

RECENZJA

rozprawy doktorskiej **mgr Marcina KNECIA**
nt. „**Technologia cyfrowej korelacji obrazów w analizie deformacji połączeń elementów konstrukcyjnych stosowanych w lotnictwie**”

Opinię opracowano na podstawie pisma Dziekana Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej - prof. dr hab. inż. Jarosława Sępa z dnia 30.09.2015r. nr RM-530-19-03-2015.

Recenzowana rozprawa doktorska, napisana pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Tomasza Sadowskiego została wykonana na Wydziale Budownictwa i Architektury Politechniki Lubelskiej. Promotorem pomocniczym był dr hab. inż. Tadeusz Balawander z Politechniki Rzeszowskiej.

1. Aktualność podjętego tematu

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska prezentuje udane podejście do analizy deformacji połączeń elementów konstrukcyjnych za pomocą Cyfrowej Korelacji Obrazów.

Struktury lotnicze, tak jak większość obiektów technicznych składają się z oddzielnych elementów wymagających ich łączenia. Złącza spełniają ważne i odpowiedzialne zadania polegające na przenoszeniu obciążenia z jednych części na drugie, bądź całkowitym lub częściowym zabezpieczeniu przed przemieszczaniem poszczególnych elementów strukturalnych. Różnorodność spełnianych zadań oraz różnorodność łączonych materiałów wymaga stosowania odmiennych technologii łączenia. Analiza literatury wskazuje, że szybki rozwój nowoczesnych technologii materiałowych wymaga stosowania połączeń hybrydowych np. łączenia różnych materiałów, jak i jednoczesnego stosowania różnych technologii łączenia takich jak: łączenie za pomocą śrub z klejeniem, nitowanie z klejeniem, spawanie z klejeniem, zgrzewanie z klejeniem czy zaciskanie z klejeniem (clinch-adhesive joints). Z reguły złącza wprowadzają mniejsze lub większe naprężenia, które mogą powodować znaczne odkształcenie a nawet zniszczenie złącza. Zatem niezwykle ważną kwestią jest właściwa analiza deformacji połączeń elementów konstrukcyjnych, bowiem daje nam ona informacje jak unikać nieprawidłowości i jak im zapobiegać.

W związku z powyższym tematykę pracy uważam za celową i aktualną z naukowego punktu widzenia, ponadto wychodzącą naprzeciw oczekiwaniom przemysłu lotniczego. Aktualność podejmowanej tematyki potwierdzają polskie i europejskie programy badawcze finansujące projekty w zakresie nowoczesnych technologii materiałowych stosowanych w przemyśle lotniczym (np. Projekt Kluczowy PKAERO, Program INNOLOT – Innowacyjne Lotnictwo, Program Clean Sky).

2. Zakres opiniowanej pracy

Z informacji prezentowanej w pracy wynika, że została ona zrealizowana przy wsparciu finansowym Projektu Kluczowego POIG.01.01.02-00-015/08-00 nt.: „Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym”, współfinansowanego przez Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego.

Na podkreślenie zasługuje fakt, że praca została wykonana przy użyciu nowoczesnych urządzeń badawczych, wymagających czasami opanowania niestandardowej metodyki badawczej.

Opiniowana rozprawa zawiera 9 rozdziałów przedstawionych na 36 stronach tekstu i obejmujących:

1. Informacje o zatrudnieniu i wykształceniu Autora pracy, jak również o odbytych stażach w jednostkach naukowo-badawczych
2. Opis sytemu do pomiaru metodą Cyfrowej Korelacji Obrazów
3. Przegląd literatury
4. Tezę i szczegółowe cele pracy
5. Genezę problemu i motywacje do podjęcia tematu
6. Wykaz osiągnięć naukowo-badawczych
7. Wprowadzenie do artykułów stanowiących zbiór spójny
8. Podsumowanie, wnioski końcowe i kierunki dalszych prac
9. Bibliografię

