Wrocław, 11. 03. 2019 r.

Prof. dr hab. inż. Ryszard Rohatyński
Wydział Finansów i Zarządzania
Wyższa Szkoła Bankowa we Wrocławiu

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Marka Jasińskiego

na temat: **METODYKA PLANOWANIA DZIAŁAŃ PREWENCYJNYCH UTRZYMANIA RUCHU MASZYN DOŁOWYCH**

1. Podstawa formalna

Niniejsza recenzja została opracowana na zlecenie Dziekana Wydziału Inżynierii Zarządzania Politechniki Poznańskiej pismem z dnia 04. 02. 2019 r.

2. Struktura rozprawy

Recenzowana rozprawa składa się ze spisu treści, streszczeń w języku polskim i angielskim, wykazu ważniejszych oznaczeń, streszczeń w języku polskim i angielskim, wykazu symboli, kopii porozumienia z KGHM Polska Miedź S.A., sześciu rozdziałów merytorycznych, wykazu literatury (146 pozycji), spisu tabel i spisu rysunków. Praca liczy 174 numerowanych stron. Załączony jest CD z tekstem rozprawy.

Układ rozprawy jest następujący:
Strona tytułowa.
Spis treści, streszczenia w języku polskim i angielskim, wykaz symboli i skrótów, kopia porozumienia (str. 3-10).
Następują rozdziały:

1. **WPROWADZENIE (4 podrozdziały, 7 stron),**
2. **TEORETYCZNE PODSTAWY PROBLEMATYKI (3 podrozdziały, 22 strony),**
3. **OPIS I PRZEBIEG BADAŃ (8 podrozdziałów, 16 stron),**
4. **NIEZAWODNOŚĆ UKŁADÓW I PODZESPOŁÓW WOZÓW ODSTAWCZYCH (2 podrozdziały, 83 strony),**
5. **PLANOWANIE DZIAŁAŃ PREWENCYJNYCH SŁUŻB UTRZYMANIA RUCHU NA PODSTAWIE NIEZAWODNOŚCI UKŁADÓW I PODZESPOŁÓW WOZÓW ODSTAWCZYCH (2 podrozdziały, 11 stron),**
6. **WNIOSKI I KIERUNKI DALSZYCH BADAŃ (2 strony),**
7. **BIBLIOGRAFIA - 146 pozycji .**

Struktura rozprawy została podporządkowana celom badawczym. Nazwy rozdziałów odpowiadają ich treści. Treści poszczególnych rozdziałów zostały przedstawione w podrozdziałach. Koncepcja rozprawy wyrażona w rozdziale pierwszym odpowiada wymaganiom prac doktorskich.

3. Analiza rozprawy

3.1. Ogólna charakterystyka treści

Uzasadnienie podjęcia tematu znajduje się w rozdziale pierwszym, gdzie autor uzasadnia swoje zainteresowanie problemem niezawodności samojezdnych maszyn dołowych w kontekście utrzymania ciągłości ich ruchu. Na podstawie obszernego studium literatury przedmiotu w rozdziale 1.2. autor stawia tezę, że nie zaproponowano dotychczas metody działań prewencyjnych, którą można by zastosować do maszyn w KGHM Polska Miedź S.A. Wnioskuje więc, że istnieje luka badawcza, które utrudnia wykorzystanie dokumentacji uszkodzeń tych maszyn do opracowania metodyki poprawy procesu eksploatacji. Istnieje więc konieczność modyfikacji narzędzi teoretycznych w kierunku dostosowania ich do rozwiązywania problemów praktycznych.

Z założeń badawczych sformułowanych w rozdziale 1.3. wynika, że autor widzi możliwość przewidywania awarii maszyn dołowych i planowania na tej podstawie działań usprawniających eksploatację.

Sformułowanie hipotezy badawczej i głównego celu rozprawy zostało dobrze uzasadnione. Cel ten doktorant zamierza osiągnąć za pomocą statystycznej analizy intensywności uszkodzeń i stworzenie modeli prognostycznych, które mogłyby posłużyć do racjonalizacji procesu zapewniania ciągłości pracy maszyn dołowych. Koncepcja osiągnięcia tak postawionego celu, jakkolwiek poprawna, jest tylko jedną z możliwych.

