

Dr hab. inż. Olaf CISZAK
Politechnika Poznańska
Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania
Instytut Technologii Mechanicznej
ul. Piotrowo 3; 60-965 POZNAŃ

OCENA
rozprawy doktorskiej mgr. inż. Krzysztofa NOWAKA
pt.: *Utrzymanie maszyn i urządzeń branży słodowniczej*
w stanie zdolności technicznej przy dużej zmienności
obciążeń technologicznych

Podstawa opracowania: pismo p. dr hab. inż. Stanisława Mrozińskiego Prodziekana ds. Nauki Wydziału Inżynierii Mechanicznej Uniwersytetu Technologiczno – Przyrodniczego im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy z dnia 30.03.2016 r. oraz umowa o dzieło z dnia 31.03.2016 r. zawarta pomiędzy dającym zlecenie tj. Uniwersytetem Technologiczno-Przyrodniczym im. J.J. Śniadeckich w Bydgoszczy (zwanym dalej UTP) NIP: 554-031-31-07 reprezentowanym przez Dziekana Wydziału Inżynierii Mechanicznej p. Prof. dr. hab. inż. Bogdanem Żółtowskim a przyjmującym zlecenie dr. hab. inż. Olafem Ciszakiem – recenzentem.

1. UWAGI OGÓLNE I TREŚĆ ROZPRAWY

Rozprawa doktorska o wymienionym wyżej tytule stanowi dwustronicowe wydanie monograficzne serii Rozprawa Doktorska sygnowane przez Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy – Wydział Inżynierii Mechanicznej w formacie B5 typowym dla akademickich pozycji monograficznych liczący łącznie 180 stron. Zasadnicza treść pracy podzielona jest na rozdziały (rozd. 1-8). Rozprawa jest ilustrowana rysunkami – łącznie 48 pozycji i zawiera 47 tabel. Treść pracy uzupełnia: strona tytułowa, spis treści oraz w końcowej części dysertacji podsumowanie i wnioski (rozd. 9.), załączniki (nr 1-8) i literatura (109 pozycji). Niestety w przedstawionym wydaniu monograficznym brak jest stopki redakcyjnej, numeru ISBN oraz streszczeń w j. polskim i j. obcym (wymaganie określone w Art. 13 ust. 6 *Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki* – Dz. U. z 2014 r. poz. 1852 z późn. zm. oraz Rozporządzenia MNiSW z dn. 30.10.2015 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora – Dz. U. poz. 1842) oraz zestawienia ważniejszych oznaczeń i skrótów.

Treść pracy ujęto w 7. przedstawionych poniżej rozdziałach:

- *Wstęp*, rozdz. 1. (s. 6-10); zawiera wprowadzenie do zagadnienia tematu pracy, czyli rozwoju, miejsca i roli słodowni w branży browarniczej, polegającej na dostarczaniu słołu jęczmiennego o odpowiedniej jakości do dalszych procesów wytwórczych piwa. Autor zwraca uwagę na: jakość jęczmienia browarnego używanego w słodowni, jego właściwy proces technologiczny oraz zdatności maszyn i urządzeń stosowanych w słodowni. Podkreśla również: aspekty ekonomiczne związane z zakupem surowców i mediów produkcyjnych, konkurencję rynkową, eksploatację maszyn i urządzeń wraz z ich monitorowaniem i diagnostyką włącznie. We wstępie uwidacznia się cel pracy polegający na opracowaniu *narzędzia zapewniającego utrzymanie zdatności technicznej maszyn i urządzeń do realizacji procesu technologicznego produkcji słołu. Inaczej mówiąc – zapewnienie dyspozycyjności maszyn i urządzeń do podjęcia pracy lub jej ograniczenia*, natomiast efektem ma być *algorytm decyzyjny umożliwiający podejmowanie stosownej nastawy parametrów technologicznych*. Ponadto Autor przedstawia okresy prowadzenia badań oraz przebieg prac badawczych. Uzupełnieniem – pełniącym rolę streszczenia jest podrozdział pt. Układ treści rozprawy. Należy uznać, że rozdział ten jest znacznie rozbudowany i porusza bardzo wiele wątków, które z drugiej strony oddają złożoność rozpatrywanego problemu.
- *Eksploatacja maszyn i urządzeń warunkiem wysokiej jakości produktu*, rozdz. 2. (s. 11-30) to przegląd literatury odnoszący się do problematyki eksploatacji maszyn i urządzeń, kompleksowego utrzymania środków technicznych – ang. *Total Productive Maintenance* (skrót: *TPM*) oraz główne wskaźniki oceny efektywności eksploatacji maszyn i urządzeń wraz z przedstawieniem klasyfikacji i metod diagnostyki eksploatacyjnej maszyn i urządzeń. Całość zakończona została podsumowaniem w którym Autor słusznie stwierdza, że: *Celem procesów utrzymania ruchu w przedsiębiorstwie jest zwiększenie rentowności eksploatacji i obniżenie całkowitego kosztu cyklu życia obiektów technicznych zakładu, bez uszczerbku dla bezpieczeństwa i ochrony środowiska. ... Dzięki takim działaniom systemowym staje się możliwe utrzymanie maszyn i urządzeń zakładu w stanie zdatności technicznej*.
- *Problematyka rozprawy doktorskiej*, rozdz. 3. (s. 31-38); Tutaj Autor przedstawia hipotezę (główną i pomocnicze) oraz cel (główny i pomocnicze) pracy. Uzupełnieniem jest identyfikacja problemów badawczych i naukowych poruszanych w pracy w oparciu o metody diagnostyki technicznej stosowane w słodowni i ocenę jakości słołu jęczmiennego – wynikających m. in. z *braku zdatności technicznej maszyn i urządzeń słodowni*. Zadanie jakie wyznaczył sobie Doktorant to odpowiedź na pytanie: *czy stan zdatności technicznej maszyn i urządzeń jest wystarczający, aby uruchomić kolejną partię produkcyjną?*
- *Uwarunkowania produkcji jakościowego słołu jęczmiennego*, rozdz. 4. (s. 39-62); w tym rozdziale zawarta została charakterystyka i opis przeznaczenia słołu jęczmiennego oraz szczegółowo opisane wymagania jakościowe stawiane jęczmieniowi browarnemu jako surowcowi do produkcji słołu wraz z ocenami oraz podaniem procedur jego odbioru,

