

Szanowna Pani
dr hab. inż. Anna Timofiejczuk, prof. nzw. w Pol. Śl.
Dziekan Wydziału Mechanicznego Technologicznego
Politechniki Śląskiej
ul. Stanisława Konarskiego 18A,
44-100 Gliwice

Recenzja

rozprawy doktorskiej autorstwa mgra inż. **Dominika Rabsztyna**
pt.

Metoda oceny stanu technicznego pomp wyporowych na podstawie analizy
przebiegu pulsacji ciśnienia

Promotor rozprawy: Prof. dr hab. inż. Piotr Gendarz

1. Wstęp

Recenzja rozprawy doktorskiej pod wyżej wymienionym tytułem została opracowana na podstawie zlecenia Dziekana Wydziału Mechanicznego-Technologicznego Politechniki Śląskiej w Gliwicach.

Celem naukowym recenzowanej rozprawy była weryfikacja postawionych tez dotyczących możliwości zastosowania analizy zmian przebiegu pulsacji ciśnienia w linii tłocznej pompy do celów wykrycia spadku sprawności objętościowej w efekcie uszkodzenia mechanicznego elementów roboczych lub zapowietrzenie jednostki wyporowej. Doktorant wyróżnił trzy etapy badań, które obejmowały analizy z użyciem modeli teoretycznych, testy eksperymentalne na stanowisku laboratoryjnym oraz testy nazwane przez Doktoranta przemysłowymi. W zakresie modeli teoretycznych Doktorant wykorzystał model linii hydraulicznej długiej oraz model pulsacji wydajności pompy zębatej o zazębieniu zewnętrznym. Badania przemysłowe zostały zrealizowane z wykorzystaniem pomp wielotłoczkowych wyposażonych w regulatory.

R

Metoda zaproponowana przez Doktoranta ma duże znaczenie praktyczne w zakresie systemów hydrauliki siłowej powszechnie stosowanych w różnych branżach przemysłu, a szczególności w nowoczesnych układach hydrotronicznych. Proponowana metoda, nie wymagająca zmian w konfiguracji układu hydraulicznego a jedynie uruchomienie pompy w celu wymuszenia cyrkulacji cieczy hydraulicznej w wydzielonym obiegu zamkniętym instalacji, dlatego wpisuje się doskonale w procedury utrzymania ruchu związane z doraźnymi oraz okresowymi przeglądami instalacji hydraulicznych (TPM1/TPM2, z ang. Total Productive Maintenance). Z pewnością pozwoli również polepszyć wskaźniki niezawodności instalacji hydraulicznych w zakresie wskaźników ich dostępności oraz średnich czasów bezawaryjnego działania. Istotną przewagą strategiczną metody Doktoranta jest zastosowanie pomiaru bezpośredniego ciśnienia cieczy hydraulicznej, w miejsce metod używających pomiarów wibroakustycznych.

Warto podkreślić znaczny dorobek publikacyjny Doktoranta w zakresie systemów hydraulicznych, udokumentowany łączną liczbą ponad czterdziestu (40) pozycji literaturowych, w tym jedenastu (11) zagranicznych oraz siedemnastu (17) w materiałach konferencyjnych.

2. Zawartość i struktura rozprawy

Rozprawa licząca 142 strony została napisana w języku polskim, składa się z 17 rozdziałów, streszczenia oraz wykazu bibliograficznego o 195 pozycjach, znaczą większość rozdziałów zakończona jest krótkim podsumowaniem, które ułatwia interpretację oraz podsumowanie wyników badań. Treść rozprawy jest napisana właściwym językiem technicznym, zawiera czytelne i prawidłowo oznaczone schematy, tabele, zdjęcia oraz wykresy.

Poszczególne rozdziały mają znacząco różne objętości arkuszy, od dwóch do kilkunastu, co sprawia wrażenie braku wyważenia objętość tekstu w poszczególnych rozdziałach. Pod-rozdziały nie są numerowane, co utrudnia nawigację do wybranych fragmentów rozprawy oraz ich referowanie.

