

Recenzja

pracy doktorskiej mgr inż. Katarzyny Chrzanowskiej
pod tytułem:

PARAMETRYCZNE KSZTAŁTOWANIE NIEKONWENCJONALNYCH FORM I KONSTRUKCJI FAŁDOWYCH BUDYNKÓW PRZEKRYTYCH TRANSFORMOWANYMI POWŁOKOWYMI DACHAMI

wykonanej na Wydziale Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury
Politechniki Rzeszowskiej
pod opieką: dr hab. inż. Jacka Abrameczyka, prof. Politechniki Rzeszowskiej

Podstawa opracowania recenzji

- Uchwała Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza z 4 czerwca 2025 roku.
- Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

1. Tytuł rozprawy doktorskiej

Tytuł *Parametryczne kształtowanie niekonwencjonalnych form i konstrukcji fałdowych budynków przekrytych transformowanymi powłokowymi dachami* jest merytorycznie poprawny i adekwatny dla rozprawy doktorskiej. Jego znaczna długość oraz złożona struktura mogą jednak utrudniać szybkie zrozumienie intencji autorki, zwłaszcza wśród odbiorców niezaznajomionych z tematyką. W obecnej formie pojawiają się sformułowania, takie jak „konstrukcje fałdowe” czy „fałdowe budynki”, które mogą być interpretowane niejednoznacznie.

Uproszczenie składni do postaci: *Parametryczne kształtowanie niekonwencjonalnych form i konstrukcji przekrytych z transformowanych powłok fałdowych* mogłoby znacząco poprawić czytelność tytułu, szczególnie w oficjalnych zestawieniach tematów oraz spisach treści.

W rezultacie należy uznać, że tytuł jest precyzyjny i wiernie odzwierciedla tematykę rozprawy, choć pozostaje rozbudowany i wymagający w odbiorze.”

1. Wstęp i ogólna charakterystyka pracy

Przedmiotem recenzowanej rozprawy doktorskiej jest opracowanie procedur parametryzacji i racjonalizacji nowoczesnych struktur powłokowych w architekturze i budownictwie. Autorka podejmuje problem badawczy o dużym znaczeniu praktycznym i teoretycznym, wpisujący się w aktualne trendy rozwojowe inżynierii konstrukcyjnej oraz w nurty projektowania parametrycznego.

Rozprawa została przygotowana w klasycznej strukturze, typowej dla dysertacji opartych na cyklu publikacji. Składa się z trzynastu rozdziałów obejmujących część wstępną, teoretyczną, badawczą, podsumowującą oraz aparat naukowy, a jej integralnym elementem są pełne teksty sześciu artykułów naukowych opublikowanych w renomowanych czasopismach. Dzięki temu praca łączy cechy zwartej monografii z dokumentacją etapowych wyników badań.

Autorka podjęła się analizy zagadnienia istotnego z punktu widzenia współczesnych konstrukcji architektonicznych – kształtowania niekonwencjonalnych form opartych na przekryciach powłokowych z cienkościennych, transformowanych blach fałdowych. Zagadnienie to pozostaje niezwykle aktualne, ponieważ konstrukcje powłokowe pozwalają na realizację lekkich, ekonomicznych i estetycznie atrakcyjnych przekryć o dużych rozpiętościach. Ich racjonalizacja w procesie parametrycznym stanowi natomiast ważne wyzwanie dla praktyki projektowej.

Rozprawa ma charakter przede wszystkim inżynierski – koncentruje się na analizie geometryczno-konstrukcyjnej z zastosowaniem metod numerycznych i modeli parametrycznych. Jednocześnie akcentuje także aspekt architektoniczny i estetyczny, co lokuje ją na styku architektury i inżynierii budowlanej, podnosząc jej wartość interdyscyplinarną.

2. Cel i zakres badań

Celem rozprawy doktorskiej jest opracowanie procedur parametrycznego kształtowania i racjonalizacji niekonwencjonalnych form powłokowych, w szczególności konstrukcji dachowych opartych na transformowanych blachach fałdowych. Autorka podejmuje próbę stworzenia narzędzia umożliwiającego generowanie wielu wariantów geometrycznych oraz ocenę ich pracy konstrukcyjnej w kontekście nośności, stateczności i ekonomiki rozwiązań.

