

Autoreferat habilitacyjny

przedstawiający dorobek i osiągnięcia naukowe habilitanta,
wynikające z par. 12 rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. (Dz. U. z 2018 r. poz. 261) w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowania habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora
oraz rozporządzenia Ministra Nauki i szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 r. (Dz. U. z 2011 r. nr 196 poz. 165) w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie tytułu stopnia doktora habilitowanego.

Lublin 2021

1. Imię i Nazwisko:

Paweł Waldemar Lonkwic

Data urodzenia:



2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

- 1996 Tytuł zawodowy technik mechanik, Technikum Mechaniczne przy Fabryce Samochodów Ciężarowych FSC w Lublinie o specjalności Technologia Maszyn, ocena bardzo dobra.
- 2001 Tytuł zawodowy inżynier, Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, kierunek studiów: Mechanika i Budowa Maszyn o specjalności Technologia Maszyn uzyskany dnia 1 czerwca 2001, dyplomowa praca inżynierska pt.: „*Dokumentacja modernizacyjna dźwigu zainstalowanego w budynku Wydziału Mechanicznego, Politechniki Lubelskiej*”, ocena dobra plus, promotor: Dr hab. inż. Jerzy Lipski, prof. PL.
- 2003 Tytuł zawodowy magister inżynier, Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, kierunek studiów: Mechanika i Budowa Maszyn o specjalności Technologia Maszyn uzyskany dnia 10 lipca 2003, praca magisterska pt.: „*Dokumentacja dźwigu elektrycznego instalowanego w budynku Wydziału Mechanicznego Politechniki Lubelskiej*”, ocena bardzo dobra, promotor: Dr hab. inż. Jerzy Lipski, prof. PL.
- 2009 Stopień naukowy doktor nauk technicznych w dyscyplinie Mechanika i Budowa Maszyn, Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny uzyskany 21 stycznia 2009 roku, rozprawa pt.: „*Identyfikacja procesu zużycia pary kinematycznej koło – lina z wykorzystaniem sygnału akustycznego*”.

promotor: Dr hab. inż. Jerzy Lipski, Prof. PL

recenzent: Prof. dr hab. inż. Jerzy Warmiński

recenzent: Dr hab. inż. Jerzy Kwaśniewski, Prof. AGH

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu

Zatrudnienie w jednostkach naukowo-dydaktycznych:

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Chełmie, ul. Pocztowa 54, 22-100 Chełm

2010 – 2020 starszy wykładowca

2020 – nadal adiunkt

Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie, ul. Projektowa 4, 20-209 Lublin

2016 – 2017 umowa zlecenie

2017 – 2018 adiunkt

2018 – nadal umowa godzinowa

Zatrudnienie w jednostkach przemysłowych:

Lubelska Wytwórnia Dźwigów Osobowych LIFT Service S.A., ul. Roztocze
20-722 Lublin

6,

2000 – 2001 pomocnik elektromontera dźwigów

2001 – 2007 specjalista projektant

2007 – 2009 lider sekcji Nowych Rozwiązań Technicznych

2009 – 2016 kierownik Wydziału Produkcji Mechanicznej

Verano Ryszard Miazga, ul. Vetterów 7a, 20-277 Lublin

2016 – 2018 kierownik techniczny produkcji

PM Solution S.C., ul. Inżynierska 5/115, 20-484 Lublin

2018 – nadal współwłaściciel biura projektowo-inżynierskiego

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2017 r. poz. 1789):

a) Jako osiągnięcie naukowe w myśl Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r. z późniejszymi zmianami, art. 16 pkt. 2 przyjąłem jednotematyczny cykl publikacji, patenty oraz zrealizowane oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne pod wspólnym tytułem:

„Model matematyczny działania układu hamulec-prowadnica windy w celu zwiększenia jego efektywności”

W skład pozycji stanowiących osiągnięcie wchodzi:

- 8 prac opublikowanych w czasopismach znajdujących się w bazach Web of Sciences oraz Scopus;
- Udzielone patenty;
- Osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne lub technologiczne.

b) Lista publikacji tworzących jednotematyczny cykl

Prace wymienione poniżej uporządkowane zostały zgodnie z datą opublikowania począwszy od najstarszej. Wszystkie publikacje zostały opublikowane w czasopismach z bazy Journal Citation Reports. Przy każdej pracy podano Impact Factor zgodny z rokiem wydania lub rokiem poprzedzającym dla najnowszych publikacji.

Au1 Lonkwic P., Gardyński L.: Testing Polymer Rollers Memory in the Context of Passenger Lift Car Comfort. *Journal of Vibroengineering*, vol. 16 (1), 2014, s. 225-230, (15 punktów MNiSW), **IF 0,617**.

Au2 Lonkwic P.: Influence of friction drive lift gears construction on the length of braking distance. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, vol. 28 (2), 2015, s. 363-368, (15 punktów MNiSW), **IF 0,531**.

Au3 Lonkwic P., Różyło P., Dębski H.: Numerical and experimental analysis of the progressive gear body with the use of finite-element method. *Eksplatacja i Niezawodność* -

Maintenance and Reliability, vol. 17 (4), 2015, s. 544-550, (15 punktów MNiSW),
IF 1.248.

Au4 Lonkwić P., Syta A.: Nonlinear analysis of braking process delay dynamics for the progressive gears under changeable operating conditions. *Journal of Vibroengineering*, vol. 18 (7), 2016, s. 4401-4408, (15 punktów MNiSW), **IF 0,398.**

Au5 Lonkwić P., Łygas K., Wolszczak P., Molski Sz., Litak G.: Braking deceleration variability of progressive safety gears using statistical and wavelet analyses. *Measurement*, vol. 110, 2017, s. 90-97, (30 punktów MNiSW), **IF 2,218.**

Au6 Wolszczak P., Lonkwić P., Cunha Jr. A., Litak G., Molski Sz.: Robust optimization and uncertainty in the elevator braking model. *Meccanica*, <https://doi.org/10.1007/s11012-019-00992-7>, (wg listy czasopism MNiSW z 2019 roku 100 pkt), **IF2018 2,316.**

Au7 Lonkwić P., Przystupa K., Krakowski T, Ruta H: Case study of support frame optimization using distant load. *Sustainability*, doi:10.3390/su12030974, (wg listy czasopism MNiSW z 2019 roku 70 pkt), **IF2019 2,596.**

Au8 Lonkwić P., Ruta H., Krakowski T.: Application of stray magnetic field for monitoring the wear degree in steel components of the lift guide rails system. *Metals*, doi:10.3390/met10081008, (wg listy czasopism MNiSW z 2020 roku 70 pkt), **IF2019 2,259.**

W tabeli 4.1 zaprezentowano zestawienie udziałów każdej publikacji składającej się na cykl. Łączny IF publikacji wynosi **12,183**, a suma liczby punktów według listy MNiSW: **330**.

Tabela 4.1. Zestawienie informacji dotyczących prac tworzących cykl publikacji

Publikacja	Udział w %	IF	Punkty MNiSW	Rok publikacji
			15	
Au1	75	0,617	15	2014
Au2	100	0,531	15	2015
Au3	60	1,248	15	2015
Au4	60	0,398	30	2016
Au5	60	2,218	100	2017
Au6	30	2,316	70	2019
Au7	70	2,596	70	2019
Au8	70	2,259	330	2020
Łącznie		12,183		

c) cel naukowy ww. prac i osiągniętych wyników wraz z opisem ich ewentualnego wykorzystania

Do jednotematycznego cyklu publikacji włączyłem prace, przy których uczestniczyłem osobiście, a mój udział w nich był znaczący. Przeprowadziłem proces projektowania modelu hamulca, wykonałem projekt oraz nadzorowałem wykonanie stanowiska badawczego. Wykonałem badania symulacyjne na zaprojektowanym stanowisku badawczym oraz z wykorzystaniem metod symulacyjnych dokonałem interpretacji otrzymanych wyników. Celem naukowym było opracowanie opisu matematycznego układu hamulec-prowadnica, w którym ująłem nie tylko jego cechy geometryczne, ale również warunki współpracy poszczególnych podzespołów z uwzględnieniem zjawisk tarcia tocznego oraz ślizgowego, a także zakładanej nośności, co pozwoliło na wyprowadzenie jakościowego modelu matematycznego modelu badanego hamulca.

Wprowadzenie

Przedstawiona działalność naukowo-badawcza obejmuje zagadnienia naukowe ściśle powiązane z praktyką inżynierską i przemysłową. Moja działalność została ukierunkowana na różną problematykę projektowania i eksploatacji maszyn oraz urządzeń ze szczególnym

uwzględnieniem urządzeń transportu bliskiego jakimi są dźwigi, określane potocznie windami. Dzięki silnemu ukierunkowaniu moich prac na praktyczne zastosowanie oraz szeroką współpracę z gospodarką, efektem moich prac są nie tylko publikacje naukowe, ale również patenty oraz wdrożenia z zakresu projektowania oraz budowy oprzyrządowania technologicznego.

Podjęta tematyka związana jest z bardzo szybkim rozwojem urządzeń transportu bliskiego, w związku z zaostrażającymi się przepisami dotyczącymi bezpieczeństwa. Tym samym ich rosnąca złożoność stanowi nieustanną motywację do opracowywania kolejnych metod umożliwiających: optymalizację konstrukcji, opracowanie nowych i doskonalenie istniejących sposobów wytwarzania, znacząco ograniczających koszt nowych konstrukcji, także diagnozowanie ich stanu. Prezentowany cykl stanowi podsumowanie moich wieloletnich prac nad zagadnieniami związanymi z projektowaniem, wytwarzaniem i eksploatacją podzespołów stosowanych w budowie i eksploatacji maszyn zwłaszcza urządzeń zwiększających bezpieczeństwo dźwigów.

Chwytacze dźwigowe są urządzeniami zaliczanymi się do grupy urządzeń hamujących. Z uwagi na coraz bardziej znaczący aspekt ekonomiczny (konieczność zmniejszania kosztów wytwarzania), opracowywane są nowe, bardziej ekonomiczne konstrukcje.

Tworzenie i wdrażanie nowych rozwiązań konstrukcyjnych w przypadku urządzeń hamujących musi być poparte właściwym certyfikatem wydanym przez jednostkę notyfikowaną. Aby doszło do etapu certyfikowania, podmiot gospodarczy w pierwszej kolejności musi na własny koszt przeprowadzić badania, aby upewnić się, że opracowane urządzenie spełnia wymagania normy PN-EN 81-20, a także działa zgodnie z założeniami.

Testowanie chwytaczy, zgodnie z cytowaną normą odbywa się na stanowisku wykorzystującym metodę spadku swobodnego. Budowa takiego stanowiska, dla podmiotu gospodarczego mającego szeroki program produkcji, chcącego dodatkowo go poszerzyć o chwytacze, stanowi znaczący koszt. Na całościowy koszt wszystkich etapów związanych z procesem uzyskania certyfikatu składają się koszty: projektowania chwytacza, projektowania stanowiska badawczego, aparatury pomiarowej, produkcji: stanowiska, prototypów chwytaczy i w końcu chwytaczy przeznaczonych do certyfikowania oraz certyfikowania przez jednostkę notyfikowaną. Zważywszy, że koszty związane z projektowaniem i budową stanowiska są ponoszone jednorazowo (stanowiska najczęściej

nie można wykorzystać do innych badań z uwagi na jego specyfikę), są to tzw. koszty zamrożone.

W związku z powyższym oraz brakiem wzmianek w literaturze (dokonano szczegółowego przeglądu literatury krajowej i międzynarodowej oraz baz patentowych) umożliwiających optymalne ich projektowanie, zasadne jest poszukiwanie zastępczych metod symulacyjnych. Dlatego **stosując symulacje komputerowe, poszukiwałem metody pozwalającej na wyeliminowanie kosztownych metod badawczych lub ograniczenie wykonywania kosztownych testów przemysłowych pozwalających na ocenę poprawności procesu hamowania w odniesieniu do wymagań normy PN-EN 81-20**, co zostało zawarte w jednotematycznym cyklu publikacji [Au1 ÷ Au8]. Uzupełnieniem cyklu publikacji jest zestawienie patentów powstałych w rezultacie prowadzonych działań, a także wykaz najistotniejszych wdrożeń przemysłowych. Obydwa te elementy można uznać za potwierdzenie potrzeby i poprawności zrealizowanych prac.

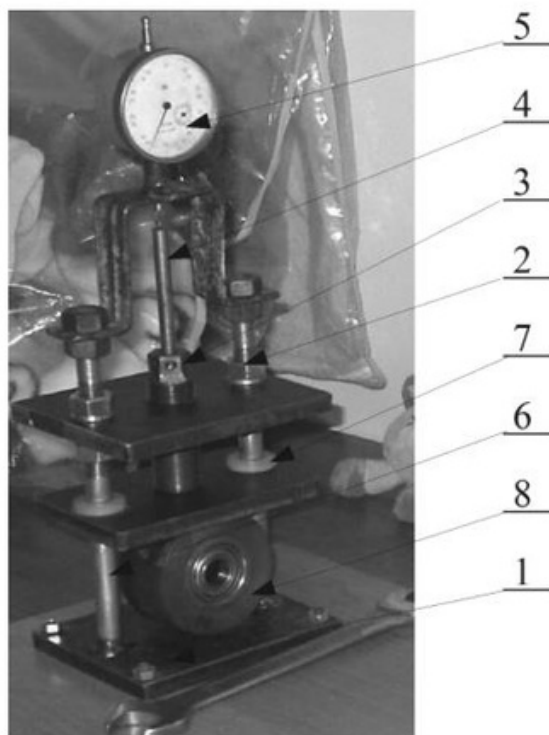
Pierwszą publikacją cyklu jest artykuł [Au1] opublikowany na łamach czasopisma *Journal of Vibroengineering*. Problem, jaki został przedstawiony w publikacji był związany z trwałym odkształcaniem się rolek poliuretanowych, będących głównymi elementami jezdnyymi dźwigów hydraulicznych, na skutek długotrwałych przestojów dźwigu, w wyniku czego pogarszał się komfort podróżujących. Dodatkowo, w dźwigach o udźwigu powyżej 630 kg na skutek odkształceń rolek obserwowano samoczynne, losowe wyzwalanie chwytaczy. Występujące problemy można było rozwiązać dwoma sposobami.

Pierwszy sposób związany był z zaprogramowaniem dźwigu w taki sposób, aby sam wykonywał puste przejazdy pomiędzy skrajnymi przystankami w zadanych czasookresach. Przejazdy pomiędzy skrajnymi przystankami, powodowały lokalny wzrost temperatury poliuretanu, a tym samym nie dochodziło do stanu odkształcenia plastycznego. Jednakże z uwagi na nocne przejazdy dźwigu w budynkach użyteczności publicznej, a także wzrost kosztów zużycia energii przez urządzenie nie spotkało się to rozwiązanie z aprobatą. Drugim sposobem rozwiązania problemu był dobór takiego typu poliuretanu, aby na skutek dłuższego przestoju zminimalizować odkształcenie rolek.

W związku z powyższym, przy współpracy z Zakładem Przetwórstwa Tworzyw Sztucznych w Milanówku oraz Katedrą Inżynierii Materiałowej Politechniki Lubelskiej

zapropnowałem do badań warstwy poliuretanowe o różnym składzie chemicznym oraz różnym czasie sezonowania. Próbki tworzyw zostały wykonane w ZPTS w Milanówku.

