

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Radosława GMYZ pt. „Wpływ rodzaju wspomagania mechanizmu hamulcowego na zużycie energii” opracowana na zlecenie Dziekana Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej prof. dra hab. inż. Jarosława SEP.

1. Uwagi wstępne.

W ostatnich latach w pojazdach samochodowych są powszechnie stosowane różnego rodzaju układy mechaniczno-elektryczno-elektroniczne i w coraz większym stopniu wypierają one lub uzupełniają inne tradycyjne mechaniczne, pneumatyczne i hydrauliczne rozwiązania, nawet jeśli te ostatnie były sterowane elektronicznie. Jako przykłady tego kierunku zmian mogą posłużyć:

- zastosowanie mechaniczno-elektryczno-elektronicznego sterowania kierownicą spalin turbosprężarki o zmiennej geometrii, które w pewnych markach samochodów zastąpiło sterowanie elektroniczne z wykorzystaniem podciśnienia jako czynnika roboczego,
- zastosowanie elektrycznych układów wspomagania kierownicy, i inne.

Obecnie ze względu na oszczędność energii różnego rodzaju urządzenia konstruuje się tak aby cechowały się możliwością płynnej regulacji swojej wydajności, a tym samym proporcjonalnego zapotrzebowania na energię. Ponadto urządzenia te w przypadku chwilowego braku zapotrzebowania na efekty jego pracy powinny mieć możliwość jej zawieszenia ograniczając w ten sposób pobór energii do zera lub niezbędnego minimum.

Tego typu rozwiązania są stosowane przykładowo:

- W przypadku dwucylindrowych silników firmy Fiat o pojemności 0.9 dm³ i mocy maksymalnej 105KM gdzie zastosowano pompę oleju o zmiennej wydajności.
- W samochodach osobowych dużej mocy wyposażonych w układ 2 turbosprężarek,

uzupełnieniowych dodatkowo o trzecią elektryczną sprężarkę, pracującą pod napięciem 48V, której zadaniem jest umożliwienie płynnej regulacji ciśnienia doładowania także w zakresie niskich prędkości obrotowych wału korbowego.

- Pomp wysokiego ciśnienia stosowanych w układach wtryskowych silników spalinowych, które w przypadku odpowiedniej wartości ciśnienia oleju napędowego w listwie Common Rail zawieszają swoją pracę w celu wyeliminowania nieefektywnego i nieuzasadnionego energetycznie przepompowywania oleju napędowego z powrotem do zbiornika paliwa (np. firma Denso).

Z wymienianych powyżej względów podjętą w rozprawie doktorskiej tematykę dotyczącą energochłonności mechanizmów wspomagania hamulców pojazdów samochodowych uważam za aktualną oraz celową ze względów naukowych, poznawczych, utylitarnych, ekonomicznych, a także ekologicznych.

2. Ocena rozprawy.

Rozprawa została przedstawiona na 188 stron, na których zamieszczono:

- tekst,
- 144 rysunki,
- 102 zależności matematyczne,
- 56 tabel.

Rozprawa pomimo, że liczy 188 jest napisana z zastosowaniem pojedynczego odstępu wierszy tekstu, a nie jak niektóre rozprawy z zastosowaniem odstępu wierszy 1,5 i z tego powodu należy stanowczo zaznaczyć, że ona bardzo obszerna.

Liczba błędów literowych i interpunkcyjnych w odniesieniu do strony maszynopisu jest poniżej średniej liczby tego typu błędów występujących przed recenzją w różnego rodzaju rozprawach i monografiach. Ze względu na obszerność recenzowanej rozprawy zdecydowanie świadczy to o dokładności Doktoranta i dbałości o szczegóły. Błędy te oraz bardzo nieliczne miejsca braku wyrównania tekstu do strony lewej i prawej zostały naniesione na przekazanym Doktorantowi maszynopisie i nie wydaje się celowe ich szczegółowe przywoływanie w niniejszej recenzji. Błędy stylistyczne praktycznie w rozprawie nie występują, a wybrane drobne niedociągnięcia zostaną przedstawione w punkcie uwagi krytyczne i formalne.

Jakość ilustracji zamieszczonych w rozprawie oceniam bardzo wysoko.

Układ rozdziałów rozprawy jest akceptowalny, a zastrzeżenia recenzenta zostaną sformułowane w punkcie uwagi krytyczne i formalne.

