

Dr hab. inż. Jacek Czarnigowski, prof. PL  
Politechnika Lubelska  
Wydział Mechaniczny,  
Katedra Termodynamiki, Mechaniki Płynów i Napędów Lotniczych

Lublin, 3 września 2018 r.



## RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Pana mgr inż. Jacka Cabana pt.:

**„Wpływ parametrów wtrysku paliwa na przebieg procesu rozruchu silnika o zapłonie samoczynnym”**

### 1. Podstawa opracowania oceny

Recenzja rozprawy doktorskiej pana mgr inż. Jacka Cabana pt.: „Wpływ parametrów wtrysku paliwa na przebieg procesu rozruchu silnika o zapłonie samoczynnym” wykonana została na podstawie zlecenia Rady Wydziału Mechanicznego Politechniki Lubelskiej zawartego w piśmie nr WM/305/2018 z dnia 29 czerwca 2018 roku na podstawie uchwały Rady Wydziału z dnia 27 czerwca 2018 roku. Przewód doktorski realizowany jest w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie: Budowa i Eksploatacja Maszyn.

### 2. Przedmiot opinii

Przedmiotem opinii jest rozprawa doktorska pana mgr inż. Jacka Cabana pt.: „Wpływ parametrów wtrysku paliwa na przebieg procesu rozruchu silnika o zapłonie samoczynnym” przygotowana pod opieką promotora dr hab. inż. Pawła Drożdżiela, prof. PL.

Rozprawa liczy 10 rozdziałów zawartych na 117 stronach oraz 3 załączniki obejmujące kolejne 45 stron. W pierwszym rozdziale autor wprowadza czytelnika w zakres tematyczny rozprawy oraz uzasadnia potrzebę podjęcia tematyki badawczej. W drugim rozdziale autor przedstawia analizę literatury w zakresie rozruchu silników o zapłonie samoczynnym klasyfikując i podając definicje czynników wpływających na rozruch tego typu silników. Przedstawia także parametry stosowane w analizach procesu rozruchu oraz, na ich podstawie, definiuje etapy tego procesu. W rozdziale trzecim autor opisuje wyniki analiz literaturowych wpływu wybranych czynników i parametrów na prawidłowość rozruchu silnika. Opisuje także podstawy fizyczne tworzenia mieszanki palnej w czasie rozruchu determinujące jakość spalania w tym okresie. Kolejny, czwarty rozdział to opis kierunków badań wskazywanych w literaturze, związanych z rozruchem silnika. Autor szczególnie koncentruje się tu na diagnostyce stanu silnika z wykorzystaniem parametrów związanych z rozruchem oraz na rozwoju konstrukcji typu start-stop. Analizę literaturową autor podsumowuje w rozdziale piątym, gdzie wykazuje zasadność podjęcia pracy.

Rozdział szósty to cel i zakres pracy.

W rozdziale siódmym autor przedstawia opis badań stanowiskowych procesu rozruchu silnika jednocylindrowego o zapłonie samoczynnym. W rozdziale tym zawarto opis obiektu badań, autorskiego stanowiska badawczego, metodykę badań oraz parametry przyjęte do analiz wyników badań.

Rozdział ósmy to opis i analiza wyników badań stanowiskowych. Podzielono go na dwie części: analizę badań rozruchu zimnego silnika oraz rozruchu silnika ciepłego (restart). W obu częściach przedstawiono analizę wpływu parametrów wtrysku paliwa (dawka paliwa, ciśnienie wtrysku oraz kąt początku wtrysku) na wybrane parametry, między innymi: maksymalny prąd rozruchu, spadek napięcia na akumulatorze, średnia moc rozrusznika, maksymalne ciśnienie w komorze spalania.. Dla każdego analizowanego parametru przeprowadzono analizy statystycznej zależności od kąta wyprzedzenia wtrysku w każdym z punktów badawczych. Na ich podstawie przeprowadzono analizę procesu rozruchu, wyciągając wnioski szczegółowe z badań.

Całość pracy podsumowano w rozdziale dziewiątym zawierającym najważniejsze wnioski.

W kolejnym, nienumerowanym rozdziale zestawiono literaturę wykorzystaną przez autora do opracowania rozprawy. Literatura liczy łącznie 166 pozycji, z czego 49 jest opublikowanych w okresie ostatnich 7 lat. Dużą część literatury to publikacje w czasopismach zagranicznych lub materiały konferencyjne z konferencji międzynarodowych organizowanych poza Polską. Stanowią one 68 pozycji literatury. W spisie znalazły się także publikacje autorstwa lub współautorstwa mgr inż. Jacka Cabana.

