

## **RECENZJA**

**rozprawy doktorskiej mgr. inż. Tomasza Piaseckiego**

**pt.: „Diagnozowanie modułu zaworowego wysokociśnieniowych pomp płuczkowych stosowanych na pływających platformach wiertniczych”**

### **1. WSTĘP**

Podstawa opracowania recenzji: pismo Dziekana Wydziału Mechanicznego Politechniki Morskiej nr DM/47/2023 z dnia 21.08.2023 r. Pani prof. dr hab. inż. Katarzyny Gawdzińskiej. Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr. inż. Tomasza Piaseckiego pt.: „Diagnozowanie modułu zaworowego wysokociśnieniowych pomp płuczkowych stosowanych na pływających platformach wiertniczych”, wykonana pod kierunkiem promotora, dr. hab. inż. Artura Bejgera, prof. PM oraz promotora pomocniczego dr. inż. of. elektr. okręt. Macieja Kozaka, prof. PM.

Rozprawa doktorska mgr. inż. Tomasza Piaseckiego została przygotowana w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w zakresie dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna.

### **2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA ROZPRAWY**

Ciągłe zapotrzebowanie na paliwa kopalne, a zwłaszcza na ropę naftową i gaz ziemny, zmusza do poszukiwania ich w coraz bardziej niekorzystnych warunkach, z jednej strony na coraz większej głębokości, z drugiej zaś w warunkach często ekstremalnych jak Morze Północne czy Arktyka. Ponadto poszukiwania odbywają się nie tylko na stałym lądzie, gdzie mamy nie tylko stabilne posadowienie urządzeń wiertniczych, ale również zapewnienie nieprzerwanego łańcucha logistycznego (w tym serwisu maszyn i urządzeń), lecz także na morzu, gdzie oprócz niekorzystnych warunków otoczenia (falowanie, wiatr, oblodzenia,

znaczna wilgotność powietrza), występują również niekorzystne warunki związane eksploatacją i naprawami maszyn i urządzeń.

W procesie wiercenia otworu w dnie morskim wymagane jest używanie specjalnych płynów wiertniczych tzw. płuczek. Płuczki przetłaczane są z platformy wiertniczej w kierunku dna odwiertu za pomocą wysokociśnieniowych pomp tłokowych, stanowiących jeden z najważniejszych i najbardziej newralgicznych elementów całego układu funkcjonalnego jednostki wiertniczej. W przypadku platform wiertniczych, jest to najbardziej odpowiedzialny układ techniczny, stąd bardzo często nazywany jest „sercem” procesu wiertniczego.

Z eksploatacyjnego punktu widzenia, istnieje bardzo duży problem identyfikacji ich stanu technicznego z powodu braku niezawodnych narzędzi diagnostycznych mających możliwość jednoznacznego określenia stopnia ich zużycia oraz stanu eksploatacyjnego całego urządzenia, a co za tym idzie, nie ma dobrej, a przede wszystkim bezinwazyjnej metody diagnozowania pomp płuczkowych.

Rozprawa liczy 128 stron tekstu, obejmującego dziewięć rozdziałów (w tym wprowadzenie oraz podsumowanie i wnioski), streszczenie w języku polskim i angielskim, słownik terminów użytych w pracy oraz spis rysunków i tabel. Literatura zestawiona na str. 111 – 119 stanowi 131 dobrze dobranych pozycji (w tym cztery Doktoranta).

Tematyka podjęta przez Doktoranta jest aktualna i spełnia warunki znamion oryginalnego problemu naukowego, do którego rozwiązania jest niezbędna ogólna wiedza teoretyczna i praktyczna Kandydata w dyscyplinie naukowej „Inżynieria mechaniczna” i wymaga umiejętności samodzielnego prowadzenia przez Doktoranta pracy naukowej.

