

dr hab. inż. Magdalena Ataman
Instytut Dróg i Mostów
Wydział Inżynierii Lądowej
Politechnika Warszawska

Warszawa, 28.04.2023 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej pt.

**Analiza stanu naprężeń i przemieszczeń szyn
ze szczególnym uwzględnieniem efektu „head on web”**

autorstwa mgr inż. Małgorzaty Urbanek

promotor: prof. dr hab. inż. Włodzimierz Czyczuła

promotor pomocniczy: dr hab. inż. Piotr Kozioł prof. PK

Podstawa prawna opracowania

Podstawę niniejszej recenzji stanowi pismo Dziekana Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej numer L0.510.14.1.2022 z dnia 22.02.2023 r. dotyczące Uchwały Rady Doskonałości Naukowej Wydziału Inżynierii Lądowej z dnia 15.02.2023 r. w sprawie powołania mojej osoby jako recenzenta w wyżej wymienionym przewodzie doktorskim otwartym dnia 20.06.2018 r. na podstawie przepisów Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki z 2003 r.

1. Układ i zawartość pracy

Recenzowana rozprawa doktorska, napisana w języku polskim, o łącznej objętości 152 stron zawiera: streszczenia w języku polskim oraz angielskim i składa się z siedmiu rozdziałów merytorycznych rozbudowanych podrozdziałami, które z kolei zawierają punkty.

Zawiera również spis literatury, który liczy 149 pozycji, spis 24 tablic oraz spis rysunków w liczbie 82.

Wpłynęło dnia 5.05.2022
L. dz. 10.510.14.3.2022
podpis: Góralczyk

W krótkim **rozdziale 1** pt. „Wprowadzenie – geneza pracy” na stronie 8 Autorka wskazuje w punktach a) do c) na niepożądane zjawiska występujące w torze kolejowym i uzasadnia potrzebę udoskonalenia istniejących modeli nawierzchni kolejowej poddanej obciążeniom dynamicznym. Jak podaje Doktorantka praca stanowi próbę udoskonalenia istniejącego modelu nawierzchni kolejowej z efektem „head on web” o wpływ dynamiki.

Rozdział 2 pt. „Przegląd dotychczasowych prac” jest zawarty na stronach 9-29, i składa się z czterech podrozdziałów, przy czym podrozdział 2.3 pt. „Modele statyczne i dynamiczne nawierzchni, modele matematyczne i metody rozwiązania” jest rozbudowany do 4 punktów. Podrozdział 2.4 jest poświęcony badaniom doświadczalnym stanów naprężeń i przemieszczeń szyny.

W **rozdziale 3** pt. „Cel, tezy i zakres rozprawy doktorskiej” na stronie 30 czytamy „Podstawowym celem rozprawy doktorskiej jest opracowanie oraz analiza statyczna i dynamiczna modelu nawierzchni, w którym szyna jest opisana z uwzględnieniem złożonego przekroju poprzecznego jako belka (główka) w belce (cała szyna) oraz jako ciało 3D, a nie jako belka.” W podrozdziale 3.2. pt. „Tezy pracy” Doktorantka definiuje dwie tezy A i B. „A. Analiza efektu „head on web” przeprowadzona dla różnych przekrojów poprzecznych może służyć jako podstawa do klasyfikacji różnych typów szyn ze względu na ich własności mechaniczne. B. Model szyny jako belka (główka) w belce (cała szyna) pozwala na opis zjawisk występujących w nawierzchni kolejowej, nierozważanych w dotychczasowych ujęciach zagadnienia.” W podrozdziale 3.3 pt. „Zakres pracy i metody badawcze” Doktorantka na stronach 30-31 stwierdza „Po przeglądzie dotychczasowych prac, dotyczących stanu przemieszczeń i naprężeń w szynach (modele statyczne i dynamiczne, badania laboratoryjne i eksploatacyjne), zostały sformułowane cele i tezy pracy. Właściwa analiza rozpoczyna się od modeli statycznych różnych typów szyn jako sprężystego ciała 3D w ujęciu MES. Dotyczy to zarówno odcinków szyn na sztywnym podłożu, jak i również szyny podpartej w sposób dyskretno-ciągły (podpory, podkłady). W ramach tej analizy badano ugięcie szyny przy obciążeniu nad i między podporami. Wykonano badania laboratoryjne naprężeń w główce szyny dla dwóch typów szyn 49E1 i 69E1. Uzyskane w ten sposób dane wzbogacają bazę wiedzy, dotyczącą zachowania się szyny kolejowej, a ponadto posłużyły do określenia parametrów, niezbędnych do zbudowania modelu dynamicznego nawierzchni (zwłaszcza sprężystość szyjki szyny we wszystkich trzech kierunkach).” Następnym, logicznym krokiem badań Doktorantki jest analiza nawierzchni kolejowej modelowanej jako jednowarstwowa i dwuwarstwowa, przy wyodrębnieniu główki szyny jako