Na stronie 37 rozpoczyna się Aneks z wydrukami prac oraz oświadczeniami współautorów o ich procentowym udziale w danej publikacji. Aneks obejmuje 12 artykułów stanowiących zbiór spójny, dotyczący tematu niniejszej pracy, tj. „Technologia cyfrowej korelacji obrazów w analizie deformacji połączeń elementów konstrukcyjnych stosowanych w lotnictwie”. Cykl ten zawiera prace opublikowane w latach: 2009-2015 w czasopismach o zasięgu krajowym i międzynarodowym. Prace są wieloautorskie, w których Autor jest z reguły drugim lub trzecim autorem, ale w każdym przypadku został określony procentowy udział Autora w powstaniu pracy. W dwóch przypadkach jest to równy, 50% udział mgr Marcina Kneć i promotora pracy prof. dr hab. inż. T. Sadowskiego. Prace są głównie lokowane w czasopismach wyróżnionych w Journal Citation Reports (JCR) z tzw. listy A – 7 artykułów, czasopismach zagranicznych z tzw. listy B – 2 artykuły i pozostałe 3 artykuły zostały przedstawione na międzynarodowych konferencjach zagranicznych. Według oceny parametrycznej MNiSzW publikacje stanowiące rozprawę doktorską mają łącznie 155 punktów, z czego udział Doktoranta to 58,55 punktu. IF czasopism, w których zostały opublikowane wynosi od 0,763 do 3,318. Wysoka punktacja oraz IF świadczą o dużej wartości prac.

W skład rozprawy wchodzi następujące prace:

- 1) “Experimental study of bimaterial shear strength and strain concentrations by Iosipescu based test using Digital Image Correlation system” – T.Sadowski (50%), **M.Kneć (50%)**, Solid State Phenom. 188 (2012) 226-231; liczba punktów wg MNiSW 10 (lista B), IF 0

- 2) „Crack propagation paths near bi-material interfaces” – L.Marsavina (40%), T.Sadowski (30%), **M.Kneć (30%)**, 12th International Conference on Fracture Icf12, 1 (2009) 1-9; liczba punktów wg MNiSW 10, IF 0
- 3) “Crack propagation paths in four point bend aluminium–PMMA specimens” - L.Marsavina (40%), T.Sadowski (30%), **M.Kneć (30%)**, Eng. Frac. Mech. 108 (2013) 139-151; liczba punktów wg MNiSW 30 (lista A), IF 1,662
- 4) “Application of DIC technique for monitoring of deformation process of spr hybrid joints” - T.Sadowski (50%), **M.Kneć (50%)**, Arch. Metall. Mater. 58 (2013) 1-7; liczba punktów wg MNiSW 20 (lista A), IF 0,763
- 5) „Technological problems and experimental investigation of hybrid: clinched – adhesively bonded joint” - T.Sadowski (30%), **M.Kneć (20%)**, T.Balawander (50%), Arch. Metall. Mater. 56/2 (2011) 438-446; liczba punktów wg MNiSW 20 (lista A), IF 0
- 6) “Modern hybrid joints in aerospace: modelling and testing” - T.Sadowski (30%), R.Śliwa (20%), P.Golewski (15%), **M.Kneć (10%)**, T.Balawander (25%), Arch. Metall. Mater. 56/2 (2011) 438-446; liczba punktów wg MNiSW 20 (lista A), IF 0,763
- 7) „Experimental investigations and numerical modelling of steel adhesive joints reinforced by rivets” - T.Sadowski (50%), **M.Kneć (25%)**, P.Golewski (25%), Int. J. Adhes. Adhes. 30/5 (2010) 338-346; liczba punktów wg MNiSW 27 (lista A), IF 0
- 8) “Spot welding–adhesive joints: modelling and testing” - T.Sadowski (40%), **M.Kneć (35%)**, P.Golewski (25%), J. Adhes. 90/4 (2014) 346-364; liczba punktów wg MNiSW 20 (lista A), IF 1,417
- 9) “Experimental investigation and numerical modelling of spot welding–adhesive joints response” - T.Sadowski (40%), P.Golewski (30%), **M.Kneć (30%)**, Compos. Struct. 112 (2014) 66-77; liczba punktów wg MNiSW 40 (lista A), IF 3,318
- 10) “Fatigue response of the hybrid joints obtained by hot spot welding and bonding techniques” - T.Sadowski (40%), **M.Kneć (35%)**, P.Golewski (25%), Key Eng. Mater. 601 (2014) 25-28; liczba punktów wg MNiSW 8 (lista B), IF 0
- 11) “New method of determination of spot welding-adhesive joint fatigue life using full field strain evolution” - T.Sadowski (50%), **M.Kneć (50%)**, 3rd Int. Conf. On Competitive Materials and Technology Processes (2014); liczba punktów wg MNiSW 0, IF 0
- 12) „Characteristics of fatigue failure modes of hybrid joints by hot spot welding and bonding” - T.Sadowski (40%), **M.Kneć (35%)**, P.Golewski (25%), artykuł przygotowany do druku w Jpurnal of Adhesion

