

Kielce, dnia 4.05.2016

Dr hab. inż. Artur Bartosik, prof. PŚk
Katedra Inżynierii Produkcji
Wydział Zarządzania i Modelowania Komputerowego
Politechnika Świętokrzyska
Al. Tysiąclecia P.P. 7
25-314 Kielce
Tel. 41 3424440
Email: artur.bartosik@tu.kielce.pl

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej autorstwa mgr inż. Krzysztofa Nowaka, pt.
**“Utrzymanie maszyn i urządzeń branży słodowniczej w stanie
zdadności technicznej przy dużej zmienności obciążeń
technologicznych”.**

Podstawa opracowania:

Pismo oraz Umowa o dzieło z dnia 30.03.2016 Prodziekana Wydziału Inżynierii Mechanicznej Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy, dr hab. inż. Stanisława Mrozińskiego, prof. nadzw. UTP.

1. Ogólna struktura i zakres pracy

Praca doktorska Pana mgr inż. Krzysztofa Nowaka liczy łącznie 180 stron, które stanowią zwartą pozycję książkową. Spis treści zawiera 9 rozdziałów wraz z załącznikami w liczbie 8 i literaturę, którą stanowi 109 pozycji, w tym 3 z udziałem doktoranta.

We wstępie, który stanowi **rozdział 1**, naszkicowano obecną sytuację na rynku związaną z produkcją słoju jęczmiennego oraz omówiono główne problemy związane z organizacją systemu utrzymania zdolności technicznej maszyn i urządzeń w procesie produkcji słoju. Wytypowano miejsce badań, którym jest zakład produkcyjny branży browarniczej produkujący sód jęczmienny, oraz zdiagnozowano główne problemy związane z jakością produkowanego słoju. Zdefiniowano czasokres trwania badań, z którego wynika, że przeprowadzona analiza awarii maszyn i urządzeń wykonana została na podstawie zgromadzonych przez doktoranta danych za okres od lipca 2011 roku do końca czerwca 2014 roku (łącznie 36 miesięcy). W rozdziale tym oprócz zwięzłego naszkicowania problematyki rozprawy doktorskiej omówiono skrótowo każdy z rozdziałów. Rozdział ten liczy łącznie 5 stron.

W rozdziale drugim, zatytułowanym “Eksplotacja maszyn i urządzeń warunkiem wysokiej jakości produktu” opisano podstawy eksploatacji maszyn i urządzeń, w tym koncepcję kompleksowego utrzymania maszyn i urządzeń (TPM), a także najważniejsze wskaźniki efektywności eksploatacji maszyn i urządzeń. Zawarto w nim także opis powszechnie stosowanych metod diagnostyki eksploatacyjnej maszyn i urządzeń. Rozdział ten liczy łącznie 20 stron.

W rozdziale trzecim, zatytułowanym “Problematyka rozprawy doktorskiej” omówiono problematykę pracy doktorskiej, w tym hipotezę główną i hipotezy pomocnicze oraz cel główny i cele pomocnicze. W rozdziale tym przedstawiono zastosowaną metodykę diagnostyki technicznej maszyn i urządzeń oraz metodykę oceny jakości słoju jęczmiennego. Rozdział ten liczy łącznie 8 stron.

W rozdziale czwartym, zatytułowanym “Uwarunkowania produkcji jakościowego słoju jęczmiennego” sformułowano wymagania jakościowe stawiane surowcowi do produkcji

słodu jęczmiennego oraz przedstawiono parametry słodu jęczmiennego decydujące o jego jakości wraz z metodyką ich kontroli. W rozdziale tym przedstawiono zmienność obciążeń technologicznych, która występuje w procesie produkcji słodu. Rozdział ten liczy łącznie 24 strony.

W rozdziale piątym, zatytułowanym “Metody diagnozowania maszyn i urządzeń stosowanych do produkcji słodu” opisano metody diagnostyki maszyn i urządzeń wykorzystanych w produkcji słodu jęczmiennego, ze szczególnym uwzględnieniem termowizji oraz badań wibrodiagnostycznych i badań olejów przekładniowych. W rozdziale tym omówiono metody pomiaru jakości słodu jęczmiennego oraz przedstawiono ocenę ilościową maszyn i urządzeń technologicznych mogących ulec awarii. W rozdziale tym precyzyjnie przedstawiono proces produkcji słodu. Rozdział ten liczy łącznie 20 stron.