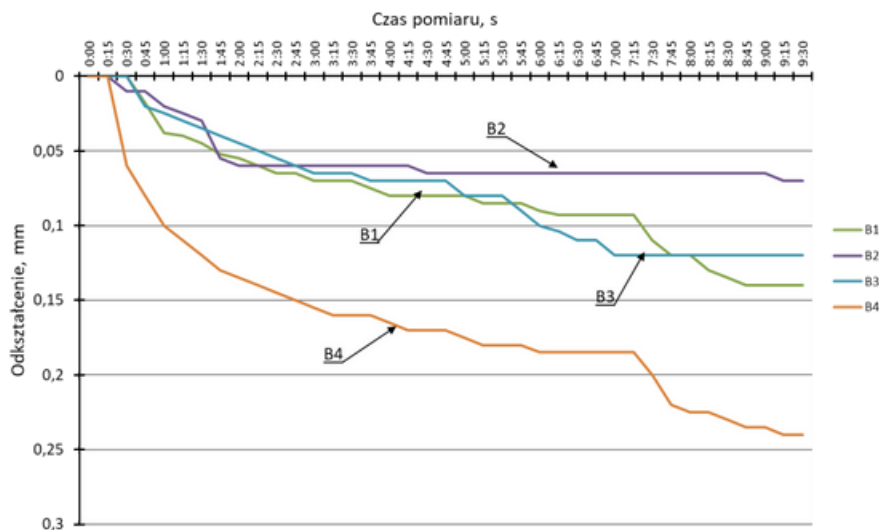
Do badań obciążenia poszczególnych rolek zostało opracowane autorskie stanowisko badawcze, pokazane na rysunku 4.1.



Rys. 4.1. Stanowisko autorskiej koncepcji do oceny odkształcalności bandaża rolki poliuretanowej: 1-rama dolna, 2-rama górna, 3-popychacz, 4-ramię czujnika, 5-czujnik zegarowy, 6-prowadnica, 7- łożysko ślizgowe, 8-badana rolka

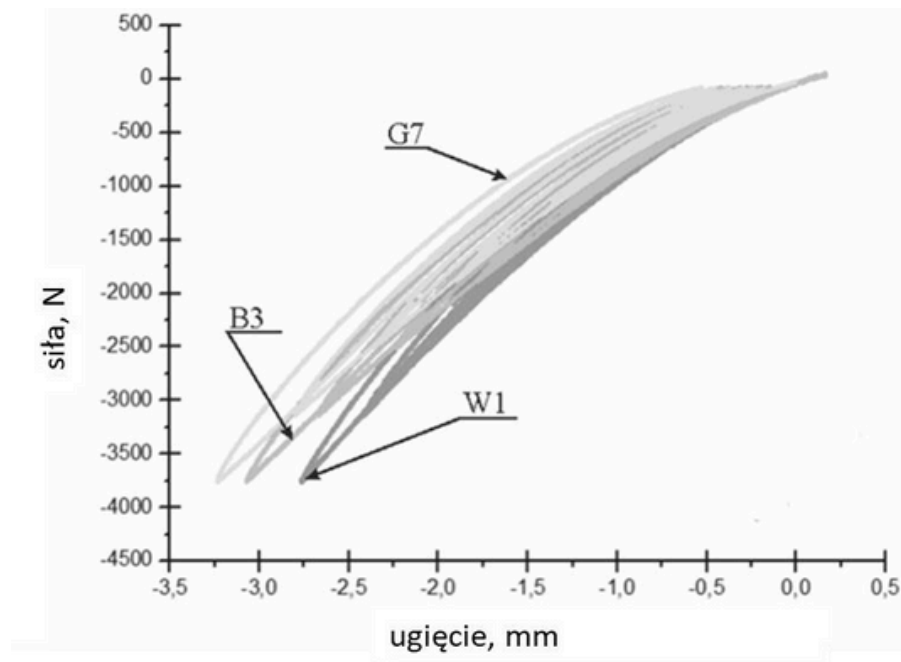
Obciążenie testowe badanych rolek zostało dobrane na podstawie obciążenia prowadników rolkowych dźwigu o udźwigu nominalnym 1000 kg. W przeliczeniu na jedną rolkę jest to obciążenie masą 350 kg. Na zbudowanym stanowisku badano odkształcenie promieniowe powierzchni cylindrycznej rolki. Badaniom poddano trzy rodzaje poliuretanów, które oznaczono, jako BROWN, GREEN i WHITE. Metodyka badań polegała na odkształcaniu rolki za pomocą śruby. Zbudowana prasa składała się z dolnego i górnego korpusu, którego przesuwanie odbywało się po dwóch prowadnicach o przekroju okrągłym. Korpus górny, był dociskany do obiektu badań za pomocą śruby o skoku 1 mm, co ułatwiało wywoływanie odkształcenia wstępnego o określonej wartości przez łatwy dobór liczby obrotów. W śrubie był wydrążony otwór, w którym była umieszczona końcówka popychacza czujnika zegarowego, mierzącego odkształcenie rolki. Wszystkie rolki zostały kolejno obciążone za

pomocą śruby o 5 zwojach gwintu, a następnie śruba była zwalniana. Rolki samoczynnie powracały do swojego pierwotnego kształtu, co było rejestrowane poprzez serię automatycznie wykonywanych fotografii czujnika zegarowego w 15-sekundowych odstępach. Przykładowy wykres sporządzony na podstawie zarejestrowanych wyników dla czterech rolek typu BROWN pokazany został na rysunku 4.2.



Rys. 4.2. Charakterystyki ugięcia rolek typu BROWN

Drugą zastosowaną metodą badawczą była metoda dynamiczna, do której użyto maszyny wytrzymałościowej. Na stojaku maszyny została zamontowana matryca pryzmowa, w której były umieszczane kolejno badane rolki. Nacisk na rolkę był realizowany przez płaski stempel, który wywoływał deformację podobną do rzeczywistego odkształcenia rolek na prowadnicach dźwigu. W celu wykonania pomiarów, założono że cykle obciążenia będą zwiększane płynnie do granicznej wartości obciążenia przyjętego na wstępie, a każdy cykl trwał 2,5 godziny. Czas został tak dobrany, aby poliuretan nie odkształcał się za szybko, na skutek czego mogłyby występować dodatkowo pęknięcia warstwy wierzchniej. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów sporządzono wykresy odkształcalności bandaży poliuretanowego, a przykładową charakterystykę badanych bandaży pokazano na rysunku 4.3.



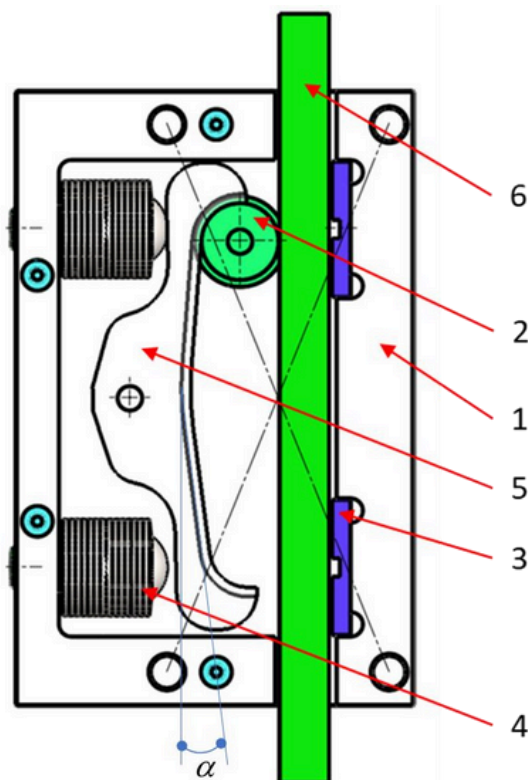
Rys. 4.3. Histereza odkształceń bandaży rolki przy cyklicznym obciążaniu: W-bandaż typu WHITE, B- bandaż typu BROWN, G- bandaż typu GREEN

Na podstawie wykonanych badań doświadczalnych stwierdzono, że zaproponowany skład polimeru o oznaczeniu W wpłynął pozytywnie na układ jezdny dźwigu hydraulicznego efektem czego było zwiększenie jego cichobieżności, co spowodowało, że zaproponowany polimer został wdrożony do produkcji.

Dalsze moje zainteresowania skupiły się na układach hamulcowych dźwigów ciernych, a w szczególności na chwytaczach poślizgowych. Powodem stosowania hamulców poślizgowych w dźwigach ciernych jest mniejszy współczynnik przeciążenia, który w przypadku tego typu hamulców wynosi 2 (w przypadku hamulców natychmiastowych współczynnik przeciążenia wynosi 3). Skutkiem zastosowania hamulców poślizgowych jest możliwość zastosowania prowadnic o mniejszym przekroju, co zmniejsza ogólny koszt urządzenia. Jak wspomniano na wstępie, nowe konstrukcje chwytaczy wymagają nakładów finansowych na badania własne. W związku z tym, rozpocząłem poszukiwania skutecznych metod symulacyjnych, umożliwiających - w ogólnym bilansie, zmniejszenie kosztów związanych z prototypowaniem chwytaczy. Wykonanie szczegółowego przeglądu literatury w zakresie budowy oraz eksploatacji chwytaczy ze szczególnym uwzględnieniem międzynarodowych baz urzędów patentowych pokazał, że brak jest jakichkolwiek wzmianek zawierających wiedzę na ten temat. Dostępne rozwiązania konstrukcyjne zachodnich

producentów są opatrzone jedynie certyfikatami, natomiast brakowało ogólnodostępnego opisu matematycznego.

do Przegląd istniejących rozwiązań konstrukcyjnych chwytaczy doprowadził opracowania autorskiego, wirtualnego modelu chwytacza, przedstawionego na rysunku 4.4 z wykorzystaniem oprogramowania SolidWORKS. Opracowana konstrukcja posłużyła do opracowania szczegółowej dokumentacji produkcyjnej, na podstawie której wykonano pierwsze modele badawcze.

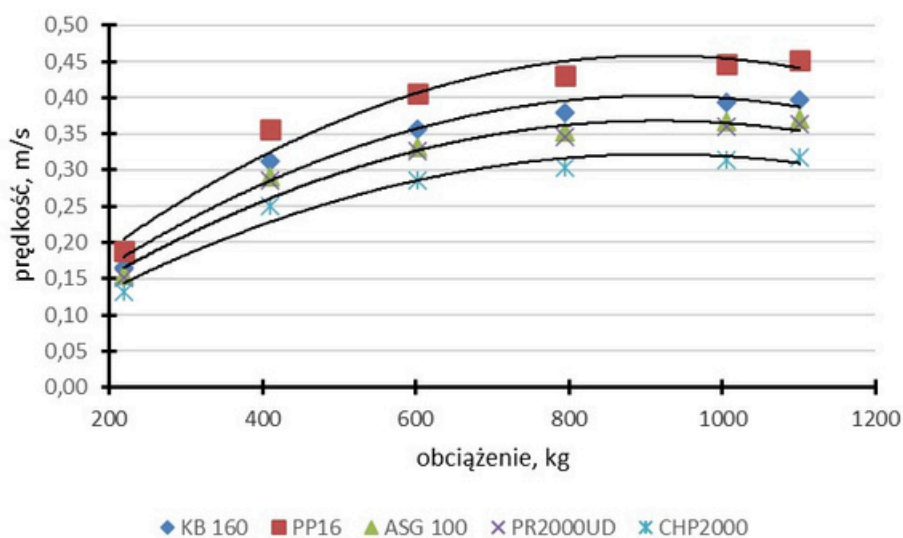


Rys. 4.4. Model autorskiej koncepcji chwytacza CHP 2000: 1-koprus, 2-rolka hamująca, 3-płytkę hamującą, 4-pakiet sprężyn talerzowych, 5-krzywka, 6-prowadnica

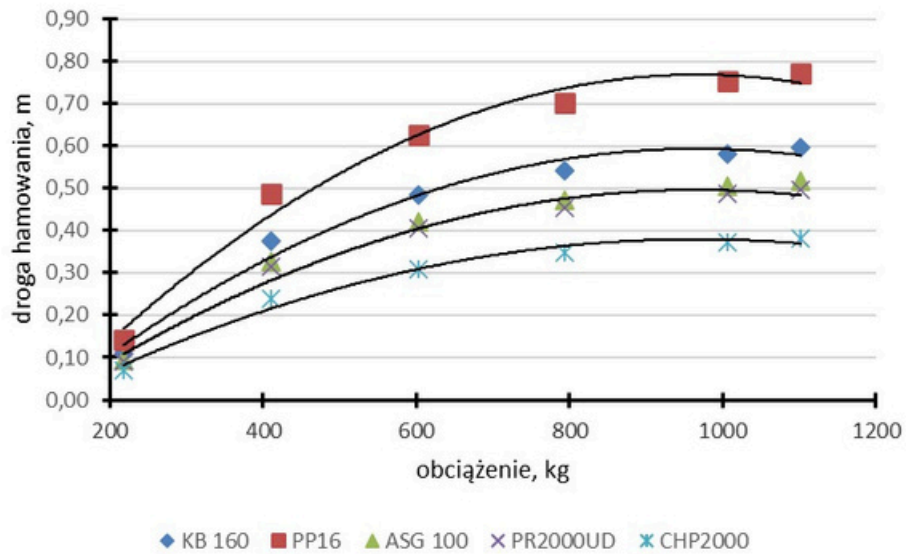
Według koncepcji, budowa zaproponowanego rozwiązania oparta była na monolitycznym korpusie 1, w którym zamontowana była na sworzniu krzywka 5. Po krzywce w obu kierunkach poruszała się rolka hamująca 2. Cechą znaną rozwiązania jest to, że krzywka 5 w górnej i dolnej jej części opierała się punktowo o sworznie, na którym są zamontowane pakiety sprężyn talerzowych 4. Rozwiązanie takie daje możliwość regulacji siły hamowania w dużym zakresie w zależności od udźwigu nominalnego. Działanie chwytacza polegało na przemieszczaniu się rolki hamującej po krzywce za pomocą dźwigni nie pokazanej na rysunku 4.4, do momentu pierwszego styku z powierzchnią prowadnicy 6.

Podczas dalszego procesu hamowania, rolka mająca powierzchnię radełkowaną wbijała się w prowadnicę wywołując jednocześnie ugięcie sprężyn 4 poprzez nacisk na krzywkę 5. Skutkiem ugięcia sprężyn było dociskanie rolki do prowadnicy siłą powstałą w sprężynach. Przedstawiona konstrukcja chwytacza posłużyła do wykonania szeregu prac badawczo-rozwojowych.

Koleją pracą dotyczącą zagadnień związanych z chwytaczami była praca [Au2] opublikowana na łamach *Chinese Journal of Mechanical Engineering*. Dane uzyskane z analiz istniejących rozwiązań chwytaczy typu: ASG100 (firmy Montanarii), KB160 (firmy Wittur), PP16 (firmy Montanarii), PR2000UD (firmy Dynatech) posłużyły do weryfikacji geometrii opracowanego rozwiązania chwytacza CHP 2000. W pracy przedstawiłem wpływ konstrukcji chwytacza na długości drogi hamowania z uwzględnieniem wartości skoku jałowego rolki hamującej. Przedstawiłem ponadto wyniki analiz wpływu obciążenia na długość efektywnej drogi hamowania, a także na prędkość opadającej kabiny dźwigu w czasie hamownia. Zaprezentowane w pracy wyniki analiz teoretycznych posłużyły do opracowania założeń związanych z budową stanowiska badawczego, na którym wykonano pomiary długości drogi hamowania oraz opóźnień jakie są generowane w czasie spadku swobodnego dla opisanych typów chwytaczy w różnych warunkach eksploatacyjnych oraz z różnym obciążeniem. Teoretyczna analiza zagadnienia pozytywnie zweryfikowała wstępną hipotezę, wg której opisane parametry pracy chwytaczy są zależne od ich konstrukcji, warunków eksploatacyjnych oraz obciążenia. Otrzymane wykresy, sporządzone na podstawie przeprowadzonych analiz pokazane zostały na rysunkach 4.5 i 4.6.



