

Warszawa, 2021-09-28

dr hab. Bogdan Sowiński, prof. Instytutu Kolejnictwa
Instytut Kolejnictwa
ul. Chłopickiego 50
04-275 Warszawa

RECENZJA
Rozprawy doktorskiej
mgr inż. Elżbiety Kowalik-Adamczyk
Dynamika interakcji pojazd szynowy – rozjazd kolejowy

(Promotor: prof. dr hab. inż. Jerzy Kisilowski)

1. Uwagi wstępne

Pragnę oświadczyć, że nie istnieje żaden konflikt interesów w odniesieniu do przedmiotowej recenzji rozprawy doktorskiej. Pani mgr inż. Elżbieta Kowalik-Adamczyk jest mi osobą całkowicie nieznaną.

Zakładam w swojej opinii, że Pani mgr inż. Elżbiety Kowalik-Adamczyk spełnia wymagania art. 11 Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym (Art. 11 1., Dz. U. z 2016 r. poz. 2045).

Głównym celem opinii jest przede wszystkim stwierdzenie spełnienia wymagania określonego w Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 26 września 2016 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, tj. przedstawienia „...szczegółowo uzasadnionej oceny spełniania przez rozprawę doktorską warunków określonych w art. 13 ust. 1 ustawy...” czyli przedstawienie uzasadnienia, że opiniowana praca spełnia wymagania tego artykułu, tj. (...) stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego (...) oraz wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w danej dyscyplinie naukowej (...) oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej...”.

Opiniowana praca poświęcona zagadnieniom dynamiki układu pojazd szynowy – tor mieści się w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w szerokim zakresie dyscypliny naukowej inżynieria lądowa i transport dotycząc środków i infrastruktury transportu kolejowego.

Należy tutaj podkreślić, że jednym z głównych kosztów ponoszonych przez kolej jest monitorowanie i konserwacja rozjazdów kolejowych. Spowodowane jest to tym, że duże siły dynamiczne między kołami pociągu a szynami rozjazdu powodują ich nadmierne zużycie, zmęczenie styku tocznego jak również szybką degradację innych elementów. Dogłębne zrozumienie dynamicznej interakcji między pociągiem a rozjazdem może doprowadzić do ulepszeń konstrukcji pojazdu i toru, głębszego wglądu w mechanizmy uszkodzeń, a w konsekwencji do efektywniejszej konserwacji. Dodatkowym czynnikiem powodującym

SEKRETARIAT WTE i I
Wpłynęło dnia 6.10.2021
Ldz. 489

konieczność badań dynamiki pojazdu szynowego na rozjeździe jest ciągle zwiększanie prędkości pojazdów i związane z tym większe oddziaływania dynamiczne w układzie pojazd – rozjazd.

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska licząca 141 stron podzielona jest na 7 rozdziałów, zawiera wykaz literatury obejmujący 131 pozycji, zilustrowana jest 96 rysunkami i 3 tabelami.

Rozdział 1. – „Przegląd stanu wiedzy”, zawiera dokonaną przez Autorkę analizę literaturową dotyczącą wzajemnych oddziaływań pojazdu szynowego i toru w strefie rozjazdu. Autorka podzieliła zakres swojej analizy na 4 „obszary”:

1 „...Pierwszy obszar to określenie sił występujących w układzie pojazd szynowy – tor...”,

2 Drugim obszarem w analizie stanu wiedzy są kryteria bezpieczeństwa związane z przejazdem pojazdu kolejowego przez cały rozjazd kolejowy,

3 Następny obszar to analiza widmowa nierówności toru,

4 Kolejny obszar analizy stanu wiedzy dotyczyć będzie prac z zakresu modelowania i symulacji przejazdu pojazdu szynowego przez rozjazd.

Rozdział 2. – „Cel, teza i założenia pracy”. Ten krótki liczący 2 strony rozdział poświęcony jest określeniu obszaru badawczego, założeniom, przy których realizowane mają być cele pracy oraz sformułowaniu tezy. Tezę badawczą pracy sformułowała doktorantka następująco: „Jest możliwość wykorzystania narzędzi komputerowych dzięki, którym możliwe będzie wyznaczenie **paramentów** opisujących dynamikę interakcji pojazdu szynowego w trakcie przejazdu przez rozjazd kolejowy o promieniu powyżej 1200 m.”

Rozdział 3. – „Charakterystyki rozjazdu kolejowego jako układu mechanicznego”

Autorka charakteryzuje w nim geometrię rozjazdu zwyczajnego wyróżniając strefę iglicy i krzyżownicy. W rozdziale tym wzmiankuje również o zmianach sztywności pionowej toru na tym odcinku toru kolejowego.

Kolejne rozdziały 4, 5, i 6 , należy traktować, zdaniem recenzenta jako podstawowe dla rozprawy.

W rozdziale 4. – „Interakcja pojazd szynowy – rozjazd kolejowy” podzielonym na pięć podrozdziałów przedstawiono model nominalny pojazdu szynowego zbudowany na potrzeby pracy, model matematyczny toru rozjazdu kolejowego dyskretyzując układ ciągły iglicy metodą elementów skończonych, przedstawiono w tym rozdziale pewne wyniki badań symulacyjnych oraz pokazano narzędzie – program , którym posługiwano się w symulacjach.

W rozdziale 5. – „Badanie stateczności modelu matematycznego pojazdu w ruchu po torze prostym przez rozjazd” omówiono szereg metod badania stateczności liniowych i nieliniowych modeli matematycznych układów dynamicznych oraz stateczność techniczną stochastyczną. Przeprowadzono analizę stateczności technicznej stochastycznej wyników badań symulacyjnych uzyskanych dla ruchu pojazdu po torze prostym rozjazdu.

