

Warszawa, 07.03.2023r.

Prof. dr hab. inż. Stanisław Radkowski
Instytut Pojazdów
Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych
Politechnika Warszawska

RECENZJA

Pracy doktorskiej mgr inż. Macieja Kaczora pt.

„Optymalizacja procesu wytwarzania ram naczep kurtynowych w oparciu o metodę równoważenia obciążeń linii produkcyjnych”.

1. Uwagi o sformułowanym zadaniu

Recenzowana praca doktorska, której celem jest rozwiązanie przedstawionego przez przedsiębiorcę problemu badawczego, została realizowana w ramach pierwszej edycji projektu „Doktoraty Wdrożeniowe — rozwój innowacyjnych technologii przemysłu 4.0” o numerze 12/DW/2017/01/1, ogłoszonego przez MNiSW. Praca posiada znamiona wdrożenia, a jej główne założenia zostały zaimplementowane w firmie podczas pracy nad optymalizacją produkcji ram naczep kurtynowych (uniwersalnych).

Doktorant swoją rozprawą włącza się w nurt prac modernizacyjnych, znajdujących w centrum współczesnego świata a charakteryzujących się ciągłymi, dynamicznymi zmianami, szczególnie we współczesnej gospodarce a także w modernizującym się społeczeństwie, przez odwołanie się do metody lean manufacturing. We wspomnianym podejściu eksponuje się takie działania przedsiębiorców, które służą zwiększeniu spectrum możliwych rozwiązań optymalizujących procesy produkcyjne. W szczególności poprawie wyników działalności firmy sprzyja poprawa komunikacji ze środowiskiem pracowników. Podstawą takiego działania jest filozofia zakładająca ciągłe dążenie do doskonałości (jap. *kaizen*), co pozwala na uzyskiwać pożądane wyniki finansowych przy jednoczesnym optymalnym wykorzystaniu zasobów i minimalnym zużyciu energii. Początków lean manufacturing poszukuje się w lat

Biurow Dziekana

wpłynęło dnia 16.03.2023...
RDJMe/42/51/2023
nr zał.

czterdziestych ubiegłego wieku w nawiązaniu do systemu produkcyjnego Toyoty (ang. *Toyota Production System*, TPS), którego głównym założeniem była maksymalizacja korzyści dla klienta przy jednoczesnym eliminowaniu marnotrawstwa.

Polskie firmy dopiero od niedawna sięgają do takich metod. Do nich należy również metodologia TRIZ, którą w diagnostyce maszyn rozwijał już nieżyjący profesor Czesław Cempel. Istotą tej metody jest znalezienie idealnego wyniku końcowego na jaki pozwala istniejący stan wiedzy i technologii. Wyjściem do dalszych działań jest dobór parametrów opisujących zagadnienie, co pozwala wykryć zbiór sprzeczności uniemożliwiających osiągnięcie wspomnianego, idealnego wyniku.

Z kolei metodologia lean manufacturing, definiuje zbiór zagadnień, które w szczególności należy przeanalizować, w tym: ograniczenie przestrzeni produkcyjnej, zapasów, inwestycji w narzędzia, czasu realizacji operacji w procesie produkcyjnym, pracy inżynierskiej i ludzkiego wysiłku. Równocześnie, osiągnięcie celów stawianych przez lean manufacturing wymaga zaangażowania w proces wszystkich pracowników. Dodatkowo produkcję w dużych partiach zastępuje się zasadą ciągłego przepływu nawiązującą do wykorzystanie systemu ssącego (ang. pull), będącego jedną z zasad lean manufacturing. Ogólnie lean manufacturing można sprowadzić do przestrzegania pięciu zasad, takich jak: określenie wartości produktu widzianej z perspektywy klienta; zdefiniowanie strumienia wartości produktu; utworzenie systemu swobodnego przepływu surowców i materiałów; stosowanie wspomnianego systemu ssącego, szczególnie w relacji klient – dostawca i ciągłe dążenie do lepszych rozwiązań (kaizen). Zastosowanie metody lean manufacturing wskazuje na konieczność analizy i badania rozwiązań mających na celu redukcję marnotrawstwa różnego rodzaju, w tym: nadmiernych zapasów i nadprodukcji, zbędnych ruchów i transportu, przerw w procesie realizacji zadań, nadmiernego przetwarzania z równoczesnym niewykorzystaniem możliwości pracowników.

Dodatkowo, wymóg prowadzenia analiza bezpieczeństwa oznacza badanie poszczególnych faz procesu produkcyjnego, ich wpływu na poziom niezawodności, warunki realizacji zadań funkcjonalnych i utrzymania zadanego stanu technicznego oraz możliwych występowania zagrożeń związanych z hipotetycznymi awariami. Wszystkie te problemy zostały omówione w pracy.

Mając na uwadze obecny stan wiedzy w tym zakresie należy uznać, że cele rozprawy sformułowane przez Autora są poprawne, a tematyka pracy ma duże znaczenie naukowo-poznawcze i aplikacyjne.

