIĄGNIĘCIU NAUKOWYM I O DOROBKU HABILITACYJNYM

dra inż. Jacka Abramczyka z Politechniki Rzeszowskiej

1. Wstęp

Przedmiotem niniejszej opinii jest ocena dorobku habilitacyjnego oraz głównego osiągnięcia naukowego dra inż. Jacka Abramczyka z Politechniki Rzeszowskiej. Osiągnięcie to zostało przedstawione w formie monografii zatytułowanej „*Shell free forms of buildings roofed with transformed corrugated sheeting*” wydanej przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Rzeszowskiej w 2017 r. uzupełnionej sześcioma artykułami naukowymi. Tematyka działalności badawczej Habilitanta należy bez wątpienia do dyscypliny inżynierii lądowej i transportu. Podstawą formalną do wykonania recenzji jest decyzja Centralnej Komisji do Spraw Stopni i Tytułów w Warszawie z dnia 21. lutego 2020 r., umowa o dzieło zawarta przez Autora niniejszej opinii z Panem Prorektorem ds. Nauki Politechniki Rzeszowskiej prof. dr hab. inż. Grzegorzem Budzikim, a także wniosek z dnia 26. kwietnia 2019 r. Habilitanta o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie budownictwo. Podstawą prawną do wykonania jest art. 18a ust. 5 Ustawy z dnia 14. marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2017 r., poz. 1789) w związku z art. 179 ust. 2. Ustawy z dnia 3. lipca 2018 r. oraz Ustawa Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U., poz. 1669) z dnia 30. sierpnia 2018 r.

2. Sylwetka habilitanta

Habilitant ukończył studia magisterskie na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Rzeszowskiej w 1991 r. na kierunku Budownictwo w specjalności konstrukcje budowlane i inżynierskie. W 2001 r. ukończył studia podyplomowe w zakresie inżynierii oprogramowania na kierunku Informatyka, a w roku 2011 zdobył stopień doktora nauk technicznych w zakresie budownictwa na tym samym Wydziale. Rozprawa doktorska pt. „Wpływ kształtu arkuszy i konstrukcji podpierających zakrzywione przekrycia z blach fałdowych na ich postać geometryczną” została wykonana pod opieką dra hab. inż. Adama Reichharta, prof. PRz. W latach 1991-2000 Habilitant był asystentem w Zakładzie Geometrii i Grafiki Inżynierskiej PRz, a potem wykładowcą w tym samym Zakładzie w latach 2001-2011. Jednocześnie w okresie 1993-

1994 pracował w Rzeszowskim Przedsiębiorstwie Robót Budowlano-Montażowych na stanowisku inżyniera budowy. Od 2013 r. nieprzerwanie pracował jako adiunkt w Zakładzie Projektowania Architektonicznego i Grafiki Inżynierskiej na Wydziale Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury Politechniki Rzeszowskiej; obecnie jest zatrudniony na stanowisku profesora uczelni w tym Zakładzie. Według danych zgromadzonych przez bazę danych Web of Science Jego indeks Hirsha jest aktualnie równy 4, a łączna ilość cytowań wynosi 42 dla 15 widocznych w tej bazie artykułów. Ponad 20 razy występował na krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowo-technicznych prezentując najczęściej swoje własne pomysły i wyniki. Obecnie jest członkiem International Association for Shell and Spatial Structures, Polskiego Towarzystwa Geometrii i Grafiki Inżynierskiej, a także Polskiego Związku Inżynierów i Techników Budowlanych. W przedstawionej dokumentacji brakuje informacji o posiadanych uprawnieniach w zawodzie inżyniera budownictwa, o Jego projektowej działalności zawodowej, a także o stażach badawczych odbytych w krajowych czy zagranicznych ośrodkach badawczych lub akademickich.

O aktywności dydaktycznej dobrze świadczy Załącznik 11 do dokumentacji habilitacyjnej, którym są materiały dydaktyczne wydane w języku angielskim i dotyczące kursu Geometrii Wykreślnej wydane przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Rzeszowskiej w 2015 r. wspólnie z Jolantą Dźwierzynską. Opracowanie to zostało skompletowane w ramach projektu „Kształcenie innowacyjnych kadr GOW w Politechnice Rzeszowskiej” będącego jednym z działań Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki. Habilitant był autorem dwóch z siedmiu rozdziałów w tej książce dotyczących aksonometrii oraz geometrii powłok. Wydaje się ona bardzo dobrym materiałem dla studentów zawierającym wiele cennych ilustracji i konstrukcji geometrycznych znanych studentom studiów konstrukcyjnych, jednakże nie posiada ona żadnych recenzji wydawniczych. Podstawową korzyścią dla studentów jest jej nieodpłatne udostępnianie, niezwykle rzadkie obecnie wśród podręczników akademickich. Habilitant był promotorem 13 prac inżynierskich i magisterskich, a także recenzentem kolejnych 11, ale nie występował jak dotąd w roli promotora pomocniczego żadnej rozprawy doktorskiej. Założył i opiekował się od 2018 r. Studenckim Kołem Naukowym zajmującym się komputerowym kształtowaniem form i konstrukcji budynków na swoim Wydziale, a także wielokrotnie przedstawiał swoje modele budynków zadaszonych cienkościennej stalowymi blachami podczas Dni Otwartych na Politechnice Rzeszowskiej (2017, 2018) oraz podczas Dnia Odkrywców – Interaktywnego Pikniku Wiedzy na terenie PRz (2018, 2019). W latach 2011-2017 zakładał, nadzorował i uzupełniał witrynę internetową Zakładu Projektowania Architektonicznego i Grafiki Inżynierskiej, co nabrało szczególnego znaczenia w trakcie przymusowego zdalnego nauczania.