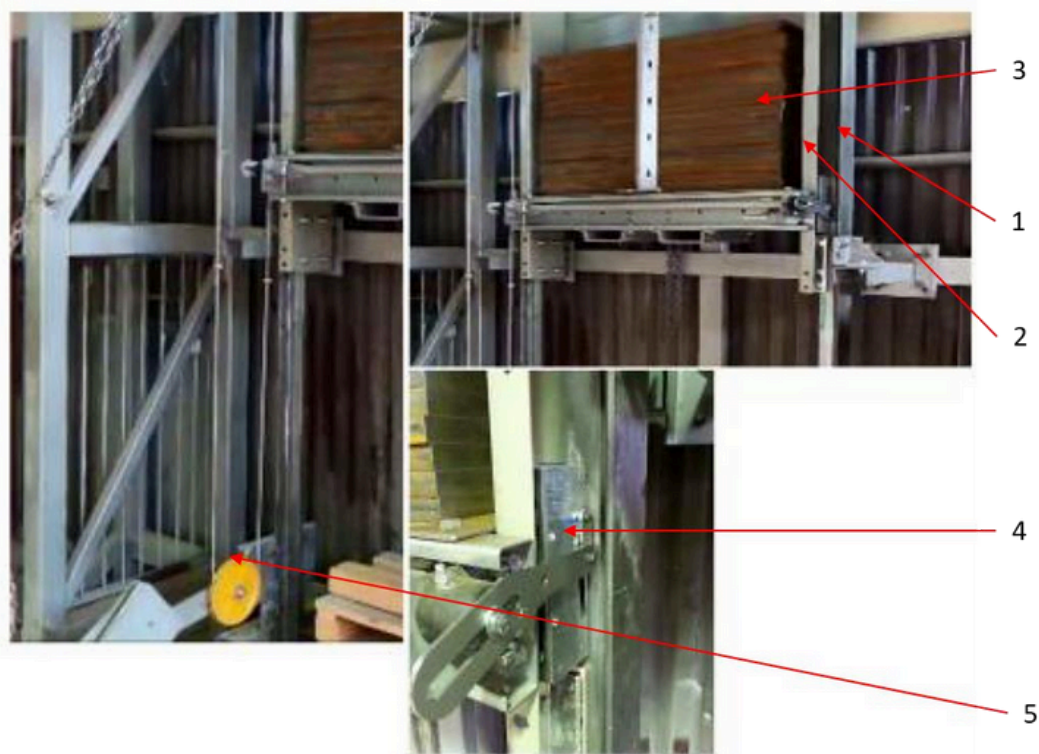
Rys. 4.5. Zależność prędkości hamowania od obciążenia



Rys. 4.6. Zależność efektywnej drogi hamowania od obciążenia

Dalsze prace rozwojowe pod moim kierunkiem realizowane były w trakcie stałej współpracy z Lubelską Wytwórnią Dźwigów Osobowych Lift Service w Lublinie. Szczegółowe pomiary wartości opóźnień hamowania wymagały realizacji szeregu prac konstrukcyjno–analitycznych. Pierwszym etapem było opracowanie oraz wykonanie stanowiska badawczego umożliwiającego badania metodą spadku swobodnego. Drugim etapem prac konstrukcyjnych było zaprojektowanie ramy nośnej umożliwiającej montaż różnego typu chwytaczy bez konieczności jej demontowania z układu pomiarowego. Trzecim etapem było zaprojektowanie układu pomiarowego, umożliwiającego pomiar opóźnienia w trzech osiach oraz określenie drogi hamowania.

W tym celu pod moim kierunkiem opracowane i zbudowane zostało stanowisko (rys. 4.7) do badań chwytaczy metodą spadku swobodnego, zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 81-1, a później PN-EN 81-20 i 81-50.



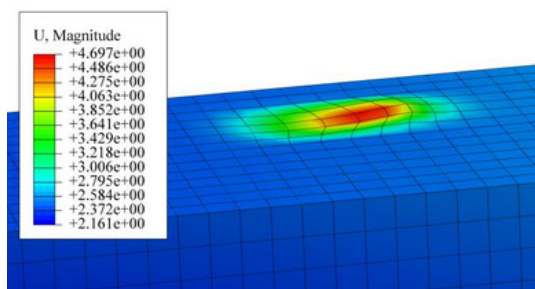
Rys. 4.7. Konstrukcja stanowiska do badań chwytaczy metodą spadku swobodnego: 1-konstrukcja nośna, 2-rama, 3-wkłady obciążające, 4-chwytnacz, 5-ogranicznik prędkości

Po wykonaniu stanowiska badawczego, serii prototypów chwytaczy oraz przeanalizowaniu całkowitych kosztów poniesionych do realizacji tego zadania, zdecydowano się na zastosowanie komputerowych metod symulacyjnych, które w rezultacie miały ograniczyć koszty. W celu sprawdzenia poprawności projektu chwytacza oraz projektu układu pomiarowego wykorzystującego trójosiowy akcelerometr oraz optyczny czujnik pomiaru drogi hamowania, wykonałem wstępne pomiary opóźnienia oraz drogi hamowania.

Opracowana konstrukcja chwytacza została poddana analizie MES wykorzystując do tego celu program Abaqus®. Wyniki przeprowadzonych symulacji numerycznych oraz wstępnych badań eksperymentalnych procesu hamowania chwytacza opublikowano w kwartalniku *Eksploatacja i Niezawodność* [Au3]. Analizie poddano symulację przemieszczania rolki chwytacza podczas hamowania z pozycji neutralnej do pozycji maksymalnego położenia. W modelu numerycznym zastosowano typ interakcji kontaktowych określanych w programie ABAQUS® jako surface-to-surface, stanowiących kontakt powierzchniowy, określający wzajemne oddziaływanie pomiędzy współpracującymi elementami układu na kierunku normalnym i stycznym, przy uwzględnionym współczynniku tarcia wynoszącym 0,3. Model chwytacza utwierdzono odbierając mu wszystkie stopnie

swobody. Podczas pracy układu, rolka hamująca przemieszczała się po drodze jaką wyznacza krzywka, w kierunku ujemnego zwrotu osi Z. Krzywka, współpracując ze sprężynami talerzowymi, powodowała docisk rolki do prowadnicy, a tym samym prowadnicy do płytek oporowych w kierunku osi X. Elementy odwzorowujące sprężyny talerzowe zostały ukształtowane w sposób umożliwiający uzyskanie określonej charakterystyki sprężystej, poprzez ich odkształcenie w trakcie procesu hamowania awaryjnego. Dyskretyzację poszczególnych elementów chwytacza przeprowadzono z wykorzystaniem dwóch typów elementów objętościowych: heksagonalnych – typu C3D8R oraz tetragonalnych – typu C3D4. W obydwu przypadkach zastosowany został rodzaj elementu pierwszego rzędu, przy czym w przypadku elementów ośmiowzłowych zastosowano zredukowane całkowanie. W przypadku elementów czterowzłowych, w celu zapewnienia odpowiedniej dokładności obliczeń zastosowano zagęszczenie siatki elementów tetragonalnych (rolka chwytaka), w porównaniu do ogólnego rozmiaru siatki MES modelu numerycznego. Wyniki obliczeń numerycznych przemieszczenia rolki hamującej pod obciążeniem porównano z rezultatami badań eksperymentalnych, poddając analizie długość drogi hamowania. Otrzymane wyniki pokazane zostały na rysunku 4.8.

a)



b)



Rys. 4.8. Porównanie wyników: a) symulacji MES, b) eksperymentu hamowania dla chwytacza CHP2000

W obu przypadkach materiał został trwale uplastyczniony na zbliżonej w obydwóch przypadkach długości wynoszącej ok. 20 mm. Na podstawie otrzymanych wyników, stwierdzono, że przeprowadzona analiza numeryczna wykazała jakościową i ilościową zgodność wyników z rezultatami badań doświadczalnych, prowadzonymi na fizycznym modelu konstrukcji. Weryfikacji poddano obszar uplastycznienia prowadnicy chwytacza po symulacji hamowania awaryjnego. Upłastycznienie prowadnicy symulowane z wykorzystaniem MES, oddawało naturę zachodzącej deformacji na drodze eksperymentu. Stwierdzona zgodność symulacji numerycznych z wynikami eksperymentu, wskazywała na

możliwości zastosowania symulacji do podobnych zagadnień, wspomagających w istotnym zakresie procesy badawczo-konstrukcyjne.

Tak przygotowany warsztat badawczy posłużył do wykonania szeregu prac eksperymentalnych, mających na celu rejestrację opóźnienia hamowania oraz prędkości spadku swobodnego dla pięciu typów chwytaczy w różnych warunkach eksploatacyjnych oraz z różnym obciążeniem. Ponadto, w czasie eksploatacji urządzeń dźwigowych zaobserwowano wpływ jakości powierzchni przewodnicy na długość drogi hamowania. Stwierdzono przy tym, że pojawiające się zanieczyszczenia powierzchni, z którą współpracuje rolka hamująca, powodowały wydłużenie drogi hamownia. W związku z powyższym, na stanowisku badawczym dokonano kolejnego eksperymentu z udziałem chwytaczy PP16 oraz CHP2000 pod zmiennym obciążeniem oraz w różnych warunkach eksploatacji. Różne warunki eksploatacyjne symulowano na stanowisku badawczym poprzez naniesienie na powierzchnię przewodnicy środków zanieczyszczających w następującej formie:

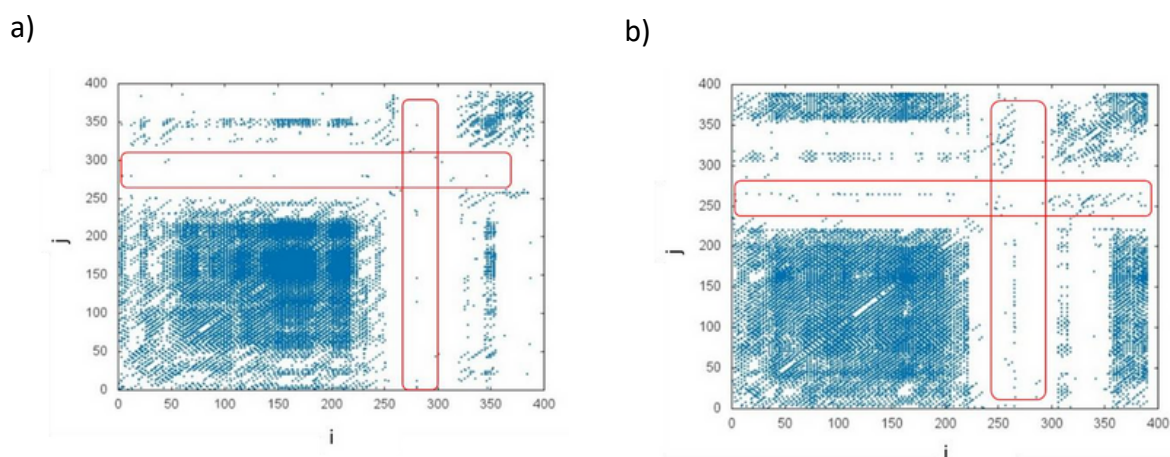
- bez smarowania – powierzchnia sucha S,
- smarowanie olejem – powierzchnia olejona OL,
- smarowanie mieszanką O50B,
- powierzchnia smarowana smarem stałym SM,
- smarowanie mieszanką S50B.

W ten sposób uzyskano 5 stanów powierzchni przewodnic. Po zakończeniu prac badawczych w celu sprawdzenia korelacji między wartościami opóźnień hamowania oraz obciążeniem, przy zmiennych warunkach eksploatacji. W artykule [Au4] opublikowanym w *Journal of Vibroengineering* przedstawiono analizę wykresów rekurencyjnych, stanowiących pomoc w analizie otrzymanych przebiegów. Analizie poddano takie wskaźniki

jak:

- wskaźnik rekurencji, będący stosunkiem punktów rekurencji do wszystkich punktów wykresu,
- determinizm, będący stosunkiem liczby punktów tworzących linie skośne wykresów do wszystkich punktów,
- laminarność, będąca stosunkiem liczby punktów rekurencyjnych tworzących linie poziome do wszystkich punktów wykresu,
- średnią długość linii pionowych wykresów.

Zastosowanie w/w narzędzi analitycznych pozwoliło na potwierdzenie sformułowanej hipotezy o występowaniu korelacji między obciążeniem, drogą hamowania oraz zmiennymi warunkami eksploatacyjnymi. Na podstawie szeregów czasowych przyspieszeń (400 punktów pomiarowych) dokonano rekonstrukcji przestrzeni, w której porównywano okresowość procesu. Przykładowe wykresy rekurencyjne, otrzymane na podstawie zarejestrowanych danych, pokazane zostały na rysunku 4.9.



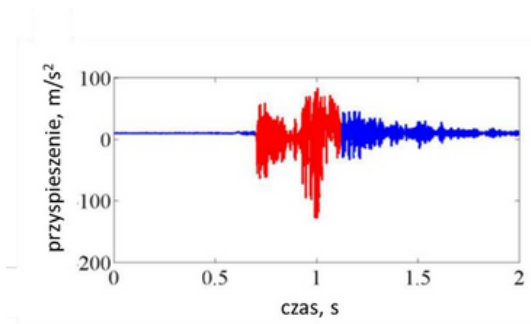
Rys. 4.9. Wykresy rekurencyjne: a) prowadnicy smarowanej, b) prowadnicy suchej, dla chwytacza CHP 2000 z obciążeniem nominalnym 1000 kg

Stwierdzone, dodatkowe punkty izolowane (obszary w czerwonych ramkach) wskazują na dynamikę nieperiodyczną lub hałas, natomiast linie pionowe są charakterystyczne dla stanów przerywanych. Porównując wykresy powtarzalności umieszczone na otrzymanych wykresach zauważono podobieństwo pomiędzy kilkoma przypadkami, ale w różnych warunkach pracy. Obecność białych obszarów zawartych na otrzymanych wykresach odzwierciedla niestacjonarność badanych szeregów czasowych. Koncentracja punktów powtarzalności, widoczna w lewym dolnym rogu na wykresach, wskazuje na bardziej regularny charakter dynamiki hamowania w początkowej fazie procesu. Podobne skupiska punktów można obserwować w prawym górnym rogu, co świadczy o większej regularności zjawiska w końcowej fazie. Stwierdzono ponadto, że wizualna analiza wykresów powtarzalności może być pomocna przy określaniu charakteru procesów dynamicznych.

