

dr hab. inż. Iwona Paprocka, Prof. PŚ.
Politechnika Śląska
Wydział Mechaniczny Technologiczny
Katedra Automatykacji Procesów Technologicznych
i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania
44-100 Gliwice, Konarskiego 18a
e-mail: iwona.paprocka@polsl.pl
tel. 692 249 450

Gliwice, 19.10.2024

RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Ewy Kaczmar-Kolny
pt. „Szacowanie kosztów własnych wytwarzania w warunkach jednostkowej i małoseryjnej
produkcji”

Podstawa opracowania recenzji

Opinię opracowano na zlecenie Dziekana Wydziału Budowy Maszyn i Informatyki
Uniwersytetu Bielsko-Bialskiego z dnia 24 września 2024 (W-1/UDz/4/2024).

1. Wstęp

Współcześnie rośnie znaczenie określania kosztów docelowej produkcji na etapie projektowania procesów produkcyjnych. Dotychczasowe sposoby określania kosztów bazują na systemach finansowo-księgowych przedsiębiorstw i są często określane częściowo, w sposób uproszczony dający przybliżone wyniki. Ponadto przyjmują założenie występowania statusu quo dla warunków organizacyjnych produkcji, co jest możliwe jedynie (w ograniczonym stopniu) dla produkcji wielkoseryjnej. Natomiast w przypadku produkcji jednostkowej i małoseryjnej warunki organizacyjne są zmienne, a decyzję o przebiegu procesu podejmują się na etapie organizacji produkcji.

Istniejące metody kalkulacji kosztów nie uwzględniają współczesnych trendów związanych z kształtowaniem się kosztów np. wzrost udziału kosztów pośrednich w kosztach całkowitych, czy potrzeby określenia kosztów eksploatacji poszczególnych stanowisk pracy z punktu widzenia optymalizacji przebiegu procesu wytwarzania. Wzrost kosztów pośrednich spowodowany jest nie uwzględnianiem obecnych uwarunkowań organizacyjnych produkcji takich, jak prace zespołowe, wielowarsztatowe, automatyzacja procesów. Ponadto rozwój

systemów informatycznych daje nowe możliwości pozyskania wielu danych oraz pozwala zwiększyć złożoność i dokładność obliczeń w algorytmach określania kosztów.

Zachodzi więc potrzeba uwzględnienia różnych możliwych wariantów przebiegu procesu i dokonywania kalkulacji kosztów przez działy inżynierii produkcji na etapie organizacji produkcji. Dodatkowo opracowany algorytm oceny kosztowej procesu produkcji, powinien uwzględniać dane niedeterministyczne, co wynika z potrzeby oceny technologiczności konstrukcji wyrobów dla przewidywanych, różnych warunków organizacji produkcji.

W tym kontekście, Doktorantka podjęła bardzo aktualną problematykę budowy modelu kalkulacji kosztów wyrobów, który pozwala na wyznaczenie kosztów wytworzenia produktu na etapie jego przygotowania, wykorzystując możliwości pozyskiwania danych ze współczesnych narzędzi projektowania. Zaproponowany model, z elementami logiki rozmytej, umożliwia oszacowanie kosztów dla niedeterministycznych wartości parametrów przebiegu procesu. Opracowany model ma za zadanie określenie kosztów na etapie kształtowania przebiegu procesu produkcyjnego, przy danym wyborze możliwych warunków organizacyjnych wytwarzania, w tym z wykorzystaniem technologii przemysłu 4.0 i 5.0. Model przydatny jest przy podejmowaniu decyzji w procesach harmonogramowania zadań produkcyjnych, przy przeprowadzaniu analiz technologiczności konstrukcji wyrobów, dla kilku różnych, zaprojektowanych wariantów procesu wytwarzania, oraz dla potrzeb realizowanej produkcji w zmieniających się warunkach organizacyjnych. Opracowany model może być stosowany przez działy techniczne przedsiębiorstw, ograniczając w ten sposób udział służb finansowo księgowych, co pozwoli zredukować czas tworzenia kalkulacji kosztów własnych produkcji wyrobu.

2. Kompozycja i treść rozprawy

Recenzowana rozprawa doktorska zawiera 211 stron i podzielona jest na 15 rozdziałów zestawionych w 4 części. W pracy zamieszczono również *Wykaz stosowanych oznaczeń*, rozdział *Słowo wstępne*, streszczenia w języku polskim i angielskim oraz załączniki zawierające *Wykaz zamieszczonych rysunków, tabel, podstawowe pojęcia logiki rozmytej*. Załączniki dotyczą również danych produkcyjnych i kalkulacyjnych przedsiębiorstwa oraz *kwestionariusza ankiety* i obliczeń cząstkowych. Bibliografia zawiera 163 pozycje, łącznie ze źródłami internetowymi. Doktorant jest autorem lub współautorem 5 publikacji wymienionych w spisie. Układ pracy, podział treści i kolejności rozdziałów są właściwe i w pełni wyczerpują realizację celu rozprawy.