badania i oceny w oparciu o normowe i zakładowe wymagania jakościowe. Uzupełnieniem rozdziału jest szczegółowe przedstawienie wszystkich etapów procesu słodowania, czyli *sztucznego procesu kiełkowania* prowadzącego do uzyskania w konsekwencji realizowanych procesów technologicznych słodu browarnianego (skielkowanego ziarna jęczmiennego pozbawionego kiełków-korzonków na zewnątrz ziarna). Szczegółowo zostały przedstawione parametry – cechy jakościowe i metody ich kontroli (ustalone na podstawie, Polskiej Normy, Europejskiej Konwencji Piwowarskiej - EBC, Środkowoeuropejskiego Analitycznego Komitetu Piwowarskiego – MEBAK). Bardzo ważnym rozdziałem, z punktu widzenia rozprawy, jest zmienność obciążeń technologicznych (parku technologicznego) występujących w trakcie produkcji słodu. Autor w tym punkcie identyfikuje czynniki mające wpływ na obciążenie technologiczne maszyn i urządzeń analizowanej słodowni i na dotrzymanie reżimu czasowego procesu słodowania, ściśle określonego w harmonogramie produkcji a wynikającego m.in. z przeprowadzonej na wcześniejszym etapie kontroli surowca ziarna jęczmiennego. Podsumowując Autor stwierdza, że *Przy dobrej komunikacji pomiędzy służbami technicznymi a produkcyjnymi zakładu, istnieje możliwość wypracowania takiego systemu eksploatacji maszyn i urządzeń, który zapewni z pozytywnym skutkiem utrzymanie tempa produkcji*, co należy uznać za działanie pożądane i celowe.

- *Metody diagnozowania maszyn i urządzeń stosowanych do produkcji słodu*, rozdz. 5. (s. 63-82) – obejmuje przedstawienie metod diagnozowania maszyn i urządzeń służących do produkcji odpowiedniego typu słodu jęczmiennego, ze szczególnym uwzględnieniem, zaproponowanych przez Doktoranta, badań termowizyjnych, wibrodiagnostycznych oraz z zakresu jakości olejów przekładniowych. Ponadto, Autor omawia metody pomiaru jakości słodu jęczmiennego. Bardzo ważnym punktem jest przeprowadzona ocena ilościową (na podstawie kryterium liczby mechanizmów ruchomych) parku maszyn słodowni mogących ulec awarii.
- *Metodyka badań*, rozdz. 6. (s. 83-98); to przedstawienie obiektu badań – słodowni wraz z jej infrastrukturą techniczną i organizacją produkcji, która musi się dostosowywać do zmiennych warunków klimatycznych, stanowisk badawczych a także warunków prowadzonych badań. Uzupełnieniem jest przedstawienie analizy korelacji (test Spearmana) i regresji (regresja krokowa postępująca wraz z testem normalności W Shapiro-Wilka) do prowadzonych badań statystycznych;
- *Wyniki badań z zakresu eksploatacji maszyn i urządzeń słodowni*, rozdz. 7. (s. 99-133); to w ogólnym ujęciu opracowanie i przedstawienie wyników badań z zakresu eksploatacji maszyn i urządzeń zastosowanych do produkcji słodu jęczmiennego, w tym analiz zaistniałych awarii oraz zmienności obciążeń parku maszynowego w latach 2011-2014. Ważnym punktem, w tym rozdziale jest, przedstawienie autorskich propozycji działań doskonalących proces produkcji i zapobiegawczych na poszczególnych etapach produkcji słodu. Autorskim pomysłem jest wprowadzenie poza współczynnikiem OEE współczynnika częściowej efektywności urządzenia (skrót CEU) do oceny efektywności eksploatacji