belki Bernoulliego-Eulera. Analizę przeprowadzono przy różnych wariantach obciążenia i różnych parametrach nawierzchni, w tym imperfekcji.

Rozdział 4 pt. „Analiza modeli statycznych – szyny istniejące i kształty zmodyfikowane” Autorka wykorzystuje swoją pracę inżynierską pt. „Analiza stanu naprężeń i przemieszczeń w szynach kolejowych o różnych przekrojach poprzecznych”. Na stronach 32-42 szczegółowo przedstawia przekroje poprzeczne dziewięciu różnych szyn. W punkcie 4.1.1 opisuje sposób opracowania trójwymiarowego modelu szyny, na podstawie analizy statycznej przy trzech typach obciążeń: pionowym, poprzecznym i podłużnym. Wykorzystuje do tego celu program komputerowy Autodesk Simulation Multiphysics, wyznaczając przemieszczenia pionowe oraz naprężenia styczne w kierunku osi Z . Na rysunku 4.1.8 porównuje wartości przemieszczeń pionowych w osi główki szyny w przypadku różnych rodzajów szyn. Z kolei na rysunku 4.1.9 porównuje przemieszczenia pionowe na połączeniu główki i szyjki w różnych szynach. Następnie, w sposób niejasny, na rysunku 4.1.10 pokazuje wykresy naprężeń, nie podając o jakie naprężenia chodzi. Na rysunku 4.1.11 porównuje wartości przemieszczeń pionowych w osi Z szyn o ośmiu różnych przekrojach.

Na stronach 54-59 Doktorantka przedstawia wyniki analizy statycznej szyn przy obciążeniu działającym na główkę szyny poziomo w kierunku poprzecznym. Na rysunku 4.1.12 pokazuje rozkład przemieszczeń poprzecznych w przekroju szyny 60E1. Na rysunku 4.1.13 przedstawia rozkład naprężeń stycznych $Z-Z$, a na rysunku 4.1.14 rozkład naprężeń zredukowanych według von Misesa. Z kolei wartości przemieszczeń poprzecznych w kierunku Y w osi szyny są pokazane na rysunku 4.1.15, na rysunku 4.1.16 wykresy naprężeń stycznych ZZ w osi szyny w przypadku różnych przekrojów poprzecznych, zaś rysunek 4.1.17 przedstawia wykresy naprężeń zredukowanych według von Misesa. Wyniki analizy w kierunku podłużnym, zgodnym z osią X , przedstawione są na rysunkach 4.1.18 oraz 4.1.19, na których pokazano odpowiednio rozkład przemieszczeń podłużnych w przekroju szyny 60E1 oraz porównanie wykresów przemieszczeń w osi ośmiu typów szyn.