W części pierwszej, *Wprowadzenie*, w rozdziałach 1. i 2. Doktorantka przedstawiła genezę zagadnienia stanowiącego przedmiot rozprawy oraz krótkie uzasadnienie podjętej tematyki badawczej. W rozdziale drugim zawarto rozważania na temat tendencji rozwojowych w procesach przygotowania i wdrażania nowego wyrobu oraz zwięzły przegląd i klasyfikację pakietów aplikacji inżynierskich, które wspomagają procesy projektowania i zarządzania systemami wytwórczymi.

Część drugą pracy, zatytułowaną *Analiza literatury i praktyki przemysłowej*, zawierającą 5 kolejnych rozdziałów i liczącą 43 strony, Autorka poświęciła opisowi zagadnień bezpośrednio związanych z podjętą w pracy tematyką. Autorka rozpoczęła rozdział od charakterystyki przedsiębiorstw klasyfikując je na duże i MŚP, kolejno skupiła się na kryteriach i procesach projektowania i wdrażania nowych wyrobów, metodach wspomagania tych procesów, metodach analizy technologiczności konstrukcji wyrobu, metodach pozyskiwania danych oraz metodach określania kosztów własnych. Ostatni rozdział w tej części zawiera podsumowanie oraz jasno sformułowany cel i zakres pracy.

Część III pracy, zatytułowana *Badania własne*, zawierająca 6 rozdziałów i licząca 87 stron, jest zasadniczą częścią rozprawy. Przedstawiono w niej dojrzałą koncepcję badań, z wyróżnieniem czterech etapów. Pierwszy etap to badania wstępne dotyczące identyfikacji istniejących rodzajów organizacji pracy w procesach produkcyjnych i określenia ich wpływu na koszty własne produkcji. Celem badań było zidentyfikowanie potrzeby wprowadzenia zmian w algorytmach określania kosztów własnych produkcji wobec dokonujących się przemian w organizacji produkcji wyrobów. Cel został osiągnięty, określono współczesne trendy w określaniu kosztów. Etapy drugi i trzeci to badania właściwe polegające na zidentyfikowaniu danych potrzebnych do określenia kosztów własnych produkcji i zaproponowaniu modeli kalkulacji kosztów. Przedstawiono możliwości pozyskania danych zawartych w arkuszach APRI ARZ związanych z projektowaniem procesów produkcyjnych (z systemów CAx, EPR i wywiadów z pracownikami utrzymania ruchu). Doktorantka opracowała algorytmy obliczeń uogólnionego modelu określania kosztów własnych produkcji w warunkach zdywersyfikowanego programu produkcyjnego. Zaproponowała algorytm określenia kosztu własnego produkcji na etapie technicznego przygotowania produkcji, związanego z ocenami kosztów pośrednich uwzględniającego możliwości występowania zakłóceń produkcyjnych z wykorzystaniem logiki rozmytej. Ostatni etap to badania uzupełniające, które obejmują ocenę przyjętych rozwiązań kalkulacji kosztów dla praktycznych zastosowań. Wyniki przeprowadzonych analiz stały się podstawą oceny sposobu naliczania kosztów pośrednich z wykorzystaniem danych produkcyjnych (np. pracochłonności).

Ostatni w części III, 13. rozdział zatytułowany *Przykłady praktyki produkcyjnej* poświęcony został weryfikacji dwóch podejść określania kosztów: ex post - kalkulacja kosztów wyrobów po procesie wytwarzania, na podstawie danych normatywnych oraz ex ante - wstępna kalkulacja kosztów wyrobów przed procesem wytwarzania, na podstawie szacowanych wartości danych wykorzystywanych do obliczeń (z zastosowaniem teorii zbiorów rozmytych). Doktorantka dokonała analizy technologiczności konstrukcji związanej ze zmianą materiału i stanowiska pracy. Dokonała oceny kosztów w zależności od zastosowanego materiału i wielkości produkcji i określiła progi rentowności. Autorka wyciągnęła szereg cennych wniosków dotyczących praktycznej użyteczności zastosowanych metod i narzędzi. Jednym z nich jest np. zasadność stosowania rozliczenia kosztów pośrednich na grupy zadań bazując na założeniach kalkulacji wg rachunku kosztów działań w przypadku produkcji sezonowej, nierytmicznej i niepowtarzalnej.