Słabością w karierze naukowej Habilitanta jest całkowity brak współpracy zagranicznej i doświadczenia w pracy naukowej w zagranicznych placówkach naukowych, a także brak uczestnictwa w jakichkolwiek krajowych, czy międzynarodowych projektach badawczych; w podziękowaniach do wybranych publikacji są podziękowania za uczelniany grant badawczy, ale nie został on nigdzie opisany. Niewątpliwie na wyróżnienie zasługuje nagroda Tsuboi przyznawana przez *International Association for Shell and Spatial Structures* (IASS), którą Habilitant otrzymał w roku 2016 za artykuł pt. „*Integrated building forms covered with effectively transformed folded sheets*”. Jak można się zorientować na podstawie przedstawionego dorobku naukowego Habilitanta głównym obszarem zainteresowań jest przestrzenne kształtowanie i modelowanie powłok dachowych z cienkościennej arkuszy blachy fałdowej. Tematyka ta jest niewątpliwie bardzo aktualna i ma obecnie wiele ważnych zastosowań praktycznych w budownictwie.

3. Opis i ocena osiągnięcia naukowego

3.1. Opis osiągnięcia naukowego:

Habilitant przedstawił swoje główne osiągnięcie naukowe zatytułowane „*Transformacje postaciowe stalowych arkuszy fałdowych jako zasadniczy determinant w kreatywnym parametrycznym kształtowaniu form swobodnych i konstrukcji budynków z dachami powłokowymi*” w postaci monografii oraz sześciu publikacji. Monografia autorska Habilitanta została wydana w Oficynie Wydawniczej Politechniki Rzeszowskiej w 2017 r. pod tytułem „*Shell free forms of building roofed with transformed corrugated sheeting*” w języku angielskim. Na zbiór publikacji składają się:

- [1] J. Abramczyk, *Shape transformations of folded sheets providing shell free forms for roofing*. In: W. Pietraszkiewicz, W. Witkowski, red., Proc. 11th International Conference „Shell Structures: Theory and Applications” (SSTA 2017), Gdańsk, 2017, pp. 409-412.
- [2] A. Prokopska, J. Abramczyk, *Shape transformations of plane folded sheets for shell roofing*. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 471 (2019) 082064.
- [3] J. Abramczyk, *Integrated building forms covered with effectively transformed folded sheets*. IASS Journal 57(2): 121-132, 2016.
- [4] J. Abramczyk, *Transformed shell roof structures as the main determinant in creative shaping building free forms sensitive to man-made and natural environments*. Buildings 9(74) 2019, doi:10.3390/buildings9030074.
- [5] J. Abramczyk, *Multi-segment shell structures*. In: J.B. Obrębski, W. Przybyło, Proc. „Lightweight Structures in Civil Engineering – Contemporary Problems. XVIII International Seminar of IASS Polish Chapter”, Warszawa, 2012, pp. 38-47.
- [6] J. Abramczyk, *Principles of geometrical shaping effective shell structures forms*. J. Civil Engrg. Env. & Arch. 31(61): 5-22, 2014.

Wszystkie publikacje składające się na osiągnięcie naukowe napisano w języku angielskim i chociaż Habilitant nie załączył żadnych dyplomów świadczących o znajomości języka angielskiego, to zebrane prace napisane są poprawnym, zrozumiałym językiem naukowym. W zdecydowanej większości z nich jest On jedynym autorem i jedynie w publikacji [2] Jego wkład jest mniejszy i został zadeklarowany na 50%. Słabą stroną publikacji załączonych do monografii jest to, że zostały zamieszczone w materiałach konferencyjnych lub w czasopismach naukowo-technicznych o niezbyt wysokiej randze; w dziele habilitacyjnym oczekuje się raczej publikacji w renomowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym. Gdyby poszukiwać wspólnej idei przewodniej dla przedstawionego dzieła naukowego, to w przekonaniu Recenzenta można ją określić jako próbę zaadoptowania współczesnych metod geometrii wykreślnej do projektowania dwukrzywiznowych i wielosegmentowych powierzchni dachów ze stalowych blach falistych, a także do ich optymalizacji w stosunku do regularnych powłok elipsoidalnych. Należy podkreślić, iż przedstawione osiągnięcie naukowe stanowi kontynuację i pewne rozszerzenie badań przedstawionych przez Habilitanta w Jego dysertacji doktorskiej.

Monografia składa się z siedmiu rozdziałów wzbogaconych o spis oznaczeń, wprowadzenie, przypisy, załączniki, a także streszczenia w języku angielskim i polskim, liczy 171 stron, a jej opiniodawcami byli prof. dr hab. inż. J. Obrębski oraz prof. dr hab. inż. J. Rębielak. W tekście przywołano 119 pozycji literaturowych, z czego 27 prac własnych autora – 25 samodzielnych i 2 ze współautorami. Główną ideą przedstawioną w tej monografii jest geometryczne kształtowanie