W kolejnym 6. rozdziale – „Kontakt koło-szyna w ruchu pojazdu szynowego przez rozjazd” Autorka zajęła się modelem matematycznym kontaktu koło-szyna w ruchu pojazdu szynowego przez rozjazd przedstawiając wyniki przeprowadzonych symulacji.

Pracę kończy rozdział 7. – „Wnioski” będący w zasadzie podsumowaniem prac przedstawionych w rozprawie przez Autorkę oraz zawierający propozycję dalszych badań.

Zdaniem recenzenta z uznaniem przyjąć należy, że mgr inż. Elżbieta Kowalik-Adamczyk trafnie zidentyfikowała występująca lukę poznawczą w dziedzinie nauk inżynierijno-technicznych i podjęła istotny oryginalny, aktualny i dysertabilny temat dynamiki pojazdu szynowego w ruchu po rozjeździe dla dużych prędkości jazdy.

2. Uwagi szczegółowe

Uwagi będę formułował w kolejności rozdziałów zamieszczonych w rozprawie przy czym nie odniosę się w nich do „literówek” znajdujących się w tekście rozprawy.

Trudno rozdział 1. – „Przegląd stanu wiedzy” uznać za kompletny. Przedmiotem rozprawy jest interakcja pojazdu szynowego z rozjazdem kolejowym, a w przeglądzie literatury pominięto na przykład tak podstawowe pozycje polskojęzyczne jak prace: „Drogi Kolejowe” pod redakcją Jana Sysaka czy „Drogi Szynowe” napisaną przez Sławomira Grułkowskiego, Zbigniewa Kędrę, Władysława Koca i Mirosława J. Nowakowskiego. Budzi również niedosyt bardzo skrótowe, tylko dwoma zdaniem, omówienie prac znajdujących się w bibliografii na pozycjach od 77 do 95 „...W pracach tych przyjmowano sztywność toru w rozjeździe jako wielkość stałą, tłumienie w torze traktowano jako wiskotyczne, a moment bezwładności w rozjeździe przyjmowano jako stały. Analizowano głównie modele dyskretne wprowadzając zastępczą masę toru, której wartości nie definiowano...” (str. 11).

Autorka stwierdza, że większą wartość poznawczą niesie praca znajdująca się na pozycji 96. bibliografii. Praca sprzed ok. 40 lat.

W rozdziale „Przegląd stanu wiedzy” nie ma odniesienia się do publikacji zamieszczonych w „International Journal of Rail Transportation”, „Railway Engineering Science” czy „Journal of Modern Transportation”. Natomiast znajduje się szereg publikacji zamieszczanych w czasopismach nie znajdujących się na liście czasopism punktowanych MEiN (Załącznik do komunikatu Ministra Edukacji i Nauki z dnia 9 lutego 2021 r.), w materiałach konferencyjnych jak również podręczników. Na podstawie pięciu publikacji Autorka stawia tezę, że „...Jak widać zatem, znacznie mniej uwagi w literaturze poświęcono aspektowi kontaktu koła z elementami torowymi wchodzącymi w skład rozjazdu...” Stwierdzenie to jest w tym miejscu kompletnie nieuzasadnione.

Pragnąłbym również zwrócić uwagę, że pozycja 16 bibliografii „Przepisy techniczne utrzymania i eksploatacji nawierzchni kolejowej na liniach kolejowych normalnotorowych użytku publicznego” z 1982 roku została dość dawno zastąpiona inną.

Do nieścisłych bądź błędnych sformułowań w omówionym rozdziale rozprawy recenzent zaliczyłby sformułowania takie jak:

„...przyspieszeń trajektorii ruchu...” - trajektoria nie porusza się.(str. 4.)

„...że w łuku działa na nie zarówno siła pionowa pochodząca z masy lokomotywy ...” – recenzentowi wydaje się, że masa lokomotywy i związana z nią siła pionowa nie wpływa istotnie na siły w kontakcie koło-szyna wagonów w składzie pociągu.

„...przy czym lepiej identyfikowała się siła poprzeczna...” - siła się nie identyfikuje.

Autorka rozprawy przeszła następnie do omówienia kryterium bezpieczeństwa ruchu pojazdu szynowego skupiając uwagę na kryterium Nadala „...określającego stosunek siły poprzecznej Y do pionowej Q w punkcie kontaktu koła z szyną...”.

Zdziwienie recenzenta spowodował rysunek 1. (str. 5.) na którym linia działania siły tarcia (tarcie rozwinięte μN) w kontakcie koła z szyną nie jest skierowana stycznie do kontaktujących ze sobą powierzchni jak również sformułowanie (str. 6.) „...Parametr ten wynika z warunku równowagi sił na powierzchni styku koła i szyny...”. Parametr ten wynika jak już napisała Autorka ze stosunku dwóch prostopadłych do siebie sił, a równowaga sił na powierzchni styku koła i szyny wynika z III prawa Newtona.

Autorka słusznie podkreśliła znaczenie wężykowania zestawu kołowego dla bezpieczeństwa ruchu pojazdu, ale błędnie podała nazwisko badacza, który tym się zajmował to Klingel, a nie Klinger (str. 6.).

Do nieścisłych sformułowań recenzent zaliczyłby takie jak „...Opracowali oni teorię dwukrzywiznową Hertza z mikropoślizgami wzdłużnego, bocznego i obrotowego koła, przy założeniu toru niepodatnego prostoliniowego lub zakrzywionego, rozpatrując przestrzenny model pojazdu według teorii II rzędu...” (str. 6.).

