

Prof. dr hab. inż. Andrzej Chochowski
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
w Warszawie
Wydział Inżynierii Produkcji

Warszawa 10 marca 2015r.

Recenzja

Rozprawy doktorskiej mgr inż. **Pawła Witkowskiego**

WPŁYW PARAMETRÓW ROBOCZYCH ZESPOŁU TNĄCEGO NA ZAPOTRZEBOWANIE ENERGII CIĘCIA ROŚLIN ENERGETYCZNYCH

Promotor: prof. dr hab. inż. **Leszek Powierża**

Promotor pomocniczy: dr inż. **Henryk Rhode**

opracowana na zlecenie Rady Wydziału Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii
Politechniki Warszawskiej w Płocku (pismo Dziekana Wydziału Ldz. PO/1/2015)

I. Ocena formalna

Praca liczy 104 strony tekstu. Dodatkowo na końcu załączono tabelaryczne zestawienie wyników badań (12 tabel) dla wybranych roślin energetycznych, potwierdzające przeprowadzone eksperymenty.

Spis treści zawiera tytuły 7 rozdziałów, określających tematykę przedmiotu i zawartość. Można by się zastanawiać, czy nazwa ostatniego 7-go rozdziału **Zakończenie** jest odpowiednia dla pracy naukowej, czy bardziej powieści epickiej, ale skoro jest **Wprowadzenie**... Należy podkreślić, że pozostałe tytuły rozdziałów i podrozdziałów sformułowane są jednoznacznie i nie wzbudzają wątpliwości co do naukowej ich zawartości.

Bibliografia zawiera 115 pozycji. Zdecydowana grupa przytaczanych publikacji to artykuły w czasopismach naukowych i popularno-naukowych z zakresu tematycznego dotyczącego niniejszej pracy. Większość z nich ukazała się po 2000r., co należy uznać za prezentację aktualnego stanu wiedzy. Doktorant powołuje się również na prace doktorskie i habilitacyjne (np. poz. 1, 26, 27, 61). Zauważyłem 5 pozycji, w których jest autorem lub współautorem. Świadczy to, że rozprawa doktorska jest zwieńczeniem podjętych wcześniej przez doktoranta badań. Jest kilka pozycji obcojęzycznych dotyczących zagadnień konstrukcyjnych elementów tnących, są to jednak pozycje dosyć stare. Polskojęzyczne publikacje z tego zakresu są już aktualniejsze, spora w nich grupa pochodzi z ośrodka, w którym doktorant realizował rozprawę (Politechnika Warszawska, Instytut Inżynierii Mechanicznej w Płocku).

Praca napisana jest „poprawnym językiem” i w zasadzie nie mam zastrzeżeniem. Prezentowane fotografie, schematy blokowe czy wykresy odzwierciedlające wyniki badań, są czytelne.

Tematyka rozprawy leży w obszarze nauk technicznych, w dyscyplinie: budowa i eksploatacja maszyn. Badania w tym obszarze prowadzone są od wielu lat przez Instytut Inżynierii Mechanicznej Wydziału Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii Politechniki Warszawskiej w Płocku. Doktorant realizował swoją pracę w tym ośrodku naukowym

II. Ocena merytoryczna

Zagadnienia poruszane w rozprawie dotyczą technologii zbioru roślin energetycznych, problemów konstrukcyjno-eksploatacyjnych maszyn i urządzeń, przetwórstwa oraz magazynowania biomasy stałej. To bardzo aktualna tematyka zważywszy na obecną politykę energetyczną Unii Europejskiej. Wyzaczyła ona krajom członkowskim strategiczne cele do osiągnięcia – wypełnienia 20% udziału odnawialnych źródeł energii (OZE) w całkowitym bilansie produkcji energii. Przewiduje się, że biomasa wciąż będzie odgrywała znaczącą rolę w subsydiowaniu tradycyjnych nośników energetycznych. Ilość energii wyprodukowanej z biomasy w Polsce przekracza możliwości wszystkich pozostałych nośników OZE. Stąd duże zainteresowanie biomasą i całą infrastrukturą techniczną umożliwiającą jej produkcję. Pozyskiwanie surowców roślinnych dla energetyki w kontekście stawianych celów wymaga więc opracowania i wdrożenia technologii uprawy, zbioru, przetwarzania, magazynowania i jak najefektywniejszego energetycznego ich wykorzystania. Potrzebne są do tego duże maszyny przeznaczone dla przedsiębiorstw specjalizujących w uprawach energetycznych wielkoobszarowych, ale i urządzenia współpracujące z tradycyjnymi kosiarkami rotacyjnymi, przeznaczone dla małych gospodarstw rolnych. Najpierw jednak konieczne są badania, których wyniki będą podstawą rozwiązań konstrukcyjnych wskazując technologie spełniające oczekiwania. Przeprowadzenia takich badań podjął się doktorant.