W drugim rozdziale opisane jest zagadnienie zapewniania ciągłości ruchu. Rozdział zawiera omówienie podstawowych pojęć i podstawowej literatury tematu oraz pojęciowych i matematycznych modeli procesów eksploatacji i prognostycznych (rozdz. 2.2. i 2.3). Treści te są wprowadzeniem do części praktycznej rozprawy będącej przedmiotem rozdziału trzeciego. W tym rozdziale opisano szczegółowo miejsce i zakres badań, badane obiekty, oraz metodykę procesu badawczego, podporządkowanego głównemu celowi rozprawy, to jest warunkom zapewnienia dyspozycyjności maszyn dołowych. Niektórych danych potrzebnych do realizacji badań dostarcza system CMMS inne musiały być zebrane przez autora.

W rozdziale czwartym podano statystyki uszkodzeń dla kilkudziesięciu (od 14 do 32) maszyn odstawczych, w których zidentyfikowano 11+1 układów. Każdy układ składa się z podzespołów wymienionych w tabeli 3.6. Elementy nienazwane tworzą dodatkowy (dwunasty) układ „pusty”. Do badań przyjęto dane z pięciu lat kalendarzowych. To założenie zostało uzasadnione.

Rozdz.4.1 podaje opracowania statystyczne uzyskane z danych o uszkodzeniach maszyn i ich zespołów. Na uwagę zasługuje zebranie bardzo bogatego materiału faktograficznego i jego systematyczne opracowanie w licznych tabelach. Dla każdego zespołu i każdego podzespołu przedstawiono liczbowe wartości danych i ich statystyczne charakterystyki. Rozdział kończy się graficznym przedstawieniem intensywności uszkodzeń w postaci diagramów Pareto (rozdział 4.2).

W rozdziale piątym statystyczne opracowania z poprzedniego rozdziału zostały zinterpretowane i skomentowane. Większość interpretacji wynika bezpośrednio z tabel i diagramów rozdziału czwartego, ale rozdział 5.2 zawierający omówienie prezentacji materiału statystycznego w formie diagramów Pareto wnosi istotne informacje dodatkowe do realiów eksploatacji badanych maszyn.

Wnioski i kierunki dalszych badań (rozdz.szósty) zajmują tylko dwie strony tekstu. Jakkolwiek zbyt lakoniczne są jednak dobrze powiązane z tematyką rozprawy.

3.2. Ważniejsze uwagi merytoryczne

Rozdziały drugi i trzeci mają podstawowe znaczenie dla koncepcji rozprawy.

W rozdziale drugim autor prezentuje swoją wiedzę z zakresu tematu rozprawy pozyskaną między innymi z wielu pozycji literaturowych i internetowych. Na uznanie zasługuje cytowanie prawie już zapomnianych (ale nadal aktualnych) pozycji z ubiegłego wieku, jak też nowszych. Terminy: model i modelowanie, prognoza i prognozowanie, eksploatacja, strategia utrzymania ruchu i szereg innych cytowane są za autorami podręczników i publikacji z różnych źródeł. Układ treści rozdziału jest poprawny, ale niektóre pojęcia, które są opisane w ogólnie dostępnych podręcznikach, zajmują za dużo miejsca. Wprawdzie pokazuje to erudycję autora, ale brakuje syntezy. Jeśli już cytuje się określenia lub definicje jakiegoś terminu podawane przez kilku autorów to trzeba wykonać analizę semantyczną różnic i rozpoznać kontekst, w jakim dany termin został użyty. Tego w rozprawie nie ma.

