

**RECENZJA**  
**rozprawy doktorskiej**  
**mgr. inż. Maksymiliana Cierniewskiego**

**SYSTEM STEROWANIA UKŁADU RADIALNEGO PROWADZENIA ZESTAWÓW  
KOŁOWYCH**

**1. Uwagi dotyczące tematu rozprawy, genezy, sformułowanego celu i tezy oraz zakresu pracy**

Przedmiotem pracy są zagadnienia dotyczące projektowania, modelowania i analizy cech konstrukcyjnych innowacyjnego rozwiązania systemu prowadzenia zestawów kołowych lokomotyw kolejowych. Autor od lat zajmuje się problematyką związaną z transportem kolejowym i dostrzegł potrzebę opracowania systemu radialnego prowadzenia zestawów kołowych lokomotyw. Potrzeba ta wynikała z faktu funkcjonowania w ruchu kolejowym lokomotyw, których zestawy prowadzone są w sposób nieoptymalny. Powoduje to nadmierne zużycie torów kolejowych, zużycie kół oraz niepotrzebne straty energii. Przedstawiona w pracy analiza występujących w pociągach systemów prowadzenia kół w wózkach, pozwala zrozumieć skalę i problem konstrukcyjny wybrany do rozwiązania. Doświadczenie Autora pracy pozwoliło na podjęcie wyzwania i wskazanie propozycji rozwiązania problemu oraz właściwe sformułowanie tematu i celu pracy. Po zapoznaniu się z całością pracy uważam, że sformułowanie tematu w pełni odzwierciedla to, w poszukiwaniu czego autor pracy przeprowadził pełny proces projektowy i badawczy, którego opis zamieścił. Autor wyznaczył właściwy zakres pracy, przeanalizował wiele możliwości rozwiązania problemu tarcia obrzeży kół o szyny na zakrętach. Przedstawił rozwiązania historyczne i współczesne, po czym zaproponował mechatroniczny system, który mógłby być aplikowany w lokomotywach nadal jeżdżących po torach. Zbudowany został model wirtualny systemu i przeprowadzone zostały obliczenia numeryczne jego podstawowych elementów składowych. Stanowisko badawcze, zbudowane na bazie zaproponowanego rozwiązania pozwoliło na przeprowadzenie kompletnych badań i ocenę jego jakości.

Naturalną koleją rozwoju środków transportu jest poszukiwanie rozwiązań uniwersalnych ukierunkowanych na nowe konstrukcje, ale także modernizację istniejących. Poszukuje się rozwiązań zwiększających trwałość systemów, ale także pozwalających ograniczenie kosztów eksploatacji. Temat opiniowanej pracy wpisuje się w aktualny trend poszukiwań rozwiązań technicznych dla transportu kolejowego, którego znaczenie rośnie na całym świecie. Autor w przedstawionej pracy przedstawił problem i zaproponował jego rozwiązanie. Przeprowadził proces projektowy, podparty badaniami podstawowymi i eksperymentalnymi.

We wstępnej części pracy znalazło się wyczerpujące uzasadnienie podjęcia tematu i nie budzi moich zastrzeżeń w odniesieniu do działań inżynierskich oraz badań podstawowych. Autor wnikliwie przeanalizował problematykę tarcia kół wózków nośnych o szyny. Wskazał i opisał cechy najczęściej występujących rozwiązań technicznych.

Tytuł pracy określa w tym przypadku główny cel pracy, który autor rozwinął w szereg działań badawczych pozwalających na przeprowadzenie pełnego procesu projektowego wspartego badaniami symulacyjnymi i eksperymentalnymi. Należy podkreślić jako ambitne osiągnięcie, wykonanie wysokiej klasy stanowiska badawczego w celu przeprowadzenia badań eksperymentalnych. Autor w sposób wyczerpujący przedstawił zakres pracy, co pozwala zapoznać się z całym procesem projektowania oraz zastosowaną metodyką badawczą.