W rozdziale **2. Sformułowanie Problemu**, powołując się na bibliografię, zwrócił uwagę na niedostateczne opracowanie metod zbioru i magazynowania roślin energetycznych. Podkreśla, że jest to wynikiem braku danych o wpływie parametrów roboczych zespołów tnących na energochłonność procesu zbioru tych roślin. Doktorant sugeruje, że aby proces cięcia mógł być realizowany przy użyciu tradycyjnych rotacyjnych zespołów tnących dostępnych dla małych gospodarstw rolnych, wymagana jest modyfikacja ich rozwiązań konstrukcyjnych. To z kolei wymaga dobrego rozpoznania zjawisk cięcia na podstawowym poziomie. Jest to istotne zarówno ze względów poznawczych jak i ze względów gospodarczych. Trudno nie zgodzić się z poglądem doktoranta.

W podrozdziale **2.2 Stan zagadnienia** podał informacje o zasobach nośników energetycznych tradycyjnych i odnawialnych. Na podstawie przytaczanych publikacji, zaprezentował poglądy na temat ich wykorzystania. Z oczywistych względów najszerzej opisano zagadnienia związane z biomasą i jej energetycznym wykorzystaniem. Przedstawiono biomasę jako nośnik energetyczny, opisano technologie jej wykorzystania, omówiono zalety i wady jako nośnika energii. Zdefiniowano pojęcia, na których w dalszej części pracy doktorant bazuje.

Omówienie stanu zagadnienia (przegląd literatury na temat) faktycznie wymaga przytaczania (powoływania się) publikacji, ale występują niektóre pozycje literatury np. [43,45,46], które moim zdaniem powoływane są nadmiernie (aż 26 razy) i to w tak rozległej tematyce, od kotłów do spalania biomasy, poprzez pirolizę, po fermentację. Jednakże wszystkie 3 przywoływane pozycje dotyczą wystąpień na konferencjach krajowych. Czy nie były doktorantowi znane i dostępne inne publikacje np. w czasopiśmie zwartych i monografiach naukowych? Zagadnieniami produkcji i przetwórstwa biomasy zajmuje się wiele ośrodków naukowych w kraju i na świecie. Nie jest to przecież całkiem nowy problem.

Zgoda, zainteresowania poszczególnych ośrodków są zróżnicowane: uprawa, technologie zbioru roślin energetycznych, konstrukcje maszyn do zbioru i przetwórstwa, piroliza, fermentacja metanowa. O tym faktycznie doktorant pisze w przeglądzie literatury, ale odczuwam niedosyt publikacji z czasopism naukowych.

Podoba mi się podrozdział **Sformułowanie zadania**, w którym z perspektywy inżynierii systemów określono pojęcia i terminy niezbędne przy tworzeniu systemu energetycznego. To może nieco rozbudowane kwestie jak na potrzeby tej rozprawy, ale przydatne i porządkujące zagadnienie metodycznie.

Uwagi formalne:

- Rysunek 2.1 (str.12) wskazujący na strukturę prognozowanego zużycia OZE ma chyba w podpisie defekt. Rzecz dotyczy prognozy dla Polski, UE, czy świata? Jeśli podpis jest właściwy, to chyba i tak jednostka *ktoe* trochę za mała.
- Na str.19, 8 w. od dołu: niepoprawnie podano jednostkę wyprodukowanej energii, chodzi z pewnością o kW·h.
- Rys. 2.5 str. 24; myślę, że pierwszy blok powinien nosić nazwę NOŚNIKI ENERGETYCZNE, wówczas można by pozostawić blok 6 bez zmian.

W rozdziale 3. **Sposób realizacji zadania** (wolałbym: *Realizacja zadania*) umieszczono punkt **Założenia badawcze**, w którym to zawarto jedynie hipotezę badawczą. Jeśli idąc za słownikiem synonimów powtórzyć, że hipoteza to „przypuszczenie, domniemanie, domysł”, a założenie – „zasada, podstawa, wytyczna, fundament, przesłanka”, moim zdaniem punkt 3.1. lepiej by brzmiał jako **Hipoteza badawcza**, co też wynika z treści. Sama hipoteza sformułowana jest poprawnie – nie mam zastrzeżeń.

W **3.2. Procedurach badawczych** dopatryłem się raczej *zakresu badań*, a nie opisu procedur. Uwagi te mają jednak charakter dyskusyjny i nie stanowią o meritum. Cały rozdział 3, chociaż krótki (zaledwie 5 zdań), jest treściowo zwarty, ale czytelny i zrozumiały.

Podoba mi się rozdział 4 charakteryzujący wybrane do badań rośliny energetyczne. Oprócz wiadomości o pochodzeniu roślin, ich właściwościach biologicznych, podano ważne informacje dotyczące technologii uprawy, przydatne także dla opracowywania konstrukcji maszyn i urządzeń do ich zbioru. Bogato ilustrowany kolorowymi fotografiami roślin podnosi walory pracy.