Autorka deklarowała zajęcie się „...kryteria bezpieczeństwa związane z przejazdem pojazdu kolejowego przez cały rozjazd kolejowy...”, ale ponieważ zgodnie z wiedzą recenzenta specjalnych kryteriów w tym zakresie nie ma to można uznać analizę stanu wiedzy za wystarczającą, a nawet zbyt obszerną. Na tak krótkim odcinku toru jakim jest rozjazd na ogół nie dochodzi do powstawania cykli granicznych związanych z wężykowaniem (jak napisała Autorka z silnym wężykowaniem). Dominują tu dynamiczne zjawiska typowo przejściowe.

Autorka omówiła następnie stan wiedzy w zakresie analizy nierówności toru kolejowego. Brakuje tu wyraźnego podziału na analizę nierówności poprzecznych i pionowych. W zasadzie nie zajęła się dalej w rozprawie tym tematem.

Chciałbym też zwrócić uwagę na fakt, że badania nierówności toru są badaniami rutynowymi wykonywanymi przez odpowiednie służby PLK (w zależności od rodzaju linii kolejowej czterokrotnie, dwukrotnie lub raz w roku) (str. 7).

Zaskakuje fakt umieszczenia w tym fragmencie pracy kryterium Prudhomme'a związanego z bezpieczeństwem przeciw wykolejeniu.

Przytaczając literaturę dotyczącą stanu wiedzy z zakresu badan symulacyjnych i modelowania Autorka pomija fakt istnienia od wielu lat takich pakietów oprogramowania jak: VI-Rail, Simpack, Gensys, Nucars czy Vampire. Pakiety te uwzględniają wszystko to czego brakuje w modelach omawianych w cytowanych pracach w rozprawie. Nawiasem mówiąc sporo tych prac pochodzi z lat 70-tych ubiegłego wieku.

Tak więc recenzent nie zgadza się z końcowym wnioskiem tego rozdziału tzn. „...Z analizy wynika, że w literaturze brak jest wyznaczenia i analizy sił poprzecznych i pionowych (najczęściej zakłada się siłę pionową jako stałą) działających na elementy rozjazdu...”.

Wyjątkowo nieprecyzyjne jest też sformułowanie „...zmienny moment bezwładności w obszarze iglicy i krzyżownicy...”

Rozdział drugi poświęciła Autorka sformułowaniu tezy rozprawy, celom i założeniom swoich badań. Pomijając to, że **paramenty** są to przedmioty sakralne, służące w celu podkreślenia czynności związanych z celebracją kultu, trudno określić tezę pracy jako nową czy oryginalną. Modelowanie matematyczne i obliczenia symulacyjne dynamiki pojazdów szynowych stosuje się od wielu lat i na pewno trzeba się z tą tezą zgodzić. Zwróciłbym uwagę na słowo **powyżej** występujące w tezie pracy. W kontekście całego zdania jest to bardzo nieprecyzyjne sformułowanie. Radziłbym na przyszłość używać sformułowań większy, większy równy, mniejszy i mniejszy równy. Autorka co prawda formułując założenia uściśliła, że rozważany będzie rozjazd o promieniu większym niż 1200m, ale z dalszego ciągu pracy wynika, że przyjmowała do rozważań promień rozjazdu równy 1200m.

Na stronie 15 Autorka sformułowała założenia „...Dla rozjazdu kolejowego...” wśród nich znajduje się następujące: „...wartość siły normalnej wynikającej z obciążenia pociągu będzie zmienna...” założenie to, o ile jest sensowne, powinno się znaleźć w założeniach dotyczących pojazdu. Ponadto błędnie sugeruje, że siły normalne występujące w kontakcie koła z szyną nie są funkcjami odpowiedzi układu lecz jakimiś parametrami o a priori zadanych wartościach.

W założeniach jak Autorka je nazwała „...dla zjawisk fizycznych...” zadeklarowała użycie pakietów oprogramowania Matlab&Simulink, Msc Adams, Solidworks 2016 oraz Simpack (str. 16.), jednak z dalszego ciągu pracy wynika, że podstawowym narzędziem w badaniach symulacyjnych był pakiet Universal Mechanism opracowany w Laboratory of Computational Mechanics, Bryansk State Technical University. Recenzent nie znalazł informacji czy ten pakiet brał udział w testach tzw. „Manchester benchmark” for Rail Vehicle Simulation.

Brakuje też recenzentowi wyjaśnienia dla jakich zjawisk fizycznych przyjęte zostały takie założenia (str. 15.).

Podstawową wadą przedstawianych założeń jest brak jakiegokolwiek wzmianki o przyjętych profilach kół i szyn oraz ich pochyleniu. A właśnie to i położenie względem siebie kół i szyn,

których profile zmieniają się w strefie iglicy i krzyżownicy, decydują m.in. o wartościach sił w kontakcie koło-szyna.

Rozdział 3 począwszy od strony 17 do strony 23 poświęcony jest charakterystyce geometrycznej rozjazdu i jest cytowaniem odpowiednich norm i przepisów. Wydaje się, że w tym fragmencie swojej rozprawy Autorka powinna przytoczyć odpowiednie źródła z których zaczerpnęła zamieszczone w pracy dane. Niemniej opis obiektu, który jest badany należy uznać za pozytywny fragment pracy z punktu widzenia jej czytelności.

Znajdujące się na stronach 23 i 24 rysunki (nr 3.6) mają złe opisy osi ([mm]). Również komentarz do nich pozostawia wiele do życzenia „...Na górnej części wykresu...” a co jest na dolnej???