powierzchni dachów budynków przekryciem wykończonym stalowymi cienkościennymi jednokierunkowymi blachami fałdowymi. Problem ten jest oczywiście praktycznie istotny, gdyż zastosowanie blach giętych systematycznie rośnie w naszym kraju, ale i złożonym, gdyż wiele problemów i pytań badawczych pozostaje nadal bez odpowiedzi. Habilitant w swojej monografii prezentuje kolejno aktualny stan badań w dziedzinie i podstawowe definicje z nią związane, podstawowe cele i tezy badawcze weryfikowane w pracy, układ monografii, a także nieregularne formy budynków zintegrowanych, kształtowanie dachów powłokowych z wykorzystaniem dwóch linii charakterystycznych. W dalszej kolejności opisane zostało innowacyjne kształtowanie powłok dachów ze wstępnie skręcanych arkuszy blach fałdowych, a także podsumowanie rezultatów osiągniętych w monografii, literatura, dodatki i streszczenie; merytorycznie najistotniejsze są rozdziały piąty, szósty i siódmy. Pierwszy z nich jest poświęcony w całości swobodnemu kształtowaniu budynków zintegrowanych, gdzie założono, że budynek taki jest projektowany na terenie płaskim, każda elewacja jest płaskim czworokątem mającym kształt zbliżony do trapezu i szereg innych ograniczeń, a także, że powłoka każdego dachu jest zbliżona do środkowej części hiperboloidy parabolicznej. Rozdział ten zawiera wstęp, opis podstawowych zasad swobodnego kształtowania, opis różnych metod stosowanych w ramach takiego kształtowania, a także różne przykłady indywidualnych rozwiązań wraz z podsumowaniem. Podstawowe metody zastosowane w opisie są właściwe jedynie dla geometrii wykreślnej, Czytelnik nie znajdzie tu równań geometrii analizowanych powłok, jak również żadnej analizy mechanicznej. Rozdział szósty poświęcono w całości kształtowaniu powłok z wykorzystaniem dwóch linii charakterystycznych, gdzie obok rysunków modelowanych ustrojów w aksonometrii znaleźć można równania przeprowadzanych transformacji geometrycznych złożonych z translacji i obrotu ważnych z punktu widzenia ewentualnych implementacji komputerowych. Rozdział ten składa się z uwag wstępnych, opisu idei i zasad swobodnego kształtowania powłok z wykorzystaniem tej metody, wybranych przykładów wraz z odpowiednimi wizualizacjami oraz z podsumowania. Dość nieoczekiwanie można znaleźć cały szereg wyników numerycznych zestawionych tabelarycznie w obrębie podsumowania, co raczej utrudnia śledzenie tekstu, a także docenienie wniosków. Bardzo ważnym ograniczeniem metody kształtowania powierzchni dachów jest często wykorzystywane założenie ruchów sztywnych analizowanych obiektów geometrycznych. Rozdział siódmy jest niewątpliwie najbogatszy pod względem treściowym i merytorycznym, został podzielony na podrozdziały, które również mają swój dodatkowy podział wewnętrzny i został on w całości poświęcony kształtowaniu dwukrzywiznowych powierzchni dachów. Wstęp poprzedza tutaj opis ogólnego przypadku powłoki dwukrzywiznowej kształtowanej z wykorzystaniem odpowiednich linii charakterystycznych największej krzywizny (*line of striction*), ale główny nacisk Habilitant kładzie na konstrukcję różnych hiperboloid parabolicznych; dla porównania przytacza także konstrukcję helikoidy z wykorzystaniem linii śrubowej. Szczegółowo zostają przytoczone wszelkie równania z zakresu geometrii analitycznej, a także różniczkowej, jak również założenia kinematyczne dotyczące tych powłok. Niektóre z podrozdziałów, tj. np. 7.3, mają swoje oddzielne podsumowania. Należy podkreślić, iż przedstawiona metodologia jest znana ze współczesnych czasopism matematycznych, czego jednak Habilitant nie uwypuklił w zestawieniu literatury. Dość zaskakujące dla Czytelnika może wydawać się, że monografia nie została zakończona żadnym podsumowaniem, a podrozdział 7.8 został poświęcony wnioskowi wynikającemu z rozważań przeprowadzonych w rozdziale siódmym; nieco utrudnia to docenienie rezultatów przedstawionych w tej monografii. Sześciostronicowy załącznik zawiera wybrane procedury obliczeniowe napisane również w programie MathCAD wraz z odpowiednimi wynikami liczbowymi.

Na podkreślenie zasługuje duży wkład Autora w bogate ilustracje rysunkowe prezentowanych modeli matematycznych. Monografia z pewnością może być cennym materiałem dydaktycznym dla studentów studiów inżynierskich z zakresu Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury na kursach geometrii wykreślnej. Niewątpliwie staranne opisy wszystkich konstrukcji geometrycznych rozszerzonych o odpowiednie równania jest świetnym materiałem do implementacji komputerowych w systemach wspomagających projektowanie, takich jak np. AutoCAD. Docenić należy również duży wkład Habilitanta w tworzenie aplikacji komputerowych zarówno w kompilatorze języka AutoLISP, jak też w programach do analizy symbolicznej ułatwiającej przekształcenia z zakresu geometrii analitycznej, jak również operacje różniczkowe. Jednocześnie, porównując zawartość monografii z późniejszymi pracami Habilitanta widać wyraźnie brak bezpośredniego powiązania zaproponowanych konstrukcji geometrycznych dachów z zagadnieniami rzeczywistego ich projektowania w kontekście stosowania giętych na zimno blach stalowych i wykorzystania zapisów normowych Eurokod 3. Podstawowym ograniczeniem stosowanych metod jest to, że swobodne kształtowanie sugerowane wielokrotnie przez Habilitanta jest w rzeczywistości bardzo ograniczone licznymi założeniami dotyczącymi kształtu i zachowania się zastosowanych materiałów i elementów konstrukcyjnych, a także ich połączeń. Habilitant sugeruje nawet w podsumowaniu jednego z rozdziałów, iż oferowane przez niego podejście umożliwia również swobodne kształtowanie prętowej konstrukcji wsporczej, chociaż nie znajduje to żadnego potwierdzenia ani w tekście, ani w literaturze dotyczącej konstrukcji stalowych.

W pozycji [1] znajduje się opis analizy skręcania arkusza fałdowej blachy trapezowej T85 x 75 o długości 5,0 m przeprowadzonej w programie ADINA. Habilitant nie napisał, że wykorzystuje Metodę Elementów Skończonych, jakie zastosował elementy skończone, jaki zastosował rodzaj analizy i jaką gęstość dyskretyzacji, trudno więc jednoznacznie ocenić uzyskane wyniki i wyciągnięte na ich podstawie wnioski. W pracy uzyskano numerycznie związki pomiędzy naprężeniami zredukowanymi, względnymi przyrostami szerokości a kątami skręcenia blachy, a także zależność pomiędzy naprężeniami normalnymi i odpowiadającymi im odkształceniami. Zależności te otrzymano w postaci wielomianów kwadratowych w pierwszych dwóch przypadkach oraz w postaci aproksymacji liniowej z wykorzystaniem trzech eksperymentów komputerowych dla różnych kątów skręcenia nie przekraczających wartości 5° , a także – najprawdopodobniej – stosując Metodę Najmniejszych Kwadratów. Model komputerowy wydaje się dość precyzyjny, ale budowanie teorii dotyczącej wygiętych blach fałdowych na podstawie kilku eksperymentów z jedną blachą trapezową jest metodologicznie wątpliwe; publikacja ta cytuje 9 publikacji, z czego 3 stanowią autocytowania.

