

Kraków, dnia 17 wrzesień 2021

Dr. hab. inż. Andrzej Sioma, Prof. AGH

Katedra Automatyki Procesów

Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki

Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

## **RECENZJA**

**rozprawy doktorskiej mgra inż. Andrzeja Meleckiego**  
**pt.: *Przewymiarowanie systemu sterowania w aspekcie implementacji***  
***funkcjonalnych środków bezpieczeństwa***

**Promotor: prof. dr hab. inż. Jerzy Świder**

**Promotor pomocniczy: Piotr Michalski**

**Dyscyplina: Budowa i Eksploatacja Maszyn**

Recenzja została wykonana na zlecenie:

Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Śląskiej

pismem nr. RD<sub>(IMe)</sub> 72/006/2020/2021, z dnia 28.04.2021 r.

## 1. Wprowadzenie i ogólna ocena rozprawy

Funkcjonowanie maszyn i urządzeń w zintegrowanych systemach wytwarzania jest zależne od wielu działań podejmowanych na kolejnych etapach budowy i użytkowania systemu. Od wielu lat obserwowany jest wzrost wymagań dotyczących zwiększenia wydajności maszyn oraz jakości realizowanych na nich operacji. Równocześnie rosną wymagania dotyczące bezpieczeństwa pracy maszyn oraz bezpieczeństwa całych systemów wytwarzania. Wymogi zapewnienia bezpieczeństwa technicznego pracy maszyn i systemów wiążą się z uwzględnieniem zagadnień bezpieczeństwa na wielu etapach budowy i uruchomienia maszyn w systemach wytwarzania. Zagadnienia bezpieczeństwa technicznego należy uwzględnić już na etapie definiowania specyfikacji zamówieniowej dla producentów maszyn i systemów wytwarzania. Następnie powinny być brane pod uwagę na etapach przygotowania projektu, produkcji części, montażu zespołów, instalacji podsystemów maszyny, programowania ich pracy i uruchomienia maszyn. Dodatkowo powinny być uwzględnione w etapie szkolenia użytkowników, przygotowania instrukcji obsługi i przeglądów oraz instrukcji konserwacji i naprawy maszyn. W procesie zapewnienia bezpieczeństwa technicznego biorą udział zarówno producenci – integratorzy maszyn i systemów, dostawcy podzespołów i części oraz użytkownicy systemu. Współpraca i wymiana wiedzy pomiędzy tymi podmiotami decyduje o uzyskanym poziomie bezpieczeństwa technicznego maszyn.

Zagadnienia dotyczące bezpieczeństwa pracy maszyn uwzględniane przez podmioty uczestniczące w projektowaniu, budowie i użytkowaniu maszyn zostały sformalizowane w postaci norm. Dotyczą one zarówno zagadnień bezpieczeństwa technicznego maszyn jak i zagadnień bezpieczeństwa i higieny pracy. Porządkują one wzajemny podział ról oraz definiują zalecenia i wskazówki. Jednocześnie należy pamiętać, aby do każdej z maszyn i każdego z zintegrowanych systemów wytwarzania podchodzić indywidualnie uwzględniając specyfikę ich pracy.

Opisane w normach zalecenia wpływają na dobór rozwiązań w zakresie projektu mechanicznego, hydraulicznego, elektrycznego maszyny oraz doboru architektury systemu sterowania maszyny w tym podsystemu sterowania bezpieczeństwem. Dobór podsystemu sterowania bezpieczeństwem będzie realizowany na podstawie analizy przyjętych rozwiązań konstrukcyjnych, symulacji pracy maszyny lub zintegrowanego systemu wytwarzania oraz na podstawie oceny ryzyka wystąpienia zidentyfikowanych zagrożeń. Jeżeli jest to możliwe należy wyeliminować zagrożenie. Jednak w wielu przypadkach możliwe jest jedynie obniżenie ryzyka poprzez zmniejszenie elementów ryzyka tj. poprzez zmniejszenie ciężkości szkody powodowanej przez wystąpienie zidentyfikowanego zagrożenia oraz/lub prawdopodobieństwa wystąpienia tej szkody.