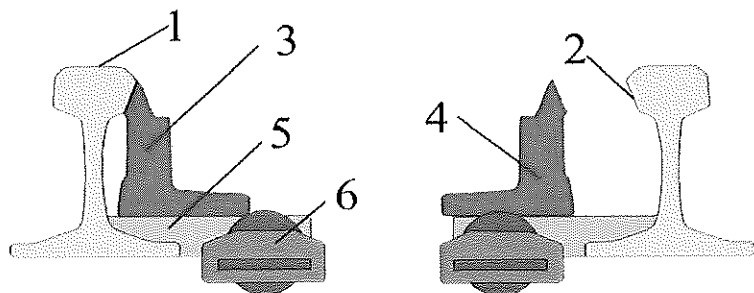
Przedstawione rysunki sprawiają spore trudności interpretacyjne już choćby z tego powodu, że obejmują odcinek o długości ok. 160m, czyli dłuższy niż długość analizowanego rozjazdu. Autorka nie napisała czy przedstawiła na nich jakiś przykład pomierzonych nierówności czy też są to nierówności reprezentatywne dla rozjazdu o promieniu 1200m.

Podobne trudności interpretacyjne sprawiają rysunki 3.7 i 3.8 na stronie 25.

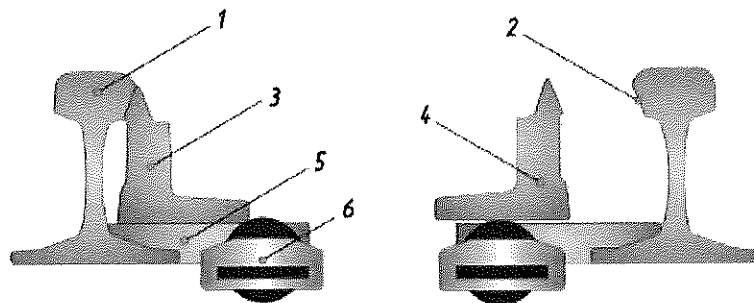
Chciałbym też zwrócić uwagę na to, że zarówno gradient szerokości toru [] jak i wichrowatość toru [mm/m] lub [%] są wielkościami wtórnymi pomiarów geometrii toru kolejowego i jednostki ich nie są wyrażane w milimetrach.

Na stronie 26 Autorka napisała „...Nierówności są funkcjami losowymi i poprzez transformację przez prędkość stają się funkcjami czasu...” to przecież argument tych funkcji jest transformowany, a nie funkcje.

Na tej samej stronie znów Autorka przytacza bez podania źródła rysunek 3.9 a jego źródłem jest oferta firmy Austroroll.



Rys. 3.9. Przekrój poprzeczny zwrotnicy w pobliżu ostrza z widocznym rolkowym urządzeniem nastawczym Austroroll: 1 - opornica; 2 - zestruganie opornicy; 3 - iglica przylegająca; 4 - iglica odsunięta; 5 - siodełko podiglicowe; 6 - rolka ułatwiająca przestawianie iglic [5]



Rys. 5.6. Przekrój poprzeczny zwrotnicy w pobliżu ostrza z widocznym rolkowym urządzeniem nastawczym Austroroll: 1 - opornica; 2 - zestruganie opornicy; 3 - iglica przylegająca; 4 - iglica odsunięta; 5 - siodełko podiglicowe; 6 - rolka ułatwiająca przestawianie iglic [5]

(Rysunek 5.6. recenzent zaczerpnął z książki „Drogi Szynowe”)

Rysunek 3.10. a przynajmniej opis jego osi pionowej wyjaśnia nieściśły termin „moment bezwładności” wielokrotnie używany przez Autorkę rozprawy. Biorąc pod uwagę jednostki [m^4] recenzent będzie dalej traktował ten termin jako geometryczny moment bezwładności przekroju belki względem osi obojętnej. Jednak wartości zmian tej wielkości podane na tym rysunku są absurdalne. Dla szyn 60E1/UIC 60 te wartości wynoszą odpowiednio 3055 cm^4 (oś pozioma) i 513 cm^4 (oś pionowa). Oczywiście istnieje tu możliwość złej interpretacji rysunku ponieważ w jego lewym górnym rogu pojawia się tajemnicze $J \times 10^5$. Zdziwienie budzi fakt, że Autorka dysponując takim narzędziem jak Solidworks opierać się będzie w wyznaczaniu geometrycznego momentu bezwładności iglicy i krzyżownicy na dość starych pomiarach, a nie pokusiła się o ich obliczenie za pomocą tego programu. W zasadzie wszystkie programy CAD dysponują taką możliwością.

Rysunek 3.11 na stronie 27 niesie w sobie mniej trudności interpretacyjnych, aczkolwiek pojawia się na nim enigmatyczna wielkość $c[\text{MN}/\text{m}^3]$. Przedstawione na nim wartości są akceptowalne.

Omówienie charakterystyk rozjazdu Autorka kończy zdaniem „...Wszystkie te wielkości będą wprowadzane do modelu matematycznego obrazującego ruch pojazdu szynowego po rozjeździe...”, Nasuwa się tu pytanie jakie będą wartości tych wielkości i czy na przykład. będą odnosiły się do charakterystyk technicznych infrastruktury tworzących europejską sieć kolei dużych prędkości, a określonych w Technicznych Specyfikacjach Interoperacyjności (TSI).

