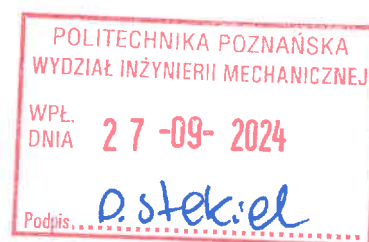


Gliwice, 22.09.2024r

dr hab. inż. Sławomir Kciuk, prof. PŚ.  
Katedra Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej  
Politechnika Śląska



**PONOWNNA RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ**  
**mgr. inż. Michała Zielinskiego**

pod tytułem:

*„Wolnoobrotowa promieniowa pompa tłokowa o zmiennej wydajności  
właściwej – budowa i badania”*

Podstawa opracowania: Uchwała Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Poznańskiej nr 5/III/01/2024, z dnia 29 stycznia 2024r. oraz pismo Dziekana Wydziału Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej, nr DIM.075.217.2024 z dnia 24.07.2024r.

**1. Ocena aktualności podjętej tematyki i założonego celu rozprawy**

W zakresie oceny aktualności podjętej tematyki i przyjętego celu rozprawy podtrzymuje swoje stanowisko, iż wybrany temat pracy doktorskiej uważam za aktualny zarówno pod względem naukowym, jak również pod względem zastosowania wyników badań w praktyce. Tematyka pracy pt.: *„Wolnoobrotowa promieniowa pompa tłokowa o zmiennej wydajności właściwej – budowa i badania”* mieści się w zakresie dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna.

**2. Przegląd treści pracy**

Recenzowana praca została napisana na 161 stronach maszynopisu formatu A4. Składa się z siedmiu rozdziałów, bibliografii w skład której wchodzi 100 pozycji literatury, w tym dwie współautorskie mgr. inż. Michała Zielinskiego oraz z załącznika.

**3. Ocena merytoryczna, wyniki pracy i ich ocena**

„Recenzowana dysertacja autorstwa mgr. inż. Michała Zielinskiego jest opracowaniem, które skupia się na projektowaniu wybranej klasy promieniowej pompy tłokowej o zmiennej wydajności. Autor wykazał się odpowiednią wiedzą z zakresu inżynierii mechanicznej w połączeniu z zagadnieniami identyfikacji doświadczalnej oraz analizy wyników badań.

Podjęte przez autora wyzwanie zaprojektowania promieniowej pompy tłokowej o zmiennej wydajności wg zgłoszenia patentowego wskazanego w literaturze pod pozycją [5] oraz wykonania prototypu wymagało sprostaniu wielu przeciwnościom oraz nowoczesnego podejście do zagadnienia.

**Opisany w niniejszej dysertacji proces projektowania, modelowania matematycznego i weryfikacji eksperymentalnej wolnoobrotowej pompy tłokowej o zmiennej wydajności jest procesem, w którym autor wykorzystał wiele zaawansowanych narzędzi i rozległą wiedzę, i pomimo niedoskonałości w zrealizowanych zakresach (wskazanych poniżej) badań i analiz wynikających m.in. z przyjętych założeń początkowych prowadzi do lepszego zrozumienia zachowania się wybranej klasy wolnoobrotowych promieniowych pomp tłokowych o zmiennej wydajności a w konsekwencji, w przyszłości do ich optymalnego rozwiązania konstrukcyjnego!**

Przedstawiony w pracy problem badawczy jest interesujący poznawczo i ważny ze względu na zastosowanie praktyczne. Wszystkie wymienione powyżej zagadnienia i związane z nimi elementy pracy stanowią o jej wartości merytorycznej.”<sup>1</sup>

*Szczegółowa analiza i uwagi krytyczne do treści dysertacji*

Rozdziały 1 i 2:

Przegląd źródeł literaturowych wybranych przez autora – nie budzi zastrzeżeń.

Rozdział 3:

Jako główny cel pracy Autor przyjął, cytuję „Celem rozprawy jest opracowanie modelu teoretycznego i przeprowadzenie badań symulacyjnych, a także zbudowanie prototypu i przeprowadzenie badań doświadczalnych wolnoobrotowej promieniowej pompy tłokowej z nowym, energooszczędnym sposobem sterowania objętością roboczą.” Tak sformułowany cel oznacza, że dla Autora jest istotne, czy przyjęte nowe rozwiązanie zmiany nastawy wydajności zaprojektowanej pompy przez układ przekładni i hamulców zmniejsza w sposób istotny lub przynajmniej zauważalny straty mocy w pompie. W pracy nie znalazłem jednoznacznej odpowiedzi na pytanie, czy ten został osiągnięty lub nie. Autor ani modelowo ani eksperymentalnie nie zbadał problemu zużycia mocy/energii w zaprojektowanej pompie podczas zmiany nastawy. Nie wskazał też istotności tego problemu dla obecnych na rynku pomp wyporowych o zmiennej wydajności sterowanych mechanicznie, hydraulicznie lub elektrohydraulicznie. Samo stwierdzenie, zawarte w rozdziale 3, cytuję „W proponowanym, nowym rozwiązaniu, do zmiany wydajności wykorzystywany będzie ruch obrotowy wału wejściowego pompy. Efektem będzie zmniejszenie poboru energii przez układ, a tym samym