W rozdziale szóstym, zatytułowanym “Metodyka badań” przedstawiono aparaturę badawczą oraz warunki przeprowadzonych badań. W rozdziale tym omówiono podstawy statystyki matematycznej z zakresu analizy korelacji oraz regresji, którą wykorzystano w procesie dalszej analizy pod kątem osiągnięcia zakładanych celów badawczych. Rozdział ten liczy łącznie 16 stron.

W rozdziale siódmym, zatytułowanym “Wyniki badań z zakresu eksploatacji maszyn i urządzeń słodowni” przedstawiono wyniki badań dotyczących eksploatacji maszyn i urządzeń używanych do produkcji słodu jęczmiennego ze szczególnym uwzględnieniem zestawienia awarii części tych maszyn i urządzeń, zmienności obciążeń technologicznych i skuteczności działań zapobiegawczych. Na końcu rozdziału przedstawiono analizę oceny efektywności eksploatacji maszyn i urządzeń. Rozdział ten liczy łącznie 35 stron.

W rozdziale ósmym, zatytułowanym “Analiza statystyczna wyników” zawarto identyfikację czynników gwarantujących jakość słodu oraz działania zapobiegawcze i korygujące w zakresie kontroli parametrów technologicznych. W rozdziale tym przedstawiono wyniki analizy statystycznej, w tym wyniki analizy korelacji i regresji, będących podstawą budowy modeli matematycznych. W rozdziale tym zaprezentowano algorytm główny oraz algorytmy pomocnicze, które są wynikiem rozprawy doktorskiej i powinny odgrywać istotną funkcję w poprawie jakości i niezawodności procesu produkcji słodu jęczmiennego przy uruchomieniu kolejnej partii produkcyjnej. Rozdział ten liczy łącznie 22 strony.

W rozdziale dziewiątym, zatytułowanym „Podsumowanie i wnioski” przedstawiono zestawienie istotnych czynników związanych z osiągnięciem celu badawczego, a także dokonano podsumowania i zdefiniowano wnioski końcowe rozprawy doktorskiej. Rozdział ten liczy łącznie 12 stron.

Ostatnie dwa nienumerowane rozdziały stanowią załączniki, w liczbie 8 pozycji, oraz literatura w liczbie 109 pozycji.

Ogólnie strukturę rozprawy doktorskiej uznać należy za poprawnie sformułowaną z jednym zastrzeżeniem, że brakuje w niej odrębnego rozdziału dotyczącego przeglądu literatury, który byłby dedykowany dotychczasowej wiedzy i rozwiązaniom technologicznym stosowanym w produkcji słodu ze szczególnym uwzględnieniem osiągnięć naukowych w tym zakresie.

2. Ocena tytułu, hipotezy i celu rozprawy doktorskiej

Tytuł rozprawy doktorskiej „**Utrzymanie maszyn i urządzeń branży słodowniczej w stanie zdadności technicznej przy dużej zmienności obciążeń technologicznych**”, sformułowano właściwie i odzwierciedla treść rozprawy doktorskiej.

Hipoteza rozprawy doktorskiej, zawarta została w rozdziale 3 i sformułowano ją następująco: *Zapewnienie poprawności realizacji procesu technologicznego produkcji słodu gwarantowane jest przez racjonalną organizację systemu utrzymania zdolności technicznej maszyn i urządzeń oraz sterowanie procesem technologicznym.*

Hipoteza rozprawy doktorskiej określona została w sposób jasny, zrozumiały oraz ujmuje istotę zagadnień poruszanych w rozprawie doktorskiej.

W pracy doktorskiej przyjęto także hipotezy pomocnicze, które sformułowano następująco:

1. *Sterowanie procesem suszenia skielkowanego jęczmienia jest tożsamy z zapewnieniem jakości słodu*
2. *Zdolność techniczna maszyn i urządzeń słodowni gwarantuje dotrzymanie parametrów czasowych i temperaturowych procesu słodowania*

Hipotezy pomocnicze uszczegółwiają zakres hipotezy głównej i uznać je można za zasadne. Pewna wątpliwość dotyczy hipotezy pomocniczej 2, która wydaje się być truizmem, co nie deprecjonuje ich znaczenia.