Recenzent sądzi, że Autorka dobrze wyselekcjonowała część wielkości fizycznych charakteryzujących rozjazd kolejowy, które mają wpływ na dynamikę pojazdu szynowego. Wartości szeregu tych wielkości recenzent nie potrafi ocenić ze względu na interpretacyjne trudności, które wyłożył powyżej. Nie są to na pewno wszystkie wielkości, które należy brać pod uwagę przy badaniach symulacyjnych. Ponownie recenzent zwraca uwagę na brak opisów profili szyn w strefie iglicy i krzyżownicy.

Autorka wyraźnie nie zaznaczyła istnienia zmiany masy podkładów – podrozezdnicze i w efekcie nie wiadomo czy jest ona uwzględniana.

Jednym z kluczowych dla rozprawy rozdziałów jest rozdział 4. Niestety i on zaczyna się od dziwnych sformułowań. „...Przyjęto układ współrzędnych powiązany z bryłami pojazdu, gdzie początki tego układu leżą w środkach ciężkości, a osie prostokątnego układu leżą na centralnych osiach bezwładności. Układ taki będziemy nazywali układem inercyjnym. Taki sam układ powiązany jest z ziemią – układ nieinercyjny...”. Typowe układy współrzędnych stosowane w modelowaniu dynamiki pojazdów szynowych to inercyjny układ sztywno związany z ziemią, nieinercyjny układ związany z linią środkowa toru i poruszający się po niej oraz układy centralnych głównych osi bezwładności brył pojazdu. Recenzent czuje się w obowiązku przypomnieć Autorce, że wózek kolejowy nie jest bryłą i dalej odniesienia do wózka kolejowego będzie traktował jako odniesienia do ramy wózka.

Autorka przedstawia zaawansowany model nominalny pojazdu (rys. 4.3a i 4.3b), w którym występują dwa różne wózki tzn. klasyczny i tzw. wózek Jacobsa. Tor zamodelowano jako dwie belki (dla lewego i prawego toku szynowego) swobodnie podparte na końcach, a wzdłuż swoich długości podparte przez układ elementów sprężysto-tłumiących o nieliniowych charakterystykach sprężystości.

Niestety i w tym przypadku Autorka nie uniknęła pomyłek. Oznaczenia na rysunku nie są zgodne z opisem oznaczeń podanym wcześniej „...Zmienne występujące w opisie dynamiki obiektu ruchomego z indeksem p odnoszą się do nadwozia, zmienne wózka oznaczono indeksem w , literką z oznaczono zmienne zestawu kołowego, a wielkości związane z torem oznaczono literą t ...” Pomijając fakt, że nie wiadomo co to np. zmienne wózka, to jego parametry indeksowane są przez v (rysunek 4.3a). Podobne pomyłki znajdują się na rysunku 4.4 gdzie przemieszczenia poprzeczne szyn oznaczono przez y_{wl} i y_{wp} .

Wzoramii 4.1 Autorka opisała w sposób przybliżony więzy w układzie. W równaniach więzów oczywiście powinno być:

$$z = \frac{z_p + z_l}{2},$$

O ile z oznacza przemieszczenie pionowe środka masy zestawu kołowego a z_p i z_l przemieszczenia pionowe środków mas kół prawego i lewego (na rysunku 4.3a przemieszczenia pionowe są oznaczone przez x).

Autorka następnie skupiła się na wyznaczeniu równań ruchu elementów rozjazdu dyskretyzując model ciągły iglicy i krzyżownicy metodą elementów skończonych. Ta część rozdziału nie budzi wątpliwości recenzenta i wskazuje na rozeznanie Autorki w tym zakresie. Oczywiście i w tym fragmencie pracy istnieje w rozprawie niekonsekwencja. Autorka nie wspomina w swoich rozważaniach o podparciu belki – model toru, przez elementy sprężysto-tłumiące o nieliniowej charakterystyce sprężystości (rysunek 4.3a).

Przechodząc do omówienia problemów modelowania współpracy koła z szyną Autorka przytoczyła wzory stosowane przez nią do obliczania sił kontaktowych. Aczkolwiek osobom niezorientowanym w modelowaniu dynamiki układu pojazd-tor trudno będzie zidentyfikować zależności między ϕ_w występującym we wzorze 4.63 i φ_w występującym we wzorze 4.64 i odkryć co kryje się pod symbolami r i S_g .

Ponownie Autorka przytoczyła nieprawdziwą tezę, że „...Powszechnie przyjmuje się siłę normalną jako wielkość zależną tylko od ciężaru pojazdu szynowego...”

Wartości sił normalnych w najprostszych przyjmowanych obecnie modelach matematycznych układu pojazd szynowy – tor są wyrażane następująco:

$$N_r = Q_r \cdot \cos(\delta_r) - T_{yr} \cdot \tan(\delta_r).$$

$$N_l = Q_l \cdot \cos(\delta_l) + T_{yl} \cdot \tan(\delta_l).$$

Q_r, Q_l - siły pionowe działające na koło prawe i lewe, T_{yr}, T_{yl} – siły styczne i δ_r, δ_l – tzw. kąty kontaktu. Wartości wszystkich wielkości pokazanych w tych wzorach zmieniają się.

W podrozdziale 4.4. zatytułowanym „...Model matematyczny przejazdu szynowego przez rozjazd kolejowy...” (???) Autorka podaje model matematyczny badanego układu. Niestety model ten nie odpowiada modelowi nominalnemu pokazanemu na rysunku 4.3. Parametry równań ruchu dla ramy pierwszego wózka i ramy drugiego wózka są identyczne. Ruch ramy wózka Jacobsa poza tym jest zależny od ruchu poprzedzającego go wagonu.