Pozycja [2] stanowi częściowe powtórzenie wyników zaprezentowanych w poprzedniej publikacji, które zostały wzbogacone o podanie zależności pomiędzy naprężeniami normalnymi i zredukowanymi, a przyłożonym na arkusz blachy fałdowej obciążeniem równomiernie rozłożonym. Do określenia tych zależności wykonano odpowiednio trzy i dwie serie obliczeń zawierające trzy eksperymenty numeryczne każda, a wyniki opracowano w programie MsExcel nie podając tym razem otrzymanych funkcji aproksymujących. W pracy tej zaskakująco podano, że przyjęto moduł sprężystości stali jako równy $E=2,05$ GPa, podczas gdy norma jego wartość jest ponad stukrotnie większa. Stwierdzenie (cyt.): „The modulus of elasticity $E=2.05$ GPa.” nie zostało poparte żadnymi badaniami eksperymentalnymi, ani wyznaczeniem sztywności zastępczej dla blachy fałdowej na podstawie sztywności samej blachy i geometrii fałd, więc nie wiadomo, jak traktować tą informację, a ma ona kluczowe znaczenie dla osiągniętych wyników. Dodatkowo,

analizowana struktura nie ma charakteru izotropowego, więc jednoznaczna ocena poprawności i znaczenia zaprezentowanych wyników numerycznych jest niemożliwa. Ponieważ nie podano granicy plastyczności wykorzystanej stali, więc należy przypuszczać, że analiza wykonana w programie ADINA ma charakter liniowo-sprężysty, a spodziewane duże odkształcenia mają charakter odwracalny. Ostatnie zdanie zamieszczone we Wnioskach (cyt.): „The conclusions indicate the necessity and directions of further comprehensive, accurate experimental research and the creation of appropriate thin-walled computational models that will allow one to accurately examine folded shells (...)” poddaje nieco w wątpliwość jakość zaprezentowanych wyników. Ponadto sugerowanie czytelnikom, na co wskazują wyciągnięte wnioski, zazwyczaj pozostawia się ich doświadczeniu. W pracy zacytowano 25 pozycji, z czego 8 stanowią prace Habilitanta.

Praca [3] dotyczy zagadnień i metod geometrycznych związanych z projektowaniem kształtu wielosegmentowych powłok dachowych. Rozpatrywane powłoki mogą być dwukrzywiznowe, a przykładowa analiza została przeprowadzona dla powłoki elipsoidalnej stanowiącej przekrycie dachu budynku zaprojektowanego na planie prostokąta o zadanych ścianach bocznych nachylonych pod pewnymi kątami do kierunku pionowego. Niewątpliwie najciekawszym aspektem tej pracy jest poszukiwanie optymalnej geometrii przekrycia dachowego poprzez zastosowanie Metody Najmniejszych Kwadratów, w pracy nie wspomina się jednak przy pomocy jakiego programu komputerowego rozwiązano to zadanie. Przekrycie to wraz z krawędziami okapowymi ma być najlepiej zbliżone do wzorcowej elipsoidy o zadanych osiach. Pamiętać jednak należy, że zagadnienia optymalizacji w budownictwie są najczęściej formułowane przy pomocy funkcji kosztu całkowitego lub ciężaru konstrukcji i trudno jest je rozpatrywać bez przeprowadzenia analizy konstrukcji przy zadanych obciążeniach. Jeśli Habilitant chce powierzchnie poszczególnych segmentów wykonać z trapezowych blach fałdowych, to odwodnienie niektórych połączeń dachowych pokazanych na rys. 23 może być nieco problematyczne. Praca wykorzystuje 25 źródeł literaturowych, z czego 6 stanowią prace własne Habilitanta.

Publikacja [4] jest rozwinięciem poprzedniego artykułu i została poświęcona zastosowaniom geometrii wykreślnej do projektowania złożonych przekryć dachowych. Zasadniczym *novum* w stosunku do poprzedniego artykułu jest zastosowanie czworościanów referencyjnych do konstruowania poszukiwanej wielosegmentowej powłoki dachu. Jednoczesne wykorzystanie tych czworościanów oraz elipsoidy referencyjnej wraz z zastosowaniem Metody Najmniejszych Kwadratów pozwala na osiągnięcie poszukiwanego rozwiązania optymalnego. Analiza numeryczna blachy trapezowej znanej z pozycji [1,2] została przywołana jedynie we wstępie i przedstawiona jako dokładny model wygiętej struktury cienkościennej (przed i po deformacji). W przeciwieństwie do poprzednich artykułów pozycja ta zawiera cały szereg wyników liczbowych pozwalających na weryfikację iteracyjnego poszukiwania odpowiedniego minimum. Jako kryterium wybrano tutaj różnice pomiędzy obliczonymi kątami nachylenia płaszczyzn dachu w stosunku do kątów nachylenia w czworościanach referencyjnych. Podobnie do innych prac, nieproporcjonalnie dużą część stanowi wstęp zawierający wiele ogólnych uwag o charakterze historyczno-inżynierskim, znanych już z poprzednich prac (około 1/3 całego artykułu), natomiast opis modelu i związane z nim wyniki numeryczne prezentowane są w pozostałej części. W przekonaniu Recenzenta niepotrzebne jest szerokie opisywanie własnych poprzednich niezbyt rozbudowanych badań (str. 5), niestosowne są uwagi pod adresem innych badaczy (cyt.) „As Reichhart incorrectly accepted (...)” oraz „The methods proposed by these authors drastically limit (...)” z jednoczesnymi elementami samooceny (cyt.) “This original, interdisciplinary study offers new insight into (...) unconventional

methods”. Niewątpliwie na wyróżnienie zasługuje część rysunkowa opisu, w której Habilitant bardzo skrupulatnie opisuje zastosowane bryły, ich przekształcenia oraz otrzymane powierzchnie dachu. W pracy przywołano 37 źródeł literaturowych, z czego 10 stanowią autocytowania.