Załącznik nr 1 do pracy obejmuje tabelaryczne zestawienie parametrów regulacyjnych wtrysku paliwa w poszczególnych punktach badawczych. Załącznik nr 2 obejmuje tabelaryczne zestawienia analiz statystycznych opisanych w pierwszej części rozdziału 8, zaś załącznik nr 3 tożsame zestawienie dla drugiej części rozdziału 8.

### **3. Ocena rozprawy**

#### **3.1. Problem badawczy**

Obecnie najważniejszym kierunkiem rozwoju silników spalinowych stosowanych w pojazdach jest obniżanie emisji gazów spalinowych. Dotyczy to zarówno redukcji ilości spalin (emisji dwutlenku węgla), jak i toksyczności spalin (emisji węglowodorów, tlenków węgla, tlenków azotu czy cząstek stałych). Widoczne są dwa podstawowe nurty tych prac: pierwszy dotyczy optymalizacji procesu roboczego w silnikach, a drugi – stosowania paliw o zmniejszonej zawartości węgla.

Recenzowana praca znajduje się w pierwszym nurcie, koncentrując się na analizie pierwszego etapu pracy silnika – na jego rozruchu. W tym etapie generowane są duże ilości toksycznych substancji w wyniku niecałkowitego i niepełnego spalania lub nawet braku spalania. Prawidłowość przebiegu tego procesu jest zatem bardzo istotna dla całkowitej emisji silnika w czasie jego użytkowania. Szczególnie jest to istotne w przypadku rozwoju systemów Start-Stop, coraz częściej stanowiących wyposażenie podstawowe pojazdów samochodowych. Ich działanie, polegające na wyłączeniu silnika przy krótkotrwałych postojach pojazdu (np. na światłach), ma za zadanie obniżyć całkowite zużycie paliwa, a przez to emisję dwutlenku węgla. Systemy te powodują jednak znaczący wzrost liczby i częstości

występowania rozruchów. Proces rozruchu staje się zatem jeszcze istotniejszy dla prawidłowości działania silnika oraz jego globalnej emisji.

Autor słusznie zauważył, że poznanie czynników wpływających na poprawność procesu rozruchu jest istotna ze względów naukowych i praktycznych. Z przeprowadzonej przez niego analizy literatury wynika, iż na procesie rozruchu wpływa wiele czynników zarówno konstrukcyjnych jak i eksploatacyjnych. Jednym z najmniej poznanych i opisanych w literaturze jest wpływ parametrów zasilania silnika, czyli tworzenia mieszanki paliwowo-powietrznej.

Niniejsza praca stanowi próbę rozwiązania powyższego problemu poprzez analizę eksperymentalną wpływu wybranych parametrów regulacyjnych zasilania (kąta początku wtrysku, dawki paliwa oraz ciśnienia wtrysku) na przebieg procesu rozruchu. Autor skoncentrował się na silnikach o zapłonie samoczynnym, uzasadniając to znacznym wzrostem popytu na samochody osobowe wyposażone w te silniki. Obecnie trend ten został zatrzymany w wyniku problemów ze spełnieniem norm emisji spalin, lecz podjęta tematyka jest nadal bardzo aktualna.

Praca ta wpisuje się zatem w światowy trend optymalizacji pracy silnika pod kątem obniżenia toksyczności spalin i pokrywa się z aktualnymi kierunkami prac naukowych. Podjęcie przez autora tematyki opiniowanej rozprawy uważam zatem za celowe. Oprócz oczywistych aspektów praktycznych, rozwiązanie postawionych w pracy zadań wymaga przeprowadzenia badań o charakterze poznawczym i opracowania metod badawczych zawierających elementy naukowe.

### **3.2. Cel i teza rozprawy**

Autor postawił sobie za cel „*ocenę wpływu wybranych parametrów regulacyjnych wtrysku paliwa na przebieg rozruchu i restartu jednocyldrowego silnika spalinowego o zapłonie samoczynnym*”. Cel ten jasno wynika z przedstawionej analizy stanu wiedzy. Dodatkowo postawiono cel poznawczy jako: „*udowodnienie niepowtarzalnego charakteru zachodzenia procesu rozruchu*” w tego typu silniku.