Wykaz piśmiennictwa obejmuje 110 pozycji literaturowych i dodatkowo 50 rozporządzeń. Z przywołanych 110 pozycji literaturowych:

- 10 pozycji pochodzi z lat 2012 – 2014 (ostatnie 3 lata),
- 28 pozycji pochodzi z lat 2010 – 2014 (ostatnie 5 lat),
- 70 pozycji pochodzi z lat 2005 – 2014 (ostatnie 10 lat).

Co zdaniem recenzenta świadczy o aktualności przywołanej literatury.

Oprócz tego Doktorant przywołał jeszcze 50 rozporządzeń i raportów z których:

- 40 pochodzi z lat 2005 – 2014 (ostatnie 10 lat),
- 19 pochodzi z lat 2010 – 2014 (ostatnie 5 lat),

a 3 pochodzą z ostatniego roku (2014) co świadczy o tym, że Doktorant praktycznie do chwili złożenia rozprawy doktorskiej do Wysokiej Rady Wydziału śledził, analizował i aktualizował ich wykaz.

Z 110 pozycji literaturowych 85 jest obcojęzycznych, w tym występują:

- publikacje z listy „A” MNiSW (np. International Journal of Automotive Technology, Applied Mathematical Modelling, Aerospace Science and Technology i inne) ,
- jedna rozprawa doktorska (Virginia Polytechnic Institute and State University)
- co istotne zdaniem recenzenta 22 pozycje opublikowane poprzez uznane w świecie Stowarzyszenie Inżynierów Motoryzacji SAE International (Society of Automotive Engineers). Jest to ważne ponieważ rozprawa dotyczy układów hamulcowych pojazdów samochodowych.

Mimo przywołania wielu znaczących pozycji literaturowych Autor w swojej rozprawie doktorskiej, zdaniem recenzenta niekoniecznie, przywołał kilka pozycji o charakterze bardziej informacyjnym lub edukacyjnym niż naukowym jak np. pozycja 82: Robert Bosch GmbH: Układy stabilizacji toru jazdy ESP. Informator techniczny WKŁ, Warszawa 2006.

Ze zdziwieniem natomiast recenzent nie odnalazł w spisie literatury ani jednej pozycji autorstwa Doktoranta.

W ramach rozdziału 2 pt. „Analiza literatury” Autor przedstawia zapotrzebowanie energetyczne pojazdu i jego elementów z uwzględnieniem najnowocześniejszych rozwiązań stosowanych w pojazdach i rozwijanych w ośrodkach badawczych. Na tej podstawie i analizie innych korzyści wynikających z zastosowania elektrycznego hamulca zasadniczego

zawartych w podrozdziale 2.7 Doktorant formułuje tezę pracy i zakres pracy (rozdział 3).

W rozdziale czwartym Doktorant dokonuje analizy zużycia energii niezbędnej do realizacji procesu hamowania pobieranej przez układy podciśnieniowe, nadciśnieniowe a także częściowo elektromechaniczne. Zwieńczeniem rozdziału czwartego jest opracowany w ramach rozprawy model dynamiki pracy hamulca elektromagnetycznego uwzględniający sztywności, tłumienia, współczynniki tarcia i luz elementów tego hamulca. Dokładne zamodelowanie dynamiki wykorzystywanej w hamulcu elektromechanicznym podwójnej przekładni planetarnej i zidentyfikowanie parametrów takiego modelu może być zagadnieniem dla zupełnie innej pracy dlatego Doktorant przekładnię planetarną uprościł do zredukowanego momentu bezwładności, sztywności zastępczej i tłumienia. Na początku rozdziału 5 Autor zaprezentował wykorzystywane w badaniach stanowiskowych i drogowych różne układy pomiarowe, które od postaw zbudował wykorzystując różnego rodzaju przetworniki oraz układy rejestracji i oprogramował je wykazując się dużą wiedzą oraz dociekliwością. Na uznanie zasługuje to, że układ ten w warunkach wielogodzinnych pomiarów drogowych poprawnie współpracował z zestawem przetworników zamontowanych na specjalnie zaprojektowanej do badań „przyczepie pomiarowej”. Jeden z przykładowych problemów, który musiał rozwiązać Doktorant na tym etapie polegał na blokowaniu możliwości zapisu danych pomiarowych w wyniku zakłóceń pracy odbiornika satelitarnego posiadającego wysoką (jak dla tych odbiorników) 20 hercową prędkość odświeżania. Wykorzystanie tego urządzenia było niezbędne do przypisania przebytych przez pojazd badawczy odcinków drogi do odpowiedniej jej kategorii. Duże znaczenie w oczach recenzenta również bardzo rzetelne podejście Doktoranta do prowadzenia pomiarów polegające na przeprowadzeniu skalowania toru pomiarowego co obecnie w wielu pracach bywa zaniedbywane. Nawet pomimo niepodania na rys. 5.36 wartości parametru „ R^2 ”, to na podstawie samej obserwacji wyników przeprowadzonego skalowania można je uznać za „książkowe”. Konsekwencją przyjętego zakresu pomiarowego i niskiej rozdzielczości przetwornika 10/16 bitów jest widoczna na rysunku 5.28 i 5.29 kwantyfikacja sygnałów natężenia prądu i siły nacisku, co wymagało podczas obróbki tych sygnałów zastosowania uśredniania. Jednakże w przypadkach pomiaru wartości natężenia prądu i siły nacisku występującego dla obciążenia analizowanego układu odpowiadającego normalnym warunkom, pracy rozdzielczość przetwornika pomiarowego była wystarczająca. Na odnotowanie zasługuje fakt że Doktorant nie zadowolił się pojedynczymi pomiarami tylko dokonał sprawdzenia ich powtarzalności. W wyniku badań stanowiskowych uzyskał