W mojej ocenie problematyka poruszona w pracy należy do grupy problemów z zakresu Inżynierii Lądowej i Transportu. Praca porusza problemy obejmujące zagadnienia transportu kolejowego, eksploatację taboru kolejowego, kinematykę oraz dynamikę ruchu lokomotyw, zjawiska związane z kontaktem kół z torami. Zaproponowany temat rozprawy jest ważny z naukowego punktu widzenia. Rozprawa ma charakter użytkowy i poznawczy, poruszane są w niej problemy z zakresu mechaniki, mechatroniki, systemów CAX, i teorii konstrukcji maszyn. Zaproponowany cel pracy dotyczy poprawnie sformułowanego zadania naukowego, a przyjęta metodyka badawcza jest gwarancją jego rozwiązania. Zakres pracy w mojej ocenie wyczerpuje warunki, jakie są standardami podczas realizacji tego typu prac.

## **2. Struktura i charakterystyka pracy**

Opiniowana praca składa się ona z dziesięciu paragrafów, spisu treści, streszczenia w języku polskim i angielskim oraz spisu literatury. Całość opracowania obejmuje 120 stron z kolorowymi ilustracjami opisywanych treści.

Pracę rozpoczyna geneza pracy, w której autor nakreśla problem poruszania się wózków pojazdów kolejowych po torach na zakrętach. Problematyka ta jest tak stara jak rozwój kolejnictwa i w pracy zamieszczony został przegląd dotychczasowych rozwiązań problemu. We wcześniejszych rozwiązaniach poszukiwano możliwości redukcji tarcia kół wózka poruszającego się po łuku, poprzez zastosowanie smarowania, pasywne i aktywne rozwiązania skręcające kołami. Tak opracowany wstęp do pracy pozwolił autorowi na sformułowanie tezy badawczej oraz przedstawienie celu i zakresu pracy.

Autor postawił sobie za ambitny cel, opracowanie kompletnej koncepcji systemu radialnego sterowania zestawów kołowych pojazdów szynowych. Dodatkowo wskazał konieczność

wpracowania na tyle uniwersalnego systemu, aby mógł on być zastosowany w pojazdach obecnie poruszających się po torach kolejowych. Z pośród zadań postawionych sobie do realizacji na podkreślenie zasługuje opracowanie autorskiej koncepcji pozyskiwania sygnałów sterujących systemem ustawienia kół. Pozostałe zadania postawione w pracy dopełniają program badawczy zmierzający do osiągnięcia celu i potwierdzenia postawionej tezy badawczej.

W kolejnych rozdziałach autor rozpatruje koncepcje systemów pozyskiwania sygnałów wejściowych oraz koncepcje układów wykonawczych. Po przeanalizowaniu podstawowych możliwości rozwiązania problemu poprawy jakości ruchu wózka kołowego na zakrętach autor przechodzi do realizacji badań laboratoryjnych.

W rozdziale szóstym przedstawione jest specjalnie zaprojektowane stanowisko badawcze pozwalające na symulowanie warunków panujących w pojeździe kolejowym poruszającym się po łuku. Stanowisko wykonano w celu weryfikacji możliwości wykorzystania różnych typów czujników jako źródeł sygnału wejściowego oraz zbadania możliwości wybranych systemów wykonawczych. W pracy znajduje się szczegółowy opis systemów wykorzystanych do budowy stanowiska wraz ze schematami ideowymi oraz algorytmami działania. Dla wybranych elementów konstrukcji wykonane zostały modele wirtualne, na których przeprowadzono obliczenia numeryczne. Przedstawione wyniki badań na szeregu wykresach pokazują wysoką jakość funkcjonowania systemu sterowania wyjściowym układem hydraulicznym. W efekcie przeprowadzonych badań zdecydowano, że jako informacje wejściowe systemu sterowania zostaną wykorzystane sygnały z czujników naprężeń umieszczonych na prowadnikach zestawów kołowych.

W kolejnym rozdziale autor zajmuje się badaniami dwóch typów prowadników, sposobu uzbrojenia w czujniki naprężeń, tak aby mogły w praktyce posłużyć jako źródło sygnału wejściowego. Wykonane zostały modele wirtualne, dla których przeprowadzono symulację obciążeń. Obliczenia z wykorzystaniem MES pozwoliły na wskazanie miejsc, gdzie powinny zostać zlokalizowane czujniki. Badania laboratoryjne potwierdziły skuteczność tak zaprojektowanego systemu zbierania sygnału wejściowego. Pozwoliło to na przeprowadzenie badań na rzeczywistych obiektach, których opis znalazł się w podrozdziale zatytułowanym: „Badania poligonowe”. Wnioski z tych badań wskazują, że tak opracowany system jest bardzo skuteczny i może być stosowany w praktyce.