Rozdział pierwszy stanowi wprowadzenie do tematu rozprawy. Nakreślono tu ogólnie cel pracy oraz kwestie związane z pompami płuczkowymi oraz problemami z ich diagnostyką.

W rozdziale trzecim Autor usystematyzował wiedzę dotyczącą uszkodzeń zaworów oraz czynników wpływających na te uszkodzenia. Na szczególną uwagę zasługuje tu, opracowana przez Autora, charakterystyka niesprawności pomp płuczkowych, która jest znaczącym osiągnięciem użytecznym Doktoranta.

Rozdział trzeci zawiera tezę naukową, o następującej treści:

***Istnieje możliwość określenia związków diagnostycznych pomiędzy sygnałem emisji akustycznej a wczesnym stadium niesprawności układu zaworowego wysokociśnieniowej pompy płuczkowej.***

W związku z tym, że celem pracy, było określenie związków diagnostycznych pomiędzy sygnałem EA a stanem technicznym układu zaworowego pompy płuczkowej poprzez analizę i dekompozycję sygnału źródłowego generowanego (w module zaworowym) w trakcie procesu wiertniczego, Autor sformułował następujący zakres prac badawczych:

- wyznaczenie krzywych dyspersji określających przebiegi falowe rozchodzącego się sygnału w module zaworowym pompy;
- opracowanie toru pomiarowego pracującego w warunkach laboratoryjnych;
- dobór odpowiednich sensorów EA (zależnych od pasm częstotliwości emitowanych sygnałów);
- zaprojektowanie i wykonanie stanowiska do wzorcowania wyselekcjonowanych czujników emisji akustycznej w Katedrze Elektrotechniki PM w Szczecinie;
- wykonanie pomiarów wstępnych na platformie morskiej mających na celu określenie poziomu tła diagnostycznego, powtarzalności uzyskiwanych sygnałów oraz potwierdzenia trafności przyjętej koncepcji pomiarów z wykorzystaniem pomp płuczkowych pracujących w warunkach morskich i lądowych;
- modyfikację toru pomiarowego poszerzoną o montaż czujnika położenia tłoka w celu zwiększenia precyzjności identyfikacji uzyskiwanych danych pomiarowych;
- przeprowadzenie badań na platformie morskiej oraz wiertniach lądowych z wykorzystaniem mobilnego analizatora sygnałów EA;
- opracowanie kryterium oceny stanu układu zaworowego oraz ich stanów granicznych;
- identyfikację wczesnych stanów uszkodzeń rozpatrywanych układów zaworowych.

Przedstawione w tym rozdziale zadania badawcze zapewniają czytelnikowi łatwość śledzenia dalszej części pracy.

W rozdziale piątym Autor dokonał analizy wybranych (stosowanych w przypadku pomp płuczkowych), metod diagnostycznych, a także przedstawił własną, oryginalną metodę oceny wielokryterialnej analizowanych wcześniej systemów diagnostycznych.

Rozdział szósty i siódmy stanowi opis sposobu rozwiązania zadania badawczego. Opisano w nim wybrane przez Autora metody badawcze, służące osiągnięciu założonego w pracy celu naukowego, wyniki badań oraz ich analizę. Opisano w nich tor pomiarowy, warunki pomiaru oraz metodykę wzorcowania toru pomiarowego w warunkach laboratoryjnych. Przedstawiono również wyniki badań w warunkach eksploatacyjnych morskich i lądowych, zgodnie z zaproponowaną przez Autora procedurą pomiarową, oraz ich analizę.

Rozprawę zamyka podsumowanie, zawierające syntetycznie ujęte wnioski, które korespondują bezpośrednio z celem przeprowadzonych analiz i badań.

Układ pracy uważam za właściwy dla rozpraw doktorskich. W pracy wyraźnie wyodrębniono elementy opisu stanu wiedzy związanej z tematem rozprawy oraz elementy własnego wkładu Autora w rozwiązanie postawionego sobie zadania naukowego. W pracy został sprecyzowany cel naukowy, przedstawiono metodykę badań, ich wyniki, analizę tych wyników a także sformułowano oryginalne wnioski.

