

**dr hab. inż. Dariusz Plinta, prof. ATH**  
**Katedra Inżynierii Produkcji**  
**Wydział Budowy Maszyn i Informatyki**  
**Akademia Techniczno – Humanistyczna w Bielsku-Białej**  
**ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała**

**Recenzja**  
**rozprawy doktorskiej**  
**mgr inż. Łukasza Dragun**  
**p.t.**

**Analiza możliwości zwiększenia produktywności w przedsiębiorstwie**  
**o produkcji ciągłej poprzez zmniejszenie przestojów remontowych**

**promotor pracy: dr hab. inż. Jerzy Jaroszewicz, prof. nzw. Politechnika Białostocka**

**promotor pomocniczy: dr inż. Artur Szmidt, Politechnika Świętokrzyska**

Recenzję opracowano na podstawie umowy o dzieło nr XII/Dec-Z/19/17 zawartej w dniu 18.09.2017 r.

## **1. Formalna prezentacja rozprawy, uwagi ogólne**

Przedstawiona do recenzji praca składa się z 5 rozdziałów zawartych na 219 stronach tekstu wraz z wykazem bibliograficznym liczącym 172 pozycje oraz dziewięciu dołączonych załączników (liczących 48 stron).

Układ pracy oraz sposób ujęcia tematu w poszczególnych rozdziałach jest prawidłowy. Tematyka pracy jest poświęcona głównie zagadnieniom utrzymania ruchu z szczególnym uwzględnieniem gospodarki remontowej prowadzonej w przedsiębiorstwach o produkcji ciągłej. Głównym celem pracy było opracowanie modelu eksploatacji maszyn i urządzeń umożliwiającego zwiększenie produktywności maszyn i urządzeń wykorzystywanych w elektrociepłowniach.

Przedstawiony problem jest jednym z bardziej istotnych w inżynierii produkcji szczegółowo analizowany w przedsiębiorstwach produkcyjnych niezależnie od wielkości przedsiębiorstwa oraz branży. Recenzowana praca bardzo dobrze pokazuje znaczenie problemu oraz istotność rozwiązań zwiększających produktywność procesów produkcyjnych, a w szczególności konieczność zmniejszania przestojów remontowych maszyn technologicznych.

W pracy wyróżniono pięć głównych rozdziałów, które przeplatają treści teoretyczne z praktycznymi badaniami. Rozdział pierwszy stanowi w całości część teoretyczną pracy. Natomiast kolejne rozdziały, w tym rozdziały drugi i piąty na wstępie pokazują istotę stosowania różnych narzędzi analitycznych oraz praktyczne przykłady ich wykorzystania. Z kolei rozdziały trzeci i czwarty opisują uwarunkowania związane z funkcjonowaniem analizowanego przedsiębiorstwa.

Ostatnią część pracy stanowi punkt zawierający podsumowanie i wnioski końcowe.

W rozdziale pierwszym scharakteryzowano podstawy teoretyczne gospodarki remontowej, jej organizację, systemy utrzymania ruchu oraz zasady utrzymania sprawności obiektów technicznych. Przedstawiono tu najważniejsze pojęcia związane z gospodarką remontową. Rozdział ten stanowi bardzo dobrą teoretyczną podstawę do przeprowadzonych praktycznych analiz opisanych w kolejnych rozdziałach pracy. Z kolei drugi rozdział opisuje wykorzystanie metody FMEA do analizy funkcjonowania utrzymania ruchu wybranych maszyn i urządzeń eksploatowanych w elektrociepłowniach. Analizę uzupełniono opracowaniem diagramu przyczynowo skutkowego, który obrazuje przyczyny przerywania ciągłości pracy, oraz opracowaniem ankiety przeprowadzonej wśród ekspertów z przedsiębiorstwa ENEA. Opisy zawarte w rozdziale drugim stanowią bardzo dobry wstęp do badań własnych oraz analizę stanu obecnego wybranego systemu produkcyjnego, z której wynikają konkretne potrzeby usprawnienia procesów związanych z utrzymaniem ruchu.

W kolejnych dwóch rozdziałach szczegółowo przedstawiono procesy remontowe młynów węglowych i wentylatorów, w tym przykładowe przypadki wystąpienia awarii/wady w procesie utrzymania ruchu. Tematyka przedstawiona w powyższych rozdziałach bardzo dobrze wpisuje się w zakres prac naukowo badawczych z inżynierii produkcji.