Cel rozprawy doktorskiej, sformułowano następująco:

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.

W moim przekonaniu w celu głównym brakuje wzmianki o sterowaniu procesem technologicznym. Jednakże po zapoznaniu się z celami pomocniczymi, których nie przytaczam w recenzji, można ostatecznie zgodzić się, że cele pomocnicze doprecyzowują główny cel rozprawy doktorskiej.

Podsumowując, stwierdzam, że cel główny i cele pomocnicze odzwierciedlają problematykę badawczą podjętą w ramach niniejszej rozprawy doktorskiej.

3. Sformułowanie problemu badawczego i obiektu badań

Autor sformułował **problem badawczy**, przedstawiając go następująco: *Identyfikacja znaczenia eksploatacji maszyn i urządzeń w realizacji procesu technologicznego, która limituje przepływ zasobów materiałowych w procesie produkcji słodu.*

Sformułowanie powyższe wydaje się być zbyt ogólne. Jednakże w dalszej części rozprawy doktorskiej Autor doprecyzowuje podjętą problematykę badawczą stwierdzając, że: *Problem naukowy sprowadza się do opracowania takiego algorytmu, który głównie, w oparciu o istniejący stan elementów będących w ruchu, zapewni planowaną eksploatację maszyn i urządzeń uwarunkowaną wydajnością słodowni.* Problematykę badawczą Autor ukierunkowuje na, wprowadzonym przez Autora, współczynnik częściowej efektywności urządzenia CEU, który został szczegółowo opisany w rozdziale 3 i którego wyznaczenie stanowi rezultat rozprawy doktorskiej oraz jest istotnym osiągnięciem przedmiotowej dysertacji.

Obiektem badań Autora rozprawy doktorskiej jest zakład produkcyjny branży browarniczej, a ściślej słodownia oraz jej maszyny i urządzenia technologiczne zastosowane do produkcji słodu. Roczna produkcja zakładu to około 110 tysięcy ton słodu. Średnia

wielkość partii produkcyjnej, tzw. grzędy, wynosi ok. 240 ton jęczmienia. Proces słodowania jęczmienia trwa przeciętnie 8 dni i jest uzależniony od gatunku jęczmienia oraz pory roku. Autor stwierdza, na str. 85, że „Stanowiskiem badawczym są elementy maszyn i urządzeń”. Stwierdzenie to nie jest uprawnione, gdyż elementy maszyn i urządzeń, co najwyżej mogą być przedmiotem badań. Poza przytoczonym omyłkowym stwierdzeniem, można przyjąć, że Autor poprawnie określił przedmiot badań, słusznie typując następujące maszyny i urządzenia zastosowane do produkcji słodu:

- transportery: kubełkowe, ślimakowe, łańcuchowe i taśmowe,
- zamaczalniki do moczenia jęczmienia,
- skrzynie Saladina z sitami i chłodnicami powietrza (do kiełkowania ziarna),
- suszarnia słodu z wymiennikami powietrza,
- silosy do ziarna, produktów ubocznych i odpadów: stalowe i żelbetowe,
- wentylatory osiowe i promieniowe w ogólnej liczbie,
- palniki gazowe,
- palniki gazowe,
- agregaty chłodnicze,
- sprężarki powietrza,
- dmuchawy powietrza
- czyszczarki sitowe ziarna,
- tryjery do segregacji jęczmienia,
- odkiełkownice słodu,
- wagi automatyczne do ziarna.

Autora rozprawy doktorskiej zebrał odpowiednie dane pomiarowe z ww. zakładu produkcyjnego i zbudował algorytm sterowania procesem produkcji słodu w oparciu o stan zdadności technicznej maszyn i urządzeń oraz w oparciu o parametry jęczmienia browarnego. W wyniku przeprowadzonej analizy określił kluczowe parametry w procesie produkcji słodu, którymi są temperatura, wilgotność i czas suszenia słodu. Przeprowadzając dalszą analizę procesu produkcji słodu, popartą badaniami, wykazał ostatecznie, że proces suszenia słodu może być regulowany temperaturą i natężeniem przepływu gorącego powietrza. Z kolei parametry te mogą zostać zapewnione poprzez właściwe sterowanie pracą wentylatorów i palników gazowych.