Praca [5] zamieszczona w materiałach konferencyjnych konferencji IASS jest historycznie najstarsza i zawiera opis konstrukcji dachu wielosegmentowego dachu powłokowego składającego się z jednej elipsoidy oraz dwóch hiperboloid. Praca ta zawiera zwięzły i dokładny opis geometrii powłoki, a także, w przeciwieństwie do pozostałych publikacji, szczegółową analizę stalowej prętowej konstrukcji wsporczej projektowanej powłoki dachu. W przekonaniu Recenzenta jest ona przedstawieniem rozwiązania pewnego problemu inżynierskiego, ale nie naukowego. Analiza numeryczna została wykonana w programie Autodesk ROBOT i w jej opisie można znaleźć zestawienie wszystkich kombinacji obciążeń niezbędnych do analizy stanów granicznych nośności i użytkowania. W publikacji zaprezentowano wykresy momentów zginających w trzech podstawowych kierunkach, a także zaproponowano zestaw rur stalowych ze stali S355 celem skonstruowania bezpiecznego wsparcia powłoki dachu. W tej pozycji ekspozycja pracy własnej Autora w stosunku do wstępu, a także analizy istniejących obiektów i rozwiązań wydaje się najbardziej wyważona wśród artykułów zawartych w przedstawionym dziele naukowym. Jakkolwiek proporcje analizy geometrii i mechaniki proponowanego rozwiązania wydają się bardzo dobre, to we Wstępie Autor zawarł kilka ryzykownych tez np. (cyt.) „The free deformed sheet can change its spatial form in a constant way in a relatively wide range in conformity with changing of its supporting conditions on the experimental stand, Fig. 3.”. Praca wykorzystuje 26 pozycji źródłowych, z czego 8 stanowią prace własne Habilitanta.

Publikacja [6] zamyka osiągnięcie naukowe, przywołuje ona 15 innych prac naukowych, z czego 7 stanowią prace własne Habilitanta. Została ona opublikowana w czasopiśmie wydawanym na Jego *Alma Mater* i jest poświęcona w całości geometrycznej analizie wielosegmentowych struktur powłokowych. Pojedyncze segmenty zostały zaproponowane z jednokierunkowo pofałdowanej blachy stalowej posiadającej swobodę odkształceń poprzecznych, co daje duże możliwości projektowe, ale w pewien sposób ogranicza ich krzywiznę. Habilitant stwierdza jednoznacznie, że ograniczenia zmian postaciowych wynikają ze ściśle określonej sztywności, ale nigdzie w pracy nie zamieszcza odpowiedniej analizy strukturalnej na poparcie takiego stwierdzenia. W pracy przedstawiono konstrukcje geometryczne umożliwiające relatywnie dużą różnorodność złożonych form powłokowych dachów z zaznaczeniem ich zastosowania do kształtowania cienkościennych struktur powłokowych i zintegrowanego projektowania, ale nie sprawdzono fizycznej możliwości zastosowania żadnej konkretnej blachy fałdowej dostępnej na rynku do praktycznej realizacji zaproponowanej konstrukcji.

3.2. Uwagi krytyczne do osiągnięcia naukowego:

[1] Zasadniczym zastrzeżeniem do rozwiązań proponowanych w monografii jest to, że blachy fałdowe trapezowe o proponowanej wysokości (Fot. 1.1, str. 9) są dość rzadko ustrojami samonośnymi, więc myśląc o kształtowaniu i optymalizacji takich ustrojów należałoby wziąć pod uwagę inne części konstrukcji nośnej zadaszania budynków jakim są np. płatwie. Efektem tego są propozycje konstrukcji pokazane na rys. 7-38 (str. 134), gdzie rygle kratowe mają niczym nie umotywowane układy konstrukcyjne, które przecież usztywniają zaproponowane przez Habilitanta

powłoki. W przypadku ustroju samonośnego stosuje się raczej inne blachy fałdowe, których wyginanie w inne formy geometryczne niekoniecznie będzie takie trywialne. Jakkolwiek wszędzie jest powiedziane o dachach wykonanych z arkuszy blach trapezowych, to w monografii nie uwzględnia się, ani też nie oblicza żadnej sztywności blach przed i po wygięciu. Szczegółowy opis geometrii powłok świetnie nadaje się do eksperymentów przy pomocy Metody Elementów Skończonych, ale takich Habilitant w niej nie przedstawił. Nie rozpatruje się też żadnych aspektów mechanicznych tego zagadnienia, co dziwi tym bardziej, że powłoki stalowe są cienkościenne i aparat teoretyczny oparty o funkcję deplanacji (*warping function*) często przywoływaną w monografii jest dobrze znany. Autor wielokrotnie wspomina o deformacjach, ale nigdzie ich nie liczy, ani nawet nie usiłuje wprowadzić żadnych równań, chociaż rozbudowuje wiedzę o przemieszczeniach. Rozpatrywane konstrukcje są cienkościenne, więc stan naprężenia zawiera zarówno składowe styczne, jak i normalne; to samo dotyczy stanu odkształceń.

[2] Nie jest stosownie we własnej monografii habilitacyjnej używać stwierdzeń (cyt.): „The first way used by both Reichhart’s and Abramczyk’s methods described (...)” (str. 91), jak również (cyt.): „However, Adam Reichhart does not know about such a line” (str. 20). Osiągnięcie naukowe nie może być metodą na podnoszenie własnej oceny i autopromocję, a także na nieudokumentowane oceny krytyczne pod adresem innych badaczy zajmujących się tą samą tematyką. W powyższym kontekście uwagi krytyczne, że inna teoria nie bierze pod uwagę stateczności, czy też nieliniowych zależności pomiędzy naprężeniami i odkształceniami są wysoce nieuprawnione, szczególnie, że Habilitant sam ich nigdzie nie liczy, ani nawet nie przywołuje na podstawie dostępnej literatury; komentarze takie można zatem określić mianem spekulacji.