Doktorant podjął próbę zastosowania środków bezpieczeństwa opartych na doborze architektury podsystemu sterowania bezpieczeństwem z wykorzystaniem przewymiarowania w zakresie zastosowania funkcjonalnych środków bezpieczeństwa. Jako cel pracy przyjął określenie wpływu przewymiarowania funkcji bezpieczeństwa zatrzymania awaryjnego rozpatrywanego w aspekcie obowiązujących norm oraz oceny i analizy ryzyka. Jako obiekt badań przyjął system transportowy zainstalowany w laboratorium Katedry APTiZSW oraz dane dotyczące „oceny bezpieczeństwa maszyn” opisujące wdrożone w przemyśle systemy bezpieczeństwa.

Przedstawione w opiniowanej pracy podejście badawcze polegające na próbie oceny zabudowanego na linii transportowej podsystemu sterowania bezpieczeństwem w aspekcie aktualnych wymagań normatywnych. Badaniom poddane zostały układy mechaniki i układy zasilania linii w tym czujniki, elementy wykonawcze oraz okablowanie. Równocześnie przeprowadzono badania mające na celu określenie poziomu bezpieczeństwa technicznego w maszyn pracujących w przemyśle. Na podstawie opracowanych wyników Autor podjął próbę przygotowania zmian projektowych mających na celu poprawę bezpieczeństwa technicznego badanej linii transportowej.

Wszystkie powyższe spostrzeżenia pozwalają stwierdzić, że problematyka jaką wybrał Doktorant jest aktualna, ważna i uzasadniona pod względem poznawczym jak również i praktycznym. Tematyka pracy zawiera istotne i oryginalne wyniki z zakresu analizy i projektowania systemów bezpieczeństwa maszyn i mieści się w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn.

## **2. Charakterystyka rozprawy i jej ocena merytoryczna**

Opiniowana rozprawa doktorska została ujęta w 8 rozdziałach oraz 2 załącznikach. Zawiera również spis literatury oraz streszczenie w języku polskim i angielskim. Całość rozprawy opracowana została na 210 stronach.

Rozdział pierwszy zawiera usystematyzowane wprowadzenie do prezentowanych zagadnień dotyczących zagadnień bezpieczeństwa technicznego maszyn. Autor zrealizował przegląd literatury dotyczącej tematu pracy i opisuje stan wiedzy dotyczący zakresu merytorycznego rozprawy. Szczególną uwagę poświęca analizie uregulowaniom określonym w obszarze prawnym i normatywnym dotyczącym wymagań stawianych systemom bezpieczeństwa. Prezentuje również historię kształtowania się prawa polskiego i międzynarodowego oraz harmonizacji prawa polskiego z prawem europejskim w aspekcie bezpieczeństwa technicznego maszyn oraz bezpieczeństwa i higieny pracy. W olejnej części doktorant przedstawia analizę literatury w zakresie zagadnień związanych z systemem bezpieczeństwa maszyny, ocena ryzyka oraz identyfikacją zagrożeń. Przedstawiona analiza literatury oraz opisu zagadnień stanowi uporządkowany i wyczerpujący wstęp do przyjętej tematyki rozprawy doktorskiej.

W rozdziale drugim Autor definiuje cel rozprawy doktorskiej jako: *„poznania wpływu przewymiarowania funkcji bezpieczeństwa zatrzymania awaryjnego, rozpatrywanego w aspektach związanych z obszarem legislacyjnym, oceną i analizą ryzyka, narzędziami wspomagającymi projektowanie, modelowaniem probabilistycznym, architekturą oraz kosztami potrzebnymi na implementację funkcjonalnych środków bezpieczeństwa”*. W rozdziale zdefiniowano również zakres prac przewidzianych do wykonania na przyjętym obiekcie badań oraz zakres analizy danych opisujących przemysłowe wdrożenia systemów bezpieczeństwa. Autor wprowadza ujednolicony zestawienie skrótów i definicji wykorzystywanych w opisie systemów bezpieczeństwa technicznego.

W rozdziale trzecim Autor formułuje problem badawczy definiując przewymiarowanie architektury systemu sterowania bezpieczeństwem jako osiągnięcie wyższego od wymaganego poziomu nienaruszalności bezpieczeństwa (SIL) lub poziomu zapewnienia bezpieczeństwa (PL). Rozpatruje przewymiarowanie w kontekście niedowymiarowania oraz spełnienia odpowiednich wymagań. Stawia pytania dotyczące określenia zakresu analizy oraz wyboru metod oceny bezpieczeństwa technicznego maszyn, technik prowadzenia analizy zagrożeń oraz

narzędzi do szacowania ryzyka. Doktorant definiuje problem naukowy jako poszukiwanie i ustalenie odpowiednich aktów prawnych w celu poprawnej oceny bezpieczeństwa technicznego w kontekście wdrażania dużej ilości przepisów, dyrektyw, aktów prawnych i norm oraz struktury tych dokumentów.