2. Charakterystyka pracy

Opiniowana praca składa się z pięciu rozdziałów, streszczeń w języku polskim i angielskim, spisu treści, wykazu ważniejszych formularzy druków stosowanych w procesie produkcyjnym, wykazu literatury i zajmuje 142 strony. Spis literatury obejmuje 92 pozycje, materiały własne firmy Wielton S.A. (10 pozycji) oraz 3 opracowania własne Autora na podstawie przywołanych raportów. Układ treści, podział na rozdziały, sformułowanie celu rozprawy oraz wniosków końcowych są czytelne i logiczne.

3. Ogólna ocena rozprawy

Na podstawie przeprowadzonego studium analityczno-krytyczne Autor kieruje swoje zainteresowania w stronę metod, których celem jest badanie systemu służącego optymalizacji procesów produkcyjnych w firmie Wielton z podkreśleniem roli zarówno kadry zarządzającej jak i pracowników niższego szczebla. Szczególną uwagę poświęca analizie efektów wdrażania tych zasad, ich wpływu na wzrost wydajności, poprawę jakości produktów, zmniejszenie się zapasów, a także badanie procesu optymalizacji wykorzystania maszyn. Wiele miejsca Autor poświęca analizie możliwości ograniczenia powierzchni potrzebnej do realizacji procesu produkcyjnego, skrócenie czasu, jaki jest niezbędny do uzyskania finalnego produktu, a także na jakościową zmianę interkomunikacji w firmie.

Zagadnienia podjęte w pracy zostały przedstawione w pięciu rozdziałach.

W rozdziale pierwszym zatytułowanym Wprowadzenie, Autor przedstawia charakterystykę rynku naczip w Polsce i Europie a na tym tle opisuje działalność grupy Wielton. Dodatkowo opis ten uzupełnia prezentacja struktury firmy oraz szczegółowa charakterystyka działalności produkcyjnej. Całość stanowi wstęp do części następnej, w której przedstawione są zagadnienia genezy badań oraz cel rozprawy. W zakończeniu tego rozdziału Autor szeroko opisuje zakres rozprawy. Rozdział drugi to jest analiza problemu badawczego na przykładzie firmy Wielton. Szerzej te zagadnienia zostały przedstawione w rozdziale trzecim zatytułowanym: Przegląd metod optymalizacji ukierunkowanych na balansowanie zasobów produkcyjnych. W rozdziale tym zawarto charakterystykę procesów produkcji w przemyśle motoryzacyjnym, związane z tym zagadnienia optymalizacji produkcji w zakresie przemysłu motoryzacyjnego, w szczególności metod balansowania linii produkcyjnych i zastosowane w tym celu narzędzia komputerowe służące wspomaganie procedur optymalizacji procesów produkcyjnych, akcentując zagadnienia tworzenia linii produkcyjnych, dopasowania różnych modeli czy tworzeniu layoutów zarządzania i związanych z tym ograniczeń odnośnie wydajności oraz użyteczności. Rozdział czwarty, zatytułowany, Optymalizacja wybranego procesu produkcyjnego oraz badania weryfikacyjne, przedstawia przedmiot badań i analizę bieżącego stanu procesu produkcyjnego wynikający stąd wybór metody optymalizacji. W

efekcie przedstawiona została koncepcja linii produkcyjnej, projekt tej linii oraz weryfikacja projektu na tle obecnego stanu procesu produkcyjnego. Całość kończą podsumowania i wnioski.

Wyniki uzyskane w eksperymencie produkcyjnym i podczas przeprowadzanych symulacji potwierdziły uprzednie rozważania teoretyczne i poprawne wyznaczenie celów. Całość przeprowadzonych wywodów należy uznać za przekonujące. Przedstawiony materiał ma kompleksowy charakter i wskazuje na dobre przygotowanie warsztatowe Kandydata.

4. Uwagi szczegółowe i zapytania

Należy podkreślić, że Autor recenzowanej rozprawy oprócz wielowątkowej analizy teoretycznej optymalizacji procesu wytwarzania ram przeprowadził eksperyment numeryczny, co umożliwiło Mu podjęcie szerszego programu weryfikacji przyjętych założeń i procedur optymalizacyjno - prognostycznych. Ciekawym etapem prac nad optymalizacją procesu produkcyjnego ram było wykorzystanie wirtualnego modelu 3D CAD linii produkcyjnej, który od podstaw został opracowany w zakładzie.

W trakcie czytania rozprawy nasuwa się kilka uwag:

Zwraca uwagę odwołanie się do procedur metody Kanban, która w szczególności dopuszcza realizację większej liczby zadań. Określa to parametr WIP czyli wskaźnik, który mówi o tym iloma zadaniami może zajmować się pracownik w danym momencie. Limit WIP to pewne ograniczenie wskazujące liczbę potencjalnych, które pracownik jest w stanie zrobić w ograniczonym zasobie czasu. Mając w danym momencie określoną otwartych kilka zadań w danym momencie pracownik skupia się nad jednym zadaniem. To ważne aspekty reorganizacji procesów produkcyjnych wymagające zmian struktury wspomagającej procesy produkcyjne. Nie udało mi się znaleźć związku tych aspektów organizacji z utworzonymi autonomicznymi jednostkami organizacyjnymi tzw. APU (Autonomous Production Unit — Autonomiczna Jednostka Produkcyjna), na każdym wydziale produkcyjnym fabryki (od W1 do W10), których zadaniem jest zapewnienie płynności procesów produkcyjnych. Proszę o przybliżenie tej problematyki.