Pomimo tej krytycznej uwagi, treści podrozdziałów 2.1.2 ‘Strategie utrzymania ruchu’ i 2.1.3 ‘Współczesne koncepcje utrzymania ruchu’ uważam za niezwykle interesujące i trafne, jakkolwiek oparte są na ogólnie dostępnych publikacjach. Podział strategii (podejścia do przedmiotowego zagadnienia) na reaktywną, prewencyjną i proaktywną (lepiej niż „prognostyczną”, jak jest w tekście na str. 21) jest ważny dla metodologii utrzymania ruchu. Ta ostatnia ściśle nawiązuje do projektowania maszyn i wykonywanych przez nie procesów roboczych. Tylko podejście proaktywne umożliwia istotny postęp i osiągnięcie przewagi konkurencyjnej. To ważne ujęcie problemów rozwoju procesów przemysłowych zawdzięczamy głównie cytowanym naukowcom Politechniki Poznańskiej.

Koncepcje utrzymania ruchu również zostały opisane w oparciu o obszerną literaturę przedmiotu. W tym opisie szczególnie interesujące jest podkreślenie wpływu czynnika ludzkiego na niezawodność i awaryjność procesów.

Rozdziały 2.2. i 2.3. poświęcone są zagadnieniom wyznaczania niezawodności i prognozowania stanu obiektu technicznego. Podobnie jak poprzednio, autor wymienia i krótko charakteryzuje szereg publikacji. Wybór jest poprawny, jednak brakuje ujęcia historycznego i opisu, czy i w jakim zakresie poszczególni autorzy korzystali wzajemnie ze swoich prac. Autora częściowo usprawiedliwia fakt, że wyczerpujący opis obu dziedzin spowodowałby nadmierne zwiększenie objętość rozprawy.

W rozdziale trzecim autor szczegółowo opisuje przedmiot i zakres badań. Obejmuje on zebranie i opracowanie statystyczne uszkodzeń maszyn dołowych z sześciu kolejnych lat eksploatacji. Przyjmuje a priori, że badane maszyny pracowały w jednakowych warunkach, co jest mało prawdopodobne. Takie założenie jest jednak konieczne ze względu na realizację celu rozprawy jest więc usprawiedliwione pod warunkiem, że wyniki będą odpowiednio interpretowane.

Rozdział czwarty zawiera tabelaryczne ujęcie danych o awariach wozów odstawczych i ich statystyczne opracowanie w postaci intensywności uszkodzeń λ, intensywności ważonej λ_w oraz przedziałów ufności dla średniej ważności intensywności uszkodzeń obliczone wzorem (2.23). W rozdziale 4.2 zamieszczono diagramy Pareto-Lorenza dla intensywności uszkodzeń w kolejnych latach eksploatacji. Jest to bardzo komunikatywny sposób prezentacji informacji statystycznej, ułatwiający wnioskowanie o awaryjności maszyn i dający podstawę do wykorzystania tych wniosków w praktyce eksploatacji.

Ten temat jest przedmiotem rozdziału piątego, w którym autor wymienia podzespoły, które spowodowały co najmniej 80% awarii maszyn odstawczych. Jest to cenna informacja dla służb utrzymania ruchu. Autor nie precyzuje, co konkretnie należy rozumieć przez zalecenie „wziąć pod szczególną uwagę”.

Osiem wniosków sformułowanych w rozdziale szóstym ma uzasadnienie w treści rozprawy. W drugiej części rozdziału autor zamieszcza istotne uwagi odnośnie znaczenia i interpretacji wyników ilościowych. W szczególności, wskazuje na potrzebę uzupełnienia danych wprowadzanych do systemu informatycznego. Jest godne podkreślenia, że rozumie on, że wyniki rozprawy stanowią dopiero podstawę do opracowania procedur zmniejszających awaryjność maszyn, co wymaga dalszych prac badawczych. Trafnie zauważa, że zaproponowana przez niego metodyka może zostać zastosowana do innych maszyn górniczych. Zasługuje też na uwagę podkreślenie znaczenia czynnika ludzkiego. Jakkolwiek rozdział oceniam pozytywnie to uważam, że wnioski i kierunki dalszych badań zasługują na szersze, bardziej szczegółowe ujęcie.

3.3. Niektóre inne uwagi

Inżynierowie produkcji powinni wiedzieć „dlaczego tak było" i co należy zrobić, żeby było lepiej. Przedstawiona w rozprawie metoda opracowania procesów powinna być uzupełniona wnikliwą analizą przyczyn i skutków awarii za pomocą metod typu FMEA (w celu ulepszenia konstrukcji i obsługi) i – na przykład - Poka Yoke (w celu usprawnienia procesu roboczego).