Reasumując, stwierdzam, że problem badawczy i obiekt badań są adekwatne do zakresu przedmiotowej rozprawy doktorskiej.

4. Uwagi edytorskie

Na podstawie analizy treści zawartych w przedmiotowej pracy należy z uznaniem stwierdzić, że jest w niej bardzo mało błędów edytorskich. Autor stosuje poprawny i dojrzały język inżynierski, właściwie i w sposób jasny formułuje zdania.

Do nielicznych uwag edytorskich zaliczyć można:

- Str. 79, wiersz 3 od góry. Jest: „...sprawnemu ułożyskowania ...”
Powinno być: „...sprawnemu ułożyskowaniu ...”
- Str. 79, wiersz 15 od góry. Jest: „W tablicy 5.4 podano pozycje rankingu ...”
Uwaga: nie doprecyzowano o jakim rankingu pisze Autor?
- Str. 80, wiersz 18 od góry. Jest: „...rysunku (rys. 5.1)”.
Uwaga: brak jest korespondencji między rys. 5.1, a treścią ww. zdania. Sądzić należy, że Autor miał na uwadze raczej rys. 5.3? W kolejnym zdaniu podano „... ważność

najwyższą 32%”. W pracy nie przedstawiono dobitnie jak wyliczono tę i inne wartości procentowe.

- Str. 92, wiersz 4 od góry. Jest: „...ilości cząstek oleju powstałych ze zużycia elementów urządzenia...”.
Uwaga: czy istotnie tak jest? Czy powinno być: „...ilości cząstek stałych powstałych ze zużycia elementów urządzenia...”.
- Str. 85, pierwsze zdanie w rozdz. 6.2. Jest: „Stanowiskiem badawczym są elementy maszyn i urządzeń”.
Uwaga: jest to nieuprawnione stwierdzenie, gdyż elementy maszyn i urządzeń mogą być przedmiotem badań, a same w sobie nie stanowią stanowiska badawczego.
- Str. 103. Nazwa osi rzędnych na Rys. 7.5 jest nieprecyzyjna. Sądzę, że Autor ma na myśli „liczbę godzin awarii”, a nie „strukturę godzin awarii”. Ponadto, na Rys. 7.5 i innych rysunkach, nie wyjaśniono, co oznacza linia ciągła. Należało wspomnieć, że przedstawia ona sumaryczną liczbę godzin awarii.
- Str. 104 i 105. Ostatni akapit na str. 104 jest niemal identyczny jak pierwszy akapit na str. 105.
- Str. 146 i 147. Wystąpił błąd w numeracji punktów od a. do k.
- Str. 156. Jest: „Uogólnienie wyników i przeprowadzonej ich analizy”.
Uwaga: niepoprawny styl.
- Str. 167.
Uwaga: niezrozumiała jest celowość rozdziału Resume.
- Str. 170. Załącznik nr 3. Zastosowano dawną jednostkę współczynnika lepkości kinematycznej, tj. cSt, zamiast jednostki układu SI, czyli [m²/s].
- Brak wyjaśnienia w załącznikach, czy zużycie materiału określone jest w mg/kg oleju czy na kg części ruchomej.

Poza wyżej sformułowanymi uwagami, w pracy znajdują się inne błędy składniowe, które jednak uznać należy za bardzo nieliczne i nie wymagają ich przytaczania, gdyż nie ujmują wartości pracy.

5. Metodyka rozprawy doktorskiej i ocena merytoryczna

W podjętej przez Autora analizie warunków eksploatacji maszyn i urządzeń, pracujących przy zmiennym obciążeniu technologicznym, uwzględniono te maszyny i urządzenia, które pracują w określonym czasie na jeden cykl produkcji słoðu, który trwa 219 h (grzęda produkcyjna posiada 240 t jęczmienia).

Autor zgromadził dane dotyczące awarii maszyn i urządzeń za okres od lipca 2011 roku do końca czerwca 2014 roku, czyli łącznie za okres 36 miesięcy. Na podstawie licznie zgromadzonych przez Autora danych zawartych w tabelach, stwierdzić można, że udział awarii maszyn i urządzeń był jedną z istotnych przyczyn złej jakości słoðu. Ponadto, awarie te przyczyniły się do wydłużenia czasu trwania procesu słodowania.