Rozdział 1

Rozdział stanowi wstęp oraz wprowadza w tematykę rozprawy.

Rozdział 2

Rozdział przedstawia przegląd literaturowy w zakresie monitorowania oraz diagnozowania układów hydraulicznych z uwzględnieniem pomp wyporowych z odwołaniami do piśmiennictwa krajowego oraz międzynarodowego. Referowane

piśmiennictwo dotyczy w zasadzie instalacji hydraulicznych, a mniejszy nacisk został położony na przegląd ogólnych metody diagnostyki technicznej oraz metod poszukiwania relacji diagnostycznych.

Rozdział 3

Rozdział definiuje pojęcie sprawności w odniesieniu do pomp waporowych z uwzględnieniem strat objętościowych oraz hydrauliczno-mechanicznych wraz z omówieniem charakterystyk sprawnościowych.

Rozdział 4

Rozdział omawia źródła pulsacji ciśnienia związane ze zmiennym natężeniem przepływu cieczy roboczej, co wynika z cyklicznego charakteru pracy elementów waporowych pomp, a zdaniem Doktoranta, jest spowodowane wymuszeniami zewnętrznymi w postaci drgań mechanicznych działających na elementy układu hydraulicznego. Doktorant przedstawia również metody tłumienia pulsacji pomp waporowych. Ponadto rozdział podaje ogólne zależności pozwalające wyznaczyć częstotliwości pulsacji pomp, jednakże omawiane relacje diagnostyczne mają charakter jakościowy.

Rozdział 5

Rozdział przedstawia założenia, cel oraz zakres rozprawy doktorskiej.

Rozdział 6

Rozdział charakteryzuje pojęcie pulsacji wydajności pomp waporowych przywołując współczynnik nierównomierności wydajności pompy oraz odwołuje się do modelu pulsacji wydajności pompy zębatej o zazębieniu zewnętrznym. Doktorant stosując zasadę analogii, rozszerza wnioski dotyczące potencjalnych symptomów diagnostycznych dla całej klasy pomp waporowych.

Rozdział 7

Rozdział omawia wpływ parametrów hydraulicznych i geometrycznych linii długiej na zmiany pulsacji ciśnienia w linii hydraulicznej. Autor przedstawia taksonomię modeli linii długiej i jeden z takich modeli zastosował w przeprowadzonym eksperymencie numerycznym. Analiza wrażliwości została wykonana z zastosowaniem metody częstotliwościowej, dowodząc, że największy wpływ na pulsację ciśnienia mają: ciśnienie tłoczenia, średnica przewodu hydraulicznego oraz natężenie przepływu. Rozdział ma charakter analityczny, wykorzystuje uproszczony model linii długiej z użyciem transformaty Laplace'a, a więc linearyzowany i sprowadzony do modelu o parametrach skupionych. Powstaje pytanie, na ile taki model oddaje zachowanie linii hydraulicznej i jakie są warunki jego stosowalności? Czy są dostępne wiarygodne

badania walidacyjne takiego modelu dla zbliżonej instalacji hydraulicznej? Czy nie należy w tym przypadku raczej zastosować modeli o parametrach rozłożonych 1D lub 2D? Jaki błąd wprowadza model o parametrach skupionych?

Rozdział 8

Rozdział definiuje zależność pomiędzy pulsacją wydajności omówioną w Rozdziale 6. oraz pulsacją ciśnienia, co jest niezbędne w przypadku zastosowań diagnostycznych, a w szczególności analizie zmienności przebiegu pulsacji. Ocena zależności następuje na drodze analitycznej z wykorzystaniem modelu linii długiej, której funkcji przejścia ma możliwość osłabienia lub wzmocnienia pulsacji ciśnienia. Doktorant wnioskuje, że niesprawności mechaniczne pompy, powstałe podczas eksploatacji jednostki wyporowej mają wpływ na zmianę przebiegu pulsacji wydajności, a tym samym mogą mieć swoje odzwierciedlenie w przebiegu pulsacji ciśnienia.