W rozdziale ósmym przedstawiono opracowanie kompletnej koncepcji budowy systemu sterowania radialnego prowadzenia zestawów kołowych. Rozdział zawiera opis modułu czujnika pomiarowego, budowę i algorytmy działania modułu wykonawczego obwodu zasilania oraz sterownika siłowników hydraulicznych. Na uwagę zasługuje szczegółowo opisana budowa i zasadę działania sterownika centralnego. Pokazano w jaki sposób łączy on w sobie zadania związane ze sterowaniem kołami wózka pojazdu kolejowego w ruchu po łuku.

W ostatnim rozdziale autor podsumowuje przeprowadzony proces projektowy i badawczy oraz wskazuje kierunki dalszych prac. Potwierdza osiągnięcie założonych celów oraz postawionej tezy badawczej.

Pracę zamyka spis źródeł literaturowych oraz internetowych, norm i dokumentacji technicznych. Pośród literatury występuje szereg wewnętrznych prac instytutu w którym autor pracuje. W mojej ocenie można założyć wysoką jakość naukową tych prac, ze względu na doświadczenie i jakość badań prowadzonych przez IPS „Tabor”.

Przedstawioną mi do oceny rozprawę doktorską oceniam jako opracowanie pełne i kompletne.

### **3. Ogólna ocena i uwagi dotyczące rozprawy**

W rozprawie doktorskiej autor podjął się bardzo aktualnej tematyki, wpisującej się w problematykę czystego transportu, oszczędzania energii oraz zwiększania trwałości środków transportu. Temat pracy jest bardzo ważny i aktualny z punktu widzenia zarówno inżynierskiego jak i naukowego. W swoim opracowaniu autor zawarł aktualną formę procesu projektowego podpartego badaniami symulacyjnymi, laboratoryjnymi, które zostały wsparte badaniami poligonowymi.

W efekcie tego procesu powstał innowacyjny system sterowania wózkami kolejowymi mogący być szeroko stosowany w pojazdach kolejowych. Trwają poszukiwania nowych obiektów badań, modeli do badania w których można zastosować współczesne narzędzia badawcze. Autor wybrał zadanie, które należy rozwiązać, bez gwarancji sukcesu. Dzięki jego badaniom nastąpił postęp technologiczny w obszarze obiektów funkcjonalnych w systemach transportu. Wykorzystał techniki komputerowe i dostępne narzędzia badawcze aby w optymalny sposób osiągnąć założony cel. Podjął się wyzwania stawianego konstruktorom maszyn, zmuszającego do poszukiwania rozwiązań konstrukcyjnych, których właściwości okażą się optymalne w trakcie eksploatacji.

Struktura i podziału treści w pracy są naturalną logiczną konsekwencją prowadzonego przez autora procesu badawczego. Zawiera pewne mankamenty, jednak ciąg postępowania w procesie tworzenia tego opracowania jest właściwy. Autora cechuje pewna skromność w opisie uzyskanych wyników badań w prowadzonych badaniach eksperymentalnych. Cały szereg wyników badań pozostaje z minimalnym opisem. Należy jednak podkreślić, że skala prowadzonych badań była bardzo szeroka a ich jakość na najwyższym światowym poziomie..

W mojej ocenie praca zawiera wszystkie cechy rozprawy doktorskiej. Załączone w tym punkcie uwagi pozwalają wskazać na wysoką ocenę osiągnięć jej Autora.

### **4. Uwagi szczegółowe**

W rozprawie nie dostrzegam większych mankamentów. Rozdziały są kompletne, ułożone we właściwej kolejności i w logiczny sposób odzwierciedlają proces prowadzonych badań.

Moje zastrzeżenia budzi skromny przegląd literaturowy, oparty w dużej mierze na opracowaniach własnych IPS „Tabor”. Są na świecie inne instytuty badające podobną tematykę, są też opracowania książkowe z zakresu problematyki podejmowanej w pracy. Zakładam jednak, że opracowania wewnętrzne, na których autor oparł swoje badania, zawierały głębszy przegląd dostępnych źródeł literaturowych.