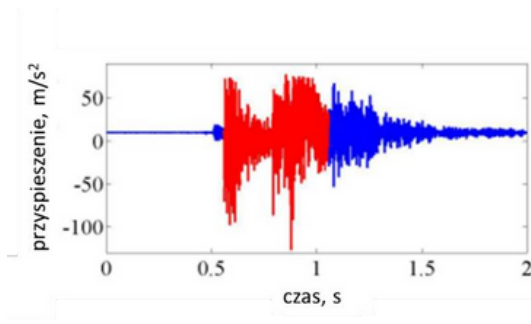
Inne ujęcie analizy procesu hamowania chwytacza przedstawiono w artykule [Au5] opublikowanym w czasopiśmie *Measurement*. Analizie poddano szeregi czasowe otrzymane na podstawie badań laboratoryjnych chwytaczy PP16 oraz CHP2000. Do analizy danych

wykorzystano wykresy opóźnienia hamowania (rysunek 4.10) oraz ciągłą transformatę wavelet CWT (rysunek 4.11).

a)

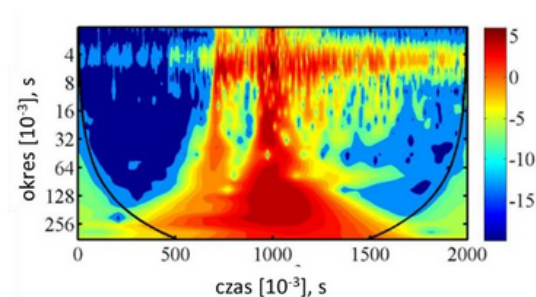


b)

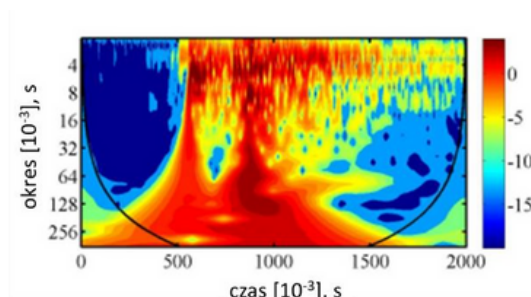


Rys. 4.10. Wykresy opóźnienia hamowania dla chwytaczy: a) CHP 2000, b) PP16;
obciążenie nominalne 1000 kg, prowadnica sucha

a)

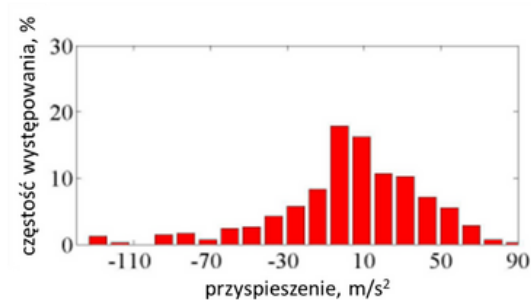


b)

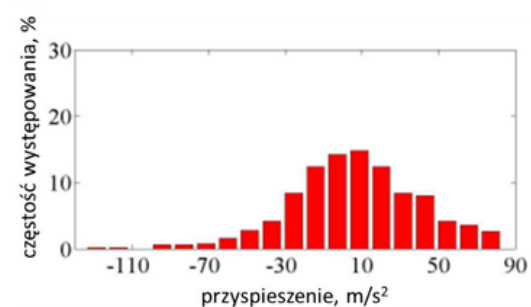


Rys. 4.11. Wykresy wavelet (CWT) opóźnienia hamowania dla chwytaczy: a) CHP 2000, b) PP16;
obciążenie nominalne 1000 kg, prowadnica sucha

a)



b)



Rys. 4.12. Histogramy opóźnienia hamowania dla chwytaczy: a) CHP 2000, b) PP16;
obciążenie nominalne 1000 kg, prowadnica sucha

Na podstawie przeprowadzonej analizy zaobserwowano, że obszar odpowiadający opóźnieniu hamowania, na rysunku 4.11 pokazany w kolorze bordowym, dla chwytacza typu PP16 jest bardziej rozmyty niż dla chwytacza CHP 2000. Konsekwencją tego jest również

zwiększona wartość opóźnienia przedstawiona w publikacji za pomocą histogramów opóźnienia - rysunek 4.12. W pracach uczestniczył Prof. Americo Cunha Jr z Uniwersytetu w Rio de Janeiro, który wykorzystał opracowany model z uzmiennionymi parametrami, łącząc go z opracowaną przez siebie metodą optymalizacji. Wyniki tych prac zostały opublikowane w artykule [Au6].

Jak wspomniano wcześniej, dalszy etap prac dotyczył optymalizacji konstrukcji chwytacza z użyciem aparatu matematycznego. Optymalizacji poddano kąt α krzywki oraz siłę wywieraną przez pakiet sprężyn talerzowych F_s . Na wstępie pracy zawarty został model matematyczny chwytacza CHP2000 uwzględniający zarówno zależności geometryczne jak i zależności tribologiczne współpracujących części. W oparciu o równania bilansu sił wyznaczono ostatecznie jakościowy, matematyczny model obiektu badań (MMOB) opisujący siłę hamującą F_h :

$$F_h = f(\alpha, F_s, F_g, F_b, \mu_1, \mu_2, \mu_4, a, b, c, d, e, f, l, m, n, R) \quad (1)$$

gdzie:

α – kąt krzywki,

F_s – siła generowana przez pakiet sprężyn talerzowych,

F_g – siła ciężkości,

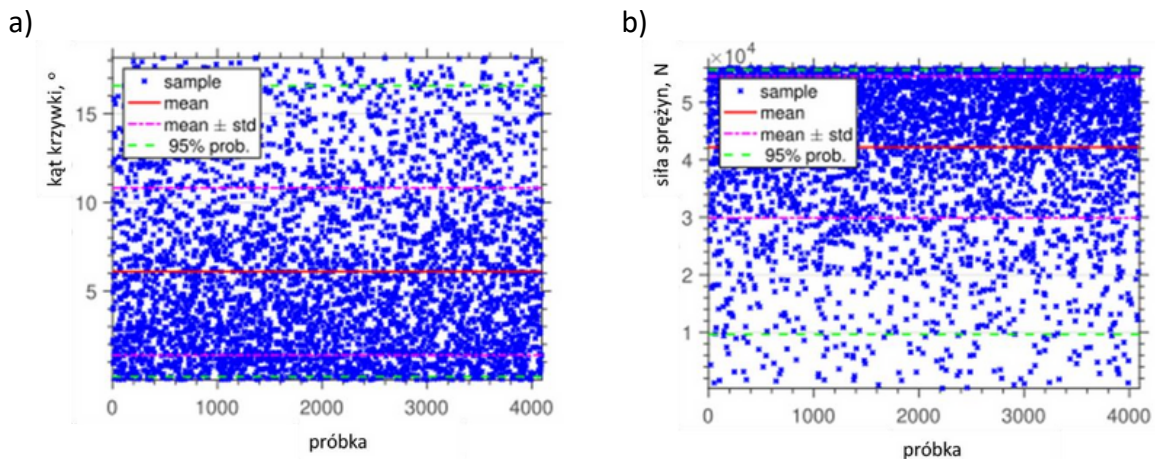
F_b – siła od udźwigu nominalnego,

μ_1, μ_2, μ_4 – współczynniki tarcia,

a, b, c , itd. – cechy geometryczne chwytacza,

R – promień rolki hamującej.

Wykorzystując program Matlab wykonano symulację zmienności parametrów poddanych optymalizacji oraz wyznaczono dla nich niepewność pomiarową. Wykonano wykresy prób (rys. 4.13) dla kąta α oraz siły F_s , sporządzono także model stochastyczny.

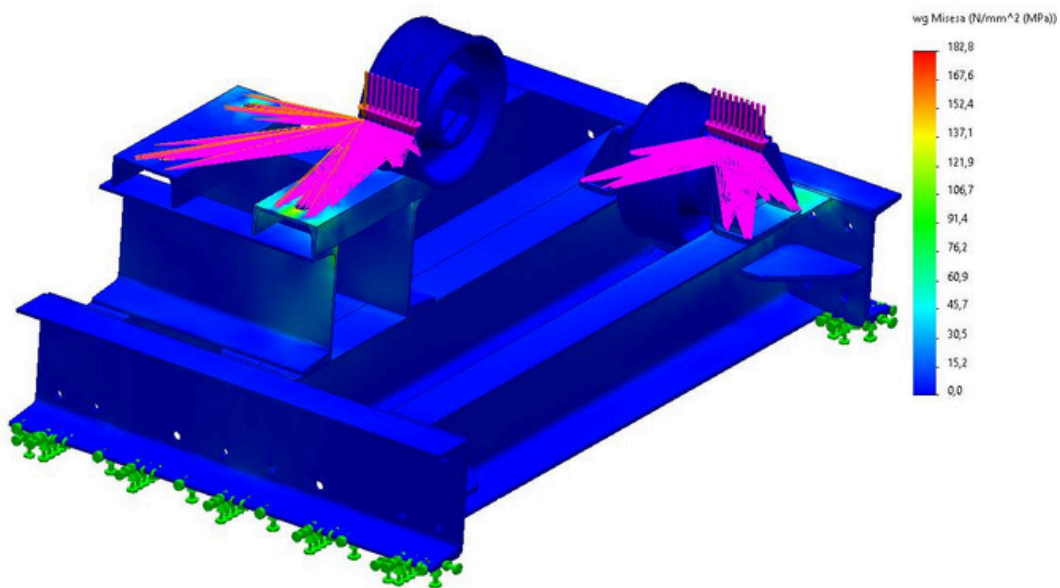


Rys. 4.13. Wykresy prób: a) dla kąta krzywki, b) dla siły sprężyn

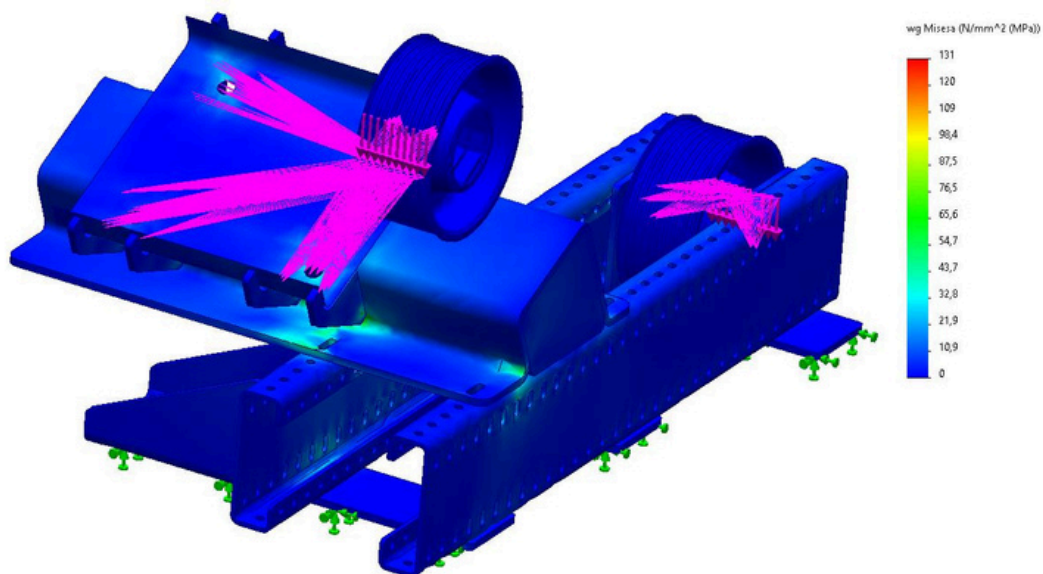
Na podstawie analizy rezultatów przeprowadzonych symulacji zmienności kąta α oraz siły F_s stwierdzono, że siła sprężyn w większym stopniu wpływa na niepewność pomiarową niż kąt krzywki, co w rezultacie może mieć wpływ na sprawność układu hamulcowego windy. Szczegółowy opis opracowanego modelu matematycznego układu hamulec-prowadnica oraz wyniki otrzymane z analiz matematycznych zostały zawarte w artykule [Au6] opublikowanym na łamach czasopisma *Meccanica*.

Kolejnym obszarem moich zainteresowań związanym z optymalizacją produkcji oraz redukcją kosztów wytwarzania przy wykorzystaniu metody elementów skończonych jest obszar związany z wirtualnym prototypowaniem przy użyciu obciążenia odległego. Częstym przypadkiem w inżynierii są konstrukcje, w których przyłożone obciążenie jest oddalone od punktów bezpośrednio obciążonych. Do konstrukcji takich zaliczają się ustroje nośne nazywane w branży dźwigowej ramami zespołów napędowych (reduktor z silnikiem). Przy stałej współpracy z Akademią Górniczo-Hutniczą, a w szczególności z dawną Katedrą Transportu Linowego działającą na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Robotyki powstała wspólna praca [Au7], która została opublikowana w czasopiśmie *Sustainability*. W artykule przedstawiono sposób optymalizacji ustroju nośnego dźwigu elektrycznego przy użyciu metody elementów skończonych oraz obciążenia odległego. Analizie poddano dwa rodzaje konstrukcji: spawaną – wykonaną z profili gorącowalcowanych, pokazaną na rysunku 4.14a oraz wykonaną w technologii wycinania laserowego, gięcia oraz skręcania, pokazaną na rysunku 4.14b.

a)



b)



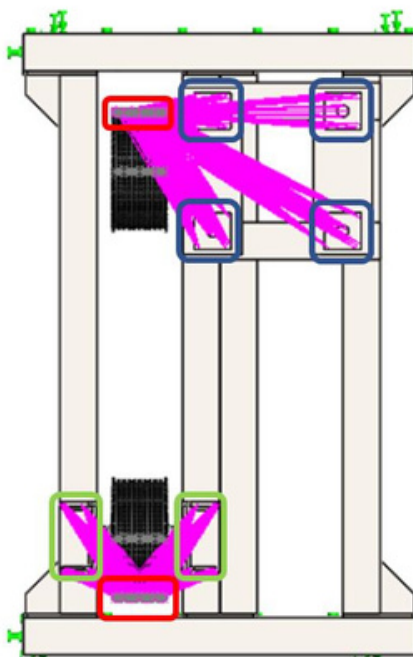
Rys. 4.14. Modele ustrojów nośnych pod reduktor dźwigu elektrycznego: a) ustrój wykonany z profili gorącowałcowanych, b) ustrój wycinany laserem, gięty i skręcany

Celem analizy było wykazanie, że istnieją przesłanki do zmniejszenia masy ustroju oraz skrócenia czasu jego montażu przy zachowaniu odpowiedniego współczynnika bezpieczeństwa oraz wymaganej jego sztywności. W I etapie prac odwzorowano umocowanie poszczególnych ustrojów w oparciu o istniejące instalacje urządzeń

dźwigowych, natomiast w II – odwzorowano sposób obciążenia powierzchni elementów konstrukcyjnych ustrojów.

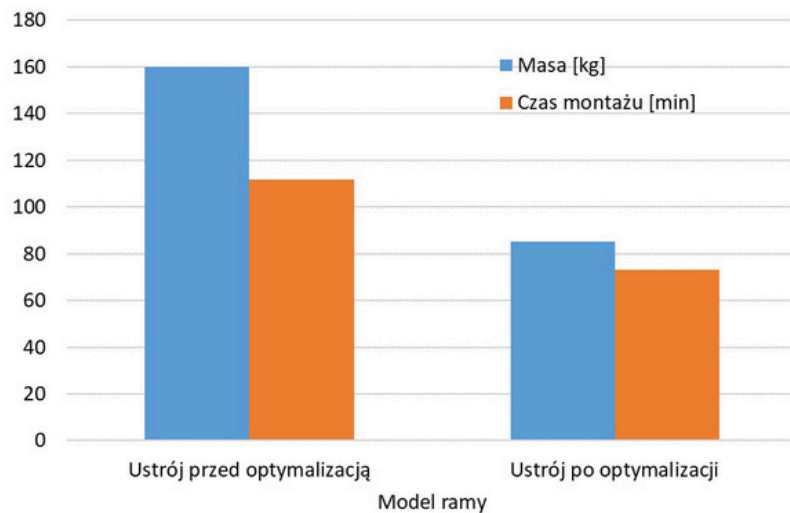
Zastosowanie obciążenia odległego umożliwia wykonanie obliczeń konstrukcji ustroju, którego obciążenie wynikające z pracy urządzenia (dźwigu) nie oddziałuje bezpośrednio na powierzchni montażowe obciążonych podzespołów konstrukcji, a jedynie na wybrane powierzchni innych podzespołów (kół linowych), zamontowanych na ustroju nośnym, co pokazano na rysunku 4.15. Obszary niebieskie symbolizują miejsca zamocowania zespołu napędowego, zielone – zamocowania wsporników koła linowego na ustroju, a obszary czerwone miejsca przyłożenia sił obciążających koła linowe. Przy tak odzwierciedlonych warunkach brzegowych, wykonano obliczenia numeryczne, w wyniku których uzyskano następujące korzyści:

- zmniejszenie wartości naprężeń maksymalnych wg hipotezy Hubera-Misesa,
- skrócenie czasu montażu ustroju,
- zmniejszenia masy własnej ustroju.



