Warszawa 26.05.2019

Prof. dr hab. inż. Jerzy Pokojski
Instytut Podstaw Budowy Maszyn
Politechniki Warszawskiej

RECENZJA

pracy doktorskiej mgr inż. Małgorzaty John „Modelowanie, symulacje numeryczne i badania doświadczalne struktury elementów egzoszkieletu".

1. Ocena ogólna pracy

Przedmiotem recenzji jest:

praca napisana przez mgr inż. Małgorzatę John pt. „Modelowanie, symulacje numeryczne i badania doświadczalne struktury elementów egzoszkieletu". Praca powstała w Instytucie Podstaw Konstrukcji Maszyn, na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej.

Celem pracy mgr inż. Małgorzaty John jest (cytuję):" Opracowanie struktury lekkiej, możliwej do wytwarzania technikami szybkiego prototypowania w aspekcie zastosowania w wytwarzaniu elementu pełniącego funkcję nośną."

Dalej wymieniono kryteria, które powinna spełniać ww. struktura:

1) przenosić zadane obciążenia,
2) umożliwiać dostosowanie jej do określonego kształtu zewnętrznego,
3) być relatywnie lekka,
4) umożliwiać wprowadzanie zmian zależnie od stawianych wymagań,
5) pozwalać na wykonanie za pomocą posiadanego sprzętu,
6) pozwalać na relatywnie szybką produkcję (jej budowa i kształt).

Dalej omówiono przyjęty plan badań:

1) Przegląd stosowanych struktur lekkich, w tym struktur przekładkowych (typu sandwich) z różnym rdzeniem.
2) Wybór struktur do testów numerycznych.
3) Opracowanie modeli numerycznych i przeprowadzenie symulacji dla wybranych prób wytrzymałościowych.
4) Analiza wyników testów numerycznych i zaproponowanie modyfikacji.
5) Wybór modelu struktury do badań doświadczalnych.
6) Przygotowanie próbek opracowanej, własnej struktury i przeprowadzenie badań doświadczalnych.
7) Opracowanie wyników badań doświadczalnych, porównanie z wynikami obliczeń numerycznych i opracowanie wniosków.

Biuro Dziekana
wpłynęło dnia 11 06 2019
nr 1142/D/006/zał. –
18/19

RMT Politechnika Śląska
Wydział Mechaniczny Technologiczny
44-100 Gliwice, ul. Konarskiego 18a
tel. 32 237-24-20, fax: 32 237-12-67

8) Podsumowanie badań, zaproponowanie wytycznych odnośnie doboru parametrów geometrycznych i wytrzymałościowych struktury.
9) Określenie kierunku dalszych badań.

Według Autorki działaniami wstępnymi w realizacji podjętego tematu było dokonanie badań literaturowych. Dalsza realizacja tematu odbywała się na drodze przeprowadzonych badań dla struktur różnych typów.

Jednocześnie, przyjęto założenie, że celem pracy nie jest poszukiwanie nowego materiału ale stworzenie nowej struktury na bazie znanych i dostępnych materiałów. W pracy pominięto badania literaturowe odnośnie stosowanych materiałów – fakt ten wynikał z dostępnej bazy sprzętowej.

Informacje przedstawione powyżej zamieszczono w rozdziale pierwszym pracy zatytułowanym: „Wprowadzenie". Poza tym w rozdziale przedstawiono genezę pracy oraz sprecyzowano jej zakres.

W rozdziale drugim scharakteryzowano dwa kluczowe dla pracy obszary: egzoszkielety i techniki szybkiego prototypowania. Egzoszkielety omówiono z punktu widzenia realizowanych funkcji i przyjętych rozwiązań strukturalnych. Stosunkowo szeroko przedstawiono wątki związane ze wspomaganiem w tym zakresie personelu medycznego i pacjentów. Poruszono zagadnienia zastosowań w rehabilitacji jak też aspekt personalizacji zastosowanych rozwiązań. W kolejnym podrozdziale skupiono się na technikach szybkiego prototypowania, w tym technikach addytywnych. Wymieniono i przeważnie krótko scharakteryzowano najważniejsze stosowane podejścia.