Rozdział 9

Rozdział zawiera wyniki przeprowadzonego wzorcowania czujników ciśnienia użytych do akwizycji przebiegów zmian pulsacji ciśnienia. Wzorcowanie pozwoliło na wyznaczenie rzeczywistej dokładności pomiarowej zastosowanego do badań eksperymentalnych układu pomiarowego, która okazała się lepsza niż zadeklarowana przez producenta. Jednakże w wielu przypadkach, poza kwestią dokładności oceniana jest również powtarzalność pomiarów wyznaczana dla całego układu, w tym przypadku stanowiska laboratoryjnego obejmująca powtarzalność całego eksperymentu ze względu na pola tolerancji poszczególnych elementów. Doktorant uzasadnił również wybór częstotliwości próbkowania sygnałów ciśnienia przyjęty w rozprawie i podał wskazówki do dobrania odpowiedniego zakresu dla końcowego wdrożenia metody. Niepokojące jest to że, w układzie pomiarowym nie ma filtrów antyaliasingowych, co przy zmniejszonej częstotliwości próbkowania może spowodować pojawienie się pozornych składowych częstotliwości.

Rozdział 10

Rozdział przedstawia wyniki analizy wpływu wybranych parametrów układu hydraulicznego na przebiegi pulsacji ciśnienia, uwzględniając efekt przecieków wewnętrznych, sprawność objętościową, wpływ przewodów tłocznych traktowanych jako linia długa, oraz wpływ temperatury. Doktorant w wielu przypadkach oparł się na własnych badaniach w sytuacji, gdy dane producenta były niezadawalające lub nieosiągalne, np. samodzielnie wyznaczył lepkości oleju w zależności od temperatury.

Rozdział 11

Rozdział stanowi rozwinięcie Rozdziału 10 w zakresie analizy wpływu przecieków wewnętrznych na zmianę przebiegu pulsacji ciśnienia na podstawie eksperymentu

R.

symulującego przecieki na zestawionym odpowiednio stanowisku hydraulicznym. Otrzymane wyniki wskazują, że przecieki wewnętrzne pompy wyporowej spowodowane równomiernym zużyciem, nie są silnie skorelowane z pulsacjami ciśnienia tłoczenia, w związku z tym wykrycie tego typu niesprawności może być niemożliwe z użyciem zaproponowanej w rozprawie metody.

Rozdział 12

Rozdział przedstawia wyniki wpływu zastosowania napędu z przemiennikiem częstotliwości na zmianę przebiegów pulsacji ciśnienia, w szczególności składowe częstotliwościowe. Pierwsza część badań dotyczyła wpływu sterowania skalarnego oraz wektorowego przemiennikiem częstotliwości na zmianę prędkości obrotowej wału napędowego wraz ze wzrostem obciążenia. Druga część badań dotyczyła analizy wpływu napędu przemiennikowego na przebieg pulsacji ciśnienia tłoczenia. Badania potwierdziły, że pomimo korzyści jakie oferują przemienniki częstotliwości w napędach pomp wyporowych, w tym płynną zmianę wydajności a także kompensację poślizgu wirnika wraz ze zmianą obciążenia, to w specyficznym zakresie prędkości obrotowej pompy może wystąpić znaczny wzrost amplitudy pulsacji ciśnienia, spowodowany efektem wzmocnienia linii długiej, co jest zjawiskiem niekorzystnym i w projektach instalacji hydraulicznych należy przewidzieć taki przypadek.

Rozdział 13

Rozdział przedstawia wyniki wpływu trzech rodzajów zaworów maksymalnych jednostopniowych, na przebieg pulsacji ciśnienia pompy z wykorzystaniem stanowiska hydraulicznego. Doktorant nadmienia, że przeprowadzone badania ograniczały się do analiz pompy o liczbie zębów $i=12$, napędzanej silnikiem o stałej prędkości obrotowej. Doktorant wykazał brak wpływu rodzaju zaworu na przebieg pulsacji ciśnienia.