W rozdziale czwartym autor zaproponował metodę oceny bezpieczeństwa technicznego przedstawiając kolejne etapy prac.

W etapie pierwszym na podstawie dostępnych zasobów informacji przeprowadza analizę formalnoprawną wymagań dotyczących bezpieczeństwa technicznego maszyn. Zaproponował klasyfikację dostępnych informacji w trzech obszarach: obszarze dyrektyw społecznych, obszarze dyrektyw gospodarczych oraz obszarze pozostałych wymagań (ustaw i przepisów wykonawczych). Autor nie zaproponował jednak na tym etapie prac algorytmu wyboru dokumentów kluczowych co powoduje, że analizę należałoby wykonać na pełnym zestawie dokumentów.

W następnym etapie proponuje dobór metody oceny ryzyka. Na podstawie analizy formalnoprawnej Autor zaproponował model oparty o zapisy normy zharmonizowanej PN-EN ISO 12100 nie oddając jednak kryteriów wyboru wskazanej normy.

W etapie trzecim proponuje wybór typu identyfikacji i analizy zagrożeń zależnej od fazy „życia” maszyny. Wskazuje, że etap ten może być kształtowany swobodnie i dopasowany do wiedzy i doświadczenia inżyniera bezpieczeństwa. Autor wskazuje siedem podstawowych typów analizy zagrożeń i wskazuje w fazy rozwoju maszyny, w których powinny być zastosowane.

W kolejnym etapie czwartym realizacji metody prezentuje korelację techniki oceny zagrożeń z wybranemu typem analizy zagrożeń. Autor uporządkował techniki analizy zagrożeń i przyporządkował je do opisanych technik. Wynik pracy przedstawił w postaci tabeli powiązań.

W etapie piątym proponuje wybór narzędzia szacowania ryzyka i przyjęcie modelu określania akceptowalnej wartości ryzyka. Wskazuje, że ryzyko definiowane jako kombinacja prawdopodobieństwa wystąpienia szkody oraz ciężkości tej szkody może być definiowane z wykorzystaniem narzędzi takich jak macierze ryzyka, graf ryzyka, punktacje liczbowe i narzędzia hybrydowe. Autor przedstawia w pracy wybrany narzędzie punktacji liczbowej opartej na rozwiązaniu firmy Pilz i określanej jako PHR – Liczba Pilz Klasyfikacji Zagrożeń.

W kolejnym etapie Autor zaproponował model wartości ryzyka definiując sześć poziomów ryzyka i powiązał je z zakresami wartości liczby PHR. Zaproponował również wprowadzenie środków zaradczych dla każdego z poziomów. Autor wskazał na konieczność wykonania oceny ryzyka i podjęcie decyzji o jego akceptacji lub odrzuceniu. Wskazuje również że w przypadku wprowadzenia dodatkowych środków ochrony w celu zmniejszenia ryzyka może pojawić się rdodatkowe zagrożenia lub dodatkowe ryzyko.

Etap ostatni opisanej metody to dobór modelu zmniejszenia ryzyka. Autor zaproponował przyjęcie metody trzech kroków opartej na zapisach normy PE-EN ISO 12100 oraz możliwości przewymiarowania systemu sterowania bezpieczeństwem pracy maszyny.

Na etapie siódmym i ostatnim realizacji metody zaproponował dobór modelu zmniejszania ryzyka.

W rozdziale piątym Autor zastosował opracowaną metodę do oceny bezpieczeństwa systemu transportowego o nazwie „Movimaszyna 10”. Rozpoczął od analizy dostępnych informacji formalnoprawnych opisujących systemy transportowe i zdefiniował podstawowe funkcje i ograniczenia badanego systemu transportowego. Następnie przyjął typy analizy zagrożeń i zidentyfikował 43 zagrożenia, które podzielił na osiem grup. Wykonał szczegółową analizę każdego z zagrożeń. Dla każdego z zagrożeń autor opracował kartę identyfikacji zagrożeń dołączonych do pracy w formie „Załącznika A” na stronach 126 do 186 rozprawy. Do każdego z zagrożeń wyznaczył liczbę PHR. Na rysunku 5.2 przedstawił wyniki oceny liczbowej dla każdego z zagrożeń, a na rysunku 5.3 procentowy udział poszczególnych grup zagrożeń. Następnie opracował model zmniejszania ryzyka i przygotował założenia koncepcyjne redukcji ryzyka zamieszczone w rozprawie w formie załącznika na stronach 188-208