[3] W zestawieniu pozycji literaturowych m.in. monografii brakuje wielu ważnych pozycji z zakresu stalowych blach trapezowych i ich sztywności, a nawet referatów z konferencji IASS, które były łatwo dostępne dla Habilitanta. Na str. 96 monografii wprowadzając równanie wektorowe opisujące powierzchnię transformowaną Habilitant powołuje się na następujące pozycje literaturowe: M. Biernacki, *Geometria różniczkowa*. PWN, Warszawa, 1954 oraz T. Trajdos, *Matematyka dla inżynierów*. WNT, Warszawa, 1981. Zasadniczo pozycje te nie mają nic wspólnego z prezentowanymi zagadnieniami, a równanie to można znaleźć i w wielu innych pozycjach. W kategorii uwag edycyjnych można wskazać niefortunnie zapisane równanie (7-5), w którym w mianowniku występuje kwadrat wektora $\mathbf{p}'(u)$.

[4] O ile zagadnienia związane z geometrią i kinematyką powłok wykonanych ze stalowych giętych płyt falistych zostały opisane dokładnie, o tyle eksperymenty komputerowe dotyczące analizy stanu naprężenia i odkształcenia opisano powierzchownie. Brakuje we wszystkich opisach szczegółów technicznych przygotowanych modeli MES, a także zastosowanych rodzajów analizy i przyjętych warunków brzegowych. Niezbyt konsekwentnie naprężenia zredukowane wyznaczone z hipotezy Hubera-Misesa raz są określane mianem efektywnych i jednocześnie „efektywnych”. Habilitant raczej rzadko przedstawia aspekty konstrukcyjne swoich rozwiązań koncentrując się raczej na aspektach czysto geometrycznych – w takim przypadku jednak daleko idące wnioski o możliwości szerokiego zastosowań budowlanych są nie mają dobrego uzasadnienia.

[5] Wnioski dotyczące stanu naprężenia, odkształcenia, a także zmian geometrycznych blach fałdowych zostały wyciągnięte na podstawie kilku wyników otrzymanych dla jednego rodzaju takiej blachy bez podania jakichkolwiek danych dotyczących dyskretyzacji w Metodzie Elementów Skończonych, nie można więc ani zbudować na nich sensownej teorii, ani też sformułować daleko

idących wniosków. Sugestie dotyczące konieczności dokładnego zbadania tego zjawiska zarówno w aspekcie eksperymentalnym, jak i numerycznym Habilitant mógł samodzielnie wcielić w życie i stworzyć w ramach posiadanego grantu uczelnianego szereg modeli różnych blach trapezowych porównując je ze sobą.

[6] Zagadnienia optymalizacji kształtu powłokowych przekryć dachowych mają charakter wyłącznie geometryczny i nie mają związku z optymalizacją konstrukcji. Stanowią ciekawy problem matematyczny i inżynierski dla specjalistów z zakresu geometrii, ale trudno uznać je za wiążące do poszukiwania optymalnych kształtów budynków i ich dachów. Kryterium optymalizacyjne wybrane przez Habilitanta opisuje zbieżność konstruowanej powłoki z regularną powierzchnią geometryczną, którą najczęściej jest powłoka elipsoidy. Nie ma jednak w tych pracach wyjaśnienia, dlaczego ta zbieżność jest istotna ze względów konstrukcyjnych. Być może zastosowanie innych powierzchni regularnych mogłoby przynieść bardziej optymalny koszt materiałowo-wykonawczy, co w budownictwie odgrywa obecnie zasadniczą rolę. Habilitant wspomina o możliwości zastosowania systemów CAD do projektowania parametrycznego powłok dachów, ale sam nie przedstawił żadnego rozwiązania w tym zakresie.

4. Opis i ocena dorobku uzupełniającego do osiągnięcia naukowego

W dorobku uzupełniającym do osiągnięcia naukowego Habilitant umieścił następujące prace:

- [1] J. Abramczyk, A. Prokopska, *Parametric creative design of building free-forms roofed with transformed shells introducing architect's and civil engineer's responsible artistic concepts*. Buildings 9(58), 2019, doi:10.3390/buildings9030058.
- [2] A. Prokopska, J. Abramczyk, *Responsive parametric building free forms determined by their elastically transformed steel shell roofs*. Buildings 9(46), 2019, doi:10.3390/buildings9020046.
- [3] J. Abramczyk, *Swobodne formy budynków przekryte arkuszami blachy fałdowej*. Materiały Budowlane 8: 3-5, 2017.
- [4] J. Abramczyk, *Building shells made up of bent and twisted flat folded sheets*. In: A. Ali, P. Platko, eds., *Advances and Trends in Engineering Sciences and Technologies*. Taylor & Francis, London, 2016, pp. 233-237.
- [5] J. Abramczyk, *Shaping innovative forms of buildings roofed with corrugated hyperbolic paraboloid sheeting*. Procedia Engineering 161: 60-66, 2016.
- [6] J. Abramczyk, *Buildings structures roofed with multi-segment corrugated hyperbolic paraboloid steel shells*. Procedia Engineering 161: 1545-1550, 2016.
- [7] J. Abramczyk, *Method for parametric shaping architectural free forms roofed with transformed shell sheeting*. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 245, 052026, 2017.
- [8] J. Abramczyk, *Integrated complex shell structures made up of effectively transformed flat folded sheets*. In: P. Cruz, ed., *Structures and Architecture. Beyond their Limits*. CRC Press, 2016, pp. 297-305.
- [9] J. Abramczyk, *Some examinations on behavior of profiled sheets freely twisted in a shell*. In: J. Obrębski, ed., *Lightweight Structures in Civil Engineering. Contemporary Problems*, Proc. XX LSCE. Warsaw, 2014, pp. 67-73.

[10] J. Abramczyk, *Parametric shaping of consistent architectural forms for buildings roofed with corrugated shell sheeting*. Architecture, Civil Engineering & Environment 3: 5-18, 2017.