Rys. 4.15. Przykład użycia obciążenia odległego do symulacji obciążenia ustroju nośnego reduktora

Redukcja masy ustroju oraz czasu jego montażu (rys. 4.16) są czynnikami bezpośrednio wpływającymi na koszty wytwarzania, co w obecnych czasach jest znaczącym czynnikiem ekonomicznym.



Rys. 4.16. Masa ustroju [kg] oraz czas montażu [minuty] przed i po optymalizacji konstrukcji z użyciem metody elementów skończonych

Wyniki powyższych prac zostały wdrożone z powodzeniem w firmie PHU Paweł Stępień.

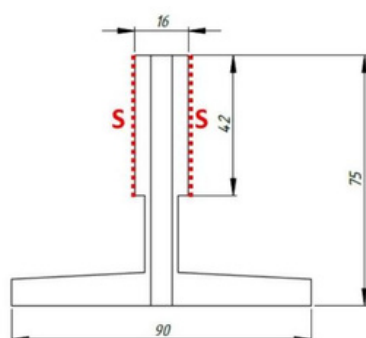
Warto również podkreślić, że w dziedzinie optymalizacji powstało kilkanaście znaczących wdrożeń przemysłowych opisanych szczegółowo w II części autoreferatu oraz w załączniku 5 jako [II.O1 ÷ II.O21] oraz wiele mniej znaczących, nie wyszczególnionych w załączniku.

Potrzeby rynku w zakresie stosowania metod symulacyjnych są coraz większe, zwłaszcza w projektach rozwojowych. Przykładem takim jest opracowanie przez mnie urządzenia, metodyki oraz sposobu oceny stanu technicznego prowadnic dźwigowych.

Prowadnice dźwigowe będące torem jezdny w czasie całego okresu eksploatacji są poddawane zużyciu, głównie w wyniku działania chwytaczy. Miejsca hamowania są wyrównywane w sposób mechaniczny, co powoduje miejscowe zmniejszenie pola przekroju poprzecznego. Wyszukanie takich miejsc w czasie eksploatacji jest utrudnione z uwagi na to, że zmniejszenie pola przekroju poprzecznego jest mało widoczne, zwłaszcza w przypadku prowadnic smarowanych. W związku z tym, powstała potrzeba opracowania urządzenia, za pomocą którego można zlokalizować miejsca oraz ocenić stopień ich zużycia. W ramach moich prac powstał projekt urządzenia do oceny stanu technicznego prowadnic, który został zgłoszony do Urzędu Patentowego RP [II.E2.1]. Samo urządzenie zostało również docenione

w projekcie *ELEVATOR WORLD's 2020 Project of the Year*, uzyskując I nagrodę w kategorii *Elevators – Upgrades and Repairs [II.N1]*. W początkowej fazie badań wraz z zespołem kolegów z Akademii Górniczo-Hutniczej skupiliśmy swoją uwagę na możliwości oceny stanu technicznego prowadnic z wykorzystaniem metod symulacyjnych, a w szczególności rozproszonego pola magnetycznego. Wyniki prac zostały szerzej opisane w artykule [Au8] opublikowanym w czasopiśmie *Metals*. Zastosowanie tej metody symulacyjnej pozwoliło na uzyskanie zadowalających wyników oceny jakościowej oraz ilościowej zużycia prowadnicy. Celem nadrzędnym było wykazanie możliwości wykorzystania stałego pola magnetycznego oraz pola rozproszenia do skutecznej lokalizacji miejsc zużycia prowadnic jak również zweryfikowanie możliwości prowadzenia oceny ilościowej związanej z oceną stopnia zużycia prowadnic w odniesieniu do zasobu dźwigów osobowych. Forma zużycia prowadnicy pokazana została na rysunku 4.17b.

a)



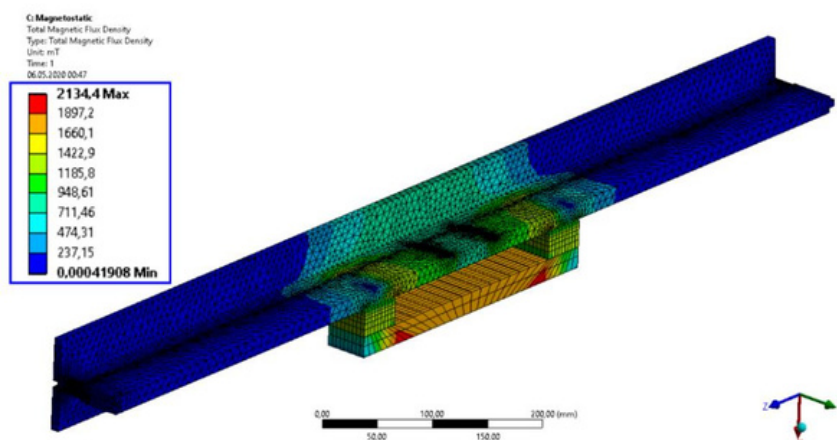
b)



Rys. 4.17. Prowadnica typu T90/A: a) widok prowadnicy od góry z zaznaczoną na czerwono powierzchnią roboczą S, b) widok z plastycznie uszkodzoną powierzchnią roboczą

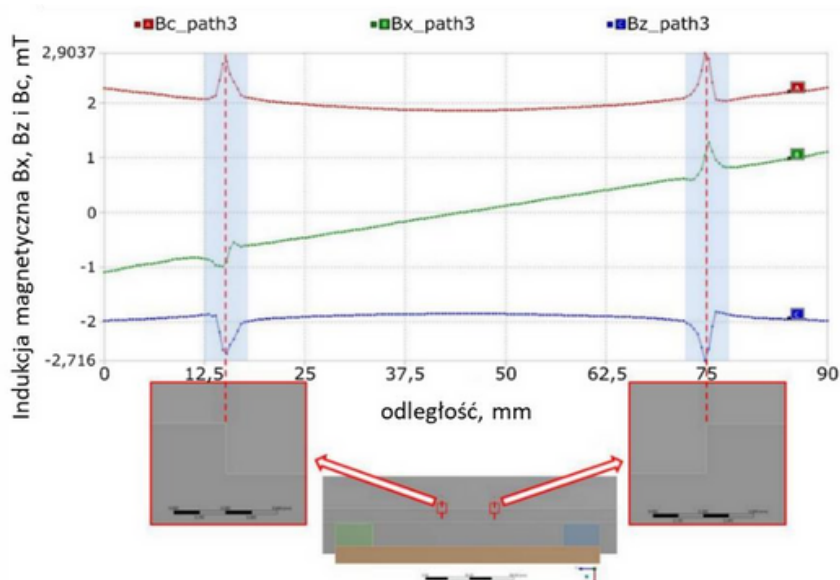
Hamowanie jest procesem o charakterze silnie dynamicznym, a jednocześnie zużyciowym. Wieloletni okres eksploatacji instalacji dźwigowych oraz występowanie zdarzeń związanych z hamowaniem awaryjnym w normalnym użytkowaniu, jak również podczas badań odbiorowych wykonywanych przez odpowiednie urzędy (w Polsce – Urząd Dozoru Technicznego), powoduje przyrost stopnia zużycia prowadnic. Wykorzystując równania Maxwella w formie różniczkowej, opracowano model matematyczno-fizyczny MES dla

elektromagnetyzmu. Na rysunku 4.18 pokazany został konturowy rozkład indukcji pola magnetycznego.



Rys. 4.18. Konturowy rozkład indukcji pola magnetycznego w przewodnicy i obwodzie magnetycznym głowicy

Analiza otrzymanych wyników symulacyjnych przy użyciu opracowanego modelu MES wykazała dużą wrażliwość opracowanego modelu wskazując miejsca potencjalnego uszkodzenia, co pokazane zostało na przykładowym wykresie – rys. 4.19.



Rys. 4.19. Składowe pola magnetyczne wzdłuż linii detekcyjnej oraz zaburzenia tych składowych jako reprezentantów pola rozproszenia w obszarze zużycia

Niestety, z uwagi na wystąpienie pandemii, prace nad stworzeniem prototypu urządzenia zostały przerwane.

Otrzymane wyniki prac symulacyjnych jasno pokazały, że w warunkach laboratoryjnych z dużym powodzeniem można wykorzystywać techniki oparte na aparacie matematycznym wykorzystując do tego celu zaawansowane oprogramowanie takie jak Matlab czy Statistica. W warunkach przemysłowych lepszym rozwiązaniem jest stosowanie metod numerycznych opartych o metodę elementów skończonych. Znajomość procesu fizycznego przebiegu zmian pozwoliła na uzyskanie zbieżnych wyników symulacji na stanowisku badawczym i symulacji numerycznej.

Podsumowanie

Dynamiczny rozwój inżynierii mechanicznej w zakresie bezpieczeństwa maszyn i urządzeń staje się coraz większym priorytetem. Opracowany opis matematyczny układu hamulec-prowadnica oraz analiza otrzymanych wyników badań może być podstawą do wyeliminowania czasochłonnych oraz kosztownych metod badawczych w odniesieniu do zapotrzebowania rynkowego. Ponadto może on wyznaczać kierunki do projektowania nowych oraz optymalizowania istniejących rozwiązań, co doskonale wpisuje się w rozwój nauki w zakresie budowy i eksploatacji maszyn.

Podsumowując, należy wyróżnić przede wszystkim naukowe, ale także praktyczne cechy wspólne przedstawionych prac prowadzonych w różnych obszarach przemysłu.

- Do głównego osiągnięcia naukowego zaliczam opis matematyczny autorskiej konstrukcji hamulca, który następnie został wykorzystany do stworzenia algorytmu, za pomocą którego wyznaczano wartość obciążenia elementu podatnego odpowiadającego za wytworzenie siły hamowania. Przeprowadzone badania umożliwiły przekształcenie ogólnego, jakościowego matematycznego modelu badanego obiektu w ilościowe zależności cech konstrukcyjnych decydujących o efektywności działania hamulca. Zastosowane w badaniach metody w większości są znane jednak ich aplikacja w nowych obszarach wymagała każdorazowo opracowania indywidualnych procedur, co także można uznać za osiągnięcie naukowe, przyczyniające się do rozszerzenia wiedzy w zakresie budowy i eksploatacji maszyn.
- Osiągnięciem praktycznym możliwym do uzyskania dzięki ww. osiągnięciu naukowemu było opracowanie oraz wdrożenie mechanizmów zwiększających

bezpieczeństwo urządzeń dźwigowych. Zdobyte w tym zakresie doświadczenie wykorzystałem opracowując nowe, a także ulepszając istniejące przyrządy technologiczne wdrożone w praktyce, stosując do tego metodę elementów skończonych. Ich wykorzystanie pozwoliło na ograniczenie kosztów, wynikających m.in. z minimalizacji pomyłek w procesie produkcyjnym.

- Na podstawie już przeprowadzonych badań można uznać, że dalsze badania należy ukierunkować na zwiększenie trwałości elementów hamujących hamulca, np. poprzez stosowanie dodatkowych powłok zwiększających ich odporność na ścieranie.

Metodykę optymalizacji konstrukcji w celu ich udoskonalania oraz ograniczenia kosztów wytwarzania stosuję w pracach badawczo-rozwojowych, wdrożeniach przemysłowych oraz dydaktyce.

5. Pozostałe osiągnięcia naukowo-badawcze po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych

Moje zainteresowania naukowe zaczęły krystalizować się już w czasie studiów inżynierskich i później magisterskich, a dotyczyły one szeroko rozumianej branży dźwigowej. W wyniku tego w 2000 roku podjąłem pracę zawodową w Lubelskiej Wytwórni Dźwigów Osobowych Lift Service S.A. Równoległe nawiązałem współpracę z Panem Profesorem Jerzym Lipskim, a efektem tego była praca inżynierska, która dotyczyła opracowania dokumentacji modernizacji dźwigów osobowych znajdujących się w budynku Wydziału Mechanicznego Politechniki Lubelskiej. Wraz z upływem czasu zauważyłem, że struktura budynku uniemożliwia studiowanie osobom niepełnosprawnym ruchowo. W rezultacie mojej pracy (jako praca magisterska) powstała dokumentacja dźwigu elektrycznego, która uwzględniała możliwości adaptacyjne budynku pod kątem spełnienia wymagań dostępności osób niepełnosprawnych oraz spełniała wymagania ewakuacyjne na wypadek pożaru.

Rozwijając swoje zainteresowania branżą, nawiązałem krótką współpracę z firmą DIGIPara, w efekcie czego dostałem do testowania ich pionierski program o nazwie Lift Designer służący do projektowania (nie konstruowania) urządzeń dźwigowych, wykorzystujący bazy danych czołowych producentów europejskich podzespołów dźwigowych. Moim zadaniem wówczas miało być sprawdzenie możliwości adaptacyjnych programu do stosowania go w warunkach polskiej zabudowy, tzn. miałem sprawdzić czy możliwości graficzne programu pozwolą na łatwą i szybką adaptację budynków tak, aby szybko i łatwo stworzyć dokumentację projektową dźwigu. Z czasem nabrałem doświadczenia w posługiwaniu się tym programem i byłem jedną z nielicznych osób, które biegle posługiwały się tym zintegrowanym systemem projektowym. Sposób posługiwania się tym specyficznym oprogramowaniem opisałem w publikacji **[I.B1]**. Równoległe prowadziłem badania nad zastosowaniem systemu diagnostycznego umożliwiającego monitorowanie wydłużania się lin nośnych dźwigu będących pod ciągłym obciążeniem przeciwwagi. Wyniki swojej pracy opisałem w artykule **[I.B6]** jako propozycję zastosowania metody diagnostycznej, dzięki której personel techniczny był w stanie w miesięcznych odstępach czasu reagować na wydłużające się liny w skutek czego zmniejszały się tzw. wolne przejazdy kabiny i przeciwwagi, w wyniku skracania ich odpowiednio wcześniej. Zastosowanie tego

systemu w kilku urządzeniach pozwoliło na wyeliminowanie przestojów dźwigów związanych z usuwaniem skutków wyciągania się lin.

Również w tym okresie rozpocząłem prace badawcze nad możliwością zastosowania technik wibroakustycznych w analizie zużycia koła ciernego dźwigu osobowego, które realizowałem pod kierunkiem Profesora Jerzego Lipskiego. Wybrane wyniki badań, a także modelowe przedstawienie zespołu napędowego dźwigu zostały opisane w publikacjach przed uzyskaniem stopnia doktora, m.in.: [I.B2 ÷ I.B5]. Wyniki prac naukowych publikowałem również w czasopismach branżowych o zasięgu międzynarodowym [I.F1], [I.F2], [I.F6], [I.F7], a także w czasopiśmie branżowym związanym z Urzędem Dozoru Technicznego pt.: „Dozór Techniczny” [I.F3 ÷ I.F5], [I.F10], [I.F11], [I.F16], [I.F19], [I.F20 ÷ F21], [I.F22], [I.F32].