Należy też zwrócić uwagę Autorce, że stosowanie takich terminów jak:

- „... a_0 to połowa odległości punktu powierzchni kontaktu koła szyna;
- „... $\theta_{sec}, \theta_{seti}, \theta_{sewj}$ to kąt nadwozia pojazdu, wózków I i zestawów kołowych j z linią środkową;
- „... $\rho_c, \rho_{ti}, \rho_{wj}$ to kąt nadwozia pojazdu, wózków I i zestawów kołowych j z krzywizną linii środkowej;...” w rozprawie doktorskiej jest niedopuszczalne.

Czytając podrozdział 4.5 recenzent może się tylko zastanowić po co Autorka przedstawiała równania ruchu, opisywała liniową teorię kontaktu tocznego Kalkera skoro w końcu zdecydowała się na użycie w badaniach symulacyjnych programu dedykowanego badaniom dynamiki pojazdów szynowych. Programu, w którym model pojazdu nie wiadomo czy ma coś wspólnego (?) z dyskutowanymi poprzednio.

Rozważając ruch po torze zwrotnym o promieniu łuku równym 1200 m jako wyniki badań symulacyjnych Autorka przedstawia wartości kąta nabiegania koła (prawego i lewego) dla różnych prędkości pojazdu (np. rysunek 4.13). Ponieważ koło jest elementem zestawu kołowego traktowanego jako bryła sztywna to biorąc pod uwagę np.: równania 4.89-4.92 przedstawiony opis nie ma sensu. Kąt nabiegania lewego i prawego koła należących do tego samego zestawu jest taki sam. Recenzent nie dopatrył się też, w którym miejscu rozprawy Autorka ponumerowała koła.

Wyniki obliczeń, aczkolwiek dyskusyjne, są ciekawe, wynika z nich, że wraz ze wzrostem prędkości kąta nabiegania zestawu kołowego w trakcie przejazdu przez rozjazd może maleć. Prędkości dopuszczalne na łuku o promieniu 1200 m (bez przechyłki) są obecnie ograniczone do 100 km/h. Być może istniejące przepisy kolejowe wymagają korekty. Wielką szkodą jest, że Autorka nie przedstawiła pełnej analizy ruchu po torze zwrotnym rozjazdu obejmującej przemieszczenia poprzeczne zestawów kołowych oraz siły pionowe i poprzeczne działające na koła. Ciekawe też byłoby wyjaśnienie wysokoczęstotliwościowych oscylacji pojawiających się w przytoczonych rozwiązaniach. Dużym mankamentem utrudniającym interpretację wyników jest brak oznaczenia na osi poziomej wykresów miejsc początku i końca iglicy i krzyżownicy.

Natomiast rozważając ruch po torze zasadniczym Autorka skupiła się na badaniu współczynnika wykolejenia. Wyniki obliczeń Autorka przedstawiła na rysunkach 4.18-4.22. Ciekawy fakt zmiany znaku tego współczynnika uzyskany dla niektórych kół również zostawiła bez komentarza. Znak ten może być zmieniony tylko przez siłę poprzeczną. Powstaje pytanie jak zachowuje się w takiej sytuacji zestaw kołowy.

Wnioski, które Autorka wyciągnęła na podstawie pokazanych w rozprawie obliczeń są adekwatne do nich.

W dalszym ciągu rozdziału Autorka na rysunkach od 4.23 do 4.27 przedstawia przemieszczenia zestawu, ramy wózka i nadwozia. Czy są to przemieszczenia pionowe, poprzeczne czy też wzdłużne tego nie wyjaśnia. Również nie wyjaśnia czy wyniki symulacji zostały otrzymane dla toru z nierównościami czy bez nierówności.

Następnie Autorka wykonuje analizę widmową uzyskanych wyników symulacji (w dalszym ciągu nie wiadomo czy dla toru z nierównościami) wnioskując z obliczeń, że układy zawieszenia eliminują z ramy wózka i nadwozia drgania z wysokimi częstotliwościami.

Rozdział 4. Autorka kończy zaprezentowaniem wyników pomiarów „...przemieszczeń w ruchu pojazdu szynowego po torze bez rozjazdu. Wyniki te przedstawiono na rysunkach 4.31, 4.32 i 4.33 dla prędkości 350 km/h...”. Na pochwałę zasługuje tu aktywność Autorki, która zdobyła wyniki takich pomiarów (przeprowadzonych prawdopodobnie przez koleje francuskie lub japońskie) i to w dodatku pomiarów przemieszczeń. Z reguły przeprowadzane są pomiary przyspieszeń.

Porównanie wyników zamieszczone przez Autorkę nic nie wyjaśnia. Przecież porównuje wyniki uzyskane dla kompletnie innych warunków ruchu. Jak napisane jest w rozprawie np.: (podpis pod rysunkiem 4.31.) „...Przemieszczenia zestawu kołowego przy prędkości 350 km/h na torze bez rozjazdu...” po pierwsze nie wiadomo czy to jest ruch po torze zwrotnym czy zasadniczym, po drugie jak można porównywać ruch po rozjeździe, na którym znajduje się iglica i krzyżownica z ruchem po torze gdzie te obiekty nie występują.

Odnosnie wyników symulacji recenzenta ciągle dręczy pytanie: Jakie są wartości parametrów bezwładnościowych, sprężysto-tłumiących i geometrycznych modelu wagonu?.

Ale biorąc pod uwagę tezę „...**Jest możliwość wykorzystania narzędzi komputerowych dzięki, którym możliwe będzie** itd...” to rozdział ten ją wykazuje, bo Autorka pokazała, że za pomocą odpowiedniego oprogramowania można uzyskać i przemieszczenia układu i występujące w nim siły.