Nie mam istotnych uwag odnośnie terminologii stosowanej w pracy. Nie wymieniam potknięć stylistycznych i drobnych błędów korektorskich, bo nie utrudniają zrozumienia tekstu i są łatwe do usunięcia. Powinny one być wyeliminowane przy przygotowaniu publikacji.

Zamieszczam jedynie kilka uwag na temat modelu, stanu obiektu i przyjętego w rozprawie statystycznego opracowania danych z eksploatacji.

Na temat modelu i modelowania polecam moją definicję, w której odróżniam model od obiektu będącego przedmiotem modelowania i zaznaczam, że obiekt oryginalny może nie istnieć. Tak więc modelowanie dzieli się na modelowanie obiektów istniejących i tych, które mają dopiero powstać w wyniku projektowania. Przy tworzeniu modeli zjawisk złożonych (zwłaszcza modeli matematycznych i ich komputerowej realizacji) wskazane jest odróżnić weryfikację modelu (jego poprawność formalną, syntaktyczną) od walidacji (jego zdolność odtwarzania określonych cech oryginału). Istotne jest również określenie zakresu ważności modelu, bo po przekroczeniu tego zakresu model poprawny formalnie nie spełnia już kryterium walidacji. Wspomniana w rozprawie wypowiedź Einsteina (zapewne wyrwana z kontekstu) oznacza, że żaden model nie może dokładnie odwzorować rzeczywistości. Może tylko odwzorować wybraną celowo jej część.

Stan obiektu technicznego jest jednoznacznie określony przez jego projekt i jego wykonanie oraz proces i warunki jego eksploatacji. Ten fakt powinien być zawsze uwzględniany przy rozważaniu niezawodności, awaryjności itp. właściwościach obiektu. Należy też odróżniać *własności* obiektu (które są praktycznie niezależne od otoczenia) od jego *właściwości* (które ujawniają się w relacjach z otoczeniem, np. w eksploatacji).

Wnioskowanie na podstawie praktycznych danych, a to jest podstawa rozprawy, napotyka na conajmniej trzy różne typy niepewności. Pierwszy typ jest związany z podstawową niepewnością samego zjawiska. Drugi typ jest związany z brakiem precyzji estymacji parametrów przyjętego modelu. Ta niepewność może zostać wyeliminowania kosztem bardzo dużej liczebności próby. Trzeci typ niepewności dotyczy adekwatności przyjętego modelu. Przy dużej liczbie prób można tę adekwatność ocenić.

W rozprawie przyjęto rozkład Poissona najczęściej przyjmowany do modelowania tego typu zdarzeń. Jest on wygodny do scharakteryzowania zmiennej losowej będącej liczbą zajść pewnego zdarzenia w określonym przedziale czasu.

Rozkład Poissona może zostać przyjęty do opracowania danych jeśli spełnione są następujące założenia:

1. Prawdopodobieństwo, że zdarzenie zajdzie w krótkim przedziale czasu jest proporcjonalne do długości przedziału
2. Prawdopodobieństwo, że w bardzo małym przedziale czasu zajdą dwa zdarzenia jest bliskie zeru
3. Prawdopodobieństwo, że w danym przedziale czasu zajdzie określona liczba zdarzeń nie zależy od tego, gdzie się ten przedział zaczyna
4. Prawdopodobieństwo zajścia jakiejkolwiek liczby zdarzeń w danym przedziale nie zależy od tego, gdzie się ten przedział zaczyna.

Rozkład Poissona jest dobrym przybliżeniem rozkładu dwumianowego, kiedy liczba zdarzeń jest duża (według niektórych źródeł wynosi co najmniej 20), a prawdopodobieństwo zajścia zdarzenia małe (na przykład nie większe niż 0,05). Proponuję autorowi sprawdzenie wyżej wymienionych warunków. Wskaźniki statystyczne w wielu tabelach rozdziału czwartego, w których liczba uszkodzeń jest mała nie mają sensu. Wskaźnik intensywności uszkodzeń jest tak obliczany, że rośnie kiedy liczba uszkodzeń się zmniejsza. To jest sprzeczność semantyczna.