Teza pracy brzmi: „*parametry procesu rozruchu jednocyldrowego silnika o zapłonie samoczynnym są zmiennymi losowymi charakteryzującymi się dużym poziomem zmienności, co może prowadzić do nieudanego lub niewłaściwego przebiegu procesu rozruchu*”. Dla udowodnienia w/w tezy autor postanowił przeprowadzić serię badań stanowiskowych a ich wyniki poddać analizie statystycznej.

Takie podejście jest zgodne z metodami stosowanymi w pracach naukowych w analizowanej dziedzinie. Teza jednoznacznie wynika z celu poznawczego, choć cel poznawczy jest znacznym zawężeniem celu głównego. Cel i teza podstawione są poprawnie.

### **3.3. Ocena merytoryczna pracy**

Autor oparł całą pracę o analizę wyników badań stanowiskowych procesu rozruchu i restartu (rozruchu ciepłego) jednocyldrowego silnika o zapłonie samoczynnym. Analizując stan wiedzy wykazał, że na proces rozruchu wpływa wiele czynników, zarówno konstrukcyjnych jak i eksploatacyjnych. Biorąc pod uwagę dostępną w literaturze naukowej wiedzę stwierdził, że konieczne

jest jej uzupełnienie o wpływ parametrów regulacyjnych zasilania silnika w paliwo na przebieg procesu rozruchu oraz parametry ten procesu opisujące.

W tym celu autor opracował własne stanowisko badawcze opisane w rozdziale siódmym. Stanowisko to pozwoliło na przeprowadzenie serii badań eksperymentalnych stanowiących podstawę tej pracy. Stanowisko zostało opracowane i przygotowane prawidłowo.

Badania stanowiskowe obejmowały dwie serie badań.. Pierwsza dotyczy „pierwszego dziennego rozruchu” przy temperaturze silnika około 21°C, druga - restartu (rozruchu ciepłego silnika) przy temperaturze silnika około 60°C. W każdej z serii przeprowadzono po około 60 rozruchów w każdym z 16 punktów badawczych definiowanych jako ustawienie dawki paliwa (dwie wartości: fabryczna i zwiększona), dwa ciśnienia wtrysku paliwa (21 i 26 MPa) oraz cztery kąty początku wtrysku (16,6; 17,6; 18,6 i 19,7 °OWK przed GMP). Przeprowadzono zatem imponującą liczbę około 2000 prób. Przeprowadzono zatem planowanie eksperymentu typu „brute force” które może być uzasadnione przy próbie udowodnienia tezy o „losowości” rozruchu. Autor nie wyjaśnił jednak na jakiej podstawie wybrano punkty badawcze.

W każdej z prób mierzono parametry związane z prądem na rozruszniku, napięciem w instalacji elektrycznej oraz ciśnieniem wewnątrz komory spalania. Uzyskane wyniki poddano analizie w celu wyznaczenia 10 parametrów opisujących jakość procesu rozruchu („maksymalny prąd rozruchu, różnica napięcia na akumulatorze przed i po rozruchu, spadek napięcia podczas rozruchu, czas pracy rozrusznika, średnia moc rozrusznika, praca rozrusznika, wartość drugiego maksimum prądu, ciśnienie sprężania, ciśnienie pierwszego cyklu, ciśnienie stałe kolejnych cykli”). Parametry tak uzyskane poddano następnie analizie statystycznej. Dla każdego parametru w danym punkcie badawczym wyznaczono wartość mediany, wartość minimalną i maksymalną oraz odchylenie standardowe. Tak zebrana ilość wyników stanowi znakomitą podstawę do przeprowadzenia analiz porównawczych i jest niewątpliwie dużą zaletą tej pracy.

Analizę główną autor oparł o sprawdzenie statystycznej istotności różnicy wartości mediany analizowanego parametru względem wartości uzyskanych przy różnych kątach początku wtrysku. Autor zestawiał (na wykresach w rozdziale 8 oraz w załącznikach 2 i 3) wpływ kąta początku wtrysku na analizowane parametry przy stałych wartościach dawki paliwa oraz ciśnienia wtrysku zarówno dla „zimnego” jak i „gorącego” rozruchu. Dodatkowo przeprowadził aproksymacje wpływu temperatury rozruchu na wybrane parametry (prąd maksymalny oraz wartość drugiego maksimum prądu) przy stałych wartościach dawki paliwa oraz ciśnienia wtrysku zarówno dla „zimnego” jak i „gorącego” rozruchu. Tak przeprowadzone analizy były podstawą do wnioskowania.