Tematykę dźwigową przedstawiłem również w innych czasopismach takich jak Narzędziowiec, Obróbka Metalu oraz Design News: [I.F9], [I.F15], [I.F29], [I.F31]. Moje zainteresowania rozszerzyły się również na zagadnienia związane z obróbką ubytkową oraz szeroko pojętą tematyką projektowania 3D oraz MES. Nawiązałem współpracę z czasopismami: Narzędziowiec, Projektowanie i Konstrukcje Inżynierskie oraz DesignNews, w których opublikowałem kilka artykułów z zakresu CAD, MES oraz obróbki ubytkowej [I.F8], [I.F12], [I.F14], [I.F18], [I.F25]. W tym samym czasie rozpocząłem współpracę z niemieckim dostawcą łożysk, firmą ABEG. W ramach współpracy rozpowszechniłem kilka publikacji opisujących system doboru łożysk Quickfinder Pro, umożliwiający łatwy i szybki sposób doboru łożysk. W ramach tego systemu dostępne są również moduły do doboru kół zębatach oraz sprężyn. Sposób posługiwania się poszczególnymi modułami opisałem w pracach [I.F23], [I.F24], [I.F26 ÷ I.F28]. Opublikowałem również artykuły zleczone [I.F13], [I.F17], [I.F30].

Po zakończeniu studiów magisterskich, ciągle poszerzałem swoją wiedzę praktyczną oraz teoretyczną z zakresu budowy i eksploatacji urządzeń dźwigowych. Uwagę swoją wówczas skupiłem na pojawiającym się problemie zróżnicowanego zużycia się wieńca koła ciernego na skutek nierównomiernego naciągu lin nośnych. Nierównomierność zużycia się rowków linowych na skutek tarcia liny stalowej o koło powodowało, że profil poszczególnych rowków był zniekształcony w stosunku do teoretycznego. W czasie pracy dźwigu zauważyłem, że rowki linowe o takim nieregularnym zużyciu, powodują chwilowe zakleszczania się liny w rowku, do momentu przekroczenia wartości naprężenia liny, co powodowało „wyrwanie” liny z rowka. Skutkiem niekorzystnym takiego efektu był z jednej

strony „efekt struny” pojawiający się w linie co było słyszalne dla podróżujących, wywołując niekorzystne odczucia słuchowe, z drugiej strony – eksploatacyjnej, powodowało nierównomierny poślizg lin w trakcie nagłego zatrzymania dźwigu. Drugi niekorzystny efekt powodował, że lina będąca we współpracy z rowkiem o nieregularnym zużyciu, była podciągana na skutek zakleszczenia, co powodowało nierównomierność naciągu lin, a także miejscowe zużycie liny.

Efektem moich prac nad w/w tematyką było otwarcie przewodu doktorskiego w grudniu 2005 roku, którego tematem była „*Identyfikacja procesu zużycia pary kinematycznej koło-lina z wykorzystaniem sygnału akustycznego*”.

Po wykonaniu szeregu pomiarów na rzeczywistych dźwigach z kołami ciernymi o różnym stopniu zużycia oraz przeanalizowaniu otrzymanych wyników zastosowałem w swojej dysertacji doktorskiej sieci neuronowe jako narzędzie umożliwiające uzyskanie informacji o stanie technicznym rowków linowych na podstawie rejestracji danych wibroakustycznych.

Publiczna obrona rozprawy doktorskiej odbyła się 21 stycznia 2009 roku. W tym samym dniu, decyzją Rady Wydziału Mechanicznego otrzymałem stopień naukowy doktora nauk technicznych w dyscyplinie *Budowa i Eksploatacja Maszyn*. W rozprawie doktorskiej napisanej pod kierunkiem dr hab. inż. Jerzego Lipskiego przedstawiono wyniki badań teoretyczno-doświadczalnych wykorzystania metod wibroakustycznych do identyfikacji procesu zużywania rowków kół ciernych, będących głównym elementem przeniesienia sił między kabiną, a przeciwwagą dźwigu.

Już w trakcie przewodu doktorskiego zauważyłem duży niedostatek publikacji, które byłyby pomocne przy rozwiązywaniu pojawiających się problemów eksploatacyjnych w dźwigach. W związku z tym, powstały publikacje [II.A1 ÷ II.A7, II.A9]. Brałem również udział w realizacji badań opisanych w publikacji [II.A8], w której przedstawiono proces degradacji zmęczenia hydrotermicznego nowo zaprojektowanych materiałów kompozytowych. W wyniku prac wskazano, że ocena zmęczenia hydrotermicznego kompozytów polimerowo-ceramicznych może być dokonywana na podstawie pracy odkształceniowej prowadzącej do pęknięcia. Przedstawione wyniki badań mogą być bardzo szeroko wykorzystywane w technice, również w dźwigach zainstalowanych na zewnątrz budynków.

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora wyniki mojej pracy naukowej związanej z działaniem hamulców licznie publikowałem w innych czasopismach znajdujących się na liście B MNiSW wymienionych w części **[II.B]**. W publikacjach **[II.B10, II.B11]** przedstawione zostały wyniki analiz nowego typu silnika BLDC jako zespołu napędowego drzwi kabinowych dźwigów. We współautorskich publikacjach **[II.B7, II.B8]** opisana została diagnostyka wyposażenia obrabiarek CNC realizujących obróbkę z wykorzystaniem techniki laserowej. W pracach **[II.B15 ÷ II.B18]** przedstawione zostały wyniki prac eksperymentalnych nad zastosowaniem lutowania oraz metod usztywnienia elementów cienkościennych kabiny dźwigu, a także ich wpływu na poziom dźwięku będącego głównym, niekorzystnym parametrem pracy każdego urządzenia dźwigowego.

Mój dorobek publikacyjny nie ograniczał się tylko do powyższych publikacji. Po uzyskaniu stopnia doktora, byłem autorem kilkunastu publikacji zawartych w czasopismach innych niż czasopisma zawarte w bazach oraz na listach MNiSW. Do głównych czasopism na łamach, których publikowałem moje opracowania należą: *Dozór Techniczny*, *Magazyn Dźwig*, *Inżynier Budownictwa* (wersja tylko elektroniczna), *Magazyn Sensor*, *Służby Utrzymania Ruchu*. Oprócz opisanych powyżej prac, po uzyskaniu stopnia naukowego doktora opublikowałem łącznie 30 prac wymienionych w załączniku 5 pod pozycjami **[II.F1 ÷ II.F30]**.

Po uzyskaniu stopnia doktora swoje wyniki prac prezentowałem także na konferencjach krajowych oraz międzynarodowych w formie wystąpień oraz publikacji w recenzowanych czasopismach. Spis konferencji został przedstawiony w punktach **[II.D]** załącznika 5. W 2017 roku uczestniczyłem w pracach Komitetu Naukowego II Międzynarodowej Konferencji Naukowej organizowanej przez Wydział Zarządzania Politechniki Lubelskiej pt.: „Metody Komputerowe w Inżynierii CMES”, a później sukcesywnie co rok, aż do 2020 roku.

6. Projekty konstrukcyjne i wdrożenia przemysłowe¹

Moje oryginalne osiągnięcia projektowe i konstrukcyjne, które zostały wdrożone w przemyśle dotyczą następujących obszarów:

- bezpieczeństwa urządzeń transportu bliskiego potocznie nazywanych windami,
- oprzyrządowania transportowego,
- konstrukcji maszyn,
- oprzyrządowania technologicznego.

Już w czasie mojej długiej praktyki zawodowej w Lift Service S.A. zauważyłem, że branża ta wymaga dużego nakładu prac rozwojowych. W ramach mojego zaangażowania powstało wiele wdrożeń, z których część została zgłoszona do Urzędu Patentowego RP [II.E1.1 ÷ II.E1.8] oraz [II.E2.1 ÷ II.E2.3]. Przedstawione patenty dotyczyły głównie obszaru związanego z bezpieczeństwem urządzeń transportu bliskiego.

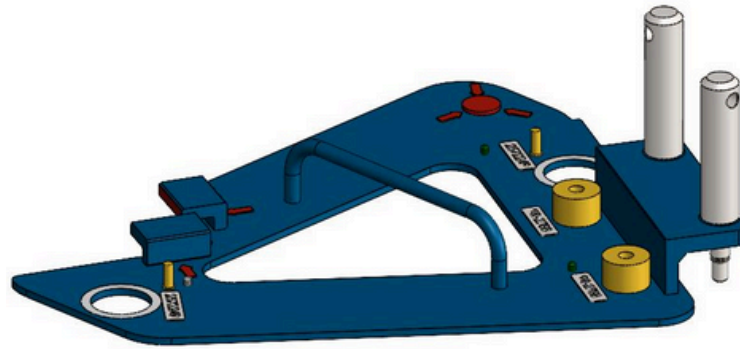
Po podjęciu pracy w Państwowej Wyższej Szkole Zawodowej w Chełmie moja współpraca z przemysłem ukierunkowała się na obszary związane z oprzyrządowaniem technologicznym, konstrukcją nowych rozwiązań oraz oprzyrządowaniem transportowym.

W 2018 roku rozpocząłem szeroko zakrojoną współpracę z firmą Caterpillar Janów Lubelski będącą częścią międzynarodowego koncernu produkującego, m.in. części do maszyn budowlanych. Z uwagi na liczne procesy spawalnicze w firmie oraz na braki wykwalifikowanej kadry spawalniczej średniego szczebla, miałem możliwość uczestniczyć w pracach w dwóch głównych obszarach związanych z poprawą efektywności pracy.

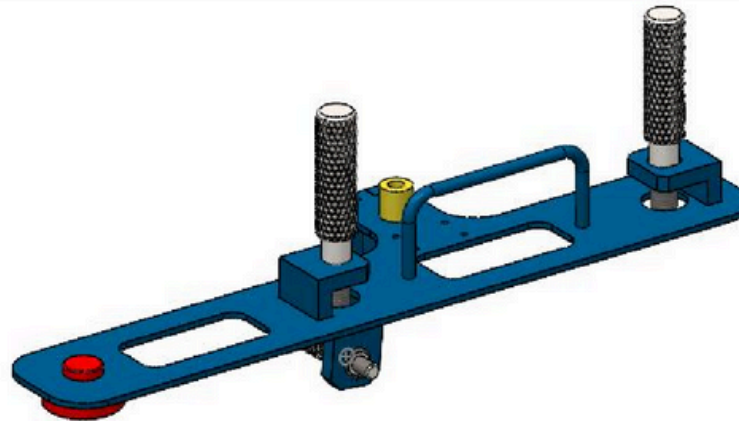
Pierwszy obszar dotyczył „*oprzyrządowania technologicznego*” w zakresie optymalizacji procesów spawalniczych pod kątem wyeliminowania pomyłek na stanowiskach spawalniczych powstałych z powodów kadrowych. W celu rozwiązania tych problemów, wdrożone zostały dwa rozwiązania, przeznaczone do stanowisk spawalniczych. Jedno z nich dotyczyło opracowania tzw. ustawiaków spawalniczych wykorzystujących metodę Poka-Yoke (jest to metoda zapobiegająca występowaniu wadom pochodzącym z błędów i pomyłek popełnionych przez brak koncentracji lub nieuwagę personelu). Wykorzystując dokumentację produkcyjną detali powstało blisko 100 projektów ustawiaków spawalniczych, których przykłady pokazane zostały na rysunku 6.1.

¹ Z uwagi na tajemnice firm, z którymi nawiązałem współpracę, nie udzielano zgody na zamieszczenie zdjęć z hal produkcyjnych, w których wykorzystuje się opisane projekty oraz wdrożenia.

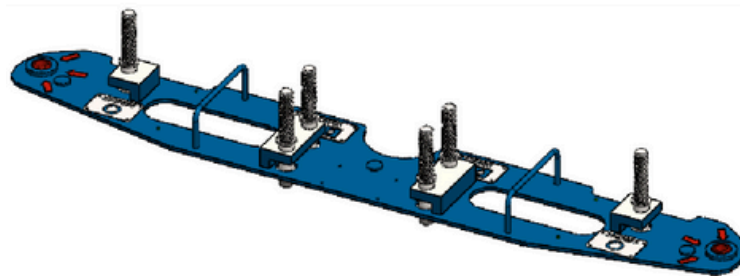
a)



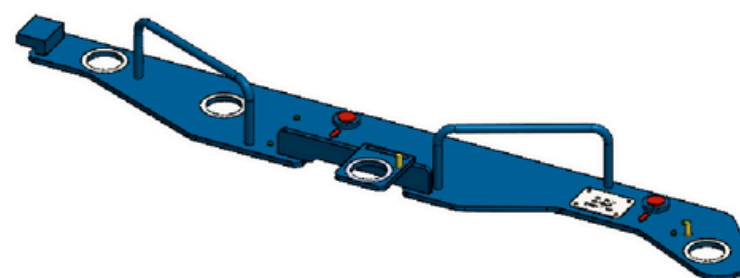
b)



c)



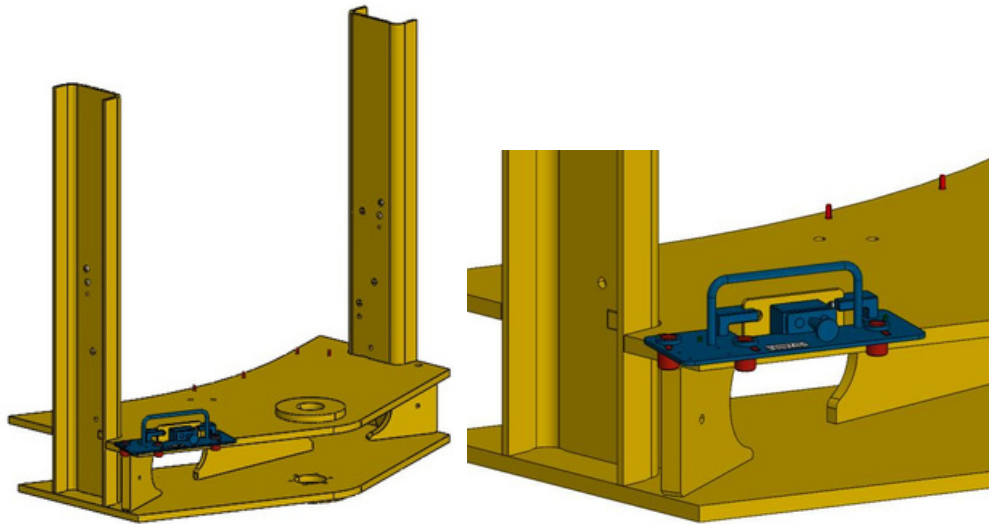
d)



Rys. 6.1. Przykłady ustawiaków spawalniczych do spawania elementów typu tulejka, kołek, wykorzystujących metodę Poka-Yoke