---

<sup>1</sup> S. Kciuk: Recenzja Rozprawy Doktorskiej mgr. inż. Michała Zielinskiego, pt.: „Wolnoobrotowa promieniowa pompa tłokowa o zmiennej wydajności właściwej – budowa i badania”; Gliwice, 4.04.2024r.



wzrost jego sprawności energetycznej.” bez przeprowadzenia właściwych badań porównawczych – jest w obecnym stanie, w mojej opinii nieuzasadnione.

W takim przypadku powinno się zmodyfikować jej cel.

Przestawiony w rozdziale 3 opis zasady działania prezentowanej pompy nie budzi zastrzeżeń.

#### Rozdział 4.

Na początku rozdziału Autor napisał: „Opracowany model teoretyczny posłużył do wyznaczenia charakterystyk wydajności pompy podczas stabilnej pracy oraz podczas zmiany objętości roboczej.”

Należy zauważyć, że w swoich rozważaniach Autor założył model zmiany wydajności jednostkowej uwzględniający jedynie cechy kinematyczne mechanizmu zmiany nastawy. Nie znalazłem w pracy żadnych informacji pozwalających przyjąć, że Autor sporządził model mechanizmu zmiany nastawy uwzględniający zjawiska dynamiczne (zwłokę w zadziałaniu aktuatora hamulca, poślizg i rozpędzanie się elementów mechanizmu zmiany nastawy itp.). Znaczne uproszczenie przyjętego w rozprawie modelu zachowania się pompy podczas zmiany nastawy wydajności powinno być w rozprawie wprost wskazane.

We fragmencie opisującym analizę strat ciśnienia po stronie tłocznej pompy (str. 51 – 52) nie uwzględniono strat wywołanych zastosowanymi w rozrządzie pompy zaworami zwrotnymi obciążonymi o podanym dopiero w rozdziale 5 ciśnieniu otwarcia.

Dobór optymalnych długości elementów czworoboku przegubowego w mechanizmie napędu tłoków – nie mam uwag.

#### Rozdział 5

Na stronie 93 Autor wskazał wadę opisywanej pompy, przejawiającą się w samoczynnej zmianie nastawy wydajności w warunkach zmiennej prędkości wirowania wału pompy. Autor podał też zastosowane podczas badań eksperymentalnych środki zaradcze, jednak problem ten powinien być kompleksowo rozwiązany, jeżeli przedstawiony środek techniczny ma trafić do eksploatacji.

#### Rozdział 6

Odnosnie wyników pokazanych na rys. 52a – należy zauważyć, że pulsacje prędkości obrotowej wału pompy w sposób oczywisty wynikają ze zmian chwilowej wydajności jednostkowej w zależności od położenia kąтового wału pompy i należało się ich spodziewać. Jednocześnie należy zauważyć, że przyjęty w badaniach eksperymentalnych napęd pompy ma istotnie różne własności dynamiczne oraz charakterystykę  $M=f(n)$  przez co nie można otrzymanych wyników przenosić na działanie pompy w docelowym układzie.

Uwaga szczegółowa: należy żałować, że Autor nie pokusił się o opracowanie modelu układu: koło wodne – pompa - silnik hydrauliczny – generator prądu celem zbadania jego cech użytkowych, zwłaszcza w stanach przejściowych.

Przyjęta przez Autora procedura, cytuję „Model teoretyczny pompy (kinematyczny wraz z modelem zjawisk hydraulicznych) został zmodyfikowany w ten sposób, aby do obliczeń

podstawić charakterystykę prędkości obrotowej uzyskaną podczas badań eksperymentalnych, oprócz pozostałych parametrów tych badań.” jest, biorąc pod uwagę nieznaną różnicę pomiędzy przyjętym w eksperymencie napędzie elektrycznym a docelowym napędem od koła wodnego, nieuzasadniona.

Brak syntetycznego zestawienia wyników pokazanych w rozdz. 6.4 oraz 6.5 ze wskazaniem istotnych ich cech ilościowych lub jakościowych.

Przed przystąpieniem do badań opisanych w rozdz. 6.6 Autor mógł przygotować tak plan badań, aby zmniejszyć liczbę eksperymentów bez szkody dla badań.