Ponieważ prace zamieszczone w rozprawie doktorskiej zostały wcześniej opublikowane w uznanych czasopismach naukowych, co oznacza, że przed ich opublikowaniem zostały poddane recenzji przez uznanych specjalistów z danej dziedziny, jak

również ocenie komitetów redakcyjnych tych czasopism, swoją opinię skoncentruję na syntezie prac jakiej dokonał Autor rozprawy.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

Rozdział pierwszy zawiera informacje o zatrudnieniu, wykształceniu i stażach naukowych, z którego wynika, że mgr M. Kneć ma dobre przygotowanie merytoryczno-metodyczne i dużą wiedzę techniczną, w tym również wiedzę na temat najnowszych technik komputerowych i pomiarowych. Wiedzę tą Doktorant nabył w trakcie nauki w Technikum Mechanicznym oraz studiów na ówczesnym Wydziale Zarządzania i Podstaw Techniki Politechniki Lubelskiej. W latach 1997-2010 Pan Marcin Kneć był zatrudniony jako specjalista w Laboratorium Wytrzymałości Materiałów Katedry Mechaniki Stosowanej Politechniki Lubelskiej, a w latach 2010-2014 kierował pracami Laboratorium Budownictwa Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Lubelskiej. W tym czasie mgr Marcin Kneć uczestniczył w kilku projektach naukowo-badawczych, gdzie był odpowiedzialny za dobór i tworzenie metodyk badawczych. Swą wiedzę uzupełniał w trakcie licznych kursów i staży odbywanych w krajowych i zagranicznych ośrodkach naukowych.

W rozdziale drugim, Autor w sposób syntetyczny opisał system Aramis, służący do bezkontaktowych, trójwymiarowych pomiarów odkształceń powodowanych obciążeniami statycznymi lub dynamicznymi obiektów. Działanie systemu, oparte na metodzie Cyfrowej Korelacji Obrazów (CKO) wykonanych dwoma kamerami, umożliwia rozpoznanie struktury powierzchni analizowanego obiektu i w oparciu o wyznaczenie przemieszczeń charakterystycznych punktów obliczenie odkształceń. Sposób w jaki autor omówił warunki, które muszą być spełnione w celu wykonania poprawnego pomiaru i korelacji obrazów, świadczą o dobrej znajomości tematu i doświadczeniu Autora w prowadzeniu tego typu analiz. Przechodząc do krótkiego przeglądu literatury w rozdziale trzecim, Autor umiejętnie wprowadza czytelnika w problematykę związaną z wykorzystaniem metody Cyfrowej Korelacji Obrazów do analizy jakości połączeń stosowanych w konstrukcjach lotniczych. Wskazując na zalety połączeń hybrydowych w stosunku do połączeń jednorodnych np. tylko za pomocą zgrzewania, spawania czy nitowania, Autor wykazał brak danych literaturowych odnośnie wyników nieniszczących badań jakości tego typu złączy. W związku z tym w rozdziale czwartym postawił tezę, że za pomocą metody Cyfrowej Korelacji Obrazów możliwe jest doświadczalne określenie stanów deformacji zmiennych w czasie oraz określenie wpływu np. szoków temperaturowych na parametry wytrzymałościowe złączy hybrydowych stosowanych w przemyśle lotniczym. Ponadto wskazał na możliwość opracowania nowej, doświadczalnej metody oceny procesu pęknięcia, wykorzystującej śledzenie wierzchołka pęknięcia, jak również metody przyspieszonego określania granicy zmęczenia za pomocą metody Cyfrowej Korelacji Obrazów. Motywacją do wykorzystania tej metody do badania połączeń hybrydowych były, jak wskazuje Autor w Rozdziale 5-tym, problemy podnoszone przez partnerów przemysłowych z Centrum Zaawansowanych Technologii AERONET - Dolina Lotnicza, m.in. WSK PZL Rzeszów, PZL Mielec i PZL Świdnik, a które można było skutecznie rozwiązać za pomocą techniki Cyfrowej Korelacji Obrazów. Świadczą o tym