Przedstawiona rozprawa kończy się na części IV rozdziałami 14. i 15., w których zamieszczono gruntowną dyskusję wyników badań. Udowodniono, że metoda rachunku kosztów przy wykorzystaniu grupy zadań lepiej oddaje powiązanie kosztów z przyczynami ich powstawania. Metoda dostarcza dane o kosztach produktów, powiązanych z danymi warunkami organizacyjnymi produkcji, przydatne do podejmowania decyzji o wyborze danego wariantu procesu. Nakreślono wizję przyszłości systemów kalkulacyjnych oraz zestawiono wnioski o charakterze poznawczym i utylitarnym. Rozważania kończą ciekawe propozycje kierunków dalszych badań oraz synteza najważniejszych aspektów pracy.

3. Oryginalne osiągnięcia

Tematyka pracy podjęta przez Doktorantkę jest aktualna w świetle współczesnych trendów rozwoju metod kalkulacji kosztów wytworzenia i oceny technologiczności konstrukcji zaprojektowanych wyrobów. Do najważniejszych oryginalnych jej elementów należy zaliczyć:

- poprzedzone szeroką analizą literatury i praktyki produkcyjnej opracowanie dojrzałej koncepcji badań związanych z kształtowaniem procesów produkcyjnych, obliczeniami optymalizacyjnymi w analizie technologiczności konstrukcji i przebiegu produkcji przy użyciu możliwych sposobów pozyskiwania danych.
- opracowanie modelu określania udziałów kosztów pośrednich w poszczególnych zadaniach produkcyjnych na poszczególne stanowiska pracy (bazując na pracochłonności i stanowiskochłonności realizowanych zadań), co pozwala na uzyskanie dokładniejszych wyników obliczeń niż metody tradycyjne, w których uśredniano przypisane koszty pośrednie na stanowiska. Metoda zmniejsza ryzyko niedoszacowania lub przeszacowania kosztów wyrobów.
- opracowanie modelu kalkulacji, w którym mogą być wykorzystane różne algorytmy obliczeń (z użyciem przeliczników), stosownie do warunków organizacyjnych produkcji i wymagań dokładności obliczeń. Opracowanie algorytmów kalkulacji kosztu wytworzenia dla różnych sposobów grupowania stanowisk pracy w zależności od wielkości produkcji. Autorski model odnosi się do wyznaczenia kosztów wytworzenia i kosztów rozwoju poszczególnych wyrobów.
- opracowanie uogólnionej metody wyznaczania wartości kosztów wytworzenia z wykorzystaniem wnioskowania rozmytego, zarówno w kalkulacjach ex post, jak i ex ante,
- opracowania algorytmu związanego z pozyskaniem danych z systemów informatycznych przedsiębiorstwa (CAD, CAM, CAPP, ERP). Wykorzystanie arkusza rozliczeniowego przedsiębiorstwa (ARP) do analiz kosztowych realizowanych procesów w przedsiębiorstwie.

- budowa nowego arkusza rozliczeniowego zadań (ARZ) jako bazy danych do określania kosztów wykonywanych zadań produkcyjnych.

4. Uwagi ogólne

1. Na stronie 100, w Tab. 11.4. Doktorantka przedstawia bazę reguł dla kryterium warunki organizacyjne, gdzie 0 oznacza wysoką zajętość maszyn i dużą liczbę zakłóceń (Tab. 11.2), podczas gdy, 100 oznacza brak zajętości i brak zakłóceń. Proszę uzasadnić wybór oceny, ponieważ intuicyjnie 0 oznacza brak a 100 sytuację przeciwną. Wydaje się, że Doktorantka omyłkowo opisała oceny, biorąc pod uwagę wzory (11.10) do (11.13), gdzie liczby rozmyte są prawidłowo opisane.
2. Na stronie 101, w tabeli 11.6 opisane są reguły pracochłonności w zależności od oceny warunków organizacyjnych przedsiębiorstwa i oceny poziomu technologiczności konstrukcji wyrobu. Bardzo proszę o uzasadnienie wyboru *pracochłonność jest wysoka jeśli jest brak zajętości maszyn i poziom technologiczności konstrukcji jest bardzo wysoki*. Proszę również uzasadnić wybór *pracochłonność jest wysoka jeśli jest duża zajętość maszyn i poziom technologiczności konstrukcji jest niski*. Czy reguły pracochłonności ustalone były dla indywidualnego przykładu przedsiębiorstwa, czy raczej są uniwersalne i aplikowane do różnych firm i typów produkcji takich jak: jednostkowa i małoseryjna, niepowtarzalna i nierytmiczna.
3. Na stronie 144, na rys. 13.24 zaprezentowane są zmienne liczby braków w formie graficznej, gdzie liczba braków bardzo mała oznacza 0, a bardzo duża 20. Proszę wyjaśnić czy podane wartości były określone na podstawie opinii inżynierów utrzymania ruchu w przedsiębiorstwie? Proszę podać oznaczenia dla liczby błędów na stanowisku pracy. Czy takie same normy obowiązują wszystkie stanowiska występujące w procesie produkcji? Czy raczej byłoby zasadne rozróżnienie stanowisk i zbudowanie innych wartości zmiennych dla różnych stanowisk w procesie (np. stanowisko w pierwszej, drugiej i trzeciej fazie cyklu życia, stanowisko zautomatyzowane, a stanowisko nie zautomatyzowane).
4. W przypadku kalkulacji kosztu wytworzenia zacisku przedniego dla danych normatywnych (strona 143) uzyskano wartość $K_w = 85.81 \text{ zł/szt}$. Natomiast uwzględniając czynniki liczba braków i błędy koszt wytworzenia wynosi 85.44. Dla jakiej liczby braków i liczby błędów, na jakim stanowisku i dla jakiego okresu czasu przeprowadzono kalkulację? (pierwszy akapit strona 147). Czy wartość kosztu wytworzenia dla danych normatywnych może być większa niż wartość kosztu z uwzględnieniem zakłóceń? Intuicja podpowiada, że koszty z uwzględnieniem liczby braków i błędów na stanowisku powinny być większe.