W rozdziale czwartym dodatkowo przeprowadzono szczegółową analizę obciążenia technologicznego urządzeń, w tym opracowano komputerowy model opisujący zjawiska dynamiczne zachodzące w wybranych urządzeniach (model rozruchu młyna, równania ruchu elementów napędu, równania procesów elektromagnetycznych w silniku asynchronicznym), będące podstawą do ewentualnych analiz symulacyjnych.

Natomiast ostatni tj. piąty rozdział stanowi propozycję sposobu oceny efektywności analizowanych maszyn i urządzeń opartą na koncepcji Totalnego Produktywnego Utrzymania Maszyn (ang. Total Productive Maintenance – TPM). Do tego celu wykorzystano powszechnie stosowany w przemyśle maszynowym wskaźnik Całkowitej Efektywności Wykorzystania (OEE). Oprócz prezentacji idei wskaźnika pokazano tu wpływ obciążenia technologicznego na efektywność wykorzystania młynów węglowych w elektrowniach ciepłych, która przekłada się na produktywność i efektywność całego przedsiębiorstwa.

Rozprawę kończy punkt zawierający podsumowanie i wnioski końcowe.

## **2. Ocena zamierzenia badawczego**

Przedstawiona w pracy tematyka nawiązuje do jednego z głównych celów współczesnych przedsiębiorstw produkcyjnych, jakim jest zwiększanie produktywności. Jest to efekt rosnącej konkurencyjności rynku oraz globalizacji.

Głównym celem pracy było opracowanie metody poprawy efektywności wykorzystania maszyn i urządzeń eksploatowanych w elektrowniach ciepłych, co zostało osiągnięte i potwierdzone na praktycznym przykładzie. Zrealizowane w ramach pracy badania obejmowały między innymi:

- określenie zakresu problematyki gospodarki remontowej na przykładzie elektrociepłowni;
- przeprowadzenie badań ankietowych wśród pracowników działu utrzymania ruchu;
- przeprowadzenie analizy FMEA celem oceny potencjalnych awarii młynów węglowych oraz wentylatorów;
- scharakteryzowanie przyczyn, skutków oraz działań zmniejszających ryzyko awarii;
- szczegółowe określenie zakresu prac remontowych dla wybranych maszyn eksploatowanych w elektrociepłowniach;

- przedstawienie przykładowych awarii występujących w wybranych maszynach;
- zamodelowanie rozruchu młyna węglowego;
- wyznaczenie wskaźnika efektywnego wykorzystania młynów węglowych.

Podsumowując, celem pracy było opracowanie metody poprawy efektywności wykorzystania maszyn i urządzeń eksploatowanych w elektrowniach ciepłych w oparciu o różne metody i narzędzia analizy i oceny wykorzystywania środków produkcji. W przeprowadzonych analizach sprawnie połączono między innymi metodę FMEA, metodę ankietową, TPM z wskaźnikiem OEE, diagram przyczynowo skutkowy, wykresy Pareto, modelowanie matematyczne oraz analizę przypadków eksploatacyjnych. Wszystkie założone na wstępie cele zostały osiągnięte i potwierdzone na praktycznych przykładach.

### **3. Ocena merytoryczna rozprawy**

Merytorycznie pracę oceniam pozytywnie. Uzyskane wyniki badań dotyczące możliwości zwiększenia produktywności poprzez zmniejszenie przestojów remontowych, wyniki badań ankietowych przeprowadzonych wśród pracowników utrzymania ruchu, przykładowa analiza FMEA, analiza wskaźnika OEE, a w szczególności praktyczne przykłady potwierdzają wymierne korzyści jakie mogą przynieść zaproponowane rozwiązania w praktyce produkcyjnej, świadczą o bardzo dobrym opanowaniu tematyki pracy.

Przedstawione w ramach pracy analizy mogą znaleźć zastosowanie w analizach funkcjonowania różnych przedsiębiorstw produkcyjnych – nie tylko z branży energetycznej. Zastosowanie zaproponowanego sposobu analizy jest szansą dla rozwoju każdego przedsiębiorstwa produkcyjnego, a w szczególności procesów utrzymania ruchu i remontów realizowanych wewnątrz firm.

Na uwagę zasługuje kompletność opisu przeprowadzonych badań. Mimo, że nie wyodrębniono jednoznacznie części z analizą literatury oraz części opisującej badania własne, a w kolejnych rozdziałach, poza pierwszym w całości teoretycznym, najpierw przedstawiono teoretyczne podstawy analiz po których następują praktyczne przykłady, praca stanowi jedną merytorycznie poprawną całość.