Rozdział 14

Rozdział omawia wyniki eksperymentu mającego wykazać słuszność postawionej tezy o istnieniu silnej zależności pomiędzy pulsacjami ciśnienia tłoczenia pompy wyporowej, a aeracją cieczy hydraulicznej spowodowaną nieszczelnością na linii ssawnej. Przeprowadzony eksperyment pozwolił również zaobserwować, że podciśnienie na linii ssawnej badanej pompy było stałe i nie zależało od stopnia zapowietrzenia przewodu, co wykazał i uzasadnił Doktorant.

Rozdział 15

Rozdział przedstawia wyniki eksperymentalnej analizy wrażliwości rodzaju oraz średnicy przepływowej przewodu hydraulicznego na tłumienie przebiegu pulsacji ciśnienia. Doktorant zaobserwował również efekt usztywnienia elastycznej linii hydraulicznej (przewód giętki) dla wyższych wartości ciśnienia roboczego w linii.

Rozdział 16

Rozdział przedstawia wyniki kolejnych badań eksperymentalnych, tym razem w zakresie potwierdzenia możliwości zastosowania analizy przebiegu pulsacji ciśnienia do celów wykrycia uszkodzenia elementów pomp wyporowych w warunkach przemysłowych. W przypadku badań walidacyjnych metody wykrywania niesprawności zastosowano dwie pompy wielotłoczkowych promieniowych o zmiennej wydajności typu HP-R18A1-RKP045KM, których producentem jest firma MOOG, z zabudowanymi regulatorami ciśnienia.

Rozdział 17

Rozdział przedstawia podsumowanie oraz wnioski końcowe.

3. Analiza krytyczna

3.1. Uwagi ogólne

- 3.1.1. Tytuł pracy zawiera stwierdzenie „na podstawie analizy przebiegu pulsacji ciśnienia”, może lepiej byłoby doprecyzować „na podstawie analizy sygnału pulsacji ciśnienia” oraz użyć dookreślenia, że rozprawa traktuje analizę w dziedzinie czasu i częstotliwości.
- 3.1.2. Moim zdaniem, temat pracy „Metoda oceny stanu technicznego pomp wyporowych (...)” powinien zostać zawężony do ściśle określonej grupy pomp wyporowych, gdyż taksonomia pomp wyporowych jest znacznie szersza niż przedstawione w rozprawie przykłady pomp wyporowych o ruchu obrotowym organu roboczego. Ocena stanu technicznego przedstawiona w rozprawie, bazująca na składowych harmonicznym prędkości obrotowych, zawężyła możliwość zastosowania metody i wyników badań do wyłącznie wybranej grupy pomp wyporowych, tj. pomp o ruchu obrotowym organu roboczego. Inne typy pomp nieuwjęte w rozprawie, to pompy o ruchu postępowo-zwrotnym organu roboczego, pompy o ruchu wahadłowym organu roboczego oraz inne o specjalnych konstrukcjach dla których ocena stanu technicznego z pewnością będzie wymagała opracowania innych metod.
- 3.1.3. Zakres rozprawy został przyjęty bardzo szeroko, uwzględniając pompy wyporowe, jednakże w trakcie badań, Doktorant weryfikuje numerycznie i eksperymentalnie wyniki dla specyficznych rodzajów pomp wyporowych, co nie stanowi systematycznej i uporządkowanej analizy. Takie podejście jest z pewnością podyktowane dostępnością infrastruktury badawczej, tym niemniej wymagałoby jawnej deklaracji we wstępie do rozprawy.

R.