W podrozdziale 4.2 pt. „Model szyny z podparciem dyskretno-ciągłym w ujęciu MES”, na stronach 62-78 Kandydatka dokonuje modyfikacji modelu obliczeniowego MES. Dwa przypadki analizy MES, zgodne z badaniami tensometrycznymi, dotyczą szyny nad podkładem oraz szyny w punkcie środkowym między dwoma podkładami (fotografie na rys. 4.2.1 do 4.2.3). Badania poligonowe wykonano na CMK przy przejeździe pociągu Pendolino EMU 250. Analiza naprężeń w szynie została przeprowadzona przy przejeździe zestawu kołowego z różnymi prędkościami. W punkcie 4.2.1. „Analiza teoretyczno-

eksperymentalna stanu naprężeń w szynach przy zastosowaniu modeli trójwymiarowych” Doktorantka w symulacji komputerowej pomija podkłady, podsypkę i podtorze kolejowe, zastępując je elementami zastępczymi o odpowiedniej sztywności. W programie Autodesk Simulation Multiphysics analizuje szynę o długości 19 metrów i rozstawie podkładów 0,6 metra, przyjmując współczynnik podłoża $C_b = 155 \text{ MN/m}^3$ oraz przytwierdzenie typu SB3. W kierunku poprzecznym i podłużnym przyjmuje zastępczą sztywność podłoża według wzoru Wasiutyńskiego, czyli wynikającą z szeregowego połączenia sprężyn $\frac{1}{k} = \frac{1}{k_p} + \frac{1}{k_r}$. Rozstaw sił od pojazdu wynosi 2,7 m oraz nacisk średnio 73205 N. Podstawą obliczeń jest prawo Hooke’a ($\sigma = E\varepsilon$).

Na rysunkach 4.2.5 – 4.2.10 przedstawiono punkty przyłożenia siły obciążającej szynę, położenia tensometrów oraz niejednoznacznie opisane rozkłady naprężeń w przekroju szyny. Wartości naprężeń podano w tablicach 4.2.1 – 4.2.4. Prawdopodobnie chodzi o naprężenia normalne i styczne. Na rysunkach 4.2.11 – 4.2.16 przedstawiono wartości naprężeń przy określonej lokalizacji tensometrów we wszystkich przypadkach położenia siły, przy prędkości pojazdu $v = 40 \text{ km/h}$. Wykresy naprężeń w kierunku osi X od strony wewnętrznej przy różnym położeniu siły na główce pokazano na rysunku 4.2.17, zaś na rysunku 4.2.18 od strony zewnętrznej. Z kolei wartości naprężeń w kierunku osi Z pokazano na rysunkach 4.2.19 i 4.2.20. W konkluzji Doktorantka stwierdziła dobrą zgodność wyników obliczeń komputerowych z wynikami pomiarowymi badań poligonowych. W punkcie 4.2.1.2 pt. „Druga analiza – wskazanie różnicy pomiędzy wartością naprężeń na stopce szyny przy różnych położeniach siły względem podpór” Autorka przedstawia rysunek 4.2.20 i tabelę 4.2.5 z wartościami naprężeń na stopce w kierunku X . Na tej podstawie stwierdza: „Różnica wartości naprężeń dla strony wewnętrznej szyny wynosi 8,88% natomiast dla strony zewnętrznej 4,74%.” W punkcie 4.2.2. pt. „Analiza teoretyczna stanu naprężeń w szynach przy zastosowaniu modelu trójwymiarowych- położenie sił względem podpór” analizowano dwa przypadki położenia pionowej siły (kierunek osi Z): nad podporą i między podporami. W podsumowaniu tego rozdziału, na str. 84, Doktorantka stwierdza, że na podstawie różnicy pomiędzy ugięciem szyny pod działaniem sił nad i między podporami szynę można traktować jako belkę spoczywającą na ciągłym podłożu lepkosprężystym, a podparcie można traktować jako imperfekcje.

Rozdział 5 zawarty na stronach 85-113 zatytułowany „Badania laboratoryjne”, w którym wykorzystano pracę magisterską Magdaleny Mirochy, został podzielony na trzy podrozdziały:

5.1. „Metodologia badań i modele numeryczne obiektów badań”, 5.2. „Model numeryczny i belki dla obiektów badanych laboratoryjnie” oraz 5.3. „Analiza badań laboratoryjnych”. W podrozdziale 5.1 przedstawiono badania tensometryczne dwóch typów szyn: 60E1 i 49E1, obciążonych równomiernie z podparciem ciągłym oraz z podparciem ciągłym z pochyleniem. W przypadku obciążenia siłą skupioną podparcie jest dyskretne. Rozmieszczenie tensometrów oraz schematy obciążenia i podparcia belek przyjęte w badaniach laboratoryjnych podane są na rysunkach 5.1, 5.2 oraz 5.1.1 do 5.1.4. W punkcie 5.1.1.3 pokazano przekrój poprzeczny szyny obciążonej podłużnie siłą 60 kN. W rozdziale 5.2 pod dziwnym tytułem „Model numeryczny i belki dla obiektów badanych laboratoryjnie” Autorka proponuje, za Mirochą, uproszczone przekroje poprzeczne szyny oraz schemat podparcia dyskretnego z obciążeniem siłą 100 kN, wyznacza wykresy naprężeń stycznych i normalnych – rysunki 5.2.6 i 5.2.7 w przypadku pierwszego profilu zastępczego. W przypadku drugiego profilu zastępczego naprężenia normalne i styczne są nieco inne co wynika z przyjętej geometrii zastępczej szyny – rysunki 5.2.8 – 5.2.11. Punkt 5.2.1.2. „Naprężenie w szynie obciążonej siłą podłużną” pokazuje zaledwie przekrój poprzeczny szyny – rysunek 5.2.12 i wykres naprężeń normalnych w tym przekroju od siły o wartości 60 kN – rysunek 5.2.13. W punkcie 5.2.2. „Rozkład naprężeń w modelu numerycznym” podano szereg rysunków (5.2.14 do 5.2.27) przedstawiających model szyny (belka swobodnie podparta) oraz wykresy naprężeń normalnych i stycznych. Rysunki są zaczerpnięte z pracy magisterskiej M. Mirochy, lub opracowane przy współautorstwie z M. Mirochą. W rozdziale 5.3. „Analiza badań laboratoryjnych” pokazano stanowisko badawcze oraz przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych szyn metodą tensometryczną wyznaczając naprężenia normalne za pomocą poszczególnych tensometrów są to rysunki 5.3.1 – 5.3.7 oraz tablice 5.3.1 i 5.3.2. Również tabelarycznie pokazano naprężenia styczne w badanej belce-szynie obciążonej w środku rozpiętości siłą 100 kN. Dalej przedstawiono wyniki dotyczące profilu szyny 49EI, a ich rezultaty pokazano na rysunkach 5.3.8 i 5.3.9 oraz w tablicach 5.3.3 i 5.3.4. W podsumowaniu tego rozdziału znajduje się stwierdzenie, że zarówno badania MES jak i badania laboratoryjne odbiegają od wyników otrzymanych metodą analityczną.

Ostatnim, rozdziałem merytorycznym jest **rozdział 6** pt. „Analiza dynamiczna” zawarty na stronach 114-127. Po krótkiej historii modelowania dynamicznego nawierzchni kolejowej, w której wyróżniono pracę Orringera (poz. [54]) z 1996 roku o modelowaniu szyny jako główki – belki Eulera połączonej z sztywną i stopką sprężyną o sztywności $k_h = \frac{t}{h} E = \frac{q}{y_{av}}$.

W rezultacie model szyny jest strukturą dwuwarstwową spoczywającą na podłożu odkształcalnym o stałej k_r .