Autor przedstawia zbiór założeń, które zostały przyjęte w modelu symulacyjnym w tym założenia dotyczące niezawodności. Według tych założeń, twierdzi, że dla każdego stanowiska przyjęty może być nieskończenie długi czas między awariami. W efekcie Autor przewiduje, że zgodnie z wynikami symulacji w ciągu roku nie wystąpią żadne awarie a w każdym razie nie zaburzą one cyklu produkcyjnego. Otrzymany wynik symulacji powinien być zweryfikowany. Jeśli bowiem przyjąć typową dla elementów mechanicznych funkcji

intensywności uszkodzeń rzędu 10^{-6} h, a czas rocznej pracy linii na poziomie 8×10^3 h, to rezultat rzeczywiście może być imponujący. Kłopot zaczyna się, gdy uwzględnimy strukturę szeregową stanowisk i linię produkcyjną również w szeregowym układzie stanowisk; dla przykładu ułatwiając sobie analizę, rozważmy dziesięcioelementowe stanowisko i linię złożoną z dziesięciu stanowisk. Wówczas czas pracy bezawaryjnej linii będzie 100 razy krótszy, czyli w efekcie wyniesie jeden rok bezawaryjnej pracy. Jeżeli uwzględnimy dodatkowo, zakładając rozkład wykładniczy, że w czasie odpowiadającym MTTF warunek pracy bezawaryjnej spełnia tylko 37% badanych obiektów to wynik będzie 3 razy gorszy. Oczywiście, wynik otrzymany w omawianym przykładzie, nosi probabilistyczny charakter, otrzymany wynik odnosi się do wartości średnich. Będę bardzo zobowiązany za dodatkowe wyjaśnienia dotyczące wspomnianego założenia.

Odnośnie do redakcji, chciałbym prosić o dodatkową korektę pod kątem usunięcia literówek. Natomiast, na pewno wymagana jest korekta w celu usunięcia błędów w części pracy przedstawionej w tablicach: odpowiednio na stronie 29 punkt 2; na stronie 30 punkt 1; na stronie 32 punkt 5; na stronie 33 odpowiednio punkty 7 i 8 a stronie 34 punkt 2. To są najważniejsze moje uwagi dotyczące redakcji pracy.

5. Końcowa ocena pracy

Oceniając całość przedstawionej rozprawy należy podkreślić istotną wagę poznawczą i techniczną głównego problemu pracy. Autor w głównej mierze skupił się nad opracowaniem metody optymalizacji dla pewnej klasy procesów produkcyjnych, co w pełni wyczerpuje zakres rozprawy doktorskiej. Równocześnie takie ujęcie pozwala całkowicie ocenić poprawność przyjętej metodyki postępowania, przeprowadzić analizę i zweryfikować otrzymane wyniki.

Zagadnienie zostało rozwiązane samodzielnie, a uzyskane rezultaty mogą być w części wykorzystane bezpośrednio w postaci rozwiązań aplikacyjnych, w części stanowią przesłankę do dalszych badań metodycznych. Rozwiązując zadanie określone w pracy Autor wykazał się dobrą znajomością i wyczuciem problemów technicznych i rzetelną wiedzą z dziedziny optymalizacji procesów produkcji w przemyśle motoryzacyjnym. Połączenie tej wiedzy ze znajomością metod i narzędzi wspomagania komputerowego umożliwiło Doktorantowi rozwiązanie interesującego zadania naukowego.

W szczególności warto podkreślić merytoryczną stronę rozprawy, w tym kompleksowe opracowanie procedur optymalizacji wybranego procesu produkcyjnego oraz badań weryfikacyjnych. Szczególną wagę ma połączenie badań symulacyjnych z ich aplikacją,

bowiem podkreśla realną możliwość połączenia zadania naukowego z możliwością praktycznego wykorzystania wyników rozprawy.

Na uwagę zasługuje zakres prac badawczych, które umożliwiły opracowanie recenzowanej rozprawy doktorskiej z uwzględnieniem aspektów wdrożeniowych, oryginalność rozwiązania istotnego zagadnienia naukowego, a tym samym fakt potwierdzenia umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Doktoranta. Stąd, przedłożona rozprawa może służyć za podstawę do rozpatrzenia wniosku o nadanie Kandydatowi stopnia doktora nauk technicznych. Wobec spełnienia wszystkich wymogów Ustawy o Stopniach i Tytule Naukowym stawiam wniosek o dopuszczenie mgr inż. Macieja Kaczora do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