Niemniej w pewnych fragmentach tekstu chciałbym przedstawić pewne nieścisłości, których część ma charakter dyskusyjny. Są nimi uwagi, które zestawiono w grupy odnoszące się do poszczególnych rozdziałów dysertacji.

#### **Rozdziały związane z wstępem, tezą, celem i wprowadzeniem do problematyki gospodarki remontowej**

Tą część pracy uważam za poprawną. Pozytywnie oceniam szczegółowe streszczenie zawarte w wstępie, w którym podkreślono zakres przeprowadzonych badań i ich powiązanie z dyscypliną inżynieria produkcji. Zaletą tej części pracy, biorąc pod uwagę zorientowanie pracy na gospodarce remontowej, jest również bardzo dobra charakterystyka najważniejszych pojęć oraz aspektów związanych z zarządzaniem środkami produkcji.

Za dyskusyjne w tej partii materiału uważam jednak:

- zatytułowanie rysunku 1 (str. 33) jako „fazy eksploatacji w cyklu życia obiektu”. Bardziej pasowałby tytuł „fazy istnienia obiektu”. Eksploatacja kojarzy się z obiektami, które już zaprojektowano i które już funkcjonują w przedsiębiorstwie. Obiekty te można jednak jeszcze przeprojektować i zmodernizować, a nie skonstruować. Można byłoby również zmienić tzn. doprecyzować opis faz wymienionych na schemacie.
- niepodjęcie tematu kosztów ze względu na tajemnicę przedsiębiorstwa. Jest to problem każdej pracy dyplomowej. Można byłoby jednak pokusić się o zdefiniowanie algorytmu kalkulacji kosztów dla gospodarki remontowej.

*Jak mógłby wyglądać algorytm kalkulacji kosztów prowadzenia gospodarki remontowej, tzn. jakie składniki kosztów należałoby w nim wyodrębnić?*

*Jak planować wydatki związane z planowanymi i nieplanowanymi remontami?*

### **Rozdziały związane z badaniami własnymi (rozdziały 2-5 oraz załączniki)**

Zaproponowany sposób analizy oraz praktyczne przykłady pokazują współczesne trendy w zarządzaniu parkiem maszynowym w przedsiębiorstwach o produkcji ciągłej. Na uwagę zasługuje szczegółowość opracowanych analiz oraz zakres przeprowadzonych badań. Pomimo to i tak nie wyczerpano dużej liczby zagadnień związanych np. z metodami i narzędziami doskonalenia produkcji, takimi jak: 5S, Kanban, SMED, Kaizen, dobre praktyki, informatyczne systemy wspomagające realizację procesów remontowych, itp.

W tej części pracy szczególnie na uwagę zasługują:

- badania ankietowe, które potwierdzają praktyczną wiedzę autora pracy dyplomowej na temat uwarunkowań produkcyjnych analizowanego przedsiębiorstwa,
- opracowane analizy FMEA celem identyfikacji potencjalnych przyczyn awarii powodujących przestoje remontowe,
- szczegółowe określenie zakresu prac remontowych,
- zamodelowanie rozruchu młyna węglowego,
- analiza efektywności wykorzystania młynów węglowych.

Za dyskusyjne w tej partii materiału uważam to, że:

- w pracy pominięto przedstawienie dokumentacji remontowej i poremontowej (również ze względu na tajemnicę przedsiębiorstwa). Można byłoby jednak przedstawić formularze z danym zniekształconymi lub puste formularze, które pokazałyby jak i jakie firma gromadzi dane;
- w kilku miejscach pracy użyto określenia „ilość obciążenia technologicznego” w odniesieniu do ilości węgla kamiennego znajdującego się komorze mielenia. Określenie takie można byłoby wcześniej opisać, np. w rozdziale 1, ponieważ pojęcie „obciążenie” różnie definiujemy, a w odniesieniu do systemów produkcyjnych kojarzymy głównie z procentowym wykorzystaniem środków produkcji oraz stanowisk pracy;
- na stronie 133 napisano, że „w wyniku badań ankietowych ustalono wskaźnik LPR”, a w rzeczywistości badania ankietowe umożliwiły jedynie identyfikację przyczyn awarii, a liczbę priorytetową określono później po wykonaniu analizy FMEA. Podobne sformułowanie umieszczono w podsumowaniu na stronie 205.