Rozdział 5. **Metodyka i przebieg badań**. Stanowisko badawcze opracowane i zbudowane na potrzeby niniejszej pracy jest oryginalne. Składa się z dwóch niezależnych zespołów - tnącego i transportowego, napędzanych silnikiem elektrycznym sterowanym za pomocą przekształtnika napięcia. Regulacja prędkości obrotowej realizowana jest przez zmianę częstotliwości, ale z utrzymaniem stałego stosunku napięcia do częstotliwości, co zapewnia stałą wartość momentu elektrycznego silnika. To ważne dla prowadzonych badań i chyba dobrze by było wyraźnie to zaznaczyć w tekście.

W **Przebiegu badań** opisano procedurę ich wykonywania (czego nie było w pkt. 3.2). W pkt. 2 tej procedury wyróżniono *wyбір producenta i plantacji ich uprawy* jako ważne dla tych badań? Dlaczego?

W opisie warunków eksperymentu podano wartości parametrów roboczych: prędkości wózka symulującego ruch liniowy zespołu tnącego i prędkości obrotowe zespołu tnącego. Dlaczego wybrano takie właśnie wartości i jak je zmierzono (dokładność jest bardzo wysoka, w pierwszym przypadku do 1 mm/s, a w drugim do 1 obr/min.) ?

Brakuje mi w tym rozdziale definicji energii jednostkowej cięcia i jak się ją wyznacza. Wielkość ta w pracy jest fundamentalna, a jej wartości decydują o istocie problemu – „wpływie parametrów roboczych zespołu tnącego na zapotrzebowanie energii cięcia roślin energetycznych”. Eksperymenty powtarzano 3-krotnie dla tych samych parametrów roboczych i jednostkową wartość energii uśredniano. Tę uśrednioną wartość prezentują wykresy od 6.1 do 6.45. Między uśrednianymi wartościami energii (dla powtarzanych eksperymentów) występuje jednak spory rozrzut. Co może być tego przyczyną ? Proszę o komentarz podczas publicznej obronie. Wykresy są czytelne, dobrze opisane, zawierają linie regresji (choć wyznaczona tylko z trzech wartości). Po ich analizie zastanawiam się, czy nie bardziej czytelna byłaby ich prezentacja 3-wymiarowa (powierzchniowa) ?

Syntetyczne ujęcie analizy wyników zaprezentowane na str. 93-94 poprawia czytelność prezentowanych 44 wykresów.

Komentarz: należało się spodziewać, że wierzba, a właściwie jej budowa (zdrewniałe witki), będzie zasadniczo różnicowała wyniki, zwłaszcza w odniesieniu do pozostałych roślin (trawiastych). Niniejsza praca jest jednak odpowiedzią w jakim stopniu to zróżnicowanie występuje, a to nie jest oczywiste.

W **Zakończeniu** (rozdz. 7) Doktorant podsumował zrealizowane przez siebie badania i przedstawił wnioski. W pkt. 7.1 wreszcie wyjaśnia dobór parametrów roboczych: wilgotności użytego materiału badawczego (20%, 40%, 60%), prędkości obrotowej tarczy tnącej i doboru prędkości liniowej wózka symulującego przemieszczanie się zespołu tnącego. To późno, te informacje powinny znaleźć się w rozdziale 5 dotyczącym metodyki i przebiegu badań, byłoby to bardziej zrozumiałe, a na pewno bardziej uzasadnione.

Przedstawiono 5 wniosków, wszystkie znajdują potwierdzenie w wynikach badań. Wniosek 4 umieściłbym jako ostatni (5), bowiem moim zdaniem ma charakter uogólniający czy też podsumowujący wnioski poprzedzające.

W **Podsumowaniu** podkreślono, że w badaniach, „zgodnie z przyjętymi założeniami i ich zakresem skoncentrowano się na poszukiwaniu beznakładowych możliwości ograniczenia energochłonności procesu ścinania roślin energetycznych poprzez dobór najkorzystniejszych przedziałów wartości parametrów roboczych procesu cięcia oraz wilgotności”. Biorąc pod uwagę, że doktorant ma na uwadze powszechnie użytkowane kosiarki w niedużych gospodarstwach rolnych (w małych plantacjach roślin energetycznych), z tradycyjnymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi zespołów tnących, to przedstawione wnioski są przydatne. Można więc uznać, że postawiona hipoteza badawcza została potwierdzona.

III Wniosek końcowy

Tematyka rozprawy wpisuje się w obszar poszukiwań racjonalnych sposobów gospodarowania energią, ze szczególnym uwzględnieniem jej pozyskiwania. Jest aktualna,

biorąc pod uwagę zarówno strategię rozwoju krajowego sektora energetyki jak i politykę energetyczną UE. Praca posiada walory poznawcze i użytkowe. Określono wpływ parametrów roboczych zespołu tnącego na zapotrzebowanie energii cięcia roślin energetycznych, co jest oryginalnym osiągnięciem doktoranta. Wyniki badań mogą być bezpośrednio wykorzystane w produkcji biomasy stałej na małych plantacjach, gdzie wykorzystywane są ogólnie dostępne maszyny rolnicze.

Uważam, że praca spełnia wymogi rozprawy doktorskiej. W związku z powyższym stawiam wniosek o jej przyjęcie i przedstawienie do publicznej obrony.