maszyn i urządzeń w najważniejszych, wybranych obszarach słodowni: zamacalni, skrzyń Saladina i suszarni;

- *Analiza statystyczna wyników, rozdz. 8. (s. 134-155)* – to przede wszystkim identyfikacja czynników oraz działania zapobiegawcze i korygujące parametrów technologicznych mających wpływ na jakość końcową słoðu; Zasadnicza treść rozdziału to wyniki analiz statystycznych oraz korelacji i regresji (zgodnie z metodyką przedstawioną w rozdz. 6) będących podstawą do wnioskowania statystycznego i budowy modeli matematycznych dla CEU etapu suszenia i miesięcznej produkcji słoðu. Efektem prac Doktoranta jest budowa Autorskiego algorytmu sterowania produkcją słoðu w taki sposób aby wszystkie maszyny i urządzenia technologiczne niezbędne do realizacji zaplanowanego przebiegu procesu słodowania były w stanie zdadności technicznej w tym z informacją o potencjalnych zagrożeniach mogących zakłócić planowaną produkcję w odniesieniu do wystąpienia: istotnie odmiennego czasu trwania procesu słodowania, ograniczenia dostaw koniecznych mediów, braku zdadności technicznej maszyn i urządzeń, przerw między partiami produkcyjnymi, niekorzystnych prognoz pogodowych, nietypowych zagrożeń i powstałej awarii maszyn i urządzeń (załącznik nr 8).
- *Podsumowanie i wnioski, rozdz. 9. (s. 156-167)* – rozdział ten zawiera uogólnienie wyników i przeprowadzonych analiz liczby i czasu zaistniałych awarii, które wystąpiły w dni robocze i wolne od pracy. Przedstawiona analiza warunków eksploatacji maszyn i urządzeń, pracujących przy zmiennym obciążeniu technologicznym, dotyczyła tylko tych pracujących w określonym czasie na jeden cykl produkcji słoðu (grzęda produkcyjna 240 t jęczmienia) trwający 219 godz. Efektem realizacji pracy doktorskiej jest określenie warunków eksploatacji maszyn i urządzeń w oparciu o stosowane współczynniki OEE i zaproponowanego przez Autora współczynnika CEU, który dla warunków produkcji słoðu (w wyniku przeprowadzonych badań i analiz) powinien uzyskać wartość 96,33%. Autor sugeruje osiągnięcie wymaganego CEU za pomocą regulacji, w warunkach zmiennego obciążenia technologicznego, za pomocą korygowania (tzw. regulatorów efektywności produkcji): ICJ (idealnego czasu jednostkowego), liczby grzęd produkcyjnych, czasu zmianowego i planowanych postojów w celu wykonania przeglądów maszyn i urządzeń;
- *Załączniki (s. 168-174)*; stanowiące uzupełnienie treści zasadniczej dysertacji;
- *Literatura (s. 175-180)*; spis obejmuje 109 pozycji. Pozycja nr 18 nie została powołana w tekście zasadniczym pracy;

Po zapoznaniu się z rozprawą doktorską, stwierdzam, że układ pracy jest prawidłowy, choć zwracam uwagę na brak streszczeń!