Na stronie 120 zamieszczono formułę (50), cytat:

$$\eta = \frac{P_h}{P_m} = \frac{Q \times \Delta p}{M \times \omega} = \frac{Q \times (p_p - p_t)}{M \times \omega}, \quad (50)$$

w której nie powinny być użyte operatory „ $\times$ ” którymi oznacza się iloczyn wektorowy.

Podane na stronie 123 tłumaczenie zjawiska lepkości cieczy jako „tarcia między cząsteczkami”, cytuję „Wzrost temperatury oleju hydraulicznego powoduje spadek jego lepkości, czyli zmniejszenie tarcia pomiędzy cząstkami oleju podczas przemieszczania się strugi cieczy.” jest dużym uproszczeniem.

Na stronie 125 Autor stwierdza, cytuję „Na przedstawionych charakterystykach (rysunki 73-75) widoczny jest wpływ temperatury medium roboczego na otrzymane wyniki sprawności całkowitej pompy. Zwłaszcza na rysunku 73 oraz 75.”. W istocie dla czytelnika nie sposób dostrzec tego wpływu ponieważ brakuje na zamieszczonych przebiegach informacji o temperaturze medium roboczego.

Z wyników podanych w tabeli 15 (str. 127) jasno wynika, że nie należy ekscytować się sprawnością opracowanej pompy na poziomie 93%, bo występuje ona niemal na biegu jałowym (moc na wale pompy ok. 170W). Natomiast pompa wykorzystywana w dużo większym stopniu (moc na wale ok 3000W) ma już sprawność 71%. Z punktu widzenia przyszłego użytkownika może to być istotną wadą, co powinno być przez Autora zauważone i odpowiednio zinterpretowane.

Uwaga dotycząca korzystnych cech eksploatacyjnych zespołu omawiana pompa – akumulator przeponowy (str. 136), cytuję „W tabeli 18 porównano wartości współczynnika nierównomierności wydajności z i bez akumulatora w układzie. Wyniki te potwierdzają możliwość kompensacji nierównomierności wydajności pompy dzięki zastosowaniu akumulatora w układzie hydraulicznym.” powinna być opatrzona zastrzeżeniem, że może to pogorszyć dynamikę całego zespołu generującego prąd elektryczny - Małej Elektrowni Wodnej.

Stwierdzenie na str. 137, cytuję „Porównując przyjęte wyniki z innymi rozwiązaniami widoczne jest że pompa nie odbiega od innych układów, a w niektórych przypadkach szacowana sprawność jest nawet wyższa.” jest nieuprawnione z dwóch powodów, a mianowicie:

- sprawność maszyn i urządzeń jest z reguły podawana dla mocy nominalnej – opracowana pompa podczas pracy z dużą mocą nie ma bardzo dobrej sprawności,
- porównywanie sprawności całego układu napędowego ze sprawnością tylko jednego jego elementu (pompy) jest niemiarodajna.

## Rozdział 7

Zapisane wnioski są poprawne.

### 4. Ocena końcowa

Oceniając przedstawioną rozprawę doktorską, podtrzymuje swoją ocenę z poprzedniej recenzji uzupełniając o następujące uwagi końcowe:

- koncepcja konstrukcji pompy niskoobrotowej o zmiennej wydajności jest ciekawa i godna pochwały,
- realizacja badań modelowych budzi niedosyt z uwagi na jego ograniczenie do zależności kinematycznych. W maszynach z reguły „diabeł” tkwi w ich dynamice,
- przeprowadzone badania eksperymentalne, przede wszystkim „szczegółarstwo” – objawiające się przeprowadzeniem wielu eksperymentów przy niewiele różnych wartościach zmiennych niezależnych (czego nie należy traktować jako zarzut), pokazują ważną cechę Autora - pracowitość, która rokuje na przyszłość w dalszej samodzielnej pracy naukowej.
- wykonana przez Autora analiza wyników nie zawsze skupia się na najważniejszych cechach otrzymanych wyników (najważniejszych z uwagi na ich cenność naukową lub użytkową badanego obiektu).

Pomimo moich uwag krytycznych, realizację postawionego zadania oceniam pozytywnie ze względu na:

- poprawnie zdefiniowany i w znacznej większości rozwiązany problem badawczy,
- poprawny sposób prezentacji wyników i ich analiza,
- wymierne osiągnięcia teoretyczno-aplikacyjne (wytworzony prototyp, stanowisko badawcze i tor pomiarowy), pozwalające na szereg spostrzeżeń i wyciągnięcie interesujących wniosków w przyszłości, co zresztą w jakimś stopniu zostało zawarte w niniejszej dysertacji<sup>1</sup>.

Recenzowana praca spełnia wymogi odnośnie przewodu doktorskiego, określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 roku, z późniejszymi zmianami, o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki.

Biorąc powyższe pod uwagę, wnioskuję o dopuszczenie doktoranta do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