Wnioski szczegółowe autor opierał na analizie statystycznej dotyczącej jedynie wpływu kąta wyprzedzenia wtrysku na analizowane parametry. Autor nie przeprowadził statystycznych dowodów dla pozostałych parametrów regulacyjnych czyli dawki paliwa, ciśnienia wtrysku oraz temperatury rozruchu. Analiza i wnioskowanie opiera się na porównaniu „wzrokowym” uzyskanych zależności (czyli analizie wykresów).

Całość pracy podsumowano wnioskami ogólnymi. Udowodnienie tezy oparto na wykazaniu istotności różnic między wartościami mediany analizowanych parametrów między poszczególnymi próbami badawczymi przy jednoczesnym braku zależności regresyjnej między danym parametrem a parametrem regulacyjnym. Po wykazaniu, że wartości analizowanych parametrów są statystycznie różne, lecz nie tworzą logicznych zależności od kąta wyprzedzenia wtrysku, stwierdzono iż teza została

udowodniona, a cel osiągnięty. Takie podejście jest jednak kontrowersyjne. Autor przeprowadził analizę statystyczną istotności różnic jedynie od kąta wyprzedzenia wtrysku, pomijając dawkę paliwa i ciśnienie wtrysku. Analizę ich wpływu oparł jedynie na wzrokowym porównaniu wykresów zależności danego parametru od kąta wyprzedzenia wtrysku, nie popartych obliczeniami statystycznymi. Dodatkowo nie przeprowadził analiz regresji pozwalających na statystyczne udowodnienie braku zależności funkcyjnej. Zatem losowy charakter rozruchu udowodniono pośrednio poprzez wykazanie dużej zmienności (rozrzutu statystycznego) analizowanych parametrów. Takie podejście można uznać za wystarczające do udowodnienia tezy, lecz szkoda, że nie zostało poparte twardymi dowodami obliczeń statystycznych.

Dodatkowo, dla większości analizowanych parametrów procesu rozruchu, autor podaje jakie ustawienia parametrów regulacyjnych zasilania w paliwo są najlepsze dla rozruchu zimnego i restartu, uzasadniając fizycznie taki wybór. Stanowi to dodatkowy efekt praktyczny niniejszej pracy.

Pracę należy zatem uznać za poprawną.

Nasuwać się jednak następujące uwagi merytoryczne i pytania:

- 1) Autor nie podał uzasadnienia wyboru punktów badawczych. Nie określił, na jakiej podstawie dokonano wyboru wartości kątów wyprzedzenia wtrysku, ciśnienia wtrysku, dawki paliwa oraz temperatury silnika.
- 2) W pracy nie zdefiniowano wartości dawki paliwa. Co oznaczają ustawienia „fabryczne” i „wzbogacone”?
- 3) Autor nie przeprowadził analizy statystycznej wpływu dawki paliwa oraz ciśnienia wtrysku paliwa na analizowane parametry. Dlaczego nie wykonano tej analizy? Proszę o jej uzupełnienie w wybranych punktach.
- 4) Dlaczego nie przeprowadzono testów regresji dla zależności parametrów rozruchu od kąta wyprzedzenia wtrysku?
- 5) Analiza zależności maksymalnego prądu rozruchu od temperatury przy restarcie (wykresy 8.53 – 8.56) jest niezasadna. Zakres zmienności temperatury to zaledwie 0,3°C i zapewne jest zbliżony od dokładności pomiarowej użytego systemu. Autor wyraźnie nie wziął pod uwagę błędów pomiaru temperatury.
- 6) W rozdziale 6.2 autor nie zdefiniował jakie „statystyczne parametry procesu rozruchu” będzie analizował.
- 7) Większość wykresów w rozdziale 8 przedstawia wartość mediany oraz wartość minimum i maksimum z pomiarów dla konkretnego punktu badawczego. Wykresy te powinny mieć układ mediany i odchylenia standardowego.
- 8) Grupy wykresów w rozdziale 8 przedstawiające zależność wybranego parametru od kąta wyprzedzenia wtrysku przy stałych dawce paliwa i ciśnieniu wtrysku (np. rys. 8.9, 8.10, 8.11 i 8.12) są przedstawiane w różnych skalach (zakres i podziałka) co znacząco utrudnia analizę między tymi wykresami.
- 9) Autor używa określeń „ciśnienie pierwszego cyklu” zamiast „maksymalne ciśnienie w pierwszym cyklu”.
- 10) Dlaczego analizie poddano ciśnienie maksymalne a nie średnie ciśnienie indykowane, znacznie lepiej opisującego prawidłowość procesu pracy silnika? Autor posiadał narzędzia umożliwiające wyznaczenie tego parametru.