badania niejednokrotnie wykonywane samodzielnie przez Autora na rzecz wymienionych zakładów (m.in. analiza odkształcenia w połączeniach spawanych blach Inconelowych).

W rozdziale szóstym pracy przedstawiono wykaz osiągnięć naukowo-badawczych Autora, na które składa się 20 publikacji z udziałem Pana mgr Marcina Knećcia, z których 12 zostało wybranych jako spójny zbiór artykułów tworzących przedłożoną do recenzji pracę doktorską. Według bazy SCOPUS artykuły te były cytowane 77 razy. W dniu recenzowania pracy indeks Hirscha Autora wynosił $H=5$.

Ważnym atutem Autora pracy jest również jego współudział w tworzeniu rozwiązań innowacyjnych, do jakich zaliczam zgłoszenia patentowe dotyczące uchwytów do badań doświadczalnych.

Pierwsze zgłoszenie patentowe P-405900 dotyczy uchwytu do rozciągania próbek cylindrycznych z kanałem powietrznym pokrytych powłoką TBC (ang. Thermal Barrier Coating). Specjalna konstrukcja uchwytu zapewnia możliwość chłodzenia za pomocą wody w obiegu otwartym, co pozwala na prowadzenie badań w temperaturach dochodzących do 1400°C .

Drugie zgłoszenie P-405903 dotyczy uchwytu do mocowania próbek do symetrycznego dwuosowego rozciągania na jednoosiowych maszynach wytrzymałościowych.

Wymienione projekty wynalazcze zostały opracowane w ramach projektu kluczowego PKAERO, a na podkreślenie zasługuje fakt, że oba rozwiązania są na poziomie gotowości TLR-4, czyli zostały już zweryfikowane w warunkach laboratoryjnych.

Ponadto Autor bierze udział w opracowywaniu komercjalizacyjnego rozwiązania technologicznego, dotyczącego skrócenia czasu wykonania usztywnienia poszycia samolotu za pomocą kątowników. Zaproponowane rozwiązanie, a mianowicie zastąpienie w złączach zgrzewano-klejonych dotychczas stosowanego kleju CHS-Epodur 619-0898 produkcji czeskiej klejem Epidian 100 produkcji krajowej, zapewnia wzrost nośności statycznej i zmęczeniowej oraz dwukrotnie skraca czas wykonania złącza, a ponadto przyczynia się do rozwoju polskiej gospodarki. Do analizy procesu zmęczeniowego złączy zgrzewano-klejonych Autor wykorzystywał m.in. metodę Cyfrowej Korelacji Obrazu.