W rozdziale szóstym Autor przedstawił strategię zmniejszania ryzyka poprzez zastosowanie funkcjonalnych środków bezpieczeństwa. Wskazuje metodyki działania i odniesienie do norm zależne od techniki projektowania systemu sterowania bezpieczeństwem oraz złożoności systemu. Wskazuje i omawia charakterystyczne wielkości pozwalające określić poziom bezpieczeństwa funkcjonalnych środków bezpieczeństwa. Do najważniejszych z nich zalicza, punkt początkowy, średnie prawdopodobieństwo uszkodzenia niebezpiecznego na godzinę PFH<sub>D</sub>, liczbę cykli, po których 10% elementów uszkodzeniu niebezpiecznemu B<sub>10D</sub>, pokrycie diagnostyczne DC, średnie pokrycie diagnostyczne DC<sub>avg</sub>, uszkodzenie o wspólnej przyczynie CCF, uszkodzenie systematyczne oraz częstość testów  $t_t$ . Autor przedstawia również wyniki badań wykonanych na bazie danych opisujących rzeczywiste implementacje systemów związanych z bezpieczeństwem maszyn. Celem tych badań było wskazanie jaki odsetek systemów sterowania bezpieczeństwem jest niedowymiarowana, jaki spełnia odpowiednie wymagania a jaki jest przewymiarowany w okresie do roku 2004 i po roku 2004. Wyniki analizy autor porównuje również w danymi statystycznymi publikowanymi przez GUS, PIP oraz ZUS dotyczącymi liczby wypadków przypadających na 1000 pracowników. Wyniki badań przeprowadzone przez autora są bardzo interesujące z punktu widzenia ustalenia zależności pomiędzy wprowadzaniem norm, ich wpływem na rozwój bezpieczeństwa technicznego maszyn oraz spadkiem liczby wypadków przy pracy.

W rozdziale siódmym Autor przedstawił proces modelowania probabilistycznego systemu sterowania bezpieczeństwem. Zaproponował schemat kolejnych etapów modelowania, w którym wyróżnił: określenie projektowanych założeń konstrukcyjnych, utworzenie projektu, projektowanie elementów lub funkcji sterowania bezpieczeństwem, tworzenie podsystemów i przypisywanie komponentów do podsystemów, ewaluacja parametru CCF oraz generowanie raportu. Proces modelowania i wyznaczenie charakterystycznych parametrów został przeprowadzony z wykorzystaniem oprogramowania PASCAL. Zaproponował również wprowadzenie wskaźnika APL<sub>i</sub>, umożliwiający ocenę funkcji bezpieczeństwa uwzględniającą trwałość komponentów, niezawodność systemu i wymogi formalnoprawne. Jako przykład Autor przedstawił proces modelowania funkcji zatrzymania awaryjnego prezentując i omawiając uzyskane wyniki.

Rozprawę kończy rozdział 8 stanowiący podsumowanie, w którym Doktorant odniósł się do własnych dokonań naukowych formułując wnioski końcowe.

### 3. Uwagi krytyczne i kwestie dyskusyjne

Uwagi jakie nasuwają się po lekturze pracy mają charakter ogólny i redakcyjny. Zauważyć należy, że tematyka rozprawy jest bardzo szeroka i jest powiązana zarówno z projektowaniem, wdrażaniem oraz użytkowaniem systemów bezpieczeństwa maszyn. Po analizie pracy nasuwają się pytania i uwagi dyskusyjne, które zostały sformułowane poniżej:

W rozdziale 1 autor stwierdził, że „Funkcje bezpieczeństwa mogą być implementowane w systemie sterowania maszyny zarówno przez jej producenta jak i użytkownika”. Z mojego doświadczenia przemysłowego wynika, że w wielu przypadkach jest to niemożliwe z uwagi na „zamknięcie” przez producentów dostępu do przeróbek mechanicznych, elektrycznych oraz programowych w ramach gwarancji lub w ramach ochrony „własności intelektualnych”.

Czy istnieje formalnoprawny opis możliwości realizacji przez użytkownika zmian w systemie sterowania maszyną oraz systemie sterowania bezpieczeństwem maszyny bez zgody producenta maszyn w kontekście utrzymania gwarancji oraz ochrony „własności intelektualnych” producenta maszyny.