Doktorantka podaje układ dwóch równań (6.1), modelujących szynę jako dwie belki połączone warstwą lepkosprężystą, przy czym górna belka to główka szyny, a dolna to cała szyna spoczywająca na podłożu lepkosprężystym. Oba równania (6.1) są czwartego rzędu, wzajemnie sprzęgnięte o łącznym rzędzie równym osiem. Na stronach 116-118 naszkicowano klasyczny sposób rozwiązania tych równań przy wymuszającym obciążeniu harmonicznym. W podrozdziale 6.2 przedstawiono model analityczny jednowarstwowy opisany klasycznym równaniem czwartego rzędu z siłą osiową i podłożem Winklera z tłumieniem. Również i tu podano sposób rozwiązania bazując na pracy Czyczuły i innych [24] z 2016 roku. W punkcie 6.3 Doktorantka porównuje rozwiązania uzyskane w przypadku obu modeli. W przykładach obliczeniowych wskazuje na minimalne różnice w ugięciach (rysunek 6.3.1) główki szyny i całej szyny. Zaś na rysunkach 6.3.2 i 6.3.3 przedstawia przebiegi ugięć dynamicznych układu dwuwarstwowego i jednowarstwowego od obciążenia pociągiem Pendolino i Thalys przy prędkości 300 km/h. Z kolei na rysunkach 6.3.4 do 6.3.7 pokazuje odpowiedzi dynamiczne obu modeli przy współczynniku $k_r = 91,1$ MPa, niedoskonałości $S = 10$ μ m oraz przy rozstawie podkładów 0,6 m. Na rysunku 6.3.8 pokazano różnice przemieszczeń wyznaczone w obu modelach nawierzchni w przypadku różnych typów pociągów. Część obliczeń przedstawiono w tablicach na stronie 126 przy obciążeniu pociągami Pendolino (EMU-250) i Thalys i węglarką Falns 441 VA. Doktorantka stwierdza, że długość niedoskonałości istotnie wpływa na rozwiązania w obu modelach. W podsumowaniu (podrozdział 6.4) Autorka formułuje trzy spostrzeżenia wynikające z badań oraz pozytywnie ocenia model „belka w belce”.

W **rozdziale 7** „Wnioski i kierunki dalszych prac” Doktorantka sformułowała 7 istotnych wniosków, a także wskazała oryginalne elementy pracy oraz kierunki dalszych badań.

2. Uwagi o pracy

Trudno się zgodzić z propozycją Doktorantki odnośnie koncepcji główki szyny zanurzonej w szynie, opisaną jedną sprężyną łączącą o stałej k_h . Aby taka zgodność miała miejsce należałoby analizować pełny tensor naprężeń i odkształceń oraz wektor przemieszczeń główki z sztyką. Tak więc rozważany model jest tylko przybliżeniem stanu rzeczywistego, ważnym w analizie zmęczeniowej pęknięć szyny.

Doktorantka musi wyjaśnić w jaki sposób i gdzie w modelu dynamicznym uwzględnia sprężystość szynki we wszystkich trzech kierunkach, jak to podaje na str. 30. („Wykonano badania laboratoryjne naprężeń w główce szyny dla dwóch typów szyn 49E1 i 69E1. Uzyskane w ten sposób dane wzbogacają bazę wiedzy, dotyczącą zachowania się szyny kolejowej, a ponadto posłużyły do określenia parametrów, niezbędnych do zbudowania modelu dynamicznego nawierzchni (zwłaszcza sprężystość szynki szyny we wszystkich trzech kierunkach).”).

Dodatkowego wyjaśnienia wymaga opis schematu dynamicznego toru podany na stronie 115 pod rysunkiem 6.1.1. („wyróżnia się główkę szyny, ale nie oddziela się jej od całego profilu szyny. Główka szyny jest opisana jako warstwa, której drgania są kinematycznym wzbudzeniem osi wzdłużnej szyny. Przyjmuje się, że zarówno główka szyny, jak i cała szyna są belkami Eulera-Bernoulliego”).

Na stronach 65-67, 70-72, 74-77 i na wielu innych nie opisano o jakie naprężenia chodzi, należy tylko domyślać się z wykresów.

Nie wiadomo również jakie były warunki brzegowe w badanej szynie (str. 65-67).

Aż 6 stron (90 do 95) rozdziału 5.2.1 zatytułowanego „Rozkład naprężeń dla szyny jako belki” poświęcone jest oczywistym wykresom sił wewnętrznych w belce swobodnie podpartej obciążonej w środku rozpiętości siłą skupioną oraz oczywistym spostrzeżeniom dotyczącym rozkładu naprężeń normalnych i stycznych w takiej belce o przekroju poprzecznym szyny, np. „Dużą zmianę wartości naprężenia obserwujemy pomiędzy punktami (Rys. 5.2.5) 3 i 4 oraz 6 i 6'(prim), gdzie szerokość przekroju istotnie maleje.” lub „Naprężenia normalne (Rys. 5.2.7) w szynie osiągają największe wartości przy krawędzi główki, ponieważ jest to najbardziej oddalony od osi centralnej punkt. Wartość ta wynosi 42,253MPa. Wartość naprężeń dolnej krawędzi stopki wynosi się 36,750 MPa, natomiast w środku ciężkości zgodnie z założeniami wynoszą 0.”