- 11) W pracy zabrakło rozdziału podsumowującego wyniki i przede wszystkim porównującego badania rozruchu zimnego i restartu.
- 12) Na stronie 15 autor określa „ciśnienie otwarcia wtryskiwacza” jako czynnik wpływający na przebieg rozruchu. Taki parametr jest poprawny jedynie w układach mechanicznego wtrysku paliwa. Wartość tą powinno się definiować jako „ciśnienie wtrysku paliwa”.
- 13) Na stronie 15 autor wskazuje „prędkość obrotową wału korbowego” jako czynnik wpływający na przebieg rozruchu. Czynnik ten, jak opisuje sam autor, jest wartością wynikającą z innych parametrów użytych w analizie, zatem nie jest parametrem niezależnym i nie powinien być w tym zestawieniu zawarty.
- 14) Na stronie 26 autor pisze: „parametry termodynamiczne w kolejnych suwach sprężania ulegają pogorszeniu w wyniku strat ładunku...”. O jakie parametry chodzi?
- 15) W rozdziale 2.3 autor przedstawia różne podziały procesu rozruchu. Nie podaje jednak, jaki podział będzie stosował w swojej pracy.
- 16) Rozdział 3.4 jest napisany bardzo chaotycznie. Wynika to głównie z bardzo rozbudowanego zakresu wiedzy jaki tam się powinien znaleźć.
- 17) Rozdział 4.2 zawiera między innymi opis systemów hybrydowych i wpływ tych technologii na częstotliwość rozruchu silnika. Tytuł rozdziału zatem powinien to odzwierciedlać.
- 18) W rozdziale 7.1 nie podano rodzaju układu wtryskowego, w jaki wyposażono silnik badawczy.
- 19) Rysunek 7.2 strona 54 przedstawia charakterystykę silnika badawczego. Co oznaczają symbole MB, MN, NB, NA? Nie wykonano także opisu osi.
- 20) Na stronie 74 autor pisze „*Ponadto sprężanie w pierwszym cyklu pracy zachodzi w sposób losowy (nieprzewidywalny)*”. Proszę o wyjaśnienie co autor miał na myśli.
- 21) Na stronie 81 autor pisze w jednym akapicie „*można zaobserwować spadek wartości ciśnienia ... wraz ze zwiększeniem kąta...*” a chwilę dalej „*Zauważona tendencja do wzrostu wartości analizowanych ciśnień potwierdza występowanie...*”. Stwierdzenia są sprzeczne.

### **3.4. Ocena edycji rozprawy**

Objętość pracy jest uzasadniona z punktu widzenia potrzeb opisu przeprowadzonych analiz literaturowych i szeroko zakrojonych badań eksperymentalnych. Zakres pracy i zamieszczone informacje przedstawiają jednoznacznie i wyczerpująco jej tematykę oraz dają możliwość dokładnego powtórzenia badań w innych (odpowiednio wyposażonych) laboratoriach. Zwiększa to wiarygodność zamieszczonych w rozprawie wyników.

Układ pracy jest dość logiczny. Część literaturową podzielono na 5 rozdziałów, choć można było ją umieścić w jednym. Analiza literatury jest logicznie uporządkowana i jasno prowadzi do określenia celu i zakresu pracy. Jedyne potknięcie występuje w rozdziale 3.4, który został zbudowany dość chaotycznie (wynika to jednak z bardzo dużego zakresu tematycznego tego podrozdziału). Opis stanowiska badawczego, obiektu badań oraz metodyki badań jest poprawny.

Rozdział 8 przedstawiający wyniki badań jest opisany logicznie i metodycznie. Prawidłowo przedstawiono wyniki, dobrze je opisano oraz wyciągnięto właściwe wnioski szczegółowe. Największy problem w tym rozdziale to rysunki. Po pierwsze, powinny zawierać wartość mediany i odchylenia standardowego a nie wartości maksymalne i minimalne, po drugie powinny mieć jednakowe skale

(zakres i podziałka) w ramach grupy wykresów przedstawiających te same parametry, po trzeciej części powinna być znacznie większa (obecnie wykresy są bardzo trudne do odczytania).

