

dr hab. inż. Tadeusz Szymczak, prof. ITS

Instytut Transportu Samochodowego
Zakład Homologacji i Badań Pojazdów
ul. Jagiellońska 80
03-301 Warszawa
tel. 22 43 85 307, e-mail: tadeusz.szymczak@its.waw.pl

**Recenzja rozprawy doktorskiej p. mgr inż. Grzegorza Spiry
pt. "Metody inteligencji obliczeniowej w zagadnieniach projektowania i optymalizacji
wybranych elementów konstrukcyjnych zabudów samochodów ciężarowych"**

Podstawa wykonania recenzji:

powołanie przez Radę Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna
Politechniki Śląskiej, z dnia 12.07.2023 r.

Ogólna charakterystyka rozprawy doktorskiej

Rozprawę doktorską zapisano na 137 stronach, wydzielając 7 zasadniczych rozdziałów. Znajdują się w nich opisy merytoryczne, rysunki komputerowe, wyniki obliczeń oraz tabele. Początkowe rozdziały rozprawy doktorskiej mają znaczenie wprowadzające w jej zawartość z podaniem celu i tezy. Kolejne części pracy naukowej reprezentowane są zagadnieniami dotyczącymi optymalnego projektowania i metody elementów skończonych, szczegółami inteligencji obliczeniowej oraz metodologią optymalnego projektowania komponentów środków transportu. Końcowymi rozdziałami rozprawy są przykłady zastosowania opracowanej metodologii i podsumowanie.

Ocena merytoryczna rozprawy

Zawartość merytoryczną rozprawy doktorskiej jej Autor rozpoczął ogólnymi informacjami dotyczącymi projektowania, w tym z wykorzystaniem technik komputerowych i wybranymi szczegółami wytwarzania, podając przykłady dwóch projektów własnych modeli 3D. W opisie materiałów konstrukcyjnych przedstawił, z wykorzystaniem informacji ogólnych, stale niestopowe - jak S235 i S355 oraz stopowe - jak S500MC i S700MC klasyfikowane jako materiały wysokowytrzymałe - będące przedmiotem przeprowadzonych w ramach pracy naukowej analiz. Doktorant zaprezentował również zagadnienie dotyczące współczynnika bezpieczeństwa, który pomimo - występowania w środowisku inżynierskim wielu zaawansowanych programów do modelowania i obliczeń - jest wciąż bardzo istotny ze względu na bezpieczne użytkowanie konstrukcji, środków transportu i w szerszym znaczeniu bezpieczeństwo ruchu drogowego (BRD). Zagadnienia optymalizacji Autor rozprawy opracował wielowątkowo, omawiając metody gradientowe i bezgradientowe, wielokryterialne i topologiczne.

W przypadku zagadnień dotyczących projektowania zabudów do samochodów ciężarowych i specjalnych Doktorant szczegółowo przedstawił wymagania formalne i projektowe, które realizują zespoły inżynierskie zajmujące się opracowywaniem i wytwarzaniem zabudów do wymienionych środków transportu. Przybliżył również cechy oprogramowania specjalistycznego wykorzystywanego w projektowaniu, podając możliwości i ograniczenia. Zaprezentowane przez Autora rozprawy doktorskiej etapy projektowania zabudowy pojazdu zostały przedstawione w odpowiedniej kolejności

Biuro Dziekana

wpłynęło dnia 20 LIP 2023
RDJMe/162/51/2023
nr zał. 2 egzempl.

- rozpoczynając od spełnienia warunku nie przekraczania dopuszczalnych nacisków na osie jezdne, analizując następnie obciążenie żurawia i sprawdzenie stateczności pojazdu, które omówiono w szczegółach, koncentrując się na określeniu osi wywrotu. Uwagę zwraca propozycja wykorzystania proponowanej przez Doktoranta metodologii optymalizacji konstrukcji w strukturach nowoczesnego przemysłu - Przemysłu 4.0.