- 3.1.4. Przeglądając rozprawę zauważa się dość znaczące rozproszenie wiedzy oraz opisów teoretycznych dotyczących wybranych typów pomp (np. zębatych) pomiędzy kolejnymi rozdziałami pracy. Przykładowo Rozdział 3 wprowadza pojęcie pulsacji, następują kolejne rozdziały definicją cel i tezy pracy, a dopiero później, w dalszych rozdziałach rozprawy pojawia się definicja pojęcia „pulsacji”, która jest zasadniczym nośnikiem informacji o stanie technicznym pompy.
- 3.1.5. W rozprawie brakuje zebranej w jednym miejscu listy założeń dla zaproponowanej metody diagnostycznej. Lista powinna definiować wymagania i jasno precyzować jakie rodzaje niesprawności mogą być wykrywane z użyciem metody. Przykładem założeń, jest chociażby to czy metoda może mieć zastosowanie dla układów hydraulicznych z regulowaną prędkością obrotową? Czy metoda diagnostyczna może zostać zastosowana w trakcie normalnego działania układu hydraulicznego (metoda pasywna?), czy wymagane jest przełączeniu układu w stan obsługi manualnej i zmiana jego konfiguracji poprzez przełączenie zaworów itd. (metoda aktywna?).
- 3.1.6. Doktorant w przeglądzie literaturowym powołuje się na inne metody diagnostyczne, między innymi metody, które wykorzystują pomiar sygnału przyspieszenia drgań. Czy metoda pomiaru drgań jest tożsama z pomiarem ciśnienia, jakie są wady i zalety? Czy nie było zasadnym równoległe rejestrować zarówno sygnał przyspieszenia drgań jak również sygnał ciśnienia w trakcie prowadzonych eksperymentów oraz wyznaczyć ich wzajemną korelację?
- 3.1.7. Wiele z wyników badań prowadzonych przez Doktoranta, traci na ogólności, gdyż wyniki zarówno teoretycznych jak i praktycznych analiz wrażliwości nie są skalowalne procentowo w stosunku do wybranego punktu pracy pompy. Dotyczy to przykładowo wyników analizy wpływu zapowietrzenia cieczy na wlocie pompy na jej wydajność.
- 3.1.8. W rozprawie brakuje formalizacji metody poprzez przeprowadzonych analiz wrażliwości wyników metody na zakłócenia systemowe, do których można zaliczyć stosowane regulatory, różne stany początkowe pomp w przypadku prób wdrażania metody na istniejących obiektach, ogólne rozrzuty parametrów różnych typoszeregów pomp. Rozprawa nie uwzględnia również aspektów powtarzalności oraz tolerancji metody na pojawianie się fałszywych alarmów.
- 3.1.9. Jaka jest wiarygodność (błąd jakościowy / ilościowy) modelu linii długiej wyprowadzonego na podstawie założeń o linearyzacji oraz przejściu z parametrów rozłożonych na skupione?