### **3. OCENA ROZPRAWY**

Pod względem merytorycznym i metodycznym oceniam dobrze recenzowaną pracę, co nie oznacza, że praca nie posiada błędów i usterek, które zostaną szerzej omówione w części dotyczącej uwag szczegółowych, gdyż nie rzutują na ogólną ocenę pracy.

Układ logiczny treści rozprawy, odpowiadający tokowi prowadzonych analiz i badań, jest prawidłowym metodycznie ciągiem czynności badawczych, powodującym, że układ treści jest przejrzysty, bez powtórzeń i luk.

Uważam, że cele pracy zostały osiągnięte, a uzyskane wyniki mają dużą wartość poznawczą, a zwłaszcza praktyczną.

Na szczególne wyróżnienie, upoważniające mnie do takiej oceny rozprawy, zasługują następujące elementy:

1. Podjęcie aktualnej ze względów teoretycznych i praktycznych tematyki oraz rozwiązanie tego trudnego zadania.
2. Dobra znajomość analizowanych urządzeń, ekspercka wiedza na temat ich eksploatacji, a także biegła znajomość metodyki pomiarów oraz zastosowanej, zaawansowanej technicznie aparatury pomiarowej, co pozwoliło na sprawą realizację postawionych sobie zadań.
3. Opracowanie autorskiego algorytmu procesu wiertniczego z wyszczególnieniem pracy pomp płuczkowych z monitorowaniem ciągłym.

4. Zastosowanie autorskiej metody pomiarowej z przenośnym analizatorem emisji akustycznych do diagnostyki modułów zaworowych.
5. Opracowanie kryterium oceny stanu układu zaworowego oraz jego stanów granicznych.
6. Identyfikację wczesnych stanów niesprawności układów zaworowych na podstawie analizy wyników pomiarów realizowanych autorskim układem pomiarowym.

Mam również uwagi krytyczne, niekiedy o charakterze dyskusyjnym, a także zapytania w sprawach nie do końca dla mnie jasnych:

1. Część teoretyczna stanowi bardzo bogaty zbiór aktualnych informacji literaturowych związanych z tematem pracy, brakuje jednak, tak ważnej w pracach naukowych, krytycznej analizy ich treści.
2. Autor używa języka warsztatowego, w wielu wypadkach nazewnictwa angielskiego oraz stosuje naprzemiennie jednostki miar stosowane na opisanej jednostce (*cale kwadratowe*, *stroke per minute (STM)*, *psi*, itp.) naprzemiennie z jednostkami układu SI. Ze względu na fakt, że doktorant nie jest pracownikiem naukowym a mechanikiem na jednostce wiertniczej, jako były mechanik okrętowy jestem w stanie uznać to za niewielki defekt pracy, który nie jest jednak do pominięcia w pracach naukowych, zwłaszcza o charakterze kwalifikacyjnym.
3. Autor wykonał badania tylko na dwóch typach pomp (14-P-220 i IDECO T-1300), w związku z czym stwierdzenie, że „urządzenie przenośne do diagnostyki pomp może być stosowane do identyfikacji błędów pracy, niezawodności mechatronicznych obiektów morskich i lądowych” jest bardzo na wyrost. Można się zgodzić, że z całą pewnością pozwoli na diagnostykę pracy układów zaworowych pomp płuczkowych o podobnej, do badanych obiektów, budowie, natomiast tak szerokie zastosowanie wymaga dalszych badań.
4. Ostatni rozdział pracy – „Podsumowanie i wnioski,” został napisany bardzo chaotycznie, bez rozdzielenia na podsumowanie wykonanej pracy i wynikające z jej realizacji efektów naukowych i użytkowych w postaci wniosków.