5. Uwagi szczegółowe

1. Na stronie 96, na rysunku 11.12, Autorka przedstawia metodę postępowania w kalkulacji kosztów działań. Wydaje się brakować połączenia pomiędzy *Bazą procesów wytwórczych* a *Ustaleniem wielkości czynników kosztotwórczych*, które obejmuje ustalenie wielkości wynikających z dobranego procesu wytwarzania, jeśli korzystamy z danych historycznych.
2. Dyplomantka stosuje pojęcie klucza rozliczeniowego i przelicznika rozliczeniowego zamiennie co może utrudniać zrozumienie pracy.
3. Str. 98., Rys. 11.14, w części *Technologiczność likwidacji produkcji i wyrobu*, demontaż jest równoległy z Regeneracją i Utylizacją elementów składowych. Czy jednak utylizacja i regeneracja nie następuje po demontażu na poszczególne złącza? W literaturze przedmiotu przyjęte są trzy metody postępowania z uzyskiwanymi, w wyniku demontażu, komponentami: Remanufacturing, Reusing oraz Recycling.
4. Wzór (13.37) zawiera błąd ponieważ K_{pp} wynosi 7zł/szt.
5. Rozdział 14 zawiera porównanie metod kalkulacji kosztów produkcji zacisku przedniego do piły ukośnej: tradycyjna kalkulacja doliczeniowa złożona, kalkulacja doliczeniowa wg miejsc powstawania kosztów z proponowaną autorską metodą. Czy koszty kooperacji nie powinny być jednakowe we wszystkich metodach, skoro to jest koszt usługi zewnętrznej?

6. Wniosek końcowy

Podjęty i rozwiązany przez Doktorantkę problem badawczy ma bardzo istotne znaczenie dla rozwoju metod kalkulacji kosztów wytworzenia i oceny technologiczności konstrukcji zaprojektowanych wyrobów i wpisuje się w aktualne trendy rozwoju metod projektowania procesu produkcji nowego wyrobu w przedsiębiorstwach MŚP. Doktorantka wykazała się ogólną wiedzą teoretyczną w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna, umiejętnością zaplanowania i samodzielnego prowadzenia badań naukowych jak również dużym doświadczeniem i umiejętnościami praktycznymi. Zawarte w opracowanej przeze mnie recenzji rozprawy uwagi krytyczne mają po części charakter dyskusyjny i nie podważają w żaden sposób wysokiej wartości merytorycznej rozprawy oraz mojej pozytywnej oceny pracy.

Biorąc pod uwagę powyższe stwierdzam, że opiniowana rozprawa doktorska Pani mgr inż. Ewy Kaczmar-Kolny pt. „Szacowanie kosztów własnych wytwarzania w warunkach jednostkowej i małoseryjnej produkcji” spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez Art. 13 p.1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dziennik Ustaw nr 65, poz. 595) wraz ze zmianami (Ustawa z dnia 21 kwietnia 2017 r. o zmianie ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz niektórych innych ustaw; Dziennik Ustaw, poz. 859) i wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony przed Komisją ds. Stopnia Doktora oraz Doktora Habilitowanego Wydziału Budowy Maszyn i Informatyki Uniwersytetu Bielsko-Bialskiego.