Autor rozprawy doktorskiej wprowadził również w tematykę metody elementów skończonych, wykorzystując zagadnienia mechaniki ośrodka ciągłego, przywołując istotę MES z uwzględnieniem specyfiki elementów liniowych, jak: element MPC i sposoby modelowania zagadnień kontaktowych. Zawarł również informacje o efektywności stosowanych programów komputerowych.

Metoda inteligencji obliczeniowej została przedstawiona przez Doktoranta w szerokim zakresie poprzez ogólne założenia, istotę jej działania z propozycją schematu ogólnego algorytmu ewolucyjnego, omówienie operatorów genetycznych i powiązanie cech konstrukcji poddawanej analizie z odpowiednimi danymi techniki obliczeniowej. Autor rozprawy doktorskiej przedstawił również zasadę działania sieci neuronowej, podając schemat perceptrona wielowarstwowego oraz szczegóły dotyczące korzystania ze sztucznej sieci neuronowej.

W procedurze optymalizacji Doktorant zawarł wiele etapów uwzględniając: specyfikę projektowania, wymagania inteligencji obliczeniowej, tworzenie modeli z wykorzystaniem metody elementów skończonych, analizę wytrzymałościową kryterialną oraz zależności warunkowe. Uwagę zwraca ilość komponentów konstrukcyjnych, stanowiących zbiór elementów poddawanych analizie przy wykorzystaniu zaproponowanego algorytmu. Metodyczne postępowanie w rozpatrywanym procesie optymalizacji - polegające na doborze elementów konstrukcyjnych, określeniu współczynnika bezpieczeństwa, wskazaniu kryterium optymalizacji, przeprowadzeniu obliczeń i podjęciu decyzji przez konstruktora względem wygenerowanych propozycji a następnie wykonaniu optymalizacji z uwzględnieniem kilku warunków brzegowych rozpatrywanych jednocześnie - również ma znaczenie dla jakości rozprawy doktorskiej. Widoczne jest to również w postępowaniu z modelem 3D, polegającym na utworzeniu reprezentatywnej geometrii i wykorzystaniu w budowie podzespołu, zdefiniowaniu powierzchni, określeniu liczby węzłów, wyborze rodzaju elementów skończonych oraz przygotowaniu modelu zdyskretyzowanego.

Modele 3D ramy pojazdu i ramy pomocniczej oraz model ideowy żurawia Autor rozprawy doktorskiej przygotował z zachowaniem istotnych cech technicznych, dając w ten sposób możliwość prowadzenia efektywnych obliczeń. Dzięki temu możliwa była analiza dwóch przypadków montażu żurawia tj. za kabiną i z tyłu pojazdu.

Proponowaną metodologię optymalizacji Autor rozprawy doktorskiej wykorzystał względem ramy pomocniczej do samochodu ciężarowego, zawierającego skrzynię ładunkową i żurawia montowanego w tyle pojazdu. Celem tego postępowania było zmniejszenie masy rozpatrywanego komponentu przy utrzymaniu cech technicznych pojazdu. W tym celu Doktorant wykorzystał wytyczne normatywne, wymagania producenta pojazdu i ograniczenia wymiarowe składników ramy, uzyskując ostatecznie zmienne projektowe. W efekcie, Autor rozprawy doktorskiej określił masę ramy pomocniczej bliską 518 kg, co w porównaniu do konstrukcji handlowej świadczyło o 38%-owej redukcji masy. Znaczącym rezultatem, przeprowadzonych przez Autora rozprawy doktorskiej analiz, są wartości naprężenia efektywnego w konstrukcji o najlepszych kryterialnie określonych cechach technicznych, zawierając dwa gatunki stali konstrukcyjnych jak: S355J2 (złącza spawane), S500MC (w stanie dostawy i wprowadzony do ramy pomocniczej poprzez spawanie) w zestawieniu z wartościami naprężenia dopuszczalnego, przy 10 położeniach ramienia żurawia. Doktorant wskazał również miejsce o najwyższej wartości naprężenia efektywnego wg Hubera - von Mises'a - Hencky'ego dla konkretnego rozpatrywanego przypadku technicznego, które może służyć jako strefa inspekcyjna na poszczególnych etapach eksploatacji środka transportu. Najniższy współczynnik stateczności pojazdu

wystąpił przy ustawieniu żurawia po prawej stronie pojazdu pod kątem do jego ramy w kierunku kabiny, przyjmując wartość 1.56, wskazując najbardziej niebezpieczny kierunek wywrotu.