2. OCENA TEMATU, CELU I ZAKRESU ROZPRAWY

~~Problematyka rozprawy związana jest z ciągle aktualnym zagadnieniem optymalizacji sterowania procesami produkcyjnymi ze szczególnym~~

uwzględnieniem zdolności eksploatacyjnej maszyn i urządzeń. Według B. Śliwczyńskiego sterowanie produkcją jest bardzo szerokie i obejmuje planowanie, kontrolowanie, ocenę i regulację zarówno operacji produkcyjnych, jak i obciążenia zasobów produkcyjnych oraz przepływu materiałów w sferze produkcji, w zakresie od planowania zapotrzebowania na materiały produkcji, do splywu wyrobu gotowego z produkcji. Do podstawowych celów sterowania produkcją należą m.in.: realizacja głównego harmonogramu produkcji i zapotrzebowania materiałowego, utrzymanie odpowiedniego poziomu i równomierności obciążenia potencjału produkcyjnego oraz efektywnego ich wykorzystania, utrzymanie odpowiedniego poziomu zapasów robót w toku, osiągnięcie złożonego poziomu obsługi, osiąganie wzrostu produktywności i jakości produkcji. Natomiast planowanie produkcji „obejmuje” formułowanie celów produkcyjnych, uszeregowanie ich w zależności od ich ważności, precyzowanie zadań, które należy wykonać oraz wyznaczenie środków niezbędnych do ich osiągnięcia [wg. D. Dwilińskiego].

Po zapoznaniu się z treścią pracy doktorskiej p. mgr inż. Krzysztofa NOWAKA stwierdzam, że wpisuje się ona we ww. obszary związane z ciągłą racjonalizacją procesów produkcyjnych – tj. z ich planowaniem i sterowaniem, co odpowiada z kolei założeniom i aktualnym trendom idei *Fabryki 4.0*.

OCENA TYTUŁU, CELU I HIPOTEZ PRACY

Tytuł pracy ***Utrzymanie maszyn i urządzeń branży słodowniczej w stanie zdolności technicznej przy dużej zmienności obciążeń technologicznych.*** Z tekstu pracy wynika, że Autor swoje badania ukierunkował na opracowanie teoretyczne i praktyczne rozwiązania pozwalającego na poprawę stabilności produkcji wyrobu (w tym przypadku słodu jęczmiennego), przy dużej zmienności obciążeń technologicznych i jednoczesnym zachowaniu konkurencyjności na rynku. Zaproponowane autorskie rozwiązania w zakresie racjonalnej organizacji systemu utrzymania zdolności technicznej maszyn i urządzeń (zapewnienie dyspozycyjności maszyn i urządzeń do podjęcia zadań produkcyjnych) umożliwią osiągnięcie założonych celów określonych w dysertacji. Uwzględniając powyższe uważam, że podjęcie tematyki niniejszej pracy jest w pełni uzasadnione, potrzebne i może się przyczynić do rozwoju nowoczesnych systemów sterowania i planowania produkcją i to nie tylko w branży browarniczej. W tym aspekcie jednoznacznie pozytywnie oceniam temat rozprawy.

Główny cel pracy jakim jest *opracowanie narzędzia zapewniającego utrzymanie zdolności technicznej maszyn i urządzeń do realizacji procesu technologicznego produkcji słodu. Innymi słowy, zapewnienie dyspozycyjności maszyn i urządzeń do podjęcia pracy lub jej ograniczenia.* oraz cele pomocnicze, które mają umożliwić osiągnięcie celu zasadniczego, uznaję za ambitne i oceniam pozytywnie. Uzyskanie powyższych celów powinno wykazać prawdziwość wysuniętej hipotezy tj., że *zapewnienie poprawności realizacji procesu technologicznego produkcji słodu gwarantowane jest przez racjonalną organizację systemu utrzymania zdolności technicznej maszyn i*

urządzeń oraz sterowanie procesem technologicznym. Tutaj można dyskutować czy jest to hipoteza czy też teza?

Do osiągnięcia wymienionego celu i potwierdzenia hipotez Autor zaproponował postępowanie przedstawione w rozdz. 4.-8., które jako logiczne i zasadne, oceniam pozytywnie.

3. MERYTORYCZNA I REDAKCYJNA OCENA ROZPRAWY

Ocena merytoryczna

Uwzględniając charakterystykę pracy (rodz. 1) oraz jej merytoryczną zawartość stwierdzam, że przedstawione w rozprawie studia literaturowe oraz przeprowadzone badania eksperymentalne i doświadczalne pozwoliły Autorowi osiągnąć założony cel główny pracy. Pragnę, w tym miejscu podkreślić nie tylko teoretyczny, ale przede wszystkim, praktyczny aspekt pracy doktorskiej oraz zapewne znaczny nakład czasu pracy doktoranta.