*W tabeli 10 na stronie 98 wyróżniono kolorem zielonym 5 najistotniejszych przyczyn awarii, które uzyskały wartość LPR od 56 punktów w górę. Jak ustalono wartość krytyczną LPR, powyżej której wady/awarie traktujemy jako istotne?*

- Wskaźnik OEE nie należy traktować jako alternatywę wykorzystywania metod poprawiających organizację procesów związanych z utrzymaniem ruchu maszyn i urządzeń (5S, Kanban, SMED, itp.). Jest to podstawowy wskaźnik koncepcji TPM, który umożliwia dokonanie oceny efektywności maszyn i urządzeń, na podstawie której podejmujemy decyzje dotyczące usprawnień oraz wdrożeń między innymi wymienionych wyżej metod.

*Jak może funkcjonować system Kanban w utrzymaniu ruchu, system który jest głównie wykorzystywany w sterowaniu przepływem materiałów w warunkach produkcji masowej?*

*W jaki sposób ustalono wartość współczynnika jakości produkowanej mieszanki powietrzno-pyłowej? (ustalona na poziomie 99% - str.195)*

## **Rozdział związany z podsumowaniem i wnioskami**

Podsumowanie i wnioski końcowe uważam za poprawne i nie mam do nich zastrzeżeń. Przedstawione rozwiązanie, w tym sposób analizy możliwości zwiększenia produktywności oraz opracowane modele, mogą znaleźć szersze zastosowanie w praktyce produkcyjnej w różnych branżach. W zależności od branży i wielkości analizowanego przedsiębiorstwa będą identyfikowane różne awarie oraz działania poprawiające efektywność gospodarki remontowej, natomiast procedura prowadzonych badań może być identyczna.

## **4. Literatura**

Zestaw źródeł literaturowych (157 pozycji) oraz internetowych (15 pozycji) uważam za prawidłowy i wystarczający.

## **5. Uwagi redakcyjne**

Praca jest dobrze zredagowana. Poza drobnymi błędami literowymi, znalazłem w pracy kilka błędów, przykładowo:

- na stronie 108 błędnie odwołano się do rysunku 21 - powinno być odwołanie do rysunku 20;
- na stronie 116 w rozdziale 3 napisano, że „... zasada działania tychże młynów pierścieniowo-kulowych została już wcześniej przedstawiona w rozdziale 4” – wcześniej sugeruje wcześniejszy rozdział, dlatego fragment „została już wcześniej przedstawiona” można byłoby zamienić na „jest przedstawiona w dalszej części pracy”.

Praca jednak ogólnie świadczy o bardzo dobrym opanowaniu techniki pisania prac. Zauważone drobne nieścisłości czy błędy redakcyjne nie mają istotnego wpływu na merytoryczną ocenę pracy.

## 6. Wnioski końcowe

Oceniając przedstawioną pracę doktorską pragnę, mimo podanych wyżej uwag, podkreślić następujące jej walory, do których można zaliczyć:

- zasadność podjętej tematyki badawczej,
- znajomość i umiejętność przedstawienia aktualnego stanu zagadnienia,
- oryginalność zaproponowanego rozwiązania,
- praktyczne podejście do rozwiązania problemu.

W pracy autor wykazał się ogólną wiedzą z zakresu „inżynierii produkcji”, w szczególności znajomością narzędzi analizy możliwości zwiększenia produktywności przez zmniejszanie przestojów remontowych.

Powyższe czynniki skłaniają do stwierdzenia, że praca spełnia wymagania ustawowe (art.13 ustęp 1 2, 6 Ustawy o tytule i stopniach naukowych oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003r., Dz.U. z 2003 nr 65 poz. 595, najnowszy ujednolicony tekst z dnia 1 października 2011r.) stawiane pracy doktorskiej oraz że doktorant na podstawie przeprowadzonych badań wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną w zakresie utrzymania ruchu oraz gospodarki remontowej w przedsiębiorstwach produkcyjnych oraz umiejętnościami samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

Biorąc pod uwagę sformułowane wyżej opinie, stawiam wniosek o uznanie pracy jako spełniającej ustawowe wymagania stawiane rozprawie doktorskiej w zakresie nauk technicznych w dyscyplinie „inżynieria produkcji” oraz wnioskuję o dopuszczenie doktoranta do publicznej obrony pracy.

Bielsko-Biała, 14.11.2017.

.....*Plinbe Danica*.....