W zbiorze artykułów składających się na pracę doktorską Autor badał złącza hybrydowe doczołowe, nakładkowe i zakładkowe. Analizował cztery typy połączeń stosowanych w przemyśle lotniczym, a mianowicie połączenia wykonywane metodą spawania z klejeniem, zgrzewania z klejeniem, klinczowania z klejeniem oraz nitowania z klejeniem. Najobszerniej Autor analizuje złącza hybrydowe zgrzewano-klejone, zarówno podczas badań statycznych, jak i dynamicznych, cały czas wykorzystując do tego metodę Cyfrowej Korelacji Obrazu. W tabeli zamieszczonej na stronie 16 Autor wskazuje prace ze zbioru spójnego, w których przedstawia wyniki badań dla poszczególnych złączy.

Zaprezentowane w pracy wyniki badania stanów odkształcenia w złączach hybrydowych z wykorzystaniem Cyfrowej Korelacji Obrazów w pełni uzasadniają przyjęty temat rozprawy doktorskiej: „Technologia cyfrowej korelacji obrazów w analizie deformacji połączeń elementów konstrukcyjnych stosowanych w lotnictwie”.

Pomimo, iż przedstawione przez Autora artykuły stanowiące zbiór spójny, umożliwiają ocenę aspektów poznawczych i naukowych pracy, to nasuwa się kilka pytań i wątpliwości:

- czy liczba 5-ciu próbek, o której mowa na stronie 21 pracy oraz zakres przeprowadzonych badań dają podstawę do wyciągnięcia wniosku, że klej CHS-Epodur 619-0898 można zastąpić klejem Epidian 100? Jak przedstawia się trwałość połączeń klejonych za pomocą kleju Epidian w stosunku do połączeń klejonych za pomocą kleju Epodur? Czy był wyeliminowany czynnik jakości wykonania złącza zgrzewanego na wytrzymałość połączenia zgrzewano-klejonego?
- na rysunku 10 str. 21 podano wyniki badań statycznych w różnych temperaturach. O jakie badania chodziło, czy o statyczną próbę rozciągania? Wcześniej Autor stwierdza, że bezpieczny poziom siły wynosi 2,9 kN – jaką siłę Autor ma na myśli?
- rysunek 8 i 9 str. 20 – brak opisu dla oznaczeń cyfrowych,
- jaki jest udział Autora rozprawy w opracowaniu zgłoszeń patentowych?

Rozdział siódmy stanowi wprowadzenie do artykułów stanowiących zbiór spójny, w którym Autor pokrótce omawia poszczególne artykuły, podając co jest osobistym wkładem Autora w daną pracę. Najczęściej jest to opracowanie metodyki pomiarów, wykonanie próbek do badań, czasami zaprojektowanie całego stanowiska badawczego oraz przeprowadzenie odpowiednich badań eksperymentalnych i wykonanie analizy wyników. Ciekawe rozwiązanie pojawia się w artykule “Crack propagation paths in four point bend aluminium-PMMA specimens”, gdzie na podstawie przeprowadzonej analizy ścieżek pęknięć zależnych od sposobu obciążenia zmęczeniowego Autor opracował nowatorską metodę śledzenia wierzchołka pęknięcia na analizowanej powierzchni z wykorzystaniem Cyfrowej Korelacji Obrazów. Na uwagę zasługuje również rozwiązanie przedstawione podczas 3rd International Conference on Structural Adhesives and Bonding w 2015 roku w Porto w Portugalii. W ramach pracy „Characteristics of fatigue failure modes of hybrid joints by hot spot welding and bonding”, Autor, stosując metodę Cyfrowej Korelacji Obrazów, analizował sposoby uszkodzenia się złączy podczas ich obciążania zarówno w temperaturze otoczenia, jak i wówczas, gdy były poddawane szokom temperaturowym. Na podstawie przeprowadzonej analizy Autor opracował nową metodę doświadczalnego, przyspieszonego określania granicy nośności zmęczeniowej hybrydowych złączy zgrzewano-klejonych.