Cel główny został sformułowany poprawnie, choć w tekście przedstawiono go w nadmiernie rozbudowanej formie, łączącej elementy celów, metod i spodziewanych efektów. Wartością rozprawy jest jednak wyraźne podkreślenie, że kluczowym przedmiotem badań są procedury parametryzacji, a nie jedynie analiza wybranych przykładów konstrukcyjnych. Cele szczegółowe obejmują m.in. określenie wpływu pochylenia elementów konstrukcyjnych, sztywności węzłów, rodzaju podpór czy zmienności przekrojów na pracę całych układów powłokowych.

Zakres badań obejmuje pełny proces projektowo-analityczny – od wyboru form i ich modelowania parametrycznego, poprzez numeryczną analizę konstrukcji z wykorzystaniem programów obliczeniowych (m.in. Robot Structural Analysis), aż po opracowanie zależności geometryczno-wytrzymałościowych i wskazanie możliwości racjonalizacji form. Ujęcie to jest logiczne i spójne z przyjętym celem, choć w rozprawie brakuje jednoznacznego doprecyzowania, jakie typy konstrukcji i parametry uznano za kluczowe oraz w jakim zakresie pominięto inne możliwe rozwiązania.

Podział badań na etapy stanowi dodatkowy walor metodologiczny – pozwala na częściową prezentację wyników oraz stopniowe budowanie procedur parametryzacji, co nadaje pracy systematyczny i przejrzysty charakter.

3. Stan badań i przegląd literatury

Rozprawa zawiera obszerny przegląd literatury, obejmujący zarówno klasyczne opracowania z zakresu teorii konstrukcji powłokowych, jak i najnowsze publikacje poświęcone metodom numerycznym i parametrycznym. Bibliografia liczy 95 pozycji, co stanowi objętość odpowiednią dla rozprawy doktorskiej. Jej zakres czasowy rozciąga się od fundamentalnych prac (Vlasov 1959; Samyn 1975; Gergely i in. 1971) po publikacje z lat 2023–2024, zapewniając równowagę między klasycznym dorobkiem a aktualnym stanem wiedzy. Widoczna jest również znajomość literatury publikowanej w uznanych czasopismach międzynarodowych.

Trzon bibliografii tworzą prace dotyczące konstrukcji powłokowych, cienkościennych i fałdowych (m.in. Reichhart, Abramczyk, Saitoh, Winter), a także publikacje związane z parametryzacją i metodami obliczeniowymi, w tym algorytmami sztucznej inteligencji i sieciami neuronowymi (np. Kaveh & Gerami 2017; Farzampour 2018; Kim 2021). Uwzględniono także odniesienia do norm i standardów projektowych (Eurokody, PN-EN) oraz narzędzi programistycznych (Robot Structural Analysis, Rhino/Grasshopper), co wzmacnia praktyczny wymiar pracy.

Mimo tych mocnych stron, przegląd literatury nie jest pozbawiony słabości. Po pierwsze, widoczna jest dominacja publikacji jednego autora (Abramczyk), co może sugerować nadmierne oparcie na dorobku lokalnym kosztem szerszej perspektywy międzynarodowej. Po drugie, w bibliografii znalazły się pozycje jedynie marginalnie związane z głównym problemem badawczym, takie jak prace o zielonych dachach czy odnawialnych źródłach energii. Brak widoczny jest również w ograniczonym uwzględnieniu literatury z zakresu projektowania parametrycznego w architekturze, co zmniejsza interdyscyplinarność opracowania i sprawia, że praca lokuje się przede wszystkim w obszarze inżynierii konstrukcyjnej.

Reasumując, przegląd literatury jest szeroki i aktualny, lecz miejscami ma charakter kompilacyjny i referujący, zamiast krytycznie syntetyzować dorobek. W pracy zabrakło wyraźniejszego podkreślenia, że dotychczasowe badania są rozproszone i fragmentaryczne, a lukę badawczą stanowi brak kompleksowej procedury parametrycznego kształtowania

i racjonalizacji konstrukcji powłokowych – co stanowi zasadniczy przedmiot niniejszej dysertacji.

4. Metodologia badań

Metodologia badań została przedstawiona w sposób uporządkowany i przejrzysty. Schemat blokowy zamieszczony w części metodologicznej obrazuje kolejne etapy postępowania badawczego – od doboru form konstrukcyjnych, poprzez modelowanie parametryczne, analizy numeryczne i porównanie wyników, aż po sformułowanie wniosków cząstkowych. Taki układ wzmacnia spójność rozprawy i ułatwia czytelnikowi śledzenie logicznego toku rozumowania.