Rozdział trzeci dotyczy struktur mechanicznych naśladujących tkankę kostną. W pierwszym podrozdziale w sposób syntetyczny przedstawiono zagadnienie budowy tkanek kostnych. Dalej ustosunkowano się do koncepcji symulacji numerycznej procesu obciążania tkanek kostnych. Określono dane materiałowe, przyjęto koncepcje i założenia odnośnie procesu modelowania za pomocą metody elementów skończonych. W kolejnym podrozdziale przedstawiono przebieg badań doświadczalnych.

W rozdziale czwartym dokonano prezentacji pierwszej z rozważanych struktur opartej na metalach spienionych. W rozdziale krótko omówiono charakterystykę tej klasy struktur, następnie przedstawiono podejście oparte na homogenizacji numerycznej. Dalej, zajęto się określaniem zastępczych stałych materiałowych dla nowych struktur. Na bazie tych dokonań powstały modele numeryczne struktur przekładkowych. Następnie przeprowadzono symulacje określonych prób wytrzymałościowych. Uzyskane wyniki mimo pewnych pozytywnych własności rozpatrywanych struktur nie dały zadowalających rezultatów w procesie wygenerowania próbki struktury techniką przyrostową. Stało się to przyczyną podjęcia kolejnej próby z inną strukturą, omówioną w rozdziale piątym.

W rozdziale piątym zajęto się klasyczną strukturą typu plaster miodu. Przedstawiono jej własności teoretyczne. W kolejnym etapie powstał model parametryczny i wykonane zostały testy numeryczne modelu. Później, podobnie jak w przypadku pierwszej struktury wykonano symulacje określonych prób wytrzymałościowych. Przeprowadzono także próby struktur przekładkowych z rdzeniem typu plaster miodu. Następny etap to próby wykonania próbek technikami przyrostowymi. Trudności na tym etapie spowodowały konieczność wprowadzenia modyfikacji przyjętych na wstępie struktur. Efektem tych działań była struktura określana mianem odwrotny plaster miodu. Jej charakterystyce poświęcono rozdział szósty. Po zastosowaniu modyfikacji wygenerowano próbki oparte na tej koncepcji i przeprowadzono ich badania. Wykonano także analizy modeli numerycznych. Uzyskane wyniki przedstawiono i omówiono w rozdziale siódmym.

W rozdziale ósmym przedstawiono potencjalną możliwość wykorzystania wypracowanych rozwiązań w egzoszkielecie.

Rozdział dziewiąty zawiera podsumowanie i dyskusję. Całość zamyka spis literatury.

Problematyka rozprawy dotyczy zagadnień projektowania urządzeń egzoszkieletowych przy wykorzystaniu technik addytywnych. Jest to bardzo obiecujący kierunek badań, będący jednak, także poważnym wyzwaniem. Występuje tu jednocześnie wiele zagadnień takich jak egzoszkielet i jego struktura, sterowanie egzoszkieletem, problematyka współpracy człowieka z systemem sterowania egzoszkieletu. We wszystkich tych obszarach prowadzone są bardzo szerokie badania, budowane są pierwsze komercyjne produkty, odbywa się proces ich bardzo intensywnego rozwoju połączony z identyfikowaniem kolejnych problemów i wyzwań. W badanych rozwiązaniach uwzględnia się zarówno rozwiązania typowe dla struktur biologicznych, opartych na tkance kostnej jak i próbuje się je łączyć ze strukturami naśladującymi struktury mięśniowe. Spoiwem ma być odpowiedni system sterowania.

Wiele struktur stosowanych, wytwarzanych w dzisiejszym przemyśle opiera się na technikach przyrostowych. Recenzowana praca dotyczy także tych nowych procesów wytwarzania i możliwości ich zastosowania w produkcji elementów egzoszkieletów. Techniki przyrostowe mają za zadanie poprawić cały szereg wskaźników jakościowych i ilościowych bardzo istotnych w tej klasie konstrukcji. Istotnym elementem, jest, na ogół, operowanie w procesie projektowania sparametryzowanymi modelami nowych koncepcyjnie struktur.

