dr hab. inż. Leszek Radziszewski, prof. PŚk.
Politechnika Świętokrzyska w Kielcach
Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn
Katedra Mechaniki

Kielce 20.04.2018

RECENZJA
rozprawy doktorskiej mgr. Łukasza Warguły

p. t. „Analiza wpływu modyfikacji konstrukcji rębaka do drewna na wybrane parametry eksploatacyjne"

Podstawa opracowania: zlecenie Dziekana z 28.03.2018 nr DR-63/549/01/2018 dla Rady Wydziału Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej, do którego dołączono egzemplarz rozprawy doktorskiej wraz z umową i rachunkiem

ZAKRES I TREŚĆ ROZPRAWY

Rozprawa doktorska mgr. Łukasza Warguły napisana została w oparciu o zgłoszenie patentowe oraz sześć artykułów, których Doktorant jest współautorem. Dwa artykuły opublikowano w czasopismach wyróżnionych w bazie Web of Science, trzy w czasopismach krajowych i jeden w materiałach z międzynarodowej konferencji naukowej. Świadczy to o aktualności podjętego zagadnienia oraz o akceptacji przez środowisko naukowe uzyskanych rezultatów. Temat rozprawy odzwierciedla jej treść. Praca składa się z dziesięciu rozdziałów i została przedstawiona na 171 stronach. Wykaz literatury i źródeł Autor podzielił na: książki i artykuły, akty prawne, normy, patenty katalogi i źródła internetowe. W spisie książek i artykułów zamieścił 139 pozycji, z czego 79 opublikowano w ostatnich pięciu latach, 32 w ostatnich dziesięciu latach, 17 w ostatnich piętnastu latach oraz 11 ponad dwadzieścia lat temu. W rozprawie Autor korzystał z 23 aktów prawnych, 13 norm 23 patentów oraz 67 katalogów silników spalinowych. Potwierdza to, że tematyka poruszana w pracy mimo, że podejmowana była już wcześniej jest w dalszym ciągu aktualna .

Tematycznie rozprawa podejmuje problemem ograniczenia zanieczyszczenia środowiska przez niedrogowe maszyny rolnicze. Zagadnienie jest o tyle istotne, że maszyny te używane są coraz częściej w przestrzeniach zurbanizowanych, w bezpośrednim sąsiedztwie domów mieszkalnych, również w parkach i ogrodach. Analizę możliwości zmniejszenia ich energochłonności (analizując zużycie paliwa) oraz emisyjności spalin przeprowadzono na przykładzie maszyn rozdrabniających drewno - rębaka walcowego. Cel ten Autor postanowił osiągnąć poprzez zmianę systemu sterowania napędem.

We wstępie rozprawy Autor uzasadnia przyczyny podjęcia prac badawczych mających na celu ograniczenie zanieczyszczania powietrza przez maszyny ogrodnicze emisją spalin i hałasem.

W rozdziale drugim przeprowadzona została szczegółowa analiza literatury ukierunkowana na tematykę: międzynarodowych prawnych regulacji emisji zanieczyszczeń z silników spalinowych stosowanych w pojazdach lub maszynach pozadrogowych oraz testy homologacyjne, napędów maszyn rozdrabniających drewno, układów sterowania napędami, algorytmy sterowania silnikami o zapłonie iskrowym oraz problemy eksploatacyjne maszyn rozdrabniających. Przeprowadzona została również analiza patentów.

W rozdziale trzecim Autor stawia tezę o możliwości zmniejszenia energochłonności rębaków przez opracowanie bezobsługowych i adaptacyjnych systemów sterowania oraz formułuje zadania badawcze.

W rozdziale czwartym wyznacza charakterystyki momentu oraz prędkości obrotowej członu roboczego rębaka w funkcji czasu w różnych fazach pracy i bada wpływ rodzaju drewna na eksploatację tych maszyn. Charakterystyki te zostały wyznaczone na stanowisku zbudowanym na podstawie rozdrabniacza z napędem elektrycznym z dołączonym układem pomiarowym. Autor nie wskazał swojego wkładu w budowę tego stanowiska. Przeprowadzone badania pozwoliły wyznaczyć prędkości obrotowe oraz przedziały zmian wartości momentu obrotowego w zależności od warunków pracy rozdrabniacza. Wykazane zostało też, że wartości tych parametrów zależą od twardości i wilgotności drewna. Autor podzielił najczęściej występujące gatunki drewna w Polsce na dwie grupy twarde i miękkie oraz wykazał, że rozdrabnianie drewna miękkiego wymaga znacznie mniejszych wartości momentu obrotowego. Analiza zjawisk zachodzących podczas rozdrabniania drewna została uproszczona lecz dla realizacji postawionych celów pracy jest wystarczająca. Nie została przeprowadzona analiza statystyczna uzyskanych wyników oraz niepewności pomiarów.

