

Recenzja pracy doktorskiej pt.

**„Wybrane zagadnienia dynamiki iglicy rozjazdu kolejowego dla kolei
dużych prędkości,,**

Mgr inż . Katarzyny Kwiecień

Postawą wykonania recenzji była Uchwała Rady Wydziału Transportu i Elektrotechniki Uniwersytetu Technologiczno – Humanistycznego im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu z dnia 30 czerwca 2017 oraz przesłane w jej następstwie zlecenia Prorektora ds. Rozwoju Kadry z Zagranicą z dnia 12 lipca 2017.

1. Wprowadzenie

Pojawienie się zagadnienia związanego z realizacją prac nad wdrożeniem kolei dużych prędkości – KDP, spowodowało konieczność zajęcia się na nowo zagadnieniami dynamiki zarówno systemu pojazd – tor – podtorze, jak również częścią składową torowiska jakim jest rozjazd a w szczególności jego dwoma najistotniejszymi elementami, które stanowią iglica i krzyżownica. Zwiększenie prędkości przejazdu pociągu powyżej 160 km/h (planuje się jej zwiększenie w zakresie 200 – 300 km/h i więcej) stanowi istotny problem zarówno teoretyczny jak i praktyczny.

Szczególnie ważnym elementem, ze względu na bezpieczeństwo komunikacji pojazdów kolejowych, jest jeden z parametrów charakteryzujących ten stan tzn. współczynnik wykolejenia. W przypadku rozjazdu czy skrzyżowania toru kolejowego zależy on głównie od sił kontaktowych pomiędzy kołem a szyną oraz wpływu dynamiki pojazd – tor.

Wymienione powyżej powody uzasadniają prowadzenie prac naukowo-badawczych mających na celu doskonalenie opisu zjawisk dynamicznych w oparciu o modele ciągłe i dyskretno-ciągłe, których zadaniem jest opracowanie algorytmów doboru parametrów geometrycznych np. długości i promieni łuków, przekroi poprzecznych jak również parametrów masowych (rozkład masy) iglicy i krzyżownic. Oceniana praca wpisuje się w ten

kierunek badań i można, moim zdaniem, jej temat uznać za aktualny, a złożoność rozważanego w niej problemu w pełni uzasadnia konieczność poszukiwania jego rozwiązania w oparciu o wiedzę i zastosowanie nowoczesnych narzędzi naukowych.

Prace naukowe prowadzone przez Autorkę były dodatkowo umotywowane potrzebą efektywnego rozwiązania problemu zagadnień dynamiki iglicy rozjazdu kolejowego dla kolei dużych prędkości, głównie pod kątem zwiększenia bezpieczeństwa ruchu.

2. Charakterystyka rozprawy

Rozprawa doktorska autorstwa mgr inż. Katarzyny Kwiecień została przygotowana na Wydziale Transportu i Elektrotechniki Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Jerzego Kisilowskiego przy współudziale promotora pomocniczego dr inż. Rafała Kowalika.

Oceniana rozprawa doktorska liczy 129 stron. Składa się ona z pięciu rozdziałów, spisu bibliografii - 120 pozycji, spisu rysunków - 60 rysunków i spisu tabel - 8 tabel.

Jako cel pracy Autorka przyjęła „Zbadanie wybranych zagadnień dynamiki iglicy rozjazdu kolejowego dla dużych prędkości z wykorzystaniem procesów symulacyjnych.”.

Takie sformułowanie celu pracy dało podstawy do postawienia przez Autorkę następującej tezy naukowej: „*Jest możliwość wyznaczenia częstości pierwszej postaci drgań iglicy i sił poprzecznych w rozjazdach kolejowych o łukach większych niż 1000 m z wykorzystaniem procesów symulacyjnych.*”.