W rozdziale 2 Autor zamieszcza definicję „systemu sterowania” i „systemu sterowania maszyną”.

Wydaje się, że bardziej czytelne byłoby definiowanie „systemu sterowania bezpieczeństwem maszyny” za które odpowiada sterownik bezpieczeństwa oraz definiowanie systemu sterowania pracą maszyny, za który odpowiada sterownik PLC.

Autor nie uwzględnił również rozwiązań hybrydowych, w których sterownik PLC połączony jest ze sterownikiem bezpieczeństwa. Sterowniki tego typu pomimo sprzętowego połączenia funkcji sterowania pracą maszyny oraz sterowania bezpieczeństwem maszyny posiadają odrębne programy pracy dla obu funkcji. Doktorant skupił się w pracy jedynie na rozwiązaniach firmy Pilz produkującej sterowniki bezpieczeństwa, nie analizując innych rozwiązań dostępnych na rynku. Bardzo interesująca byłaby analiza bezpieczeństwa prac układu sterownik PLC - sterownik bezpieczeństwa oraz wymiany danych pomiędzy nimi w porównaniu z rozwiązaniem hybrydowym.

Analiza dostępnych rozwiązań w zakresie rozwiązań technicznych, ich wad, ograniczeń i zalet miałaby istotny wpływ na dobór architektury systemu bezpieczeństwa maszyn oraz koszty wdrożenia w kontekście przewymiarowania systemu.

W rozdziale 4 Autor przedstawił metodę oceny bezpieczeństwa technicznego. W pierwszym etapie prac autor opiera się na analizie dostępnych zasobów informacji w obszarze dyrektyw społecznych, gospodarczych oraz ustaw i przepisów wykonawczych.

Czy uwzględnienie w prezentowanej metodzie doświadczenia projektantów oraz użytkowników maszyn nie umożliwiłoby znaczącego rozszerzenia dostępnego zasobu informacji o systemach bezpieczeństwa technicznego maszyn? Wydaje się, że wprowadzenie wiedzy dotyczącej praktycznego użytkowania systemów bezpieczeństwa z informacjami o

sytuacjach alarmowych, ich serwisowaniu oraz ich wpływie na pracę maszyn oraz pracę obsługi maszyn miałyby decydujący wpływ na podjęcie decyzji o przewymiarowaniu architektury systemu sterowania bezpieczeństwem.

Czy doktorant przewidział uwzględnienie na tym etapie wprowadzenie takich informacji do prezentowanej metody oceny bezpieczeństwa technicznego?

Czy doktorant rozważał sposób pozyskania takich informacji i podziału ich na zagadnienia branżowe?

Czy możliwe jest wskazanie algorytmu wyboru dokumentów kluczowych mających decydujący wpływ na ocenę bezpieczeństwa technicznego maszyn?

W pracy przeprowadzono proces modelowania i projektowanie jedynie z wykorzystaniem elementów jednego z producentów aparatury stosowanej w systemach sterowania bezpieczeństwem maszyn. Czy doktorant rozważał porównanie zarówno funkcjonalne jak i cenowe badanej aparatury z rozwiązaniami innych firm? Była by to wiedza wpływająca na decyzję o wyborze rozwiązania w kontekście planowanego przewymiarowania systemu.

#### **Uwagi redakcyjne:**

1. Rysunki zamieszczone w rozprawie zostały wykonane w sposób utrudniający ich odczyt i weryfikację. Użyto zbyt małych czcionek co w połączeniu z niewielkimi wymiarami rysunków w znaczący sposób utrudnia analizę informacji na nich zawartych np. rysunek 4.6 na stronie 33, rysunek 5.1 na stronie 36.
2. W pracy Autor odwołuje się do badań wykonanych w laboratorium Katedry APTiZSW na systemie transportowym. Jednak w kolejnych rozdziałach pracy stosuje zmianę pisowni nazwy systemu transportowego. W rozdziale 2 stosuje nazwę „MoviMaszyny”, natomiast w rozdziale 5 stosuje nazwę „Moviemachine 10” oraz „Moviemachine”.
3. W tabeli 6.3 opisującej klasy pokrycia diagnostycznego opis poziomu średniego powinien być zdefiniowany w zakresie 90% do 99%.
4. Pozostałe uwagi dotyczą stosowania różnych formatów zapisów liczbowych, niewielkich korekt stylistycznych oraz powtórzeń tych samych treści w kolejnych rozdziałach.