zależność pomiędzy siłą wywieraną przez zespół hamulca elektromechanicznego na klocek hamulcowy, a natężeniem prądu płynącego w obwodzie hamulca. Natomiast w wyniku czasochłonnych badań drogowych Doktorant wyznaczył:

- dla 4 kategorii dróg między innymi takie parametry jak czasy użycia układu hamulcowego, wartości ciśnienia w układzie hamulcowym i opóźnienia hamowania,
- zależność pomiędzy siłą hamowania pojazdu badawczego, a natężeniem prądu płynącego w obwodzie hamulca elektromechanicznego,

które to wyniki w rozdziale 7 wykorzystał do wyznaczenia energii pobieraną przez elektromechaniczny układ hamulcowy, układ ze wspomaganie podciśnieniowy i układ nadciśnieniowy. Praca klasycznie kończy się podsumowaniem potwierdzającym tezę pracy i wnioskami.

Na uwagę zasługuje fakt, że Autor nakreślił również kierunki dalszych badań.

Do najważniejszych osiągnięć Autora zaliczam:

- opracowanie modelu dynamiki pracy hamulca elektromagnetycznego uwzględniającego sztywności, tłumienia, współczynniki tarcia i luz jego elementów,
- przeprowadzenie stanowiskowych oraz obszernych i trudnych w realizacji badań drogowych, wyniku których możliwe było wyznaczenie dla 4 kategorii dróg zapotrzebowania energetycznego zarówno konwencjonalnych układów hamulcowych, jak i hamulca elektromechanicznego.

Uważam, że cele pracy zostały zrealizowane, a teza udowodniona. Bardzo obszerny materiał badawczy został przedstawiony przejrzysto w tablicach i na rysunkach.

Uwagi krytycznie i formalne

Na podstawie lektury rozprawy należy wymienić uwagi formalne i krytyczne:

- Tytuł rozdziału numer 2 „Analiza literatury” wydaje się być tytułem roboczym, a właściwy tytuł powinien odzwierciedlać zawartość tematyczną tego rozdziału.
- Wyróżnienie podrozdziałów:
„2.4 Współczesne systemy hamulcowe stosowane w pojazdach samochodowych”,
„2.6 Układy hamulcowe wykorzystujące energię elektryczną”
i „2.6.2 Elektryczne hamulce postojowe (EMP)”
powoduje, że czytelnik może odnieść wrażenie że „elektryczne hamulce postojowe” nie są wykorzystywane we „współczesnych systemach hamulcowych stosowanych w pojazdach samochodowych”, a tak nie jest czego jednym z licznych przykładów

może być samochód Volkswagen Passat, w którym elektryczny hamulec postojowy jest stosowany co najmniej od 10 lat. Na podstawie treści przywołanych rozdziałów jasno wynika, że ten nieco mylący podział wynika z chęci szczególnego wyróżnienia przez Doktoranta „Układów hamulcowych wykorzystujących energię elektryczną” i dokonania ich podziału, a nie nieświadomości na temat stosowania elektrycznych hamulców postojowych.