W celu realizacji tezy naukowej pracy doktorskiej Autorka przyjęła następujące założenia:

1. analizowane zagadnienia dotyczyć będą rozjazdów o promieniu większym niż 1000 m,
2. wyznaczone zostaną siły poprzeczne działające na iglicę w trakcie przejazdu pociągu po torze prostym i zwrotnym,
3. iglica rozjazdu traktowana będzie jako belka, na którą działają siły impulsowe (belka z ruchomym wymuszeniem),
4. w iglicy występuje zmienny przekrój poprzeczny (zmienny moment bezwładności) i zmienna sztywność,
5. na iglicę działają zmienne impulsowe siły poprzeczne,
6. iglica zamodelowana zostanie jako belka ciągła o masie rozłożonej podpartej punktowo,

7. iglica poprzecznie mocowana jest w kilku punktach (zamknięciach nastawczych), których ilość zależy od rozwiązań konstrukcyjnych,
8. model matematyczny pojazdu szynowego przyjmowany będzie jako liniowy,
9. zagadnienia kontaktu koła z szyną rozważane będą w oparciu o liniową teorię Kalkera,
10. badania symulacyjne przeprowadzone zostaną z wykorzystaniem środowiska programistycznego (MATLAB&Simulink, MSC ADAMS, Solidworks 2016, SIMPACK).

W rozdziale 1 Autorka przedstawiła analizę stanu wiedzy zarówno problemu kontaktu koła z szyną, występujących w nim sił, jak również dynamiki pojazdu szynowego pod kątem kryteriów bezpiecznej jazdy, w szczególności po torze krzywoliniowym. Omówiła modele matematyczne pojazdów szynowych i przyjęte w nich uproszczenia oraz metody ich rozwiązania. Przeprowadzona analiza doprowadziła Autorkę do wskazania niedostatków, które umotywowały potrzebę wyznaczenia i analizy sił poprzecznych i pionowych działających na iglicę rozjazdu kolejowego dla kolei dużych prędkości KDP. Ponad to zasygnalizowała problem, którym należy się zająć tzn. zmienny moment bezwładności i sztywności wynikający ze zmiennego przekroju iglicy rozjazdu na jego długości.

Rozdział 2 zawiera cel i tezę pracy oraz założenia niezbędne do realizacji tezy naukowej.

W rozdziale 3 Autorka przedstawiła model matematyczny będący przedmiotem Jej badań naukowych w którym uwzględniono zjawiska kontaktowe wg. liniowej teorii Kalkera, oraz przyjęto w modelu matematycznym siłę normalną jako zmienną, a tor kolejowy zamodelowano jako belkę Eulera – Bernoulliego, po której toczy się koło z prędkością v . Autorka opisała również i zdefiniowała rodzaje więzów. Na podstawie rzeczywistej konstrukcji rozjazdu opracowała model geometryczny, który podzieliła na strefy definiując ich krzywiznę oraz analizę funkcji krzywizny w postaci nieliniowej. Sformułowała model matematyczny iglicy w postaci równań różniczkowych opisujących dynamikę iglicy przy założeniu zmiennego przekroju. Wyprowadziła równania dynamiczne ruchu wagonu na rozjeździe z uwzględnieniem sił kontaktowych oraz przedstawiła model matematyczny drgań iglicy o długości L w postaci równania różniczkowego cząstkowego czwartego rzędu z uwzględnieniem zmiennego przekroju. Oszacowała w oparciu o symulację komputerową wpływ współczynnika sztywności na stateczność iglicy oraz pierwsze cztery postacie drgań własnych iglicy rozjazdu w zależności od siły nacisku. Autorka opracowała model

matematyczny przejazdu szeregu zestawów kołowych przez iglice rozjazdu – traktując go jako ruch złożony, oszacowała wartości macierzy M , C , K , które wpływają bezpośrednio na liczbę fal drgających wywołanych toczeniem się koła po iglicy.