#### **4. UWAGI SZCZEGÓŁOWE**

Jak wcześniej wspomniałem, uwagi te w żadnym stopniu nie obniżają mojej oceny ogólnej, wysokiej oceny wszystkich aspektów pracy (wyboru i sformułowania tematu,

uzasadnienia, analiz, badań i wnioskowania). Są to w większości typowe potknięcia spotykane w pracach naukowych i formułuję je w celu skłonienia Autora do dodatkowych przemyśleń oraz doskonalenia warsztatu naukowego i pisarskiego.

1. Uważam, że wprowadzanie dodatkowo angielskiego nazewnictwa statków, osób nadzorujących pracę czy elementów urządzeń jest zbędne w pracy naukowej (od doktorantów wymagana jest ustawowo znajomość języka obcego) a taki sposób opisu może być z powodzeniem stosowany w podręcznikach i poradnikach technicznych.
2. Rozprawa doktorska napisana została w języku polskim, w związku z czym opisy rysunków powinny być również w języku polskim (zwłaszcza opracowanych przez Autora);
3. Str. 6, 9 wg., określenie „[...] pomp płuczkowych statków” to zbyt duży skrót myślowy
4. Str. 8, 2 wg., w pracach naukowych nie powinno się używać określeń „przeciek/nieszczelność”. Zapis powinien być jednoznaczny, nie pozostawiający wyboru czytelnikowi.
5. Str. 9, 19 wd., proszę wyjaśnić pojęcie „podejście diagnostyczne”;
6. Str. 9, 17 wd., czy Autorowi chodzi o sprawność, która zasadniczo definiowana jest jako stopień zamiany doprowadzanej energii na pracę użyteczną, czy też o stany zdatności urządzenia do eksploatacji?
7. Str. 11, rys. 1.5, rysunek jest zbyt mały, a przez to nieczytelny;
8. Str. 15, 3 wg., energia elektryczna wytwarzana jest (a nie produkowana) przez zespoły (agregaty) prądotwórcze. Samo pojęcie agregat jest w technice o wiele szersze i oznacza „zespół różnych maszyn połączonych ze sobą na stałe w celu wykonywania określonej pracy, stanowiących przez to jedno nowe urządzenie robocze, najczęściej we wspólnej obudowie i ze wspólnym panelem sterującym” i może to być również agregat gaśniczy;
9. Str. 15, 19 wg., określenie „zależny od siebie układ wzajemnej korelacji” jest dość niezręczne, ponieważ korelacja to zasadniczo współzależność;
10. Str. 16, 15 wd., materiał wkładki musi być odpowiednio „elastyczny” czy raczej „sprężysty”. W opisie cech materiałów nie występuje zasadniczo pojęcie elastyczności;