Zastosowanie powyższych technologii, a tym bardziej wprowadzenie ich w realnym przemyśle nie jest jednak proste, wiąże się z koniecznością dokonania całego szeregu działań polegających na stworzeniu na nowo procesów inżynierskich stosowanych w projektowaniu i rozwoju produktu oraz odniesieniu ich do realiów konkretnej konstrukcji, i dalej konkretnego zakładu przemysłowego. W sumie w wielu przypadkach prowadzi to do modelowania wielodyscyplinowego czy też transdyscyplinowego.

Recenzowana praca, w mojej ocenie, jest próbą wypracowania podejścia, którego zadaniem jest na bazie doświadczeń, badań, analizy modeli symulacyjnych doprowadzenie do stworzenia efektywnych struktur potrzebnych do tworzenia egzoszkieletów. Postępowanie zastosowane w pracy opiera się na wieloetapowym działaniu, w którym na kolejnych etapach wykorzystywano doświadczenie, wiedzę historyczną – własną i nabytą, budowano określone modele, wykonywano niezbędne badania i analizy, i następnie korekcyjnie generowano kolejną, udoskonaloną wersję rozwiązania postawionego problemu. Odnosząc te fakty do tego co się dzieje w tym obszarze badań w innych laboratoriach, i jest publikowane, można stwierdzić, że jest to postepowanie dosyć typowe.

W obserwowanych, w literaturze, dokonaniach można stwierdzić, że postęp w rozwoju konstrukcji mechanicznych dzisiaj odbywa się przede wszystkim na drodze: optymalizacji struktur w skali makro, stosowania nowych materiałów i ich nowych rozwiązań strukturalnych. Jednocześnie następuje zawężanie optyki produktowej. Nowe rozwiązania powstają, są niejako dedykowane np. poszczególnym elementom silników lotniczych, poszczególnym węzłom elementów nośnych samochodu, itd.

W recenzowanej pracy występują również te wszystkie uwarunkowania: optyka produktowa (egzoszkielet), operowanie strukturą, przy określonych dosyć elastycznych (ale nie do końca zbadanych) możliwościach wytwórczych (obróbki addytywne). Praca ukazuje także potencjał zastosowanych metod i podejść, unaocznia także możliwe trendy rozwojowe.

Zastosowane w pracy podejście posiada znamiona pewnej systematyczności i kompleksowości. Aczkolwiek skala dokonań ma charakter laboratoryjny.

Tematyka podjęta przez mgr inż. Małgorzatę John dotyczy zarówno poszukiwania określonych, skutecznych rozwiązań inżynierskich jak też i dróg dochodzenia do nich.

Podsumowując, zagadnienia podjęte w rozprawie dotyczą problematyki rozwoju konstrukcji egzoszkieletu przy wykorzystaniu różnych, używanych obecnie metod i narzędzi.

Pracę, jej całokształt oceniam pozytywnie.

Recenzujący dokonał oceny treści merytorycznych pracy w zakresie posiadanych kompetencji. Kompetencje recenzenta odnoszą się przede wszystkim do aspektów projektowych (podejścia i narzędzia stosowane w różnych fazach procesu projektowego), analiz i symulacji projektowych, procesów podejmowania decyzji projektowych, modelowania wiedzy projektowej.

Recenzujący nie odnosi się do zagadnień modelowania problemów o biologicznym kontekście, tematyka ta nie leży w obszarze jego zainteresowań. Recenzujący zakłada, że w tym zakresie wyniki pracy były dostatecznie weryfikowane w procesie publikowania przez Autorkę swoich osiągnięć w pismach naukowych.

2. Uwagi krytyczne i dyskusyjne

Praca w swojej postaci przypomina raport, z prowadzonych w dłuższym okresie czasu badań. Zastosowana narracja ma dosyć monotonną postać. Stosunkowo niewiele jest materiału odnoszącego się do przebiegu całego procesu i podejmowanych w jego ramach decyzji.