Rozdział 5 zatytułowany „...Badanie stateczności modelu matematycznego pojazdu w ruchu po torze prostym przez rozjazd...” składa się z trzech podrozdziałów, liczy 22 strony przy czym połowa tych stron jest przeznaczona na przytoczenie definicji stateczności. Recenzent przyznaje się do swoich braków w tym zakresie i nie będzie rozstrzygał czy pojęcia trajektoria **statyczna** i trajektoria **niestatyczna** istnieją (np. rysunek 5.4) lub czy badanie stateczności jest „...głównym atutem w analizie ruchu układu ciągłego...” (str. 79), gdy przez układ ciągły na ogół rozumiemy układ dynamiczny opisywany równaniami różniczkowymi cząstkowymi.

Autorka nazywa luzem lub szczeliną odległość między obrzeżem koła a główką szyny mierzoną w kierunku poziomym, gdy zestaw jest w położeniu środkowym względem toru. Luz według Autorki wynosi 5mm. Wartość tę można uznać za właściwe przybliżenie pamiętając, że przed i po strefie rozjazdu zmienia się pochylenie szyn i odległość ta powinna być zmierzona w odpowiednim miejscu (14 mm poniżej szczytu główki szyny), a na rozjeździe zmienia się szerokość toru. Istotną rolę w określeniu tej wartości odgrywają tu również zarysy profili kół i szyn.

W rozważaniach dotyczących tego zagadnienia pojawia się ponownie zagadkowe dla recenzenta pojęcie „...pomiar nominalny...” (str.82).

Autorka w dalszej części rozdziału wykonuje statystyczne analizy uzyskanych wyników symulacji i wyznacza prawdopodobieństwo zdarzenia w którym trajektoria ruchu zestawu kołowego będzie na granicy obszaru stateczności technicznej stochastycznej.

Recenzent nie ma uwag krytycznych do tej części pracy, ale jak w całej pracy Autorka bazuje w tym rozdziale na niewielkich danych pomiarowych uzyskanych bardzo dawno pomijając fakt, że np. Instytut Kolejnictwa (CNTK) ok. 15 lat temu dokonał pomiarów ponad 200 rozjazdów, a materiały z pomiarów były publikowane np.: Odchyłki dopuszczalne szerokości toru i żłobków w rozjazdach w funkcji prędkości. – Bałuch M. – Problemy Kolejnictwa zeszyt 143. Wykorzystanie takich danych na pewno pozwoliłoby uogólnić uzyskane rezultaty badań. Tym bardziej, że wśród pomierzonych rozjazdów były rozjazdy o promieniu łuku 1200m.

Autorka nie wyjaśnia również czy analizowane wyniki symulacji związane są z ruchem po torze zasadniczym czy zwrotnym. (Autorka napisała tylko, że przedmiotem jej analiz są wyniki przedstawione w podrozdziale 4.5)

Rozdział 6 – „Kontakt koło-szyna w ruchu pojazdu szynowego przez rozjazd” poświęcony jest trzem zagadnieniom: analizie parametrów kontaktu przy dużych prędkościach przejazdu (150-350 km/h), wyznaczeniu zmiennych sił normalnych wywołujących powstawanie powierzchni kontaktowych i wyznaczeniu parametrów kontaktowych w trakcie ruchu koła po iglicy.

Zajmując się równaniem belki (wzór 6.1) Autorka napisała, że sztywność giętą belki EJ zmienia się jak podano wcześniej w pracy, ale Autorka nigdzie nie odniosła się do zmian rozłożonej masy belki $\bar{m}=m(x)=\rho \cdot A(x)$, gdzie $A(x)$ jest powierzchnią przekroju poprzecznego belki.

Autorka ponownie zakłada nieliniową charakterystykę podparć belki (rys. 6.1) nie pokazując jej w odpowiednim równaniu.

We wzorach 6.2 pojawia się parametr ω_n , który nie jest zdefiniowany.

W następnym zdaniu Autorka napisała „...Decydującym czynnikiem w procesie tworzenia modelu matematycznego dla śledzenia położenia powierzchni kontaktowej jest określenie **działania zmiennej siły normalnej** powstałej na skutek **działania siły normalnej** koła na szynę...” Komentarzem do takiego stwierdzenia mogą być tylko ??? oraz !!!.

Przedstawiony w tym rozdziale algorytm poszukiwania punktów kontaktu jest niedokładny i recenzent nazwałby go naiwnym. Ogólnie stosowane algorytmy bazują na aproksymacji zarysów profili kół i szyn, zwykle przez spliny'y kubiczne, ich odpowiednim obrocie, a następnie na rozwiązywaniu układów równań algebraicznych.

Na rysunkach od 6.4 do 6.13 Autorka przedstawiła wyniki symulacji (tak rozumiem termin „rejestrowano”) dotyczące sił pionowych i normalnych w trakcie przejazdu pojazdu przez tor zasadniczy. Zwracają uwagę pojawiające się na kole prawym wysokoczęstotliwościowe zmiany tych sił. Powstaje pytanie dlaczego pojawiają się one również na lewym kole i są przesunięte w przestrzeni. Niestety Autorka tego faktu nie dyskutuje.

Kolejne wyniki związane są z wymiarami powierzchni kontaktu. Brak wartości krzywizn stykających się ze sobą brył w punktach kontaktu uniemożliwia ocenę jakości uzyskanych wyników.

Przeprowadzone badania zużycia profili kół wskazują na zgodny z intuicją fakt większego zużywania się kół w momencie przejazdu przez iglicę i krzyżownicę.