Opracowana przez Doktoranta metoda optymalizacji została również rozszerzona do ramy pomocniczej pojazdu wykorzystywanej do montażu żurawia za kabiną, przy czym w tym przypadku zastosowano dwa kryteria. Pierwszym z nich było zmniejszenie masy ramy pomocniczej, drugim natomiast minimum kosztów. W efekcie, masę konstrukcji określono na poziomie 377 kg. W porównaniu do produktu oryginalnego uzyskano konstrukcję lżejszą o 18%. Zarówno w przypadku komponentów wykonanych ze stali S355J2 i S460MC – wytworzonych w podstawowym procesie technologicznym oraz przy wykorzystaniu metody spawania – wartości naprężenia efektywnego wg Hubera - von Mises'a – Hencky'ego były poniżej wartości naprężenia dopuszczalnego, przy różnych położeniach żurawia, zawierając pojazd bez ładunku i obciążony ładunkiem. W rozpatrywanym przypadku, Autor rozprawy doktorskiej również wyznaczył strefę o największej wartości naprężenia efektywnego. Była ona reprezentowana belkami mocującymi skrzynię ładunkową. Minimalny współczynnik stateczności (1.54) został określony przy ustawieniu żurawia po lewej stronie pojazdu do tyłu pod kątem do ramy rozpatrywanego środka transportu.

Autor rozprawy doktorskiej wykorzystał również zaproponowaną metodologię optymalizacji do projektowania ramienia teleskopowego żurawia mobilnej stacji diagnostycznej, wprowadzając zmienne w postaci: wymiarów przekroju poprzecznego, długości i grubości nakładki, części wspólnej profili, stosowania nakładek bocznych, cech geometrycznych przekroju poprzecznego oraz materiału konstrukcyjnego. W badaniu optymalizacyjnym Doktorant wykorzystał dwa istotne warunki związane z eksploatacją i produkcją, jak odpowiednio: minimalizacja masy i kosztów, uzyskując masę ramienia wynoszącą 234 kg (stanowiącą 54% masy konstrukcji pierwotnej) przy koszcie 1822 zł. Doktorant zaproponował również wykorzystanie konkretnego ramienia teleskopowego tj. w kształcie rury o przekroju sześciokątnym.

Uwagi szczegółowe do ocenianego opracowania naukowego

W opisie obciążenia żurawia z wykorzystaniem normy Autor rozprawy doktorskiej posłużył się sformułowaniem *efekty dynamiczne struktury żurawia*, które jedynie pośrednio wskazuje na konstrukcję urządzenia. Również w tej części pracy użyto następująco: *związanych z maksymalnym podnoszonym ładunkiem*, pomijając cechę fizyczną lub geometryczną ładunku.

Z tekstu dotyczącego hipotez wyężeńiowych wynika, że w przypadku występowania obciążenia złożonego należy posługiwać się zredukowanym naprężeniem, co wskazuje na zmniejszenie wartości naprężenia. W efekcie może to wpłynąć niekorzystnie na ogólną ocenę jakości technicznej konstrukcji.

Użyta terminologia inteligencji obliczeniowej jak: chromosom, gen, osobnik jest zbieżna z ogólnymi jej założeniami, natomiast nauki inżynierskie powinny uzyskać inne nazwy.

Informacja o przygotowaniu sieci neuronowej do zamierzonych celów projektowych wskazuje, że Doktorant wybrał naprężenie maksymalne, któremu w wielu przypadkach należy podać kierunek, by na tej podstawie można było wskazać miejsce najbardziej wyężone.