Zebrane przez Autora liczne dane dotyczące eksploatacji obiektów technicznych posłużyły do wykonania analiz korelacji i regresji koniecznych do zbudowania modelu opisującego zależności zachodzące między zmiennymi. Obliczenia przeprowadzono zgodnie z opisaną w dysertacji metodyką, którą uznać należy za poprawną. Autor sformułował dwa modele regresji, tj. dla CEU suszenia oraz dla miesięcznej produkcji słoðu. Właśnie te dwie zmienne zależne są istotą działalności podstawowej przedsiębiorstwa, a także w znacznym stopniu są zależne od zdatności technicznej maszyn i urządzeń realizujących określony proces technologiczny. Należy podkreślić, że istotnym elementem weryfikacji opracowanego przez

Autora modelu matematycznego, opisanego równaniem (8.1), jest zgodność uzyskanych wyników z danymi rzeczywistymi, co Autor przedstawił na rys. 8.3. Ponadto, Autor zbudował algorytm sterowania produkcją słoju jęczmiennego, który precyzuje usuwanie powstałej awarii maszyn i urządzeń słodowni. Znajomość i przestrzeganie tego algorytmu, powinno ułatwić operatorowi nadanie właściwego priorytetu zaistniałej awarii i przystąpienie do prac naprawczych, które w danej chwili są najbardziej istotne z punktu widzenia jakości produkowanego słoju. Przedstawiony przez Autora model regulacji parametrów technologicznych jest jednym z ważniejszych osiągnięć rozprawy doktorskiej - przedstawiony na rys. 9.6. Regulator efektywności produkcji słoju odnosi się zarówno do hipotezy głównej pracy jak również jej celu głównego. Poprawność realizacji procesu technologicznego produkcji słoju w warunkach badanego przedsiębiorstwa mierzona jest częściowym współczynnikiem efektywności suszenia, który według obliczeń Autora powinien wynosić 96,31% ($\pm 0,9$).

Reasumując, uważam, że cel główny rozprawy doktorskiej został osiągnięty. Efektem rozprawy doktorskiej jest zbudowanie przez Autora systemu bazującego na aktualnym stanie podatności technicznej maszyn i urządzeń, który powinien w przyszłości pozwolić na spełnienie wymagań produkcji i utrzymania ruchu, szczególnie w sytuacji zwiększonej zmienności obciążeń technologicznych. Dla każdej maszyny i urządzenia określono plan napraw i konserwacji. Zbudowany system jest otwarty, gdyż pozwala na dalszą modyfikację przyjętych harmonogramów napraw i konserwacji na podstawie kolejnych danych uzyskanych z diagnostyki maszyn i urządzeń. Efektem zaproponowanego systemu jest produkcja słoju jęczmiennego o oczekiwanych parametrach, zwłaszcza, że oczekiwane parametry są różne dla różnych klientów.

Uwzględniając cel, tezę, zakres i metodykę pracy badawczej uważam, że pracę tę można zakwalifikować do dyscypliny *budowa i eksploatacja maszyn*. Uważam także, że Wydział Inżynierii Mechanicznej Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego jest właściwy do przeprowadzenia przewodu doktorskiego. Stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Krzysztofa Nowaka, pt. *Utrzymanie maszyn i urządzeń branży słodowniczej w stanie podatności technicznej przy dużej zmienności obciążeń technologicznych*, **spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim**, zawarte w Ustawie o Stopniach i Tytule Naukowym i wnoszę do Rady Wydziału Inżynierii Mechanicznej Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej do dalszych etapów przewodu doktorskiego, a w szczególności do publicznej obrony.

Ponadto, w moim przekonaniu Doktorant wykazał się dojrzałością do samodzielnego prowadzenia badań naukowych. Pracę wykonał starannie i dokładnie. Również wysoko oceniam warsztat naukowy zaprezentowany w rozprawie doktorskiej oraz aplikacyjny charakter wyników badań. Z powyższych względów wnoszę do Rady Wydziału Inżynierii Mechanicznej o wyróżnienie niniejszej rozprawy doktorskiej.

Koździejce 4-05-2016

Robert Bartoń