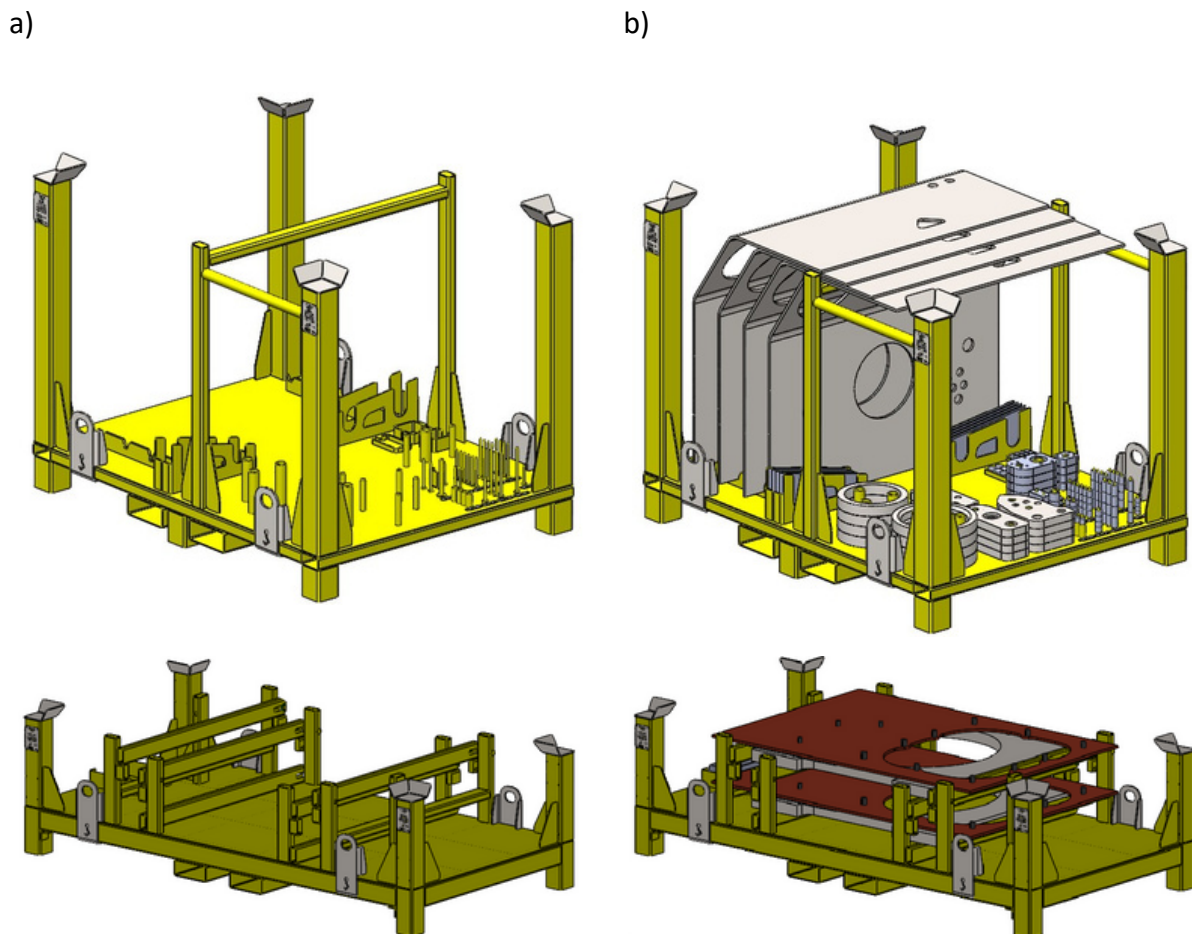
W ustawiakach zastosowano dodatkowo oznakowanie baz w kolorze czerwonym wraz z kierunkami dosuwania ustawiaka do detalu, oznakowanie numeryczne części jaka ma być spawana oraz oznakowanie białymi polami części tzw. małego typu: śruby, tulejki i kołki do przyspawania. Dodatkowym ułatwieniem dla personelu spawalniczego było umieszczenie

części w kolorze żółtym jakie mają być umieszczone na detalach za pomocą ustawiaków. Podejście takie całkowicie pozwoliło na zdefiniowanie detali jakie mają być umieszczone na wytwarzanych częściach. Przykład zastosowania ustawiaka na tle wyrobu pokazano na rysunku 6.2.



Rys. 6.2. Przykład ustawiaka spawalniczego na detalu wraz z powiększonym szczegółem jego ustawienia

Kolejnym obszarem mojej współpracy z firmą Caterpillar był obszar związany z oprzyrządowaniem transportowym. Głównym problemem związanym z transportem między zakładami Caterpillar w Europie oraz Polsce było to, że części przewożone były między zakładami w osiatkowanych paletach transportowych. Ilość detali, jaka była pakowana w jednym zakładzie nie w każdym przypadku odpowiadała zapotrzebowaniu drugiego zakładu. Po wielu konsultacjach wypracowany został projekt mający na celu unifikację oprzyrządowania transportowanego między zakładami pod kątem optymalizacji ilości detali przewożonych. Projekt miał na celu opracowanie tzw. palet transportowych, w których w zakładzie 1 umieszczano tyle kompletów detali, ile w zakładzie 2 miało być wyprodukowanych lub ich krotność poprzez załadowanie np.: 2 lub 3 palet na środek transportowy. Rezultatem tych działań było wdrożenie palet transportowych pokazanych jako przykłady na rysunkach 6.3.

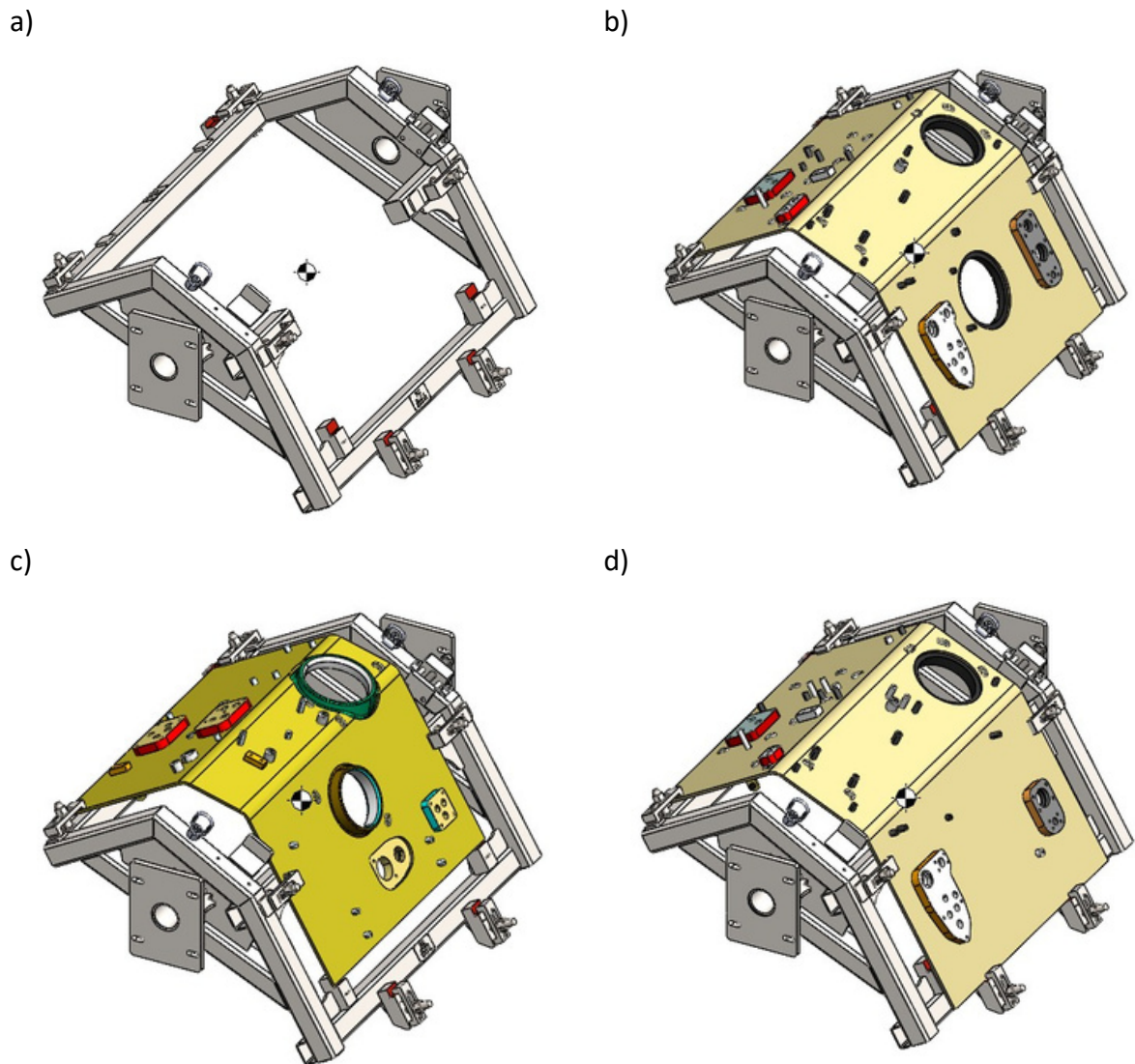


Rys. 6.3. Przykłady palet transportowych: a) palety puste, b) wypełnione skończoną liczbą kompletów detali

Wdrożone systemy transportowe zostały opracowane zgodnie z przyjętymi wymiarami euro palet, a także z możliwością piętrowania do transportu. Łącznie powstało i zostało wdrożonych 10 takich systemów.

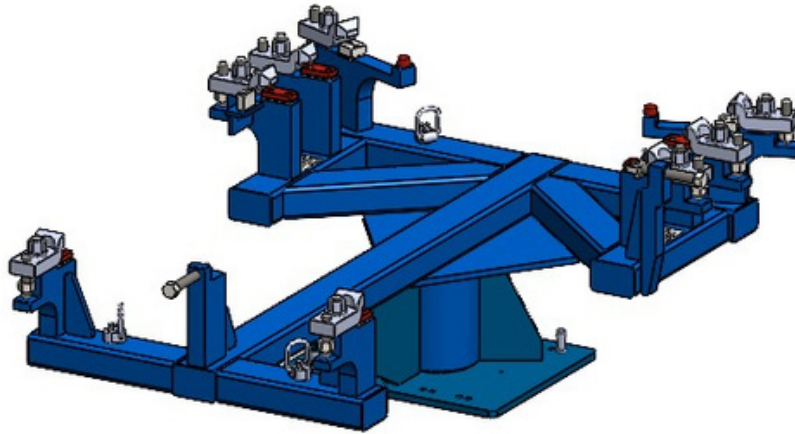
Trzecim obszarem współpracy z firmą Caterpillar Janów Lubelski był obszar związany z oprzyrządowaniem technologicznym. Do osiągnięć w tym zakresie mogę zaliczyć dwa rozwiązania obrotników spawalniczych, przyrząd obróbkowy, przyrząd do spawania za pomocą robota spawalniczego.

Pierwsze rozwiązanie obrotnika spawalniczego pokazane na rysunku 6.4 dotyczyło opracowania jego konstrukcji pod kątem możliwości zastosowania jednego rozwiązania przyrządu do trzech detali o podobnych gabarytach lecz różniących się wyposażeniem.



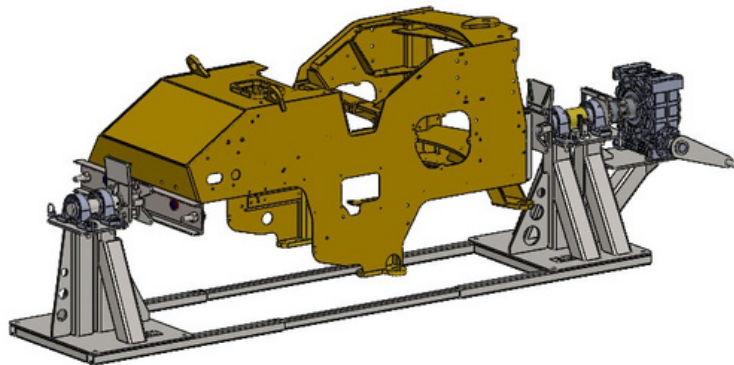
Rys. 6.4. Przyrząd spawalniczy przeznaczony do spawania robotem spawalniczym trzech typów detali:
a) przyrząd bez detalu, b) przyrząd z I detalem, c) przyrząd z II detalem, d) przyrząd z III detalem

Rozwiązanie tego problemu pozwoliło na skrócenie czasów technologicznych poprzez wyeliminowanie konieczności wymiany przyrządu w czasie zmiany produkcji detalu. Na rysunku 6.5 pokazany został model numeryczny kolejnego przyrządu spawalniczego przeznaczonego do robota spawalniczego z obrotnikiem. Problem jaki tutaj był do rozwiązania polegał na tym, że detale składowe wyrobu musiały być spawane w jak najkrótszym czasie. Zastosowanie przedstawionego przyrządu wraz z robotem spawalniczym pozwoliło na osiągnięcie założonych celów.



Rys. 6.5. Przyrząd spawalniczy przeznaczony do spawania na robocie spawalniczym dla trzech typów detali

Na rysunku 6.6 pokazany został ręczny obrotnik spawalniczy przeznaczony do spawania ram maszyn budowlanych o masie własnej 700 kg. Problemem do rozwiązania w tym przypadku były trudności związane z dostępnością do wszystkich spawanych miejsc wymaganych dokumentacją spawalniczą. Przed wdrożeniem obrotnika, ramy były obracane za pomocą suwnicy, co przysparzało komplikacji technologicznych. W celu łatwego sterowania, obrotnik wyposażono w ręczny mechanizm obrotowy współpracujący z reduktorem oraz hamulcem tarciovym.

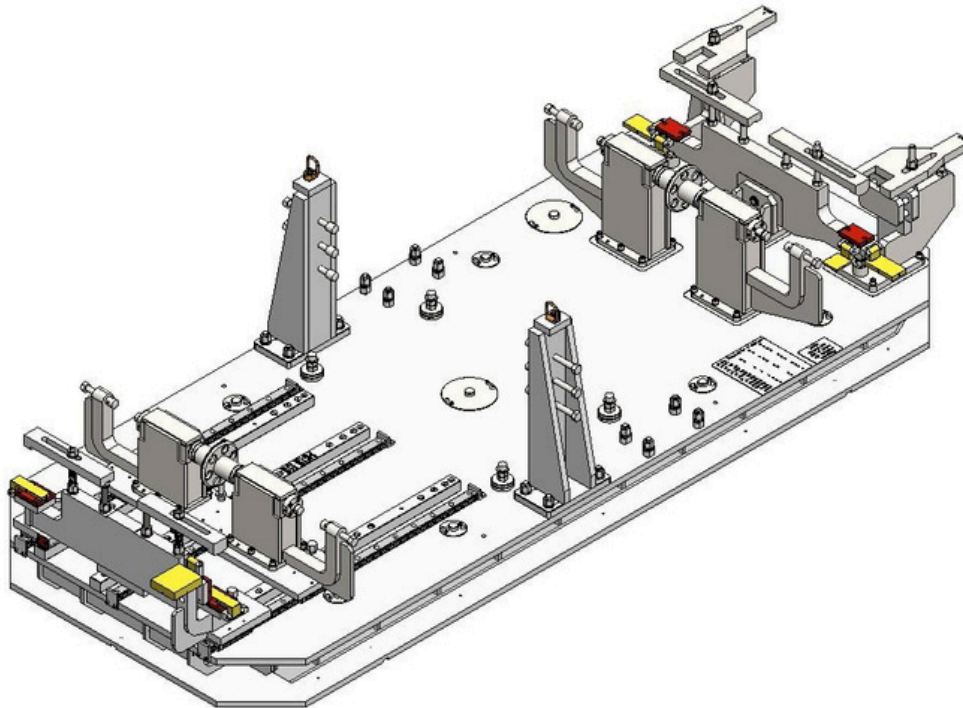


Rys. 6.6. Przyrząd spawalniczy przeznaczony do ręcznego spawania ram wraz z ręcznym obrotnikiem

Wdrożenie wyżej opisanego obrotnika pozwoliło na całkowite wyeliminowanie problemów z trudnodostępnymi miejscami spawanymi.