[11] A. Prokopska, J. Abramczyk, *Innovative system of corrugated shells rationalizing the design and erection processes for free building forms*. Architecture, Civil Engineering & Environment 10(1): 29-40, 2017.

[12] A. Prokopska, J. Abramczyk, *Method for parametric shaping of architectural free forms*. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 471, 052075, 2019.

Wyżej wymienione publikacje dobrze wpisują się w tematykę osiągnięcia naukowego Habilitanta, ale znacznie rozszerzają zakres wiedzy, badań i wniosków analizowanych w paragrafie 3 niniejszej opinii. Pozycja [1] traktuje o poszukiwaniu atrakcyjnych proporcji kształtu w wielosegmentowych powłokach dachowych, w której jest wiele rysunków opisujących sposób transformacji geometrycznych elementów składowych badanego przekrycia. Za szczególnie oryginalny i cenny materiał badawczy można uznać algorytmy stworzone w programie Rhino/Grasshopper przedstawione w pracy [2], które umożliwiają stworzenie modelu gładkiej powłoki, a także numeryczne badanie nieliniowej zależności pomiędzy szerokością fałdy a kątem skręcenia otrzymane dla różnych parametrów geometrycznych zastosowanej blachy. Pozycja [3] ma raczej charakter streszczenia i nie zawiera żadnych nowych wyników ani wniosków. W pracy [4] znaleźć można uproszczoną analizę stanu naprężenia blachy fałdowej poddanej skręcaniu, ale analizę tą przeprowadzono w oparciu o teorię Saint-Venanta pomija efekt skręcania nieswobodnego oraz istnienia naprężeń normalnych w przekroju, tak więc wyniki mają charakter bardzo przybliżony. W pozycji [5] przedstawiono kształtowanie dachów z wykorzystaniem hiperboloid parabolicznych opisując szczegółowo sposób ich geometrycznego kształtowania wraz z analizą stanu obciążenia działającego na wycinek takiej powłoki. Niestety, znajdują się w niej błędy edycyjne uniemożliwiające pełne prześledzenie analitycznych związków geometrycznych. Uogólnieniem tej pracy wydaje się być publikacja [6], w której Habilitant opisuje podstawowe zagadnienia związane z wielosegmentowymi powłokami wykonanymi na bazie hiperboloid parabolicznych również wykonane ze stalowych blach fałdowych; równania matematyczne zawierają również te same błędy. Ponieważ obydwa artykuły pochodzą z konferencji WMCAUS 2016 i dotyczą niezwykle podobnej tematyki lepszym rozwiązaniem byłoby złożenie jednego artykułu, w którym Habilitant mógłby dokonać przeglądu literatury międzynarodowej na ten temat; obydwie prace zawierają cały szereg oczywistych stwierdzeń (cyt. „Structural systems supporting the corrugated shells are still developed.”). Artykuł [7] również pochodzi z kolejnej edycji konferencji WMCAUS, w którym opisane jest kształtowanie powierzchni dachów z wykorzystaniem transformacji brył sześciennych zaimplementowanych w systemie AutoCAD i języka programowania AutoLISP. Podstawowe równania modelu otrzymano stosując elementarne własności geometryczne trójkątów i brył. Ponad połowę cytowań w tej publikacji stanowią prace własne Autora, a zdecydowana większość obejmuje Jego jednostkę. Kolejny artykuł [8] zawiera graficzny opis geometrycznego sposobu kształtowania powierzchni dachu zintegrowanego z płaskimi, niekoniecznie pionowymi ścianami bocznymi. Rys. 5 i 6 miały zawierać części (c) z wizualizacjami innowacyjnego budynku, ale Autor ich nie zamieścił. W przeciwieństwie do wielu innych prac, zawarto tutaj jedynie szczegółowy opis samej konstrukcji geometrycznej, bez równań geometrycznych; w tej wersji napisanie na jego podstawie programu komputerowego wydawać się może nieco utrudnione. W pracy tej nie analizowano, ani nie dyskutowano żadnych aspektów mechanicznych. Zdecydowanie ciekawsze badania można odnaleźć w publikacji [9] będącej referatem konferencyjnym z konferencji IASS w Warszawie w 2014 r. Opisano w niej analizę numeryczną swobodnego skręcania arkusza blachy

fałdowej wykorzystując kilka modeli o zróżnicowanej ilości fałd trapezowych; szczegóły analizy numerycznej takie jak model konstytutywny blachy, zastosowane warunki brzegowe oraz rodzaj wykorzystanych elementów skończonych zostały jednak pominięte. Otrzymano cały szereg krzywych opisujących zmiany momentu skręcającego, a także deformacji fałd w funkcji narastającego kąta skręcenia. Krzywe te zapewne otrzymano Metodą Najmniejszych Kwadratów jako dopasowanie do dyskretnych serii danych otrzymanych z programu MES. Celowe byłoby wyznaczenie również tą samą metodą obciążeń krytycznych, gdyż wielokrotnie o nich się wspomina, ale nigdzie się ich bezpośrednio nie liczy. Publikacja [10] traktuje o parametrycznej metodzie kształtowania powłokowych przekryć dachowych wykonanych z blach fałdowych zespolonych z płaskimi szklanymi ścianami elewacyjnymi. Konstrukcja dachu jest oparta o wielokąt referencyjne, w których wprowadzono kilka podstawowych parametrów geometrycznych. Algorytm, o który oparta została ta konstrukcja, został zaimplementowany w systemie AutoCAD do poszukiwania optymalnych rozwiązań konstrukcyjnych, zaprezentowano również pewne wyniki liczbowe. Czytelnicy ponownie zostali poinformowani o innowacyjności tego i poprzednich rozwiązań Habilitanta (cyt.): „Jacek Abramczyk has elaborated more accurate innovative method of geometrical shaping such corrugated transformed shell”. Artykuł [11] zawiera wiele informacji znanych już z poprzednich artykułów ze szczególnym uwzględnieniem opisu konstrukcji geometrycznej, a także wygenerowanych przykładowych rozwiązań konstrukcyjnych. Na szczególną uwagę zasługuje w nim bardzo trafna opinia Autorów (cyt.): „In addition, the maximum transformation degree should be limited and geometrical imperfections of the transformed shell sheetings have to be discussed”. Jest ono o tyle ważne, że we wszystkich pracach Habilitant zakłada, że transformacja arkuszy blachy do postaci powłokowej odbywa się w zakresie sprężystym, ale hipoteza ta nigdzie nie jest naprawdę zweryfikowana. Szkoda, że nie porównano wartości liczbowych naprężeń stycznych zaproponowanych w równaniu (1) z wcześniej uzyskanymi wynikami MES. Praca [12] stanowi podsumowanie metod i wyników przedstawionych w poprzednich publikacjach i stanowi referat konferencyjny zaprezentowany na konferencji WMCAUS 2018. Można w nim znaleźć całkiem atrakcyjne modele konstrukcji zaprojektowane przez Habilitanta przy pomocy Jego autorskiego oprogramowania.