Oryginalne wyniki przeprowadzonych przez siebie badań Doktorantka opisała w rozdziale 4, który został poświęcony symulacją modelu matematycznego w celu wyznaczenia drgań iglicy oraz zmianą sił poprzecznych, przy założeniu zmienności geometrycznego momentu bezwładności w funkcji długości iglicy. Dla celów symulacji Autorka wykorzystwała oprogramowanie **Solidworks 2016** oraz **MSC ADAMS**. W celach kontroli wiarygodności wyników Doktorantka wykorzystwała oprogramowanie **ANSYS 17**, które również służyły do oszacowania naprężeń oraz odkształceń pojawiających się na iglicy. Do badań symulacji wpływu zmiany wartości siły normalnej pochodzącej od pojazdu szynowego na iglicę wykorzystwała środowisko **MSC ADAMS** oraz **SIMPACK**, które również umożliwiły przeprowadzenie symulację wieloobiektowych zjawisk kinematycznych i dynamicznych. Doktorantka przeprowadziła symulację przemieszczeń poprzecznych szyny przy prędkościach $V = 120, 230, 350, 480$ [km/h] oraz siły normalnej przy przejściu koła z szyny na iglicę przy prędkościach $V = 230$ i 350 [km/h]. Oszacowała siły poprzeczne na iglicy i szynie przy prędkości 200 [km/h] oraz ugięcie iglicy w trakcie przejazdu pociągu w funkcji czasu. Przeprowadziła symulacje wartości sił poprzecznych dla ruchu po torze prostym oraz wartości tych że sił dla ruchu po torze zwrotnym w zakresie prędkości $90 - 200$ [km/h]. Ponad to Doktorantka wyznaczyła ugięcia poprzeczne iglicy w zakresie prędkości $90 - 200$ [km/h] w funkcji długości rozjazdu kolejowego na odcinku iglicy. Oszacowała współczynnik bezpieczeństwa jazdy pociągów wg. kryterium Nadala w zakresie prędkości $90 - 200$ [km/h]. W dalszej kolejności Doktorantka oszacowała zmianę punktów kontaktowych wynikającą ze zmiany położenia zestawu kołowego na iglicy i opornicy oraz zmianę naprężeń na iglicy przy toczeniu się koła z siłą normalną 12 i 15 [kN].

W rozdziale 5 Doktorantka przedstawiła podsumowanie i wnioski wynikające z przeprowadzonych przez siebie prac.

3. Ocena strony redakcyjnej pracy

Tekst ocenianej pracy został opracowany na ogół starannie jednak w rozprawie występuje szereg pomyłek drukarskich, informacje o których zostały przekazane Doktorantce. Podział treści pracy na rozdziały uważam za logiczny. Język jakim operuje Autorka jest, moim

zdaniem, poprawny zarówno stylistycznie jak i pod względem użytego słownictwa. Rysunki są dobrej jakości i adekwatnie ilustrują kolejne elementy realizacji prowadzonych rozważań. Sformułowane przeze mnie, nieliczne, uwagi redakcyjne zamieściłem poniżej i nie mają one wpływu na merytoryczną jakość rozprawy.

3.1 Uwagi redakcyjne ogólne

- Brak jednolitego spisu symboli i oznaczeń na początku pracy – spis ułatwiłby zrozumienie przedstawianych równań i nie powodowałby występujących w pracy kolizji w stosowanych symbolach.
- Opis współrzędnych uogólnionych winien być jednolity, jeżeli mamy do czynienia z równaniami różniczkowymi cząstkowymi należy wprowadzić oznaczenie np. $u(x,t)$.
- Odwołania do rysunków i tabel powinny znaleźć się w tekście, np. brak powołania się na rysunek 3.3 i tabelę 3.2.
- W spisie bibliograficznym wykazanych jest 120 pozycji, ale na str. 91 pojawia się pozycja 121, której nie wykazano w bibliografii.

3.2 Uwagi redakcyjne szczegółowe:

- Str. 60, wiersz 13 od dołu – Powinno być „warunki brzegowe” a nie „warunki końcowe” do zależności (3.63).
- Str. 62 – Wyrażenia w tab. 3.3 i 3.4 wcale to nie wynikają z równania (3.71).
- Str.69 - Brak oznaczenia na rys.3.20 parametru c ,
- Str. 72 – Symbol ω raz stanowi stały współczynnik separacji a raz częstotliwość - moim zdaniem jest to częstość kołowa.
- Str. 73 - Brak zdefiniowanej wielkości d_0 , wydaje się to szerokość przekroju belki na jednym z jej brzegów,
- Str. 90, wiersz 9 od dołu - Powinno być: „na analizie drgań”.
- Str. 99, rys.4.15 – Błędny opis na osi pionowej, powinno być „opornice”.
- Str.103, na rys.4.21 - Brak skali powierzchni kontaktu,
- Str. 105 – 108, rys. 4.23 - 4.26 - Brak skali naprężeń i kontaktu.