3.2. Uwagi szczegółowe

- Strona 28: „Wpływ parametrów hydraulicznych i geometrycznych na zmiany pulsacji ciśnienia linii hydraulicznej” precyzyjniej „Wpływ parametrów hydraulicznych i geometrycznych na zmiany pulsacji ciśnienia w linii hydraulicznej”.
- Strona 33: Wiele zdań w rozprawie ma wady stylistyczne, przykład „Analiza parametrów model numerycznego na własności hydraulicznej linii długiej”. Co autor miał na myśli? Analizę wrażliwości parametrów modelu linii długiej?
- Strona 106: Kolejny przykład arbitralnie traktowanej stylistyki - wymiennie używane sformułowanie „na/w linii, przykłady: „podciśnienie na linii ssawnej badanej pompy”, „podciśnienie w linii”?
- Strona 82: Brak wyczerpujących informacji co do użytej metody sterowania PWM oraz parametrów takich jak częstotliwość oraz wypełnienie impulsu. Może to mieć znaczenie dla czytelników chcących wykorzystać wyniki eksperymentów prowadzonych przez Doktoranta.
- Strona 87: Doktorant podaje, że (...) zastosowanie przemienników częstotliwości do napędów pomp wporowych pozwala na płynną zmianę prędkości wału silnika napędowego (...) oraz umożliwia także kompensację poślizgu wirnika wraz ze zmianą obciążenia”. W rezultacie symptomy diagnostyczne, czyli harmoniczne prędkości obrotowej mogą ulegać znacznym (punkt pracy) lub nieznacznym zmianom (kompensacja poślizgu). Czy zaproponowana metoda umożliwia uwzględnienie zmiennej w czasie lub wahań prędkości obrotowej pompy? Jeżeli tak, to w jaki sposób? Czy w aplikacji metody zastosowane zostaną adaptacyjne czasowo-częstotliwościowe modele nieparametryczne sygnałów ciśnienia pulsacji, np. Short-Time Fourier Transform (SFFT) lub adaptacyjne modele parametryczne, np. z ang. Recursive AutoRegressive Moving Average (RARMA)?
- Brak numeracji pod-rozdziałów rozprawy utrudnia precyzyjne odwołanie się do jej fragmentów oraz ich cytowania. Usterka uciążliwa dla recenzenta, ale nie wpływa na zawartość merytoryczną.
- Strona 94: Czy nie lepiej użyć przebiegów czasowych i charakterystyki Bodego w celu wykrycia częstotliwości drgań własnych zaworów?
- Strona 115: Błąd edycyjny w opisie (górnym) Rys. 15.2, jest „(...) przez linie hydraulicznych” zamiast „hydrauliczne”.
- Strona 121: W jakim stopniu regulatory ciśnienia wpływają na maskowanie symptomów diagnostycznych niesprawności pomp? Czy początkowy stan symptomu

R.

(np. przecieku, aeracji, uszkodzenia łopatki) nie będzie maskowany przez działanie regulatora?

Rys. 16.2: Jaka jest przyczyna zjawiska modulacji amplitudowej sygnału ciśnienia pompy RKP-01? Czy taka modulacja może mieć wpływ na wrażliwość proponowanej metody diagnostycznej?

- Strona 10, Wiersz 14: „sygnały wibracyjne” czy chodzi o pomiar przyśpieszenia drgań z użyciem akcelerometru?

4. Główne osiągnięcia rozprawy

Rozprawa dotyczy istotnego i aktualnego tematu inżynierskiego, którym jest ocena stanu technicznego pomp wyporowych. W obszarze tak określonego tematu mogą być prowadzone zarówno badania podstawowe jak również stosowane, a wyniki prac badawczych mogą znaleźć natychmiastowe zastosowanie praktyczne.

Osiągnięcia Doktoranta dotyczą przede wszystkim zrealizowanego programu badań eksperymentalnych uzupełnionych analizami przeprowadzonymi w oparciu o modele teoretyczne, między innymi:

- badania zapowietrzenia układu hydraulicznego z nieszczelnością na wlocie pompy
- badania wpływu doboru parametrów przewodu przepływowego w oparciu o model teoretyczny linii długiej hydraulicznej
- badania wrażliwości pulsacji ciśnienia cieczy hydraulicznej w zależności od prędkości obrotowej pompy

Doktorant przeprowadził badania z użyciem metod analitycznych oraz modeli systemowych, ponadto przeprowadził badania eksperymentalne w warunkach laboratoryjnych oraz przemysłowych. Wykonał standardowe procedury kalibracyjne i weryfikacyjne dokładności układu pomiarowego. Zrealizował również badania pomocnicze w zakresie wyznaczania parametrów cieczy hydraulicznej które były wymagane, których nie były bezpośrednio dostępnych w kartach katalogowych zastosowanego oleju. Zrealizowany plan badań potwierdza wysokie kompetencje Doktoranta w zakresie skutecznego samodzielnego prowadzenia projektów badawczych oraz świadczy o jego dojrzałości jako pracownika naukowego.