W rozdziale piątym Autor prezentuje wyniki badań wykonanych na innym stanowisku tj. komercyjnym mobilnym rębaku napędzanym silnikiem spalinowym o zapłonie iskrowym. Do celów badawczych silnik rębaka zastosowany przez producenta został zastąpiony silnikiem posiadającym elektryczny rozrusznik oraz gaźnikowy układ zasilania paliwem co pozwala na dalszą jego modernizację w celu zrealizowania zaplanowanych w rozdziale 3 badań. Przeprowadzone badania i analizy pozwoliły na powiązanie przedziałów zmian wartości współczynnika nadmiaru powietrza λ oraz zużycia paliwa z warunkami eksploatacji rębaka. Autor do oceny procesu spalania ładunku zamiennie stosuje dwa współczynniki: nadmiaru powietrza - λ i masy powietrza do masy paliwa - AFR, które są ze sobą powiązane, co może powodować u czytelnika pewne trudności interpretacyjne. Również w tym rozdziale Autor nie wyjaśnia swojego wkładu w budowę tego stanowiska badawczego. Wyniki uzyskiwane w każdym następnym rozdziale zgodne są z nadrzędnymi celami pracy i dopiero one wyjaśniają jak ambitne zadania postawił sobie Autor.

W rozdziale szóstym Autor opisał przebieg prac badawczych nad modernizacją rębaka z silnikiem spalinowym. Gaźnikowy układ zasilania paliwem zastąpiony został układem wtryskowo-zapłonowym, zastosowano serwomechanizm umożliwiający ciągłą regulację położenia klapy przepustnicy. Zastosowano też różne sensory wykorzystywane do sterownia prędkością obrotową silnika np. szerokopasmowy czujnik zawartości tlenu w gazach spalinowych oraz czujniki optyczne w kanale podawczym wykrywające obecność obiektu do rozdrabniania. Autor zaproponował wprowadzenie dwóch stanów pracy jałowej silnika z różnymi prędkościami, które aktywuje bezobsługowy układ sterowania. Koncepcja modernizacji, jej realizacja, opracowane algorytmy sterowania oraz ich implementacja w centralnej jednostce sterującej są niewątpliwie dużym osiągnięciem naukowym Autora.

W rozdziale siódmym zaproponowano autorski model analityczny umożliwiający obliczenie objętości zużywanego paliwa. Cykl pracy zmodernizowanego rębaka, na podstawie przedstawionego na rysunku 7.2 wydruku z ECU, został zilustrowany oraz zinterpretowany przez Autora. Interpretacja ta oraz wcześniejsze analizy umożliwiły Autorowi zbudowanie modelu pozwalającego wyznaczyć objętość paliwa wtryskiwanego w jednym pełnym cyklu pracy oraz średnie zużycie paliwa w ciągu godziny pracy rębaka. Należy zaznaczyć, że oznaczenia przyjęte w tym modelu utrudniają jego interpretację a niektóre parametry są

dyskusyjne. Pewne utrudnienie stanowi też brak interpretacji niektórych rysunków np. rysunek 7.3, 7.4, 7.5 oraz jednostek (mian) przy wzorach np. 7.85. Autor nie przeprowadził walidacji tego modelu. Badania eksperymentalne objętości wtryskiwanych dawek paliwa pozwoliły Autorowi obliczyć średnią objętość jednej dawki. Jest to interesująca informacja lecz pewien niedosyt budzi brak analizy statystycznej oraz niepewności pomiarów. W całej pracy nie zauważyłem analiz niepewności uzyskanych wyników badań.

W rozdziale ósmym Autor kontynuuje analizy modelowe zużycia paliwa przez zmodyfikowany rębak uwzględniając klasyczną lub adaptacyjną koncepcję sterowania w wybranych warunkach eksploatacji. Wyniki symulacji przedstawione w tabeli 8.1 i 8.2 potwierdzają, że sterowanie adaptacyjne pozwala zmniejszyć zużycie paliwa co najmniej o 25 %. Podobnie jednak jak w poprzednich rozdziałach Autor nie komentuje otrzymanych wyników.