Na stronie 94 błędnie podpisane rysunki 5.2.10 i 5.2.11 – wykres naprężeń normalnych został nazwany wykresem naprężeń stycznych, a wykres naprężeń stycznych został podpisany jako wykres naprężeń normalnych. Nieprawdziwe również jest stwierdzenie podane w tekście na stronie 94 pracy: „W środku ciężkości naprężenie normalne (Rys. 5.2.11) osiąga swoje maximum (17,207MPa).”

Na stronie 17 błędnie zapisany wzór (1.4) opisujący model podłoża Filonenki-Borodicha, z dwiema nieopisanymi przez Autorkę funkcjami $v(x, y)$ i $w(x, y)$. W opisie modelu i wzoru

(1.4) Doktorantka wielkość T podaje raz jako „intensywność naprężenia w membranie”, a raz jako siłę rozciągającą membranę.

Niepoprawnie zapisany wzór (1.5) opisujący model podłoża Kerra wraz z błędnym opisem, że w jest ugięciem pierwszej warstwy.

Wyjaśnienia wymagają znaki przy pochodnych we wzorach (1.6) i (1.8) oraz użyty tam operator Laplace’a. Ponadto w literaturze nie jest przyjęte oznaczanie operatora Laplace’a literą V z kreską, jak to robi Autorka we wzorach (1.3) do (1.7).

We wzorze (1.8) użyta pochodna cząstkowa zamiast zwykłej pochodnej.

Na str. 44 na rysunku, z błędnym numerem, 1.1.4 moment bezwładności podany w milimetrach zamiast w milimetrach do potęgi czwartej.

Nie rozumiem dlaczego w opisie modeli podłoża powołanie na prace dotyczące modeli wieloparametrowych znalazło się w punkcie „a) jednoparametrowy, Winkler [139]”, następnie Autorka przechodzi do kolejnych punktów „b) dwuparametrowe” oraz „c) trójpametrowe”.

W tablicy 5.2.1 na stronie 90 zapis „Moment bezwładności I_0 ” sugeruje, że jest to biegunowy moment bezwładności.

Największe zastrzeżenia budzi strona redakcyjna i język jakim napisana jest ta praca. Uwagi językowe, interpunkcyjne, stylistyczne i edytorskie są tak liczne, że nie sposób wyliczyć i opisać je wszystkie w recenzji. Poniżej wymienię tylko niektóre z nich:

- niepoprawnie używany jest przyimek „dla” łączący się z dopełniaczem – powinien być używany w odniesieniu do istot żywych, w niektórych zdaniach pojawia się kilkakrotnie,
- używanie niepoprawnego zwrotu „w oparciu”; według poradni językowej PWN niepoprawne są zdania, w których konstrukcja opierać o coś odnosi się do abstraktów; zamiast pisać *w oparciu o wyniki, o badania* lepiej pisać *na podstawie*, lub *opierając się na*,
- używanie wyrażenia „często” (np. str. 14 i inne) nie powinno mieć miejsca w pracy naukowej, gdyż jest nieprecyzyjne,
- używanie słowa „elastyczne” zamiast sprężyste, np. „moduł elastyczności” zamiast moduł sprężystości, „elastycznego podłoża” zamiast podłoża sprężystego,
- zamiast „wzdłużny” moim zdaniem lepiej stosować powszechnie przyjęty w literaturze naukowej synonim – podłużny, tak jak np. Kaliski „Drgania i fale”, Nowacki „Dynamika budowli”, i wiele innych,
- liczne błędy stylistyczne,