Zastosowane metody badawcze są adekwatne do postawionego problemu. Autorka opiera się na analizach numerycznych, wykorzystując programy obliczeniowe (m.in. Robot Structural Analysis) oraz środowiska parametryczne (Rhino/Grasshopper). Dzięki temu możliwe było przeprowadzenie serii symulacji komputerowych, w których badano wpływ różnych parametrów geometrycznych i konstrukcyjnych – takich jak pochylenie słupów i rygli, sztywność węzłów, rodzaj podpór czy zmienność przekrojów – na pracę i nośność powłokowych układów dachowych.

Materiały i dane badawcze zostały jasno zdefiniowane: materiałem analiz są modele konstrukcji powłokowych oraz ich wirtualne odpowiedniki, które umożliwiają prowadzenie badań w sposób systematyczny i powtarzalny. Procedury obliczeniowe opisano na tyle szczegółowo, że w większości przypadków pozwalają na ich odtworzenie. Uzasadniono także wybór metod parametrycznych jako najbardziej efektywnych w badaniu zależności geometryczno-wytrzymałościowych i racjonalizacji form, choć rzadziej wskazywano alternatywy w postaci metod eksperymentalnych czy hybrydowych.

Mocnym elementem pracy jest rozbieżność badań na sześć artykułów naukowych, z których każdy podejmuje odrębne zagadnienie metodologiczne i zawiera własne wyniki oraz wnioski. Podział ten podkreśla etapowy, systematyczny charakter badań i umożliwia weryfikację procedur w różnych, niezależnych kontekstach.

Słabszą stroną przyjętej metodyki jest ograniczenie się wyłącznie do analiz komputerowych, bez ich potwierdzenia w badaniach laboratoryjnych lub terenowych. Kolejnym ograniczeniem jest silne nastawienie na aspekty konstrukcyjne, przy mniejszym uwzględnieniu konsekwencji architektonicznych i użytkowych analizowanych form. W pracy brakuje także wyraźniejszego rozróżnienia pomiędzy celem głównym a celami szczegółowymi badań.

5. Część badawcza i analiza wyników

Najobszerniejszą część rozprawy stanowią badania własne, podzielone na różne aspekty problemu badawczego, dzięki czemu całość ma charakter etapowy i systematyczny. Obejmują

one zarówno analizy geometryczne i konstrukcyjne układów powłokowych, jak i procedury parametryczne służące racjonalizacji form.

Prezentacja wyników jest przejrzysta i dobrze udokumentowana. Autorka posługuje się tabelami, wykresami i modelami komputerowymi, które ułatwiają interpretację złożonych danych liczbowych i geometrycznych. Zastosowanie metod parametrycznych pozwoliło na przeanalizowanie wielu wariantów konstrukcyjnych oraz wskazanie zależności pomiędzy kluczowymi zmiennymi geometryczno-konstrukcyjnymi a nośnością, statecznością i efektywnością materiałową powłok.

Analizy obejmują m.in. wpływ pochylenia słupów i rygli, różne konfiguracje podpór i sztywności węzłów, a także zmienność kształtu i przekrojów. Wyniki potwierdzają istotne znaczenie tych parametrów dla pracy całych układów konstrukcyjnych. Szczególnie wartościowe są zestawienia wariantów geometrycznych wraz z oceną ich zachowania konstrukcyjnego, co umożliwia formułowanie praktycznych wniosków przydatnych w procesie projektowym.

Podział badań na sześć publikacji naukowych stanowi dodatkowy walor – każdy artykuł przynosi odrębne wnioski cząstkowe, dobrze ilustrując etapowy charakter procesu badawczego. Łączna analiza tych wyników umożliwia sformułowanie syntezy oraz opracowanie uniwersalnych procedur parametryzacji.

Konsekwentne stosowanie narzędzi numerycznych zapewnia wynikom wiarygodność i powtarzalność. Ograniczeniem jest jednak brak odniesienia do badań laboratoryjnych lub terenowych, co osłabia weryfikację uzyskanych rezultatów. W części miejsc prezentacja wyników jest nadmiernie szczegółowa, co utrudnia syntezę i podkreślenie najważniejszych wniosków.

Część badawcza stanowi najważniejszy i najlepiej udokumentowany fragment rozprawy. Dostarcza bogatego materiału analitycznego, pozwalającego na sformułowanie zależności geometryczno-konstrukcyjnych i rozwinięcie procedur parametryzacji. Wyniki badań, choć wymagają pełniejszej syntezy i eksperymentalnej weryfikacji, są wartościowe i spójne z przyjętym celem pracy.