#### 4. Wniosek końcowy

W podsumowaniu przedstawionej recenzji wyrażam pogląd, że mgr inż. Andrzej Malecki w opracowanej rozprawie poprawnie sformułował, rozwiązał i opisał oryginalne zadanie naukowe, jakim była analiza przewymiarowania sytemu sterowania bezpieczeństwem.

Stwierdzam, że podjęty przez Doktoranta problem badawczy został sformułowany poprawnie, tak pod względem obszaru merytorycznego, jak i głębi prowadzonych rozważań, analiz i symulacji weryfikacyjnych. Z punktu widzenia przyjętego celu pracy, przyjęty zakres badań i prac modelowych jest w pełni uzasadniony, a zastosowane metody badawcze są dobrane prawidłowo. Stwierdzam, że zarówno materiał badawczy jak i literaturowy, został przez Autora rozprawy wykorzystany poprawnie. Na podstawie treści pracy można w sposób jednoznacznie pozytywny ocenić wkład własny Doktoranta w zakresie opracowania sformalizowanego podejścia do analizy i projektowania systemów sterowania bezpieczeństwem pracy maszyn.

Do oryginalnych i wartościowych osiągnięć rozprawy doktorskiej należy zaliczyć:

- 1) wskazanie metody oceny bezpieczeństwa technicznego maszyn na podstawie obowiązujących dyrektyw, norm oraz przepisów wykonawczych,
- 2) weryfikacja metody do oceny bezpieczeństwa laboratoryjnego systemu transportowego „Movimaszyny 10”,
- 3) opracowanie kart identyfikacji zagrożeń dla laboratoryjnego systemu transportowego „Movimaszyny 10” oraz założeń koncepcyjne redukcji ryzyka,
- 4) opracowanie badań dotyczących oceny rzeczywistych zaimplementowanych systemów bezpieczeństwa oraz wykazanie powiązań związanych z wprowadzaniem norm regulujących kwestie bezpieczeństwa z poprawą bezpieczeństwa pracy operatorów,
- 5) opracowanie i przedstawienie metody modelowania probabilistycznego systemu sterowania bezpieczeństwem.

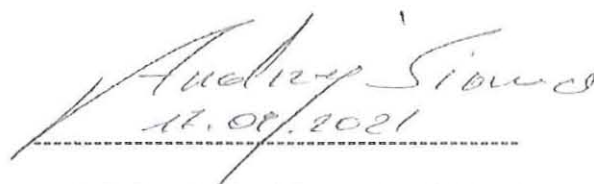
Oceniając całość zaprezentowanej rozprawy doktorskiej pragnę podkreślić istotną wagę poznawczą i praktyczną przedstawionej pracy. Stanowi ona interesującą metodę podejścia do zagadnień bezpieczeństwa technicznego maszyn.

Szeroki zakres pracy świadczy o dużej wiedzy teoretycznej oraz praktycznej Doktoranta, z zakresu budowy maszyn ale również automatyki i mechaniki. Zastosowane w pracy metody badawcze i projektowe świadczą o dobrym przygotowaniu Doktoranta do badań naukowych i odpowiedniej wiedzy w zakresie rozprawy doktorskiej. Zaprezentowane w pracy wyniki potwierdzają wypełnianą przyjęty cel pracy. Otrzymane wyniki zostały zaprezentowane przejrzysto i nie budzą najmniejszych zastrzeżeń. Wnioski przedstawione przez Autora zostały dobrze sformułowane zgodnie z otrzymanymi wynikami.



Uważam, że praca zawiera oryginalne rozwiązania teoretyczne, szczególnie w zakresie analizy i modelowania zagadnień związanych z bezpieczeństwem technicznym maszyn. Jest ważnym opracowaniem naukowym, a jednocześnie ma bardzo duże znaczenie aplikacyjne oraz wdrożeniowe i mieści się w dyscyplinie naukowej budowa maszyn. Należy również uwzględnić, że praca prezentuje kompleksowe podejście do badania, modelowania oraz projektowania zagadnień związanych z bezpieczeństwem maszyn.

Wobec spełnienia wszystkich wymogów obowiązującej Ustawie o Stopniach i Tytule Naukowym, stawiam wniosek o przyjęcie rozprawy doktorskiej i dopuszczenie mgr inż. Andrzeja Meleckiego do jej publicznej obrony.



Andrzej Sioma  
22.08.2021

Dr hab. inż. Andrzej Sioma, Prof. AGH