Język rozprawy jest zrozumiały i poprawny merytorycznie. Autor nie ustrzegł się jednak błędów o charakterze redakcyjno – stylistycznym np.:

- 1) Autor dość często pomija opisy osi wykresów umieszczonych w części literaturowej np.: rys. 2.1 str. 10, rys. 2.3 str. 19, rys. 2.4 str. 21, rys. 2.5 str. 22;
- 2) Autor używa skrótów myślowych, np.: str. 14 „*rozrusznik powinien mieć małą liczbę zębów*”, str. 18 „*czynniki robocze wynikają z samodzielnej pracy silnika spalinowego*” itp.;
- 3) Tytuł rozdziału 2.3: zamiast „*etapowość*” powinno być „*Etapy*”;
- 4) Na stronie 30 jest odniesienie do rysunku 10, a powinno być do 3.4;
- 5) W spisie oznaczeń symbol B20 jest opisany jako „*stężenie etanolu*” a w rzeczywistości jest to oznaczenie paliwa o takim stężeniu;
- 6) Rysunek 7.3 na stronie 55 wykonano niezgodnie z zasadami rysunku technicznego;
- 7) Na stronie 61 podano: „*w funkcji parametrów kąta wyprzedzenia wtrysku paliwa*” powinno być „*w funkcji kąta wyprzedzenia wtrysku paliwa*”;
- 8) Na rysunkach 8.37 – 8.48 wartość ciśnienia powinna być w MPa, a nie w barach.

#### 4. Ocena ogólna pracy

Podejście autora do realizacji pracy świadczy o dobrej znajomości tematyki badań naukowych procesu rozruchu silników spalinowych. Oryginalne stanowisko badawcze pozwoliło na przeprowadzenie bardzo szerokiego zakresu badań wpływu parametrów regulacyjnych na proces rozruchu silnika.

Najważniejszymi osiągnięciami pracy są:

- 1) Usystematyzowanie czynników wpływających na proces rozruchu silnika spalinowego;
- 2) Opracowanie stanowiska badawczego do badań procesu rozruchu jednocylindrowego silnika o zapłonie samoczynnym;
- 3) Przeprowadzenie ogromnej ilości prób badawczych rozruchu silnika zarówno zimnego jak i gorącego;
- 4) Przeprowadzenie analiz statystycznych wpływu kąta początku wtrysku na wybrane parametry procesu rozruchu;
- 5) Wykazanie, że odpowiedni dobór parametrów regulacyjnych dawkowania paliwa pozwala na zwiększenie szans na poprawny rozruch silnika oraz poprawia jego jakość.

Uważam, że opiniowana praca w pełni odpowiada wymaganiom stawianym rozprawom doktorskim ze względu na dobry poziom merytoryczny oraz osiągnięcia poznawcze w zakresie rozpatrywanych problemów. Praca stanowi dobry przykład w zakresie badań eksperymentalnych i ich analiz statystycznych w dyscyplinie budowy i eksploatacji maszyn. Na podkreślenie zasługuje zakres zebranych danych eksperymentalnych, stanowiących ogromną bazę do dalszych analiz procesu rozruchu. Wadami tej pracy są: brak analiz statystycznych wpływu dawki paliwa, ciśnienia wtrysku oraz temperatury rozruchu na analizowane parametry rozruchu oraz brak analiz regresyjnych.

Opiniowaną rozprawę doktorską oceniam jako dobrą.

## 5. Wniosek końcowy

W związku z pozytywną oceną rozprawy doktorskiej mgra inż. Jacka Cabana pt. „Wpływ parametrów wtrysku paliwa na przebieg procesu rozruchu silnika o zapłonie samoczynnym” uważam, że opiniowana rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego oraz wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną Kandydata w dyscyplinie naukowej Budowa i Eksploatacja Maszyn, a także dowodzi umiejętności samodzielnego prowadzenia przez niego pracy naukowej. Opiniowana rozprawa spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim zgodnie z ustawą z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki z późniejszymi zmianami. Upoważnia mnie to do postawienia wniosku o dopuszczenie mgra inż. Jacka Cabana do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

*Janek Czarnigorski*