4. Ocena merytoryczna rozprawy

Oceniana praca ma charakter teoretyczny i dotyczy dynamiki iglicy rozjazdów przystosowanych dla kolei dużych prędkości KDP wraz z wykorzystaniem analiz cyfrowych i symulacji komputerowej. Problem, jakiego rozwiązania podjęła się Doktorantka, był zawsze ważny ale w chwili transformacji kolei i przystosowania jej do dużych prędkości jest szalenie istotnym zagadnieniem dla kolejnictwa.

Opracowana w ramach realizacji pracy, metoda badania drgań iglicy o zmiennym przekroju, będącej elementem rozjazdu dla pociągów o dużych prędkościach KDP, pozwalająca na wyznaczenie częstości pierwszej postaci drgań i sił poprzecznych w rozjazdach kolejowych o łukach większych niż 1000 [m] z wykorzystaniem możliwości numerycznych jest postawieniem problemu badawczego ściśle, wyczerpująco i odpowiednio do rozwiązania w ramach pracy doktorskiej.

Doktorantka zaproponowała rozwiązanie zagadnienia w oparciu o modele matematyczne ciągłe i dyskretno –ciągłe o zmiennej sztywności, których rozwiązanie oparła o metody numeryczne. Przytoczone problemy związane z kolejami dużych prędkości, występujące w szczególności w rozjazdach, moim zdaniem, przekonująco uzasadniły podjęcie tematu. Uważam, że cel pracy i teza pracy zostały sformułowane prawidłowo.

Punktem wyjścia do prowadzenia badań było przeprowadzenie analizy stanu wiedzy. Autor odniósł się w pracy do zbioru publikacji zawierającego: 120 pozycji literatury naukowej, w tym 9 pozycji zawierających normy, przepisy i rozporządzenia. Zdecydowana większość cytowanych publikacji ukazała się w języku angielskim, rosyjskim i niemieckim. Cytowane prace, mające istotny wpływ na rozpoznanie zagadnień związanych z tematyką pracy, zostały opublikowane w latach 1978 - 2016. Mediana roku wydania cytowanych publikacji to 1997, co oznacza, że niemal połowa cytowanych publikacji naukowych została wydana w latach, w których realizowana była praca Autora. Moim zdaniem potwierdza to aktualność opisanych w pracy wyników badań. Wybór pozycji literatury do oceny obecnego stanu wiedzy dokonany przez Autora uznaję za uzasadniony i wystarczający. Pewne wątpliwości budzi brak w zbiorze publikacji cytowania prac własnych Autora, za wyjątkiem pozycji [76]. Można to uznać za częściowo uzasadnione przez charakter rozprawy, które spowodowane jest uwarunkowaniem publikacji wyników, po pomyślnej weryfikacji pomiarowej rzeczywistym obiekcie.

W trakcie realizacji opisanych w pracy badań Doktorantka wykorzystał nowoczesne narzędzia programowe uniwersalne środowiska do prowadzenia symulacji numerycznej.

Pozytywnie oceniam zastosowaną metodykę badawczą. Opisane w pracy wyniki, moim zdaniem, świadczą o posiadaniu przez Autorkę umiejętności samodzielnego prowadzenia badań, rzetelnego opisu ich przebiegu, dyskusji osiągniętych rezultatów oraz formułowania wniosków.

Przedstawione w pracy wyniki teoretycznych i badań symulacyjnych, w mojej opinii, uzasadniają twierdzenie Autorki o osiągnięciu przyjętego celu pracy oraz udowodnieniu sformułowanej tezy pracy.

Za główne, opisane w pracy oryginalne osiągnięcia Doktorantki uważam:

- opracowanie i przyjęcie metody rozwiązania drgań układów ciągłych o zmiennym przekroju,
- przyjęcie algorytmu symulacji dynamicznej ruchu pojazdu – tor,
- weryfikacja numeryczna modelu oraz jego symulacja.

Na uznanie, moim zdaniem, zasługuje możliwość aplikacji wyników badań osiągniętych przez Autora.

4.1 Uwagi krytyczne

Przeprowadzona przeze mnie ocena merytoryczna rozprawy doktorskiej mgr inż. Katarzyny Kwiecień była podstawą do sformułowania następujących uwag krytycznych:

- U1. Uważam, że podsumowanie i wnioski pomijają szereg aspektów zawartych w pracy, jak np. wpływ współczynnika bezpieczeństwa Y/Q przedstawionego na rys. 4.17 -4.19. Budzi to pewien niedosyt.
- U2. Brak wyraźnie sformułowanego opisu modelu symulacyjnego opracowanego przez Doktorantkę. Opisu trzeba doszukiwać się w pracy.
- U3. Brak jasności w sformułowanych przez Autorkę wnioskach i uwagach dotyczących opisu rezultatów uzyskanych w trakcie prowadzonych przez Nią badań symulacyjnych.