W podsumowaniu rozprawy doktorskiej (rozdział 8) Autor zawarł syntezę wszystkich badań i wypunktował najważniejsze działania, które umożliwiły mu analizę deformacji złączy hybrydowych stosowanych w przemyśle lotniczym. Autor przytoczył i podkreślił wyniki badań potwierdzające tezę zawartą w rozprawie, iż możliwa jest analiza deformacji złączy metodą Cyfrowej Korelacji Obrazów, która pozwala na dużo bardziej zaawansowane analizy niż ma to miejsce w standardowych metodach pomiarowych, takich jak tensometria oporowa pomiaru przemieszczeń. Autor podkreślił, że jest to metoda bezkontaktowa i może być doskonałym uzupełnieniem analiz numerycznych bazujących na metodzie elementów skończonych. Metoda ta pozwala na określenie miejsc wyężenia materiału i według Autora jest najskuteczniejsza w przypadku analizy połączeń hybrydowych zgrzewano-klejonych. W tym przypadku zauważono wyraźne różnice w zachowaniu się złącza podczas obciążania statycznego i dynamicznego. W pierwszym przypadku najbardziej obciążone były obszary blachy, tam gdzie zastosowano klej, a w drugim przypadku obszar zgrzeiny. Ponadto, w przypadku łączenia cienkich blach, analiza za pomocą Cyfrowej Korelacji Obrazów umożliwia uzyskanie informacji w przestrzeni trójwymiarowej, co jest niemożliwe przy zastosowaniu tradycyjnych technik pomiarowych.

Interesujące są wnioski co do dalszych badań, w których Autor rozprawy planuje dokonanie kontroli grubości warstwy klejowej za pomocą mikrokulek szklanych i określenie ich bezpiecznej ilości, tak by zachować dotychczasowe parametry wytrzymałościowe złącza oraz opracowanie metody dokładnego określania deformacji na małych polach odkształceń, co pozwoli na obserwację procesu deformacji małych obszarów, takich jak zgrzeina bądź nit.

W moim przekonaniu we wnioskach końcowych, jak również w całej pracy *zabrakło podkreślenia wkładu własnego Autora w opracowywanie metodyki badań. Podczas czytania pracy można odnieść wrażenie, że Autor jedynie obsługuje zakupione komercyjne urządzenie do bezkontaktowej analizy deformacji obiektów. Zdawkowo traktując m.in. opracowanie metody doświadczalnej oceny procesu pęknięcia wykorzystującej śledzenie wierzchołka pęknięcia, czy metody doświadczalnego przyspieszonego określania granicy zmęczenia bazujących na Cyfrowej Korelacji Obrazów. Szkoda, że Autor podał jedynie odwołanie do artykułów omawiających te metody, a nie wykazał ich innowacyjności, podkreślając fakt, iż jest to jego własny wkład we wspólne artykuły (poproszę o komentarz w tej kwestii).*

Praca napisana jest w miarę starannie. Niestety Autor nie ustrzegł się błędów językowych (*niepoprawna jest odmiana słowa złącze w dopełniaczu liczby mnogiej – już w tezie Autor pisze: „...na parametry wytrzymałościowe różnych typów złącz hybrydowych stosowanych w lotnictwie.” A powinno być: „...na parametry wytrzymałościowe różnych typów złączy hybrydowych stosowanych w lotnictwie.”. Podobnie nieprawidłowo odmieniane jest słowo „nit” - np. w streszczeniu artykułu ze zbioru spójnego oznaczonego na str. 37 jako D). Praca zawiera również sporo błędów interpunkcyjnych (np. nagminnie brakuje przecinka przed spójnikiem „który”).*

W mojej opinii dużym utrudnieniem w czytaniu i analizowaniu pracy był *brak numeracji stron w rozdziale 10-tym pt.: „Aneks – wydruki prac oraz oświadczenia współautorów”.* Autor ogranicza się jedynie do stwierdzenia: „Na kolejnych stronach znajdują się wydruki prac...”. Również, *przedstawienie spisu tychże prac z użyciem numeracji w porządku alfabetycznym stanowi dla czytelnika pewnego rodzaju ograniczenie. Nie od razu widać ile jest tych publikacji i nie wiadomo, w którym miejscu Aneksu jest dana publikacja.* Poza tym struktura rozprawy jest prawidłowa. Można jedynie mieć uwagę *co do proporcji niektórych rozdziałów, a zwłaszcza z uwagi na fakt, że wszystkie prace ze zbioru spójnego są pracami współautorskimi należało dokładniej wyjaśnić na czym polegała metodyka opracowana przez Autora, a nie tylko ograniczyć się do informacji, że Autor ją opracował. Trudno w takim przypadku rzetelnie ocenić wkład własny Autora pracy.*