W szczegółowej analizie nie odnoszę się do drobnych błędów edytorskich, które często powstają wskutek automatycznego wspomaganie edycji przez edytor tekstu. W mojej ocenie wskazane powyżej uwagi nie mają jednak znaczącego wpływu na wysoką jakość opracowania.

Niektóre rysunki w pracy należało by powiększyć aby poprawić ich czytelność zwłaszcza wyniki obliczeń symulacyjnych. Zamieszczone zdjęcia badanych obiektów mogły by zawierać wskazania interesujących szczegółów, co podniosło by ich wartość.

W pracy jednym z ważniejszych osiągnięć Autora było wskazanie elementów systemu mogących służyć do zbierania sygnałów wejściowych. Wybrane zostały dwa prowadniki, typu ALSTOM oraz z zestawu kołowego lokomotywy 111E. Są to diametralnie różne rozwiązania, natomiast w rozdziałach 7.1 oraz 7.2 ich opis jest raczej skromny.

**W moim pytaniu do Autora** zwracam się z prośbą o szersze omówienie cech tych prowadników, omówienie warunków obliczeń numerycznych przedstawionych na rysunkach: 7.3 i 7.19, oraz szersze omówienie przeprowadzonych badań laboratoryjnych.

## **5. Końcowa ocena pracy**

Przedstawiona mi do oceny rozprawa doktorska dokumentuje wysokiej jakości proces badawczy, Stanowi bardzo dobre opracowanie wnoszące znaczący wkład w nauki związane z inżynierią transportu. Zapoznałem się z nią z dużym zainteresowaniem. Poruszana tematyka badawcza jest bliska mojemu doświadczeniu naukowemu i konstruktorskiemu. Pragnę podkreślić istotną wagę cech poznawczych analizowanych w pracy zagadnień również z zakresu inżynierii mechanicznej.

Działania Autora miały na celu rozwiązanie problemu rzeczywistego związanego z transportem kolejowym. Autor przeprowadził szeroko zakrojone badania, których wyniki analityczne zostały potwierdzone badaniami eksperymentalnymi. Przedstawiony w pracy przebieg realizacji założonych działań systematycznie zmierzał do osiągnięcia założonego celu i weryfikacji postawionej tezy.

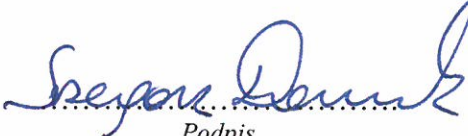
Efektem pracy doktoranta jest model obiektu technicznego w postaci systemu radialnego sterowania wózkiem kolejowym, który może być stosowany w nowych ale także istniejących pojazdach kolejowych.

Należy podkreślić dociekliwość badawczą autora, który przeprowadził pracochłonne i obszerne badania. Wykazał się znajomością zagadnień badawczych z zakresu inżynierii transportu, mechaniki, budowy i eksploatacji maszyn. W pracy widoczna jest dobra znajomość i umiejętność posługiwania się narzędziami komputerowymi z grupy CAx.

W mojej ocenie Autor posiadał umiejętność prowadzenia samodzielnej pracy naukowej i badawczej. Uważam, że przedłożona mi do oceny praca stanowi oryginalny materiał pod względem rozwiązanego zagadnienia naukowego i może stanowić podstawę do rozpatrzenia wniosku o nadanie Kandydatowi stopnia doktora nauk technicznych.

W związku ze spełnieniem przez mgr. inż. Maksymiliana Cierniewskiego wszystkich wymogów aktualnie obowiązującej Ustawy o Stopniach i Tytule Naukowym, stawiam wniosek o dopuszczenie go do publicznej obrony opiniowanej pracy, jako pracy doktorskiej reprezentującej dyscyplinę Inżynieria Lądowa i Transport.

Niniejszą opinię przedkładam Przewodniczącemu Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport, zleceniodawcy powyższej recenzji, wraz z prośbą do Pana Przewodniczącego oraz Wysokiej Rady o skierowanie pracy Pana mgr. inż. Maksymiliana Cierniewskiego do wyróżnienia.



Podpis