Praca jest wielowątkowa. Poszczególne wątki mogą odnosić się zarówno do głównego nurtu prowadzonych badań, mogą również stanowić argumentację dla podejmowanych decyzji cząstkowych. Różna jest ich ranga. Najczęstszy materiał ilustracyjny to wizualizacje modeli i stosunkowo liczne wykresy prezentujące uzyskane, w trakcie badań i symulacji, wyniki. Relatywnie mało miejsca poświęcono dyskusji odnośnie jakości zastosowanych modeli i jakości uzyskanych wyników (czasem była to tylko niezbyt dobitnie zaprezentowana ekspozycja tych zagadnień). Sądzę, że dokonania Autorki mogłyby znacznie zyskać po wprowadzeniu kilku poziomów prezentacji/narracji, np. wyodrębnieniu jako głównego poziomu prezentacji wątku decyzyjno-modelowego, przedstawieniu jako drugiego poziomu uzasadnień, tła podejmowanych decyzji, cech modeli i uzyskiwanych rezultatów, itd.

Podobne uwagi można sformułować odnośnie aspektu odwołań do literatury. Dodanie zestawień tabelarycznych kluczowych atrybutów analizowanych prac, ujednolicenie języka, dołączenie autorskich konkluzji i uwag mogłoby również ułatwić percepcję poruszanych zagadnień.

Powyższe uwagi mają charakter dyskusyjny i w zasadniczy sposób nie zmieniają pozytywnej oceny recenzowanej pracy.

2.1. Uwagi szczegółowe

W całości pracy można zaobserwować obecność licznych, drobnych usterek stylistycznych, literowych i redakcyjnych.

Są to:

1) Strona 11, „które maja miejsce",
2) Strona 18, „gdyż w takcie rozważania",
3) Strona 18, „linową funkcją",
4) Strona 25, „spieniania się", „ciekłej sali w kontakcie", „w szybkim tępię",
5) Strona 27, „pianki metolowej", „niszczenie obawia się", „specyficznymi własności",
6) Strona 29, „łatwa do przeprowadzenie", „zazwyczaj stosuję się",
7) Strona 32, „na ilustracjach umieszczonych w rozdziale 2.3" – nie ma takiego rozdziału,
8) Strona 33, przebiegało całkować",

9) Strona 37, „polega na oblizaniu wartości średniej arytmetyczna",
10) Strona 38, być użyte jako modle", „sposób rozmieszenia", „Rys. 4.20-4.21" – złe odwołania do rysunków,
11) Strony 42-44, zła numeracja rysunków,
12) Strona 50, „w modelu zbudowanego",
13) Strona 52, „różnic gęsiości", „testów dla jednakowych geometrycznie modelach",
14) Strona 54, „jakie zostały przeprowadzony",
15) Strona 57, „tworzywo konstrukcyjna",
16) Strona 77, „pojawiło się większe różnice",
17) Strona 95, „ obserwujemy również znaczy", „z mniejszym stopniej",
18) Strona 100, „przemieszczeń, który powinny",
19) W literaturze, niekompletne dane w pozycjach: 7, 17, 26,

W wielu miejscach brakuje też znaków interpunkcyjnych.

Dostrzeżone usterki są łatwo uchwytne dla polskojęzycznego czytelnika zatem obniżają poziom komunikacji w stosunkowo niewielkim stopniu.

3. Podsumowanie

Pracę mgr inż. Małgorzaty John oceniam pozytywnie. Za jej główne zalety uważam:

1) rozwiązanie realnego, kompleksowego, wieloetapowego i niestandardowego zadania naukowego,
2) opanowanie dosyć obszernej i różnorodnej wiedzy merytorycznej i narzędziowej.

Wyrażam przekonanie, że rozprawa mgr inż. Małgorzaty John spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim (określonym w ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki) i wnoszę o jej dopuszczenie do publicznej obrony.