6. Wnioski i wkład naukowy

Wnioski końcowe rozprawy są spójne z przeprowadzonymi badaniami i logicznie wynikają z przedstawionych analiz. Podkreślają znaczenie kluczowych parametrów geometrycznych i konstrukcyjnych – takich jak pochylenie słupów i rygli, sztywność węzłów i podpór czy zmienność przekrojów – dla nośności, stateczności i racjonalizacji konstrukcji powłokowych. Ich zaletą jest oparcie na rzetelnych analizach numerycznych i powtarzalnych procedurach parametrycznych, które umożliwiły wskazanie jednoznacznych zależności geometryczno-konstrukcyjnych. W niektórych fragmentach wnioski są jednak nadmiernie szczegółowe i powtarzalne, co obniża ich przejrzystość – mogłyby zostać przedstawione

w bardziej syntetycznej formie. Warto byłoby także mocniej powiązać je z interdyscyplinarnym kontekstem projektowania architektoniczno-inżynierskiego.

Najważniejszym wkładem naukowym dysertacji jest opracowanie i rozwinięcie procedur parametrycznego kształtowania oraz racjonalizacji form powłokowych. Autorka w sposób oryginalny rozszerzyła dotychczasowe badania nad transformacją blach i powłok o podejście parametryczne, umożliwiające generowanie wielu wariantów geometrycznych i ich ocenę pod kątem pracy konstrukcyjnej. Wkładem jest również wykazanie zależności pomiędzy zmiennymi kształtu a nośnością i statecznością układów, co ma praktyczne znaczenie dla projektowania i może stanowić podstawę do dalszych badań nad optymalizacją zużycia materiałów oraz integracją z systemami BIM. Opracowane procedury mają potencjał zastosowania zarówno w badaniach akademickich, jak i w praktyce projektowej, zwłaszcza przy dużych obiektach o złożonych układach przestrzennych.

7. Styl, język i forma

Rozprawa została napisana językiem poprawnym i zrozumiałym, utrzymanym w konwencji prac technicznych. Styl charakteryzuje się precyzją w opisie konstrukcji, procedur i wyników badań, a terminologia inżynierska stosowana jest konsekwentnie i zgodnie z normami oraz literaturą branżową. To niewątpliwie jedna z mocnych stron pracy.

Jednocześnie w tekście pojawiają się powtórzenia, zwłaszcza w opisach zalet konstrukcji powłokowych i parametryzacji, co obniża klarowność wywodu. Zdarzają się także sformułowania ogólnikowe i nieprecyzyjne z punktu widzenia metodologii naukowej, takie jak „unikalny charakter” czy „atrakcyjna estetyka”, które wprowadzają element potoczności. Składnia, choć poprawna gramatycznie, bywa rozwlekła – zwłaszcza w definicjach celów czy procedur, gdzie w jednym zdaniu kumulowanych jest kilka wątków, co utrudnia szybkie uchwycenie głównej myśli.

Forma pracy odpowiada klasycznemu układowi dysertacji opartej na cyklu publikacji – obejmuje część wstępną, teoretyczną, badawczą, podsumowującą oraz aparat naukowy z załącznikami. Mocnym elementem jest schemat blokowy metodologii oraz etapowy układ badań, które nadają całości logiczny rytm. Prezentacja wyników jest czytelna i bogata w tabele, wykresy i rysunki, choć miejscami ich liczba jest nadmierna, a brak wyraźnej syntezy obniża przejrzystość wywodu.

Na uwagę zasługuje kwestia terminologii. W kilku miejscach używane są pojęcia nieprecyzyjne lub przejęte wprost z tłumaczeń anglojęzycznych, np. „kolumna” zamiast „słup”. Matematyczny termin „paraboloida hiperboliczna” odpowiada angielskiemu *hyperbolic paraboloid*, skrótowo określanemu jako „hypar” (s. 27). W języku polskim często funkcjonuje w uproszczeniu jako „powierzchnia siodłowa”. Innym problemem jest stosowanie pojęcia „geometria” (s. 27, 92) w odniesieniu do form przestrzennych, co może prowadzić do niejednoznaczności. Spotyka się także określenia mało trafne, takie jak „sieć okapów” (s. 34, 45, 49) czy „oczko czworoscienne” (s. 33), które warto zastąpić terminami

funkcjonującymi w literaturze, np. „sieć połączeń” czy „element sieci”. Prawidłowe i konsekwentne zdefiniowanie kluczowych terminów we wstępie ułatwiłoby późniejsze opisy.