Do oryginalnych osiągnięć doktoranta zaliczam opracowanie, wykonanie i przedstawienie:

- zaproponowanie i częściowe wdrożenie autorskich propozycji usprawnień procesu (w okresie od lipca 2011 r. – grudnia 2015 r.) związane z diagnostyką i wdrożonymi działaniami naprawczymi urządzeń w warunkach przemysłowych słodowni – co spowodowało zwiększenie zdatności technicznej maszyn i urządzeń,
- zidentyfikowanie czynników decydujących o jakości słołu jęczmiennego,
- zaproponowanie współczynnika częściowej efektywności urządzenia *CEU*,
- opracowanie modeli matematycznych *CEU szuszenia* i miesięcznej produkcji słołu,
- ustalenie najważniejszych zmiennych niezależnych na *CEU*,
- osiągnięcie założonego celu pracy tj. opracowanie głównego algorytmu sterowania produkcją słołu w oparciu o informacje o stanie zdatności technicznej maszyn i urządzeń wraz z algorytmami szczegółowymi dotyczącymi sterowania produkcją w przypadku wystąpienia: odmiennego czasu trwania procesu słodowania (rys. 8.7), ograniczenia dostaw koniecznych mediów (rys. 8.8), braku zdatności technicznej maszyn i urządzeń (rys. 8.9), krótkich przerw między partiami produkcyjnymi (rys. 8.10), niekorzystnych prognoz pogodowych (rys. 8.11), nietypowych zagrożeń (rys. 8.12) i awarii maszyn lub urządzeń (zał. 8),
- opracowanie modelu regulacji parametrów technologicznych procesu słodowania przy zachowaniu ustalonej wartości współczynnika *CEU*.

Pewien niedosyt i wątpliwość budzi zapis formalny (wzór) zaproponowanego przez Autora *współczynnika częściowej efektywności urządzenia CEU* (wzór nr 3.1 na str. 32 i wzór nr 7.1 na str. 131). Niestety, nie znalazłem w tekście pracy wyjaśnienia parametru określonego jako *WE* (z

tekstu można wywnioskować, że jest to *współczynnik eksploatacji* – str. 32), natomiast, brak wyjaśnienia, co tak naprawdę Autor rozumie pod tą składową? Jakże może przyjmować wartości lub z jakiej innej zależności ona wynika? Niewątpliwie brak tego wyjaśnienia podważa poprawność obliczeń tego współczynnika w dalszych rozdziałach pracy, gdzie Autor podaje obliczone wartości *CEU* (np. tabela 7.20 na str. 132). Mam nadzieję, że jest to niedopatrzenie i przeoczenie w trakcie redakcji tekstu pracy?

Reasumując powyższe, mogę stwierdzić, że ocena merytoryczna pracy jest pozytywna.

Ocena redakcyjna

Ogólna struktura podziału treści została omówiona w pkt. 1. Stwierdzam, że jest ona prawidłowa, choć zwracam uwagę na brak streszczeń. Pracę czyta się dobrze, niemniej w recenzowanym tekście zauważyłem błędy formalne związane ze składem i formatowaniem tekstu, odbiegające od przyjętych standardów i zaleceń. Do najważniejszych zaliczam:


- stosowanie formy wieloosobowej np. możemy, mówimy, obliczamy, potrafiemy, nam, przygotowujemy, nazywamy, otrzymujemy, chcemy itd., co może sugerować współautorstwo rozprawy doktorskiej?
- w literaturze przedmiotu znacznie częściej stosuje się określenie: wskaźnika *OEE* lub *CEU* w przeciwieństwie do zaproponowanego przez Autora nazwy współczynnik *OEE/CEU*,
- drobne błędy interpunkcyjne i związane z formatowaniem tekstu.

Powyższe uwagi mają charakter częściowo dyskusyjny, inne natomiast powinny być dokładnie sprawdzone przez Doktoranta. Wymienione przeze mnie nieliczne niedociągnięcia i błędy wynikają, jak sądzę ze stosowania odmiennych wzorców formatowania tekstu niż te powszechnie przyjęte dla prac w obszarze techniki.

4. PODSUMOWANIE I WNIOSEK KOŃCOWY

W wyniku dokonanej recenzji, pozytywnie oceniam rozprawę doktorską Pana mgr. inż. Krzysztofa NOWAKA. Stwierdzam, że uwagi merytoryczne, niektóre być może dyskusyjne, a także dostrzeżone przeze mnie niedociągnięcia redakcyjne przyczynią się do podniesienia wartości poznawczej i użytecznej przyszłych publikacji.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr. inż. Krzysztofa NOWAKA pt.: *Utrzymanie maszyn i urządzeń branży słodowniczej w stanie zdolności technicznej przy dużej zmienności obciążeń technologicznych* spełnia wymagania zawarte w art. 13 ust. 1 Ustawy z dn. 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (z późn. zmianami) i może być dopuszczona do publicznej obrony.



Andrzej OGIŃSKI