Przy czytaniu rozprawy nasunął mi się szereg uwag szczegółowych, które można będzie usunąć przy opracowaniu publikacji.

Zauważyłem kilka niedokładności w oznaczeniach, np. ‘p’ w wykazie oznaczeń i ‘p’ w tabelach rozdziału czwartego albo brak symbolu α w wykazie.

Obliczanie intensywności uszkodzeń na godzinę pracy przy założeniu 365 dni pracy w roku (wzór 2.22) wydaje mi się niefortunne.

Niektóre odnośniki do źródeł na rysunkach i w tekście są zbędne. Na przykład, wykres na rysunku 2.11 przypisany jest publikacji Słowińskiego z 2014 roku!

4. Ogólna ocena rozprawy

Rozprawa ma dużą wartość metodyczną, poznawczą i praktyczną dla zmniejszenia awaryjności górniczych maszyn dołowych. Autor wykazał się znajomością problematyki eksploatacji obiektów technicznych i metod analizy ich niezawodności. W klasie maszyn i urządzeń, które są przedmiotem rozprawy, zaproponowana metodyka wykorzystania danych statystycznych o uszkodzeniach do oceny niezawodności i planowania działań prewencyjnych dla zakłóceń ruchu maszyn ma znamiona oryginalnego osiągnięcia. Zaletą tej metodyki jest także możliwość jej zastosowania do innych podobnych problemów eksploatacji maszyn. Obszerny i wiarygodny materiał statystyczny ujęty w rozprawie powinien być w przyszłości wykorzystany do dalszej analizy przyczyn uszkodzeń i ich usuwania.

Autor przekonująco wykazał potrzebę opracowania modeli prognozowania niezawodności maszyn i urządzeń i wskazał możliwość jej realizacji za pomocą odpowiednio dobranych modeli prognostycznych. Wprawdzie skuteczność metody nie została jeszcze sprawdzona w praktyce, ale jest ona wyraźnie ukierunkowana na zastosowanie.

Rozprawa wykorzystuje wiedzę z dobrze wybranych pozycji literatury. Dowodzi to umiejętności pozyskiwania wiedzy przez autora. Terminologia rozprawy jest poprawna, jakkolwiek niektóre sformułowania, które autor przytacza za różnymi publikacjami, są dyskusyjne. Nie umniejsza to wartości rozprawy.

Przedstawiony w rozprawie materiał statystyczny i jego opracowanie są wystarczające, żeby uzasadnić osiągnięcie głównych założeń badawczych rozprawy.

Uważam, że proponowana metoda może i powinna być uzupełniona przez analizę technicznych i organizacyjnych przyczyn występowania uszkodzeń z uwzględnieniem ich znaczenia dla zjawiska awaryjności górniczych maszyn dołowych.

5. Konkluzja

Podsumowując niniejszą recenzję chciałbym podkreślić, że zamieszczone w niej uwagi mają głównie charakter dyskusyjny i nie obniżają pozytywnej oceny rozprawy. Za najważniejsze zalety rozprawy uważam:

- Trafne sformułowanie celów rozprawy, odpowiednie dla naukowych wymagań stawianych rozprawom doktorskim,
- Wykazanie obszernej wiedzy teoretycznej i umiejętności zastosowania jej do celów praktycznych,
- Celowe wykorzystanie niezwykle licznego materiału z eksploatacji do realizacji celu rozprawy,
- Opracowanie metodyki statystycznego modelowania zjawiska awaryjności górniczych maszyn dołowych i pokazanie sposobu jej zastosowania do poprawy wskaźników ruchu tych maszyn.

Biorąc pod uwagę wymienione walory rozprawy stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Marka Jasińskiego spełnia warunki określone w obowiązującej Ustawie o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki zdefiniowane w Art. 16 i 17 Ustawy z dnia 14 marca 2003r. i stawiam wniosek dopuszczenia jej do publicznej obrony.



/Prof. dr hab. inż. Ryszard Rohatyński/