Warunek bliskości wartości naprężenia z wartością naprężenia dopuszczalnego prowadzi do wystąpienia stanu quasi-granicznego, co wskazuje na przypadek akceptowalny lecz końcowy. Odnosząc ten stan do norm i dokumentów stosowanych w branży motoryzacyjnej oznacz to, że konstrukcja uzyskała już minimalne dopuszczalne cechy konstrukcyjne.

Wyznaczone wartości naprężenia efektywnego (określanego również nazwą: równoważnego lub ekwiwalentnego) można nie tylko porównywać z wartościami naprężenia dopuszczalnego,

lecz również z wartościami granicy zmęczenia, które bezpośrednio są związane z obciążeniami zmiennymi cyklicznie, uzyskując w ten sposób szersze spektrum oceny jakości technicznej konstrukcji.

Zaproponowana metodologia optymalizacji uwzględnia wiele cech materiałowo-konstrukcyjnych komponentu, prowadząc do uzyskania reprezentatywnego wyniku końcowego, natomiast równie istotną kwestią jest optymalizowanie stref łączenia na przykład wykonanych techniką spawania.

Ocena końcowa rozprawy doktorskiej

Recenzowana rozprawa doktorska - poprzez wykorzystanie inteligencji obliczeniowej, metody elementów skończonych, zagadnień mechaniki i wytrzymałości materiałów - dotyczy nowoczesnego projektowania komponentów roboczych zabudów pojazdów ciężarowych i specjalnych. W sposób metodyczny zawarto w niej szczegóły optymalizacji układów przestrzennych wielobryłowych, gabarytowych, utworzonych z różnych materiałów konstrukcyjnych, w tym przy wykorzystaniu techniki spawania. Na uwagę zasługuje wprowadzenie zaproponowanej metodologii optymalizacji do kilku zagadnień technicznych, dotyczących rozmieszczenia żurawia na pojeździe oraz związanych z ramieniem teleskopowym żurawia mobilnej stacji diagnostycznej, z wynikiem pozytywnym.

Ponadto, zaprezentowane w rozprawie doktorskiej rezultaty wskazują na kompleksowe postępowanie względem przyjętego do analizy zagadnienia, ponieważ wynikami obliczeń są nie tylko wartości naprężenia z analizy 3D lecz również wartości współczynnika stateczności i kierunki osi wywrotu. Na podstawie zamieszczonych wyników badań można podejmować działania projektowe zmierzające do modyfikacji konstrukcyjnej żurawia do pojazdów oraz ram pomocniczych, zawierających strefę im przeznaczoną, w tym pod względem zmniejszenia masy.

Zestawienie metody elementów skończonych i sposobu optymalizacji wskazuje na możliwość łączenia tych obu obszarów obliczeniowych w celach zwiększenia efektywności kalkulacji poprzez skracanie czasu uzyskania wyniku końcowego przy określeniu najbardziej korzystnego - pod względem przyjętego kryterium - rezultatu. W efekcie, uzasadnione jest stwierdzenie o wprowadzeniu przez Autora rozprawy doktorskiej nowej koncepcji prowadzenia obliczeń wytrzymałościowych o charakterze inżynierskim i naukowym w dyscyplinę inżynieria mechaniczna oraz zagadnienia dotyczące projektowania środków transportu.

Wniosek końcowy

Komentarze i uwagi dotyczące recenzowanej rozprawy doktorskiej są o znaczeniu dyskusyjnym i nie prowadzą do zmniejszenia jej znaczenia.

Uzasadnionym jest więc stwierdzenie, że rozprawa doktorska p. mgr inż. Grzegorza Spyry spełnia wymagania określone w Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym (z dnia 21 kwietnia 2017 roku) oraz zgodnie z zapisami art.179 ust. 1 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. (przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, Dz.U. z 2018 r., poz. 1669) i może stanowić podstawę formalną do nadania jej Autorowi stopnia doktora nauk technicznych w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie „inżynieria mechaniczna”. Tym samym wnoszę o wprowadzenie rozprawy doktorskiej do publicznej obrony.