11. Str. 17, 3 wd., przedstawione w prawej części rysunku wykresy kołowe nie „ilustrują zależności” – przedstawiają raczej udziały procentowe, a z rysunku nie wynikają zależności między nimi;
12. Str. 19, 6 wd., proszę wyjaśnić skąd wzięła się wartość nadciśnienia potrzebnego do otwarcia zaworu 0,62 MPa, skoro różnica ciśnień po obu stronach zaworu wynosiła:  $3,8 \text{ MPa} - 3,2 \text{ MPa} = 0,6 \text{ MPa}$ ?
13. Str. 22, podpis pod rysunkiem 2.6, chodzi tu chyba nie o prędkość „sinusoidalną” a raczej o „kątową”;
14. Str. 22, 6 wg., zależność, o której mowa w tym zdaniu jest raczej nie między przepływem a „obrotem wału korbowego” tylko raczej „położeniem kątowym wału korbowego”;
15. Str. 22, 12 wd., proszę wyjaśnić pojęcie „dezorientacje po stronie wysokiego ciśnienia”;
16. Str. 22, 7wd., chodzi tu raczej o „wzrosty ciśnienia” a nie „skoki ciśnienia”;
17. Str. 23, rys. 2.7 i 2.8, jeśli Autor miał na myśli „versus” jako „w stosunku do” to gramatycznie byłoby napisać „obrotu wału korbowego”;
18. Str. 24, 2 wg., co oznacza określenie „o zbyt dużej lepkości” – jaka jest orientacyjna wartość lepkości podczas prawidłowej eksploatacji?
19. Str. 25, 13 wg., tłok nie zamyka zaworu ssawnego (a nie ssącego) tylko sprężyna dociskająca przy odpowiednim spadku ciśnienia;
20. Str. 25, 9 wd., tłok nie „zwalnia” tylko „zmniejsza się jego prędkość”;
21. Str. 25, 7 wd., brakuje informacji czego dotyczy „utrata zachowania ciągłości”;
22. Str. 27, 10 wd., Autor pomylił pojęcie „wartości” i „wielkości”. W tym przypadku przepływ jest wielkością, a zależność dotyczy jego wartości;
23. Str. 28, 6 wg., powinno być: [...] zostanie podniesiona do punktu (nie „momentu”, który w technice ma inne znaczenie), w którym położenie (a nie „czas suwu”) tłoka jest równe...;
24. Str. 28, 2 wd., Autor zaprzeczył teorii pomp oraz hydromechanice. Wznios zaworu zależy wyłącznie od ciśnienia wytworzonego w pompie wyporowej (jest to parametr statyczny), natomiast przepływ uwarunkowany jest wznosem zaworu, a więc „kanału”, który powstał w wyniku jego otwarcia. Natężenie przepływu (masowe lub objętościowe) jest parametrem dynamicznym i oznacza ilość cieczy która przepłynęła przez „kanał” w jednostce czasu. Podobnie na stronie 29 – przepływ cieczy wynosi

- zero w wyniku zamknięcia zaworu na skutek tego, że siła sprężyny zamykającej zawór jest większa od siły będącej wynikiem oddziaływania ciśnienia cieczy po stronie tłocznej pompy, a nie jak napisał Autor – „na skutek spadku przepływu”;
25. Str. 30, 1 wd., chodzi tu raczej o „cofanie się cieczy” a nie „zasysanie”;
26. Str. 31, 5 wg., proszę wyjaśnić co to znaczy, że sprężyna jest **dedykowana** dla zaworu?
27. Str. 31, 5 wd., proszę wyjaśnić co Autor rozumie pod pojęciem „bardziej wygładzona jest charakterystyka”;
28. Str. 33, 7 wg., proszę wyjaśnić w jaki sposób tuleje oraz zawory „pompują ciecz”?
29. Str. 33, 1 wd., jeśli silnik napędowy jest silnikiem prądu przemiennego, to skąd oznaczenie „AC/DC”?
30. Str. 34, rys. 3.2, pas transmisyjny jest elementem przekładni (sposobem przeniesienia napędu w przekładni) a nie samodzielnym urządzeniem;
31. Str. 35, 17 wg., przekładnia przenosi napęd na „wał korbowy” a nie „tłoki”;
32. Str. 35, 20 wg., nie „zapchania” a „całkowitego spadku ciśnienia” na filtrze lub w układzie przepływowym;
33. Str. 37, rys. 3.6, proszę wyjaśnić to to jest „pompa oczyszczająca” (poz. 9 na rysunku);
34. Str. 41, 3 wd., niedokończone zdanie urywające się na słowie „gdy”;
35. Str.41, 3 wd., proszę wyjaśnić co to są „uderzenia udarowe”;
36. Str. 41, rys. 3.9, powinno być obciążenie ciśnieniem a nie ciśnieniowe;
37. Str. 42, rys. 3.10, proszę wyjaśnić pojęci „doga uderzenia”;
38. Str. 42, 8wd., powinno być „zmniejszenie przekroju przepływu” (a nie „wydajności zaworu” – wydajność jest parametrem pompy!);
39. Str. 43, rys. 3.11, rysunek nie przedstawia „widoku naprężenia” a „widok zaworu oraz sił na niego działających”;
40. Str.43, 1 wg., powinno być „naprężenia powstające” a nie „działające” – naprężenia powstają w wyniku działania sił;
41. Str. 43, równanie 3.1, wartość  $\pi/4$  w liczniku i mianowniku skróci się, więc można ją pominąć;
42. Str. 44, 3 wg., piasek powoduje „niszczenie” metalowych powierzchni (proces ścierny) a nie „szlifowanie”, które jest formą obróbki skrawaniem;