Mimo, iż wszystkie prace zamieszczone w Aneksie zostały poddane procesowi recenzyjnemu, to nasuwają mi się pewne uwagi i wątpliwości, m.in.:

1. *W artykule oznaczonym na str. 37 jako A poproszę o wyjaśnienie do:*
 - rysunku 3 i 5, gdyż brak legendy uniemożliwia właściwą analizę stanu odkształcenia materiałów,
 - rysunku 6 i 7 - jaka jest jednostka odkształcenia, skąd tak duże wartości odkształceń?
2. *W artykule oznaczonym na str. 37 jako C poproszę o wyjaśnienie do:*
 - rysunku 6: co oznacza zamieszczona po prawej stronie legenda?
3. *W artykule oznaczonym na str. 37 jako C:*

- w streszczeniu podano, że badania przeprowadzono przy pomocy maszyny osiowej, o jaką maszynę chodzi?
- na rysunku 11 brak jest legendy opisującej wielkość odkształcenia.

Inne uwagi szczegółowe odnośnie pracy to:

4. W rozdziale 2 pracy str. 8

- podpunkt i) „przeliczanie projektu” – nietrafne sformułowanie, dosłowne tłumaczenie zaczerpnięte z programu,
- jest: „System na bieżąco wyszukuje punkty charakterystyczne i sygnalizuje każdy problem” powinno być: „...ewentualny problem ustawienia punktów charakterystycznych”
- Autor używa sformułowania „kąt kamer” zamiast „kąt pomiędzy kamerami”
- Autor w tekście pisany w języku polskim zamieszcza rysunki z opisami w języku angielskim np. rys. 2 str. 9, podobnie w tekście artykułu oznaczonym w aneksie na str. 37 jako „L” napisany w języku polskim zamieścił rysunki z opisami w języku angielskim
- w tabeli 1 str. 27 brak jest jednostek, tylko z opisu tabeli w tekście można wywnioskować, że chodzi o ilość przebadanych złączy, tj. szt.

Wniosek końcowy

Reasumując, stwierdzam, iż pomimo drobnych usterek, opiniowana rozprawa doktorska mgr Marcina Knećcia stanowi istotny wkład w rozwój wiedzy w zakresie bezkontaktowych analiz deformacji złączy hybrydowych stosowanych w przemyśle lotniczym. Należy podkreślić, że rozprawa ta wychodzi naprzeciw problemom zgłaszanym przez firmy z CZT AERONET – Dolina Lotnicza. Autor osiągnął założony cel wykazując się znajomością zagadnień technologicznych oraz nowoczesnych technik badawczych i umiejętnością opracowywania stosownej do potrzeb metodyki badań. Wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną oraz umiejętnością pracy zespołowej przy rozwiązywaniu problemów badawczych. Dogłębna analiza prac ze zbioru spójnego wykazuje indywidualny wkład Autora w opracowywanie koncepcji badawczych, wykonywanie partii eksperymentalnych oraz opracowywanie i interpretację wyników poszczególnych prac. Należy również podkreślić udział Autora rozprawy w opracowywaniu nowych rozwiązań technicznych, będących przedmiotem zgłoszeń patentowych oraz to, że niektóre z rozwiązań Autora rozprawy zostały już wykorzystane w praktyce przemysłowej i wydaje się, że są poważne przesłanki do wdrożenia kolejnych rozwiązań wypracowanych przy udziale Autora.

W mojej ocenie przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr Marcina Knećcia w pełni spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim przez Ustawę z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595, z późniejszymi zmianami) i wnioskuję o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