Oryginalność przedstawionej w rozprawie metody Doktoranta dotyczy opracowania procedury diagnostycznej stosującej relacje diagnostyczne wypracowane na etapie badań zarówno w dziedzinie częstotliwości jak również czasu w oparciu o sygnał zarejestrowanych przebiegów ciśnienia za pompą, co stanowi istotnie inne jakościowo

podejście niż stosowane przemysłowo pomiary wibroakustyczne z użyciem mikrofonów lub czujników drgań.

Doktorant zwrócił również uwagę na praktyczne aspekty oceny i przewidywania wpływu sztywności przewodów hydraulicznych na pulsacje cieczy hydraulicznej poprzez analityczne wyznaczanie parametrów przewodu hydraulicznego.

Ponadto rozprawa zawiera znaczną liczbę omówionych wyników eksperymentów oraz wskazówek interpretacyjnych wynikających z bogatego doświadczenia zawodowego Doktoranta, potwierdzając tym samym dobrą znajomość tematu, którego dyskusję podjął Doktorant w rozprawie.

Podsumowując, do osiągnięć Doktoranta oraz mocnych strony recenzowanej rozprawy zaliczam:

- Złożony program badań uwzględniający trzy rodzaje pomp, zębate, tłoczkowe i łopatkowe.
- Zastosowanie metod analitycznych pozwalających na podstawie istniejących modeli teoretycznych wyciągnąć właściwe wnioski bez uruchamiania kosztowych i złożonych badań eksperymentalnych.
- Wstępną weryfikację zaproponowanej w rozprawie metody w zakresie analizy sygnałów ciśnienia w dziedzinie czasu i częstotliwości, w wyniku której Doktorant sformułował podstawowe relacje diagnostyczne.

Analiza tematyki podjęta przez Doktoranta, postawionych problemów oraz zastosowanych metod badawczych pozwala na stwierdzenie, że tematyka rozprawy doktorskiej mieści się w zakresie dyscypliny naukowej Budowa i Eksploatacja Maszyn. Tematyka rozprawy posiada duży potencjał badawczy z możliwością dalszego prowadzenia badań.

5. Wniosek końcowy

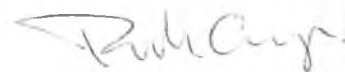
Podsumowując uważam, że w opiniowanej rozprawie doktorskiej pt.: „Metoda oceny stanu technicznego pomp wporowych na podstawie analizy przebiegu pulsacji ciśnienia”, mgr inż. Dominik Rabsztyń samodzielnie rozwiązał postawione zadanie naukowe i wykazał się wiedzą oraz umiejętnościami wymaganymi dla uzyskania stopnia doktora nauk technicznych.

Podjęcie tematu badań przedstawionych przez Doktoranta, uważam za uzasadnione, zarówno z punktu widzenia poznawczego, jak również użytecznego. Merytoryczny zakres rozprawy w obszarze badań teoretyczno-eksperymentalnych dowodzi, że

Doktorant wykazał się umiejętnością prowadzenia prac naukowych oraz posiadał umiejętność zastosowania ich wyników w praktyce przemysłowej.

Zawartość rozprawy przedstawia oryginalne osiągnięcia własne Doktoranta o charakterze badawczo-utilitytarnym w obszarze pomp waporowych, a w szczególności pomp waporowych z ruchem obrotowym organu roboczego.

Stwierdzam, że rozprawa mgra inż. Dominika Rabsztyna spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązujące przepisy i wnioskuje o dopuszczenie jej do publicznej obrony w dyscyplinie Budowa i Eksploatacja Maszyn. Sformułowane przez mnie uwagi krytyczne nie wpływają na ogólną pozytywną ocenę rozprawy.



dr hab. inż. Piotr Czop

Katedra Robotyki i Mechatroniki
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki
Akademia Górniczo Hutnicza im. St. Staszica
Al. Mickiewicza 30
30-059 Kraków