43. Str. 44, rys. 3.13b, niefortunny opis rysunku ponieważ  $2h - 3h = -h$ , a nie o to chodziło Autorowi. Ponadto na rys. c brakuje jednostek dotyczących zużycia i czasu;
44. Str. 45, rys. 3.14, jak w pkt. 43;
45. Str. 47, 8 wd., proszę wyjaśnić pojęcie „zwiększona konstrukcja bloku zaworowego”;
46. Str. 51, rys. 3.23 jest nieczytelny;
47. Str. 57, 1 wg., zdanie jest niestylistyczne;
48. Str. 58, rys. 5.3, na rysunku nie widać rysy oraz drogi fali;
49. Str. 60, rys. 5.5, rysunek, poza zastosowanymi metodami badawczymi nie koresponduje wartościami z tabelą 5.1, której ma być graficznym zobrazowaniem;
50. Str. 64, rys. 6.3, na osi rzędnych opisano „Napięcie U” w [dB]. Napięcie zasadniczo podaje się w woltach [V], w tym przypadku chodzi raczej o moc lub wzmocnienie napięciowe;
51. Str. 72, tabela 6.3, w ostatnie kolumnie powinno być raczej oznaczenie „±”, a nie słowo „to”; jeśli miało to być z angielskiego „do” to brakuje słowa „od”;
52. Str. 77, 8 wg., taki zapis, dotyczący gęstości i prędkości sugeruje, że obie te wielkości dotyczą fal, a w przypadku gęstości chodzi raczej o gęstość ośrodka;

## 5. PODSUMOWANIE

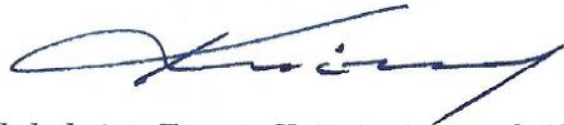
Na podstawie analizy przedstawionej mi do recenzji rozprawy doktorskiej stwierdzam, że:

- Autor dokonał trafego wyboru tematyki swojej pracy;
- Cel pracy został osiągnięty oraz potwierdzony badaniami;
- Formalno-redakcyjny układ rozprawy jest zadowalający;
- Praca dobrze konweniuje ze stanem teorii i rzeczywistymi kierunkami rozwoju metod diagnostyki maszyn i urządzeń z zastosowaniem metod wibroakustycznych;
- Rozprawa spełnia kryterium logicznej poprawności.

W moim przekonaniu fakty te świadczą o wystarczających kompetencjach Doktoranta w zakresie samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

W związku z powyższym uważam, że rozprawa doktorska mgr. inż. Tomasza Piaseckiego pt.: „Diagnozowanie modułu zaworowego wysokociśnieniowych pomp płuczkowych stosowanych na pływających platformach wiertniczych” (promotor: dr hab. inż. Artur Bejger, prof. PM) **spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim** zgodnie

z Ustawą z 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2003r., nr 65, poz. 595, z późn. zm.) w zw. z art. 179 Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U.2020.1086 z późn.zm.), **a mgr inż. Tomasz Piasecki może być dopuszczony do jej publicznej obrony.**



*dr hab. inż. Tomasz Kniaziewicz, prof. AMW*