Ciekawy dydaktycznie jest fragment rozprawy ilustrujący położenie i wymiary elipsy kontaktu dla kilku położenia zestawu kołowego w strefie zwrotnicy i krzyżownicy rozjazdu.

Recenzentowi wydaje się, że wysoko należy ocenić ostatnią część tego rozdziału poświęconą analizie naprężeń w rejonie iglicy. Niesie ona w sobie ważne wątki utylitarne.

3. Uwagi ogólne

Układ rozdziałów i kompozycja rozprawy doktorskiej nie budzą moich wątpliwości.

Poważnym mankamentem, w świetle istniejących przepisów, jest brak streszczenia rozprawy w języku angielskim (art. 13. punkt 6. Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym). Pracę też cechuje wyjątkowa niestaranność edycyjna. Roi się w niej od nieścisłych sformułowań, tzw. literówek i braków wskazania źródeł, z których zaczerpnięto materiały do rysunków bądź tabel. Jako poważną wadę zarzuciłbym też rozprawie brak wyodrębnionego wykazu oznaczeń występujących w niej pojęć.

Przegląd wiedzy w zakresie analizowanych problemów odnosi się w dużym stopniu do publikacji, które obecnie nie zawahałbym się nazwać anachronicznymi.

Kolejnym poważnym zarzutem jaki postawiłbym rozprawie jest brak zamieszczenia w niej wartości parametrów bezwładnościowych, sprężysto-tłumiących i geometrycznych modelu pojazdu. (Jedynymi wartościami parametrów jakie znalazł recenzent w pracy są wartości k_{zt} i c_t – koniec rozdziału 3, nie odnoszące się do problemu, który jest rozważany w pracy („...wyznaczono sztywność toru poza obrębem rozjazdu...”) oraz te, które można odczytać z rysunków 3.11 i 3.12). Jak również brak wyraźnego określenia jaki model pojazdu jest ostatecznie rozważany (model przedstawiony na rys. 4.3, model opisany równaniami od 4.66 do 4.92 czy też np. jakiś domyślny model znajdujący się programie Universal Mechanism).

Rozprawa nie zawiera również dokładnie opisanego modelu toru. Z przedstawionej pracy nie można jasno stwierdzić jaką rolę w modelu stanowią szyny, podkładki podszynowe, podkłady (szczególnie podrozdjezdnicze) i podsypka.

Za zalety pracy recenzent uznaje pewne wątki utylitarne związane z badaniami naprężeń w szynie w strefie iglicy.

4. Ocena pracy

Według opinii recenzenta badania modelowe dynamiki pojazdu szynowego poruszającego się po rozjeździe powinny koncentrować się na zagadnieniach:

1. Kontakcie koła z szyną ze względu na złożoną geometrię szyny na iglicy i krzyżownicy, a to powoduje, że liniowy model kontaktu tocznego Kalkera nie ma tu zastosowania.

2. Podatności toru co jest szczególnie istotne w przypadku uderzenia koła o szynę i często zdarza się na rozjazdach.

3. Wzajemnym oddziaływaniu wagonów składu na siebie (np. w trakcie hamowania), które przekłada się na dynamikę wzdłużną.

Ad. 1. W recenzowanej rozprawie kontakt koła z szyną jest potraktowany bardzo powierzchownie. W założeniach Autorka napisała, że „...zagadnienia kontaktu koła z szyną na rozjeździe kolejowym rozważane będą w oparciu o kompletną teorię Kalkera oraz oprogramowanie FASTSIM i CONTACT...” natomiast przytoczone w pracy równania ruchu oparte są o liniową teorię kontaktu. Autorka rozprawy pominęła ewentualne zastosowanie w modelowaniu układu metod prezentowanych w pracach Kika, Piotrowskiego, Polacha, Lindera czy metodę pasmową (tzw. Stripes method). Jest to fakt mogący rzutować na wyniki obliczeń

ponieważ nie możemy wykluczyć kontaktu nie-hercowskiego (non-Hertzian contact) między kołem i szyną w badanym zagadnieniu.

Ad. 2. Autorka uwzględnia podatność toru i jej zmienność poprzez uwzględnienie zmian sztywności pionowej układu powodowanych iglicą i krzyżownicą. W modelu, opisanym równaniami 4.66 – 4.92 nie ma jednak możliwości zbadania uderzenia koła o szynę.

Ad. 3. Trzecim z wymienionych zagadnień Autorka nie zajmowała się.

Uważam, że Doktorantka nie wnosi istotnego wkładu badawczego w analizę zjawisk dynamicznych pojawiających się w układzie pojazd szynowy – rozjazd kolejowy, ale w Polsce jest niewątpliwie prekursorką badań w tym zakresie dla dużych prędkości poruszania się pojazdów. Ten fakt oceniam bardzo wysoko. Teza pracy została wykazana (oczywiście w wersji gdy słowo „...paramentów...” zastąpione jest słowem parametrów). Cele pracy osiągnięte i są adekwatne do użytych narzędzi badawczych.

5. Wniosek końcowy

Podsumowując, uważam, że mgr inż. Elżbieta Kowalik-Adamczyk w przedłożonej rozprawie podjęła się trudnego zadania naukowego, jakim jest analiza dynamiki układu pojazd szynowy – rozjazd kolejowy dla kolei dużych prędkości.

Biorąc pod uwagę pionierskość tego zadania w kraju stawiam wniosek o dopuszczenie przedłożonej, przez mgr inż. Elżbietę Kowalik-Adamczyk rozprawy zatytułowanej „Dynamika interakcji pojazd szynowy – rozjazd kolejowy” do publicznej obrony.

Bogdan Sowiński