4.2 Pytania

Zwracam się do Doktorantki o udzielenie odpowiedzi na następujące pytania dotyczące opisu wyników realizacji pracy doktorskiej.

- P1. We wstępie do pracy (str. 5, wiersz 1) Autorka stwierdziła, że „*Wartości obciążeń wywierane przez koło wózka wagonu kolejowego przekraczają granice plastyczności materiału, z którego wykonano koło lub szynę kolejową*”. Proszę o wyjaśnienie tego stwierdzenia i jakie z tego powodu mogą być konsekwencje.
- P2. Na str. 11 Autorka wprowadza pojęcie częstotliwości spacjiowej o wymiarze m^{-1} . Proszę o wyjaśnienie tego pojęcia i jak jest ona związana z długością fali.
- P3. Na str. 31 na rys. 3.2 jednym z bloków jest sieć neuronowa. Proszę wyjaśnić jakiego typu jest to sieć i jaka jest jej rola.
- P4. Str. 55, równanie (3.47) - Czy to na pewno jest pochodna po czasie?
- P5. Str. 57, równanie (3.55) - Czy to jest równanie dynamiczne?
- P6. Str. 58 - Czy występujące w równaniu (3.60), i (3.61) to pochodne cząstkowe?
- P7. Str. 68, wzór (3.87) - Jaki wpływ ma wielkość masy iglicy i toru na wartość siły normalnej w zależności (3.87)?
- P8. Na str. 72 otrzymano układ równań (3.95) z równania (3.91). Proszę wyjaśnić co możemy wyznaczyć w oparciu o pierwsze z tych równań.
- P9. Na str. 76, rys. 3.24 - Proszę o wyjaśnienie tego rysunku.
- P10. Na str. 100, rys. 4.17 - Proszę o wyjaśnienie tego rysunku.
- P11. Na str. 101, rys. 4.19, - Proszę o wyjaśnienie tego rysunku.

5. Podsumowanie

Autorka przedstawiła **swoje oryginalne** i, moim zdaniem, **poprawne rozwiązanie problemu zagadnienia dynamiki iglicy rozjazdu kolejowego dla kolei dużych prędkości**. Stanowi ono ciekawą i obiecującą propozycję w zakresie dynamiki rozjazdów z uwzględnieniem dynamiki pociągów KDP. Przedstawione w pracy wyniki badań potwierdzają, w mojej opinii, że Doktorantka posiada wiedzę teoretyczną i umiejętności praktyczne w zakresie: dynamiki układów ciągłych, dyskretno – ciągłych, stateczności, oraz technik symulacji numerycznej z zastosowaniem profesjonalnych narzędzi programowych. Na podkreślenie zasługuje użyteczny charakter wyników opiniowanej pracy.

Moim zdaniem, tematyka ocenianej pracy zawiera się w dyscyplinie „Transport”.

Uważam, że mimo sformułowanych przeze mnie powyżej uwag krytycznych, oceniana praca stanowi warty uznania wkład naukowy Doktorantki do wymienionej dyscypliny naukowej.

Biorąc pod uwagę:

- moją pozytywną ocenę merytoryczną pracy,
- oryginalne rezultaty osiągnięte w pracy,

formułuję następujący wniosek końcowy:

Praca doktorska mgr inż. Katarzyny Kwiecień spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim zawarte w Ustawie o stopniach i tytule naukowym z dnia 14 marca 2003 r. (z późniejszymi zmianami) oraz Rozporządzeniu Ministra Edukacji Narodowej i Sportu z dnia 15 stycznia 2004 (z późniejszymi zmianami).

W związku z tym wnoszę o dopuszczenie przedmiotowej rozprawy doktorskiej do publicznej obrony.

Ponad to, uważam że przedstawiona praca, po przeprowadzonych korektach reakcyjnych i merytorycznych (wymienionych przeze mnie w treści recenzji) nadaje się w całości do opublikowania w formie monografii.