Zastrzeżenia budzi również stosowanie terminów „elewacja” (s. 49) i „fasada” (s. 62) w odniesieniu do nieregularnych dachów powłokowych. Choć w niektórych przypadkach granica między połącją dachową a osłoną boczną jest płynna, precyzyjniej byłoby używać określeń „pokrycie” lub „obudowa”, zgodnie z definicją przyjętą w prologu (s. 11: „obudowa ścienna i dachowa jest wykonana z fałdowych cienkościennych arkuszy”). Podobnie termin „okap” jest właściwy dla budynków tradycyjnych i nie odpowiada formom nieregularnym – trafniejsze byłyby pojęcia „krawędź boczna” lub „linia brzegowa”. Niekiedy pojawiają się też konstrukcje językowe nieporadne, np. „wielościennych wielościanów”, „ściany elewacyjne” (s. 115) czy „składane blachy skorupowe” (s. 26).

Od strony edytorskiej warto zaznaczyć, że załączone artykuły mogłyby być wyraźniej oznaczone i ponumerowane, aby ułatwić orientację czytelnikowi.

Reasumując, rozprawa została przygotowana w poprawnym i zrozumiałym języku, z zachowaniem przejrzystej struktury. Jej mocnymi stronami są konsekwentna terminologia techniczna i bogata warstwa ilustracyjna, natomiast słabszymi – powtarzalność, rozwlekłość i sporadyczny potoczny charakter używanych określeń.

8. Aspekty formalne

Streszczenia w języku polskim i angielskim są poprawne pod względem językowym, a ich treść oddaje istotę badań oraz uzyskane wyniki. Są spójne z zawartością pracy i podkreślają zarówno cel, jak i główne osiągnięcia dysertacji.

Bibliografia obejmuje 95 pozycji – jest obszerna, aktualna i formalnie poprawnie opracowana. Zawiera zarówno pozycje klasyczne, jak i najnowsze publikacje, a także normy i przepisy. Pomimo pewnych zastrzeżeń dotyczących selektywności doboru źródeł, należy uznać ją za wystarczającą i dobrze udokumentowaną.

Do pracy dołączono komplet załączników w postaci pełnych tekstów publikacji naukowych, opublikowanych w uznanych czasopismach i opatrzonych wymaganymi oświadczeniami. Stanowią one integralną część dysertacji i potwierdzają dorobek badawczy autorki.

9. Ocena końcowa i rekomendacja

Rozprawa doktorska mgr inż. Katarzyny Chrzanowskiej pt. *Parametryczne kształtowanie niekonwencjonalnych form i konstrukcji fałdowych budynków przekrytych transformowanymi powłokowymi dachami* dotyczy zagadnienia istotnego i aktualnego zarówno dla inżynierii budowlanej, jak i współczesnych metod projektowania architektoniczno-konstrukcyjnego.

Na szczególne podkreślenie zasługują: przejrzysta struktura pracy, dobrze wpisująca się w konwencję dysertacji przygotowanej w formie cyklu publikacji; spójne podejście

metodologiczne, wykorzystujące modelowanie parametryczne i analizy numeryczne; systematyczny układ badań, których wyniki przedstawiono w sześciu artykułach naukowych; a także bogaty materiał analityczny zilustrowany licznymi zestawieniami i rysunkami. Istotnym osiągnięciem autorki jest opracowanie procedur parametryzacji i racjonalizacji konstrukcji powłokowych, co stanowi oryginalny wkład w rozwój badań inżynierskich.

Praca sprawia wrażenie dojrzałej i świadomej, a wątpliwości krytyczne nie obniżają jej ogólnej wartości. Autorka wykazała się bardzo dobrą znajomością współczesnych narzędzi obliczeniowych, umiejętnością prowadzenia analiz parametrycznych oraz zdolnością do formułowania wniosków przydatnych w praktyce projektowej.

Na tej podstawie stwierdzam, że rozprawa spełnia wymogi określone w ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce oraz w regulacjach wewnętrznych uczelni. Wnioskuje o jej przyjęcie i dopuszczenie do publicznej obrony.


dr hab. inż. arch. Krzysztof Gerlic