W rozdziale dziewiątym Autor porównuje zużycie paliwa przez badany rębak w zależności od stanu eksploatacji przed i po modernizacji układu zasilania. Wykorzystuje w tym celu uzyskane wyniki badań przedstawione w różnych rozdziałach pracy np. w tabeli 5.3 i 8.3 lub tabeli 8.1 i 8.2 oraz analizuje je. Z porównań tych wynika, że modernizacja układu wtryskowo zapłonowego oraz adaptacyjny układ sterowania skutkuje zmniejszeniem zużycia paliwa o kilkadziesiąt procent i w ten sposób udowadnia postawioną tezę. Efektem mniejszego zużycia paliwa jest też zmniejszenie emisji spalin. Nie oznacza to jednak zmniejszenia ilości szkodliwych składników spalin. Problem ten Autor podkreśla oraz proponuje metody analizy składu spalin.

W rozdziale dziesiątym Autor analizuje najważniejsze efekty uzyskane podczas realizacji zaplanowanych celów badawczych oraz rezultaty prac pomocniczych służących udowodnieniu postawionej tezy. Szkoda, że Autor nie wskazał dokładniej planowanych kierunków badań.

UWAGI OGÓLNE

Oceniając aspekty ekologiczne maszyn niedrogowych Autor w zbyt małym stopniu analizuje problem zanieczyszczania środowiska hałasem. Natomiast problem ten wskazywany jest w ustawie o Inspekcji Ochrony Środowiska oraz Prawo Ochrony Środowiska. Wzrost liczby urządzeń mechanicznych zawierających silniki: do pielęgnacji parków, skwerów, ogrodów np. kosiarki do trawy, piły do drzewa, odkurzacze do liści powoduje, że również hałas staje się coraz większym zagrożeniem dla środowiska.

Analizując podział zawartości pracy na poszczególne rozdziały wydaje się, że można by zmniejszyć ich ilość bez utraty przejrzystości. Przykładowo rozdział 8 zawarty na 4 stronach można połączyć z rozdziałem 9 zawartym na 7 stronach.

Załącznik 1 jest mało czytelny. Autor wprowadził nadmierną ilość oznaczeń symbolami nieznacznie różniącymi się np.
- 51 oznaczeń dla prędkości obrotowych napędu rębaka,
- 38 oznaczeń zużycia paliwa,
- 39 oznaczeń na czas jednego cyklu pracy,
- 28 oznaczeń na wartość zadanego sygnału czasu otwarcia wtryskiwacza,
- 60 oznaczeń na objętość paliwa wtryśniętego w jednym cyklu pracy,
- 43 oznaczenia procentowego udziału zużycia paliwa.

Przy oznaczeniach niektórych parametrów Autor nie podaje ich jednostek.

Załącznik nr 2 jest trudny do odczytania, ponieważ wymaga specjalnego oprogramowania. Ważniejsze uwagi szczegółowe do pracy przekazane zostały bezpośrednio Autorowi.

Wymienione w recenzji krytyczne uwagi, niektóre dyskusyjne, po ewentualnym uwzględnieniu przez Autora wzbogaciłyby wartość merytoryczną pracy, którą uważam za ciekawą i starannie opracowaną.

PODSUMOWNIE I KONKLUZJA

Cała rozprawa pomimo niewielkich uchybień wykazuje dociekliwość Autora oraz Jego predyspozycje do pracy naukowej. Zagadnienia analizowane w dysertacji mieszczą się w dyscyplinie „Budowa i eksploatacja maszyn". Doktorant wykazał się dużą umiejętnością prowadzenia badań naukowych a zrealizowane cele szczegółowe są Jego oryginalnymi osiągnięciami i potwierdzają postawioną tezę pracy.

Biorąc pod uwagę dotychczasowy dorobek naukowy mgr. Łukasza Warguły oraz przedstawioną do oceny rozprawę doktorską uważam, że praca spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim zgodnie z Ustawą z dnia 14 marca 2003 roku (Dziennik Ustaw RP nr 65, poz. 595) i może być dopuszczona do publicznej obrony.

Bożek Rudnicki