- Układ rozdziałów 5 i 6 powoduje, że przez 66 stron czytelnik czyta na przemian o badaniach stanowiskowych i drogowych w kontekście ich celu, później obiektu badań, później metodyki, przebiegu badań i analizy wyników. Takie „przeskakiwanie” oprócz tego, że czytelnik może się troszkę pogubić powoduje, że po powrocie np. do tematu badań stanowiskowych w kolejnym podrozdziale Autor nieuchronnie chcąc nawiązać do pewnych zagadnień, krótko, ale jednak powtarza, nie koniecznie te same zdania, ale podobne treści. Zdaniem recenzenta jednak znacznie czytelniejszy byłby podział na badania stanowiskowe i doświadczalne, a następnie w ramach każdego z typów badań wyróżnienie w podpunktach: celu, obiektu, metodyki, przebiegu badań i analizy wyników.
- Str. 8: Autor za pozycjami literatury [144, 31,131] pisze, że: Silniki wysokoprężne dzięki wyższemu stopniowi sprężania posiadają naturalnie wyższą sprawność niż silniki iskrowe [144]. Są one na ogół bardziej wydajne energetycznie względem jednostek benzynowych, przez co w ostatnich 20 latach zyskały na popularności, zwłaszcza wśród odbiorców w państwach Unii Europejskiej [31,131].” Jest prawdą, że na podstawie wykresów dotyczących obiegów termodynamicznych Diesla i Otto oraz wzorów dotyczących sprawności tych obiegów można zauważać, że na sprawność duży wpływ ma stopień sprężania. Jednakże dla porządku warto przypomnieć, że stopnie sprężania stosowane w silnikach z zapłonem samoczynnym samochodów osobowych przez „ostatnie 20 lat”, przywołane przez Doktoranta za literaturą, zmniejszyły się z wartości około 23/19 do około 16,5 (Fiat Freemont), a nawet 14 (Mazda Skyactiv) znacząco zbliżając się do stopni sprężania, niektórych jednostek z zapłonem iskrowym, dla których stopień sprężania wynosi np. 13 (Toyota Prius). Zatem nie tylko stopień sprężania jest tutaj istotny.
- Str. 10: Autor pisząc „optymalizacja momentu zmiany przełożenia”, pomylił pojęcia: moment i chwila czasowa. Powinno być: „optymalizacja chwili zmiany przełożenia”, Jednak z analizy całej rozprawy jasno wynika, że nie jest to efekt nieświadomości

Doktoranta tylko chwilowego błędnego doboru słownictwa podczas pisania pracy.

- Str. 12: Autor napisał: „... gdzie praca układu zaworowego jest niezależna od biegu wału korbowego silnika.”, wydaje się, że powinno być „gdzie praca układu zaworowego jest niezależna od chwilowego położenia kąтового wału korbowego silnika.”.
- Str. 14, rys. 2.5 - stwierdzenie „wymagana siła na trzecim biegu” powoduje, że nie od razu wiadomo o jaką siłę chodzi i zdaniem recenzenta opis osi odciętych wykresu powinien brzmieć: „wymagana wartość siły napędowej”, a opis prostych na wykresie jako: „bieg nr 3” itd.
- Str. 14, rys. 2.6 – brak wyjaśnienia skrótu „NMVEG”.
- Str. 21, rys. 2.8 – na osi rzędnych zastosowano opis „pobór mocy, Wh/mila” i abstrahując od tego, że mila nie jest jednostką układu SI, to znacznie istotniejsze jest to, że watogodzina (Wh) jest jednostką energii, a nie mocy. Dla porządku należy zaznaczyć, że jest to jednak pojedyncza pomyłka tego typu, która wystąpiła w recenzowanej pracy.
- Str. 29, zależność: 2.5 – ani w tekście ani w spisie ważniejszych oznaczeń nie wyjaśniono oznaczeń F_p i F_T , a na podstawie rys. 2.14 niezorientowany czytelnik może się jedynie domyślać ich znaczenia.
- Str. 30, zależność: 2.7 – ani w tekście ani w spisie ważniejszych oznaczeń nie wyjaśniono oznaczenia δ (osoba wtajemniczona w temat oczywiście przenika, o co chodzi Autorowi ale nie koniecznie będzie tak w przypadku każdego czytelnika).
- Str. 32, Autor zapisał: „Wśród tarczowych mechanizmów hamujących wyróżnia się: układ I – każdy z klocków ciernych dociskany jest przez niezależny cylinderek dociskający, układ II – z klockami współpracuje jeden wspólny cylinderek” zupełnie zapominając o zaciskach hamulcowych wielotłoczkowych. Dotykając tego miejsca należy jeszcze uściślić, że bezpośrednio z klockiem hamulcowym współpracuje tłok (tłoczek) zacisku hamulcowego, a nie jak pisze Doktorant: „cylinderek dociskający”. Stwierdzenie to wydaje się, że powstało w wyniku skrótu myślowego, których w rozprawie jest nad podziw mało (żeby nie napisać, że nie występują).
- Str. 34, zależność: 2.29: zastosowano oznaczenie F_{HK} , a na rys. 2.17 F_H , zdaniem recenzenta chyba chodzi i to samo?
- Zdaniem recenzenta dokonując obliczeń przełożenia całkowitego układu napędowego z przekładnią pasową i dwustopniową przekładnią planetarną można było wprowadzić