W przeciwieństwie do publikacji wchodzących w skład głównego osiągnięcia naukowego Habilitant zamieścił uzupełniający dorobek w czasopismach znacznie wyżej punktowanych, a i zawartość treściowa wydaje się nieco bardziej ambitna. Na szczególną uwagę zasługuje chęć oszacowania stanu naprężenia w giętych blachach dachowych, co można uznać za element nowatorski w stosunku do dotychczasowej analizy geometrycznej. Za słabą stronę przedstawionego cyklu publikacji uznać należy bez wątpienia nadmierną ilość autocytowań Habilitanta, która w niektórych przypadkach dochodzi do połowy całej przywoływanej literatury, a także wielokrotne omawianie tych samych zagadnień i trzymanie się stałej struktury treściowej. Wydaje się również, że znacznie lepszym rozwiązaniem jest koncentrowanie się na własnych modelach i ich opisach zamiast ciągłego przywoływania odległej historii, w której przecież cienkie blachy fałdowe jeszcze nie istniały. Porównując wszystkie publikacje załączone do niniejszego wniosku Recenzent odnosi wrażenie, że osiągnięcie naukowe powinno składać się w pierwszym rzędzie z artykułów zamieszczonych w czasopiśmie *Buildings*, gdyż jest ono obecnie najwyżej punktowane spośród wszystkich czasopism, w których publikował dotychczas Habilitant. Wielokrotnie wspomina się o napisanych programach lub możliwości ich stworzenia, ale nie można znaleźć algorytmu takiego programu lub nawet bezpośrednio jego fragmentów.

Analizując działalność Habilitanta nie można pominąć autorskiego projektu stanowiska do analizy statyczno-wytrzymałościowej cienkościennych fałdowych arkuszy stalowych, które mają być poddane transformacjom do postaci powłokowej. Projekt ten został zawarty w Załączniku nr 10 do dokumentacji habilitacyjnej i jest Jego autorskim dziełem ukończonym w październiku 2018 r. Z konstrukcyjnego punktu widzenia jest kompletny, ale brakuje jakiegokolwiek opisu, jak będzie wyglądało doświadczenie, jak zamierza się rozmieścić tensometry do pomiaru odkształceń, jakie będą spodziewane rezultaty eksperymentu oraz jakie ewentualne błędy pomiarowe mogą wystąpić. Przydałaby się również wcześniejsza symulacja komputerowa takiego eksperymentu celem sprawdzenia, czy uda się na tym stanowisku uzyskać spodziewane efekty. Tym niemniej projekt ten wskazuje na dostrzeżenie przez Habilitanta realnej potrzeby wykonania eksperymentów w rzeczywistej skali badanych powłok dachowych giętych z blachy fałdowej.

Biorąc pod uwagę całokształt prac naukowych opublikowanych przez Habilitanta należy wskazać, że zamiast rozpoczynać szczegółowo wiele publikacji od historii architektury i budownictwa powinien był On wspomnieć o tym, że pierwszy patent w zakresie giętych blach stalowych pochodzi z XX wieku, więc proponowane rozwiązania mają wybitnie charakter współczesny. Dachy blaszane znane z różnych zabytków były wykonane z płaskich arkuszy blachy, które nie były samonośne. W żadnej pozycji natomiast Habilitant nie dokonał rzeczowego i starannego przeglądu blach fałdowych dostępnych obecnie na światowych rynkach budowlanych utożsamiając je wyłącznie z blachami trapezowymi, co jest istotnym ograniczeniem.

5. Wniosek końcowy

W podsumowaniu należy stwierdzić, iż przedstawione osiągnięcie naukowe i aktywność badawcza Habilitanta spełniają w minimalnym stopniu wymagania ustawowe i zwyczajowe. Jego wkład w rozwój dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport to przede wszystkim geometria wykreślna powłok jedno i dwukrzywiznowych wykonanych z arkuszy falistych blach trapezowych ze szczególnym uwzględnieniem przekształceń geometrycznych odwzorowujących proces ich transformacji w powłoki dachowe. Habilitant niezwykle starannie zilustrował w swoim osiągnięciu naukowym wszystkie stosowane przekształcenia geometryczne, a także wykazał się dużą znajomością metod komputerowych w geometrii ze szczególnym uwzględnieniem programowania w języku AutoLISP, wykorzystania systemów algebry komputerowej, a także programów do projektowania parametrycznego, które na naszym rynku inżynierskim dopiero zyskują popularność. Symulacje komputerowe procesów deformacji skrętnych blach trapezowych przeprowadzone z wykorzystaniem systemu MES ADINA ze względu na niedostatki w opisie mają raczej charakter drugorzędny i niezgodność uzyskanych wyników z założeniami analizowanych transformacji powłok. Uwagi krytyczne wyrażone w recenzji wskazują jednoznacznie na konieczność ich przedyskutowania z Habilitantem w trakcie posiedzenia komisji.

Prof. dr hab. inż. Marcin Kamiński
Zakład Niezawodności Konstrukcji

POLITECHNIKA ŁÓDZKA
90-924 Łódź, Al. Politechniki 6
tel/fax 42 631 35 00