- w wielu zdaniach brak jest podmiotu lub orzeczenia,
- nieporadność językową Autorki można zauważyć np. w zdaniach: na str. 116: „Rozwiązanie w stanie równowagi (6.2) można również opisać jako cosinusowe i sinusoidalne części główki szyny oraz przemieszczenia całego profilu szyny:”, oraz na str. 116 „Przez zróżniczkowanie równania (6.4) i podstawienie razem z równaniem (6.3), równania (6.2) stają się zbiorem zwykłych równań powiązanych z cosinusem ($\cos \omega t$) i częścią sinusoidalną ($\sin \omega t$):”,
- na str. 117 część zdania zapisana jest w języku angielskim: „...które można znaleźć porównując wielkości z sinusem i cosinusem ith serii:”
- wyjaśnienia wymaga co ma Doktorantka na myśli podając na str. 126 w tablicach 6.3.1, 6.3.2 i 6.3.3 „sztywność gąsienic”,
- błędnie pisane nazwiska cytowanych autorów np.: na str. 17 „Vlaslova” zamiast Vlasova, na str. 114 „Euleara” zamiast Eulera, nazwisko von Mises zapisane przez Autorkę w trzech różnych wariantach,
- błędnie odmieniane nazwiska np. na str. 17 „model Heteneyi’a”, a na str. 18 „model Heteneyi’a” zamiast model Hetenyiego,
- liczne literówki np.: „przy zastosowaniu modelu trójwymiarowych” (str. 6 i str. 80), „przepieszczenie wydłuż” (opis na rys. 4.1.5 ze str. 45), „różnice pomiędzy naprężeniami występującemu” (str. 53), w podpisie rysunku 2.3 (str. 15) powołanie na pozycję literatury [2] zamiast na [3], na str. 9 w tekście odwołanie do rysunku o nieistniejącym w pracy numerze 2.1.1,
- na stronie 79 Autorka dwa razy pisze wewnętrzna zamiast wewnętrzna i zewnętrzna „Różnica wartości naprężeń dla strony wewnętrznej szyny wynosi 8,88% natomiast dla strony wewnętrznej 4,74%.”,
- Doktorantka stosuje skróty myślowe, które zmieniają sens wypowiedzi, np. na str. 119 „równanie jednowarstwowe”.

Inne liczne niepoprawne (niezrozumiałe dla czytelnika) zdania i błędy zaznaczyłam w tekście pracy.

Redakcja tej rozprawy jest jej najsłabszym punktem, obniżając jej wartość merytoryczną.

Brak powołań na uznane powszechnie pozycje literatury z zakresu tematyki związanej z pracą, natomiast Autorka wielokrotnie powołuje się na prace inżynierskie i na pracę magisterską, co nie powinno być standardem rozprawy doktorskiej.

Doktorantka nie wykazała się w pracy znajomością języka technicznego.

3. Istotne elementy rozprawy

- 1) Analiza efektu „head on web” przeprowadzona w przypadkach różnych szyn, co może stanowić podstawę ich klasyfikacji technicznej.
- 2) Analiza modelu toru kolejowego według koncepcji „szyna w szynie” poszerza wiedzę o mechanice nawierzchni kolejowej.
- 3) Wartościowym elementem pracy, przedstawionym i wykorzystanym w rozważaniach są badania poligonowe przeprowadzone na rzeczywistym torze pociągu.
- 4) Opracowanie modelu nawierzchni za pomocą programu metody elementów skończonych. Porównanie wyników uzyskanych metodami analitycznymi, MES, badań laboratoryjnych i badań poligonowych na rzeczywistym torze.

4. Wniosek końcowy

Podsumowując recenzję stwierdzam, że mgr inż. Małgorzata Urbanek zrealizowała cele sformułowane w pracy, wykazując dostateczny poziom wiedzy z zakresu dyscypliny naukowej Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport.

Ważnym elementem pracy jest potencjał aplikacyjny rozważanego zagadnienia w projektowaniu i eksploatacji konstrukcji nawierzchni kolejowej.

Rozprawa doktorska mgr inż. Małgorzaty Urbanek pt. „Analiza stanu naprężeń i przemieszczeń szyn ze szczególnym uwzględnieniem efektu „head on web”” spełnia w minimalnym stopniu wymagania stawiane pracom doktorskim określonym w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki. Wnoszę o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie Doktorantki do publicznej obrony.