oznaczenie stopnia/szeregu przekładni planetarnej w przypadku oznaczeniu i_{aj}^b , ponieważ w przeciwnym wypadku na stronie 87 czytamy poniżej wzoru 5.6, że przełożenie $i_{aj}^b = 6,875$, a poniżej wzoru 5.7, że przełożenie $i_{aj}^b = 5,6$. Wprowadzenie rozróżnienia przełożeń na i_2 oraz i_3 również przeciętnego czytelnika mogło wprowadzić w zawahanie ponieważ zarówno w przypadku jednego oznaczenia jak i drugiego zapisano, że jest to przełożenie drugiego szeregu planetarnego. Dodatkowo na stronie 86 na rysunku 5.8 wprowadzono oznaczenia liczb zębów z_1 i z_2 odpowiednio dla koła centralnego i słonecznego, a odpowiadające im prędkości kątowe oznaczono już jako ω_a i ω_b . Nie jest to wielki błąd ale w przyszłości zapis ten warto ujednolicić.

- Zamieszczone na stronie 103 wyjaśnienia na czym polega próbkowanie sygnału zdaniem recenzenta w rozprawie doktorskiej mogłoby zostać pominięte.
- Str. 132, rys. 6.1: Autor napisał „ $y=0,008689 \cdot x+2,375$ ”. Powinno być: „ $I=0,008689 \cdot F+2,375$ ” i należy zaznaczyć, że jest to jedno jedyne miejsce w całej rozprawie gdzie Autorowi zdarzyło w przypadku zapisu równania aproksymującego wyniki zastosować x i y zamiast właściwych opisów zmiennych. W pozostałych miejscach Autor starannie dbał o to aby równania zapisać poprawnie. Inną kwestią jest to dlaczego aproksymację wyników sprowadzono do postaci „ $I=\alpha \cdot F+\beta$ ”, a nie do postaci „ $I=\alpha \cdot F$ ”. Ta kwestia nie została poruszona w rozprawie i dlatego prosiłbym o odpowiedź czy przyjęta formuła aproksymacji wyników została zastosowana w celu uwzględnienia niezerowej wartości prądu wstępującej w chwili kasowania luzu pomiędzy siłownikiem hamulca elektromechanicznego a przetwornikiem siły, odpowiadającym w rzeczywistym układzie klockowi hamulcowemu?
- Str. 146: na rys 6.13 nie uwzględniono składowej pionowej siły obciążającej kulę haka holowniczego poprzez przyczepę badawczą.
- Str.147 brak jest zależności 6.6 i to również jedno jedyne miejsce tego typu w pracy.
- Zdaniem recenzenta tytuł rozdziału 7 mógłby jednak brzmieć: „Obliczenia zużycia energii w układzie hamulcowym”, 7.1.3 np. „Obliczanie wartości energii pobieranej przez elektryczny układ wspomagający” i rozdziału 7.2.2 „Obliczenia i analiza wyników”.
- Str. 165, Autor zapisał: „Energia ta czerpana jest z wału korbowego silnika poprzez napęd mechanizmu rozrzędu lub za pośrednictwem napędu elektrycznego.

W przypadku urządzeń łączonych bezpośrednio z wałem rozrządu nie istnieje możliwość okresowego przerywania ich pracy, więc energia pobierana jest w sposób ciągły. Pobór mocy przez pompę podciśnienia przyjęto jako wartość stałą, zakładając przeciętną prędkość obrotową silnika na poziomie 2500 obr/min. Przyjęty zakres 2500 obr/min stanowi typowe prędkości obrotowe współczesnego szybkoobrotowego silnika wysokoprężnego. W związku z powyższym producent podaje moc dla tego właśnie zakresu prędkości.”

Odnosząc się do tego fragmentu pracy proszę o zwrócenie uwagi, że producent pomp podciśnieniowych najprawdopodobniej podaje moc w funkcji prędkości obrotowej wału pompy próżniowej. Pompa próżniowa jak pisze Doktorant jest napędzana z wału rozrządu tłokowego silnika spalinowego, a ten wał ma prędkość obrotową 2 razy mniejszą od prędkości wału korbowego. Z tego powodu najprawdopodobniej producent (rys. 4.2 i 4.4) podaje moc pobieraną przez pompę dla zakresu od około 300 obr/min do 2500 obr/min co po przemnożeniu razy dwa daje zakres 600-5000 obr/min zmian prędkości wału korbowego, w którym mieszczą się prędkości obrotowe wielu silników (może dla ZI - 7000 obr/min). Ze względu na istnienie tego mnożnika (x2) producent pomp podaje moce od niespotykanego podczas normalnej eksploatacji silników spalinowych zakresu ok. 300 obr/min – bo 300 obr/min to prędkość wału pompy, a prędkość obrotowa wału korbowego w tym przypadku będzie wynosiła 600 obr/min co jest znacznie bliższe prędkości biegu jałowego niż 300 obr/min. Proszę Doktoranta o ustosunkowanie się do tego stanowiska.

W przypadku gdyby recenzent miał rację, a przyjęta do obliczeń wartość pobieranej mocy została odczytana na podstawie prędkości obrotowej wału pompy wynoszącej 2500 obr/min to wobec stwierdzenia „Przyjęty zakres 2500 obr/min stanowi typowe prędkości obrotowe współczesnego szybkoobrotowego silnika wysokoprężnego.” przyjętą wartość mocy ze względu na nieliniowość charakterystyki (rys. 4.2 i 4.4) należy uznać za ponad 2 razy zawyżoną.

Przedstawione uwagi krytyczne i formalne nie zmniejszają w istotny sposób czytelności i zrozumienia recenzowanej rozprawy doktorskiej, a przy podanej na wstępie obszerności rozprawy, że Doktorant popełnił ich względnie niewiele. Zgłoszone uwagi nie wpływają również na ogólną wysoką ocenę naukową rozprawy doktorskiej.

Uwagi polemiczne:

Jak wynika z powyższego opiniowaną pracę oceniam jednoznacznie pozytywnie. W naturalny sposób lektura każdej rozprawy skłania do pewnych uwag polemicznych:

Autor rozprawy nie wypowiedział się w sprawie systemów zapewniających funkcjonowanie elektromechanicznego, zasadniczego układu hamulcowego w przypadku zaistnienia różnego rodzaju awarii np. zwarcia w instalacji elektrycznej jednego z obwodów dwuobwodowego układu. Zwarcie, może być spowodowane zwarcie wewnętrzne akumulatora lub innymi czynnikami i z tego powodu recenzent prosi aby Doktorant krótko wypowiedział się na ten temat podczas obrony rozprawy doktorskiej.

3. Wniosek końcowy.

Uważam, że przedstawiona do oceny rozprawa jest wartościowa zarówno pod względem poznawczym jak i użytecznym. Autor rozwiązał samodzielnie zadanie naukowe polegające na przeprowadzeniu badań stanowiskowych oraz obszernych i trudnych w realizacji badań drogowych, wyniku których wyznaczył, dla 4 różnych kategoriach dróg, zapotrzebowania energetyczne zarówno konwencjonalnych układów hamulcowych jak i hamulca elektromechanicznego.

Na tej podstawie stwierdzam, że recenzowana praca doktorska mieszcząca się w obszarze dyscypliny naukowej budowa i eksploatacja maszyn spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim i dlatego wnioskuję do Wysokiej Rady Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej o przyjęcie recenzowanej pracy oraz o dopuszczenie mgr. inż. Radosława GMYZ do jej publicznej obrony.