Czwartym obszarem współpracy z firmą Caterpillar Janów Lubelski było zaprojektowanie przyrządu obróbkowego przeznaczonego do obróbki otworów sworzni w 13 typach ram koparek. Dodatkowym wyzwaniem w tym wdrożeniu było to, że przyrząd miał

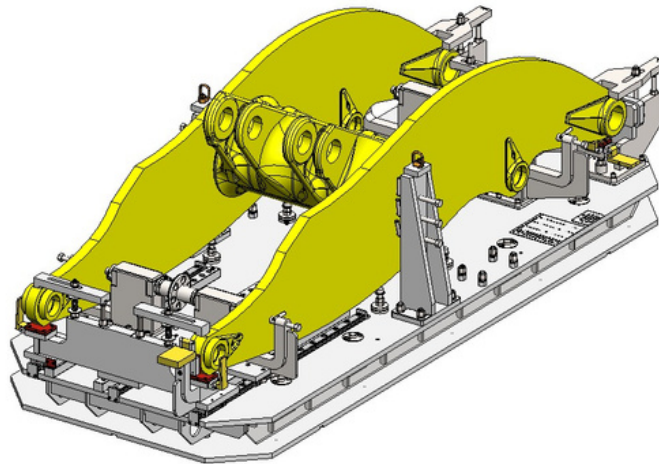
być dostosowany do trzech różnych frezarek mających trzy różne systemy mocowania: Pama III, Erowa Union oraz Scharmann. Należy tutaj dopowiedzieć, że frezarka z systemem Pama III znajduje się w fabryce w Sosnowcu, a frezarki z systemami Erowa Union oraz Scharmann w Grenoble we Francji. Głównym zamierzeniem wdrożenia była unifikacja oprzyrządowania obróbkowego niezależnie od zakładu, w którym był on stosowany. Cechą charakterystyczną obrazującą rozmiar detali obrabianych na tym przyrządzie, pokazanym na rysunku 6.7 jest płyta, która ma wymiary 4.5 x 1.8 m, a waga netto samego przyrządu wynosi 6000 kg.



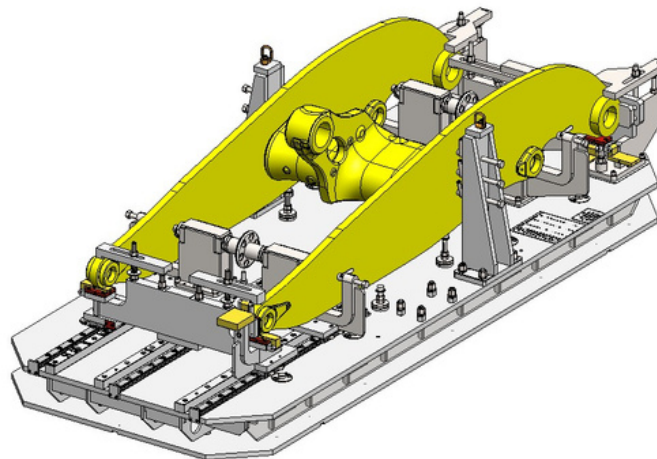
Rys. 6.7. Model numeryczny przyrządu obróbkowego

Na rysunku 6.8 pokazany został przyrząd z wybranymi, trzema typami ram.

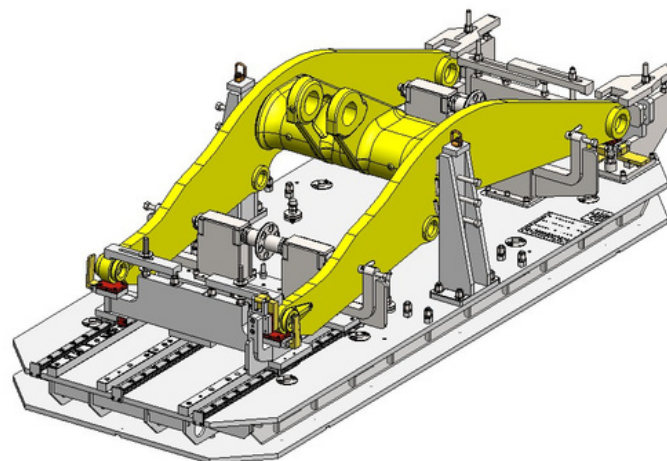
a)



b)



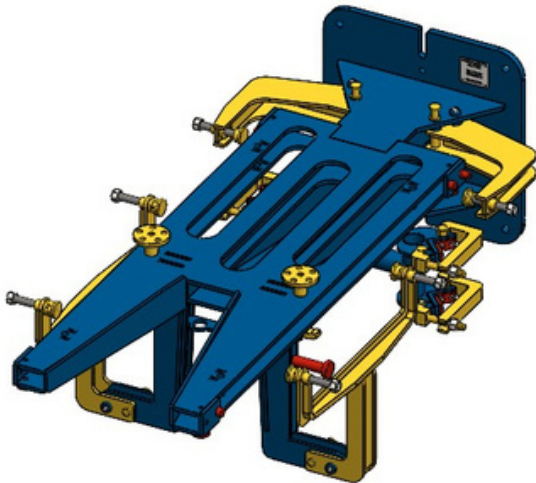
c)



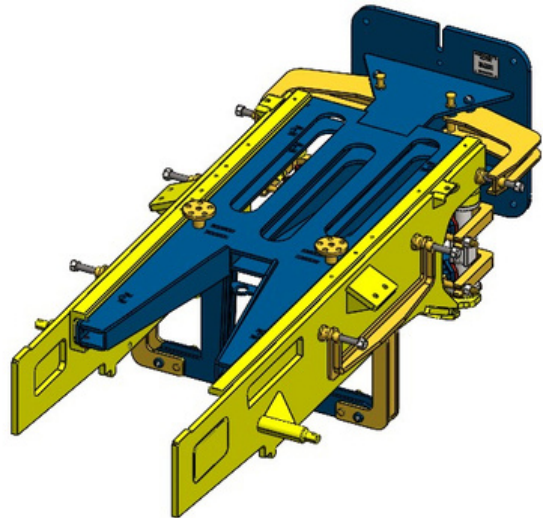
Rys. 6.8. Przyrząd obróbkowy, na którym umieszczone są wybrane modele ram poddawanych obróbce

Kolejną dużą firmą, z którą współpracowałem w obszarach konstrukcji oprzyrządowania była firma Fortaco JP, której siedziba znajduje się również w Janowie Lubelski. Podobnie jak z firmą Caterpillar, moja współpraca polegała na opracowaniu nowych konstrukcji oprzyrządowania technologicznego. Najbardziej znaczącym projektem wdrożonym do procesu produkcyjnego był przyrząd spawalniczy pokazany na rysunku 6.9.

a)



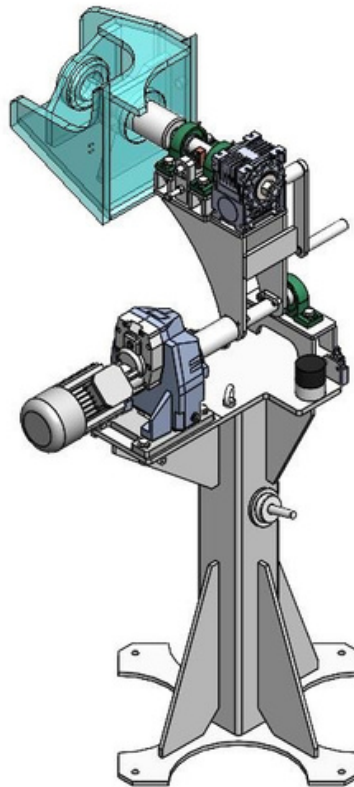
b)



Rys. 6.9. Przyrząd spawalniczy przeznaczony do spawania podzespołów typu 4-way: a) przyrząd, b) przyrząd z przykładowymi podzespołami

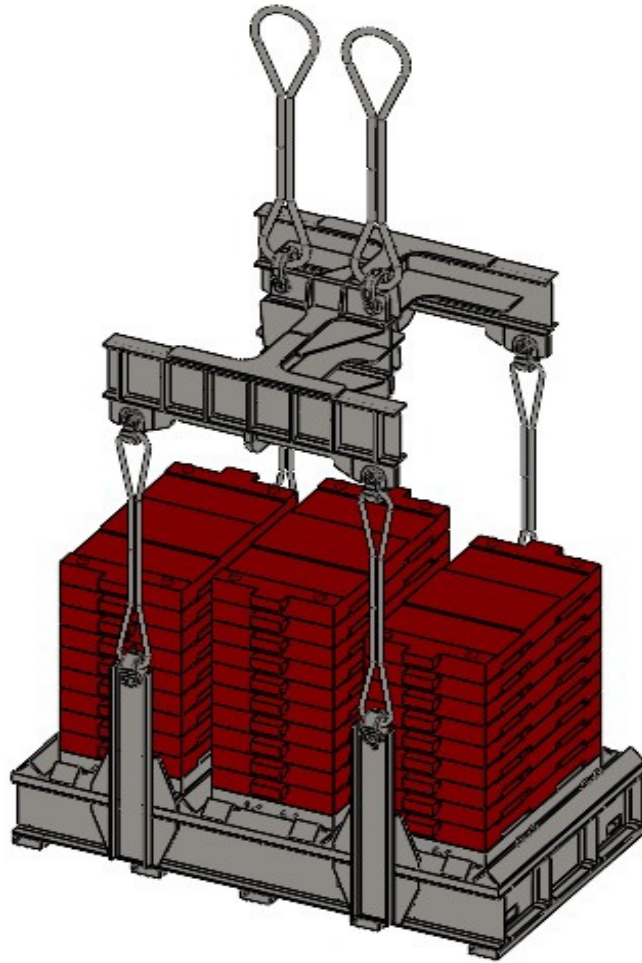
Był on przeznaczony do mocowania na jednokolumnowym obrotniku spawalniczym, natomiast konstrukcja samego przyrządu miała umożliwić montaż 6 różnych typów podzespołów tzw. 4-way (kolor żółty). Rozwiązanie zostało wdrożone do produkcji.

Kolejnym projektem wdrożeniowym w firmie Fortaco JP było opracowanie konstrukcyjne jednokolumnowego obrotnika wielopozycyjnego, służącego do spawania korpusów – kolor niebieski na rysunku 6.10. Opracowanie polegało na doborze właściwej kinematyki obrotnika, doborze reduktorów oraz hamulca ciernego, a także wykonaniu niezbędnych obliczeń numerycznych potwierdzających bezpieczną pracę przyrządu.



Rys. 6.10. Model jednokolumnowego obrotnika wielopozycyjnego

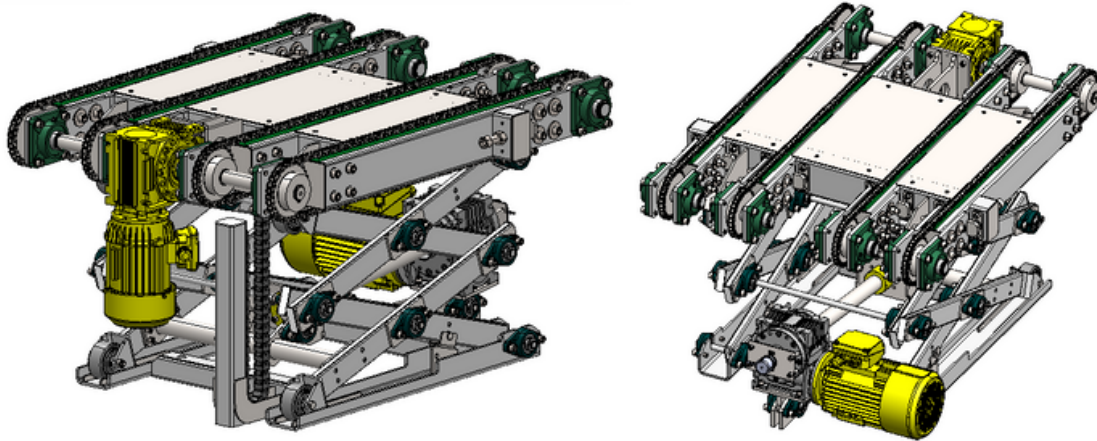
Kolejnym ciekawym projektem, jaki miałem okazję wykonać na zlecenie przemysłu był projekt platformy do testowania suwnic o udźwigu 70 Mg zainstalowanych w elektrowni Kozienice. W ramach projektu przygotowałem model numeryczny platformy o nośności całkowitej 81 Mg wraz z zawiesiem przeznaczonym pod jedno- i dwurożne haki suwnicowe. Platforma w zależności od sprawdzanej suwnicy była wypełniana obciążnikami o masie 2 Mg (kolor czerwony). Projekt polegał na opracowaniu modelu przestrzennego, wykonaniu obliczeń numerycznych oraz przygotowaniu dokumentacji warsztatowej platformy. Wyniki prac nad tym projektem pokazane zostały na rysunku 6.11.



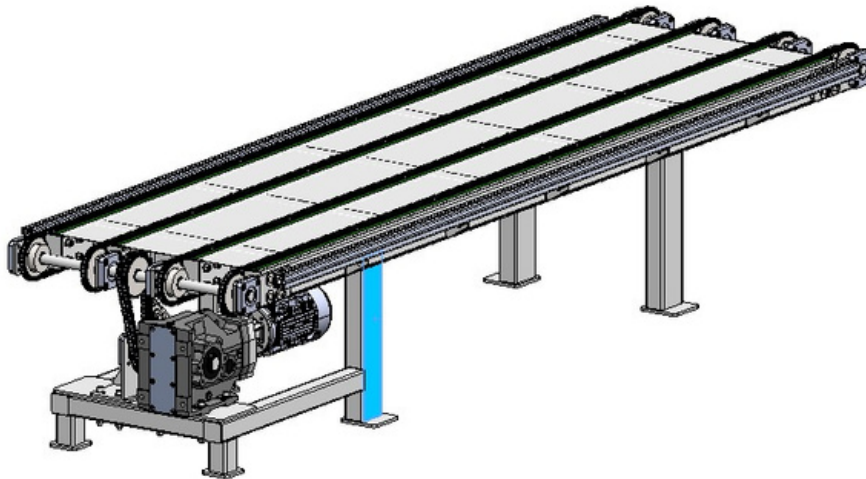
Rys. 6.11. Platforma do sprawdzania suwnic o udźwigu nominalnym 75 Mg

Konstrukcją z zakresu systemów transportowych przy jakiej miałem możliwość pracować był projekt na zlecenie firmy WIR AUTOMATION. W ramach nawiązanej współpracy powstał projekt będący częścią dużej linii technologicznej mającej na celu transport zgrzewanych siatek opinkowych wykorzystywanych w górnictwie. Wyzwaniem w tym projekcie było skorelowanie ruchów manipulatora będącego częścią linii technologicznej (nie pokazanego na rysunku 6.12) z ruchem pionowym stołu nożycowego - rysunek 6.12a. Zasada działania linii polegała na tym, że po osiągnięciu wymaganej ilości siatki w stosie, składowanej na stole nożycowym, uruchamiał się napęd liniowy, który przemieszczał stos siatki na podajnik łańcuchowy pokazany na rysunku 6.12b. Po zakończeniu procesu transportowania stosu siatki, stół podnosił się do wymaganej wysokości w czasie 3 s i proces rozpoczynał się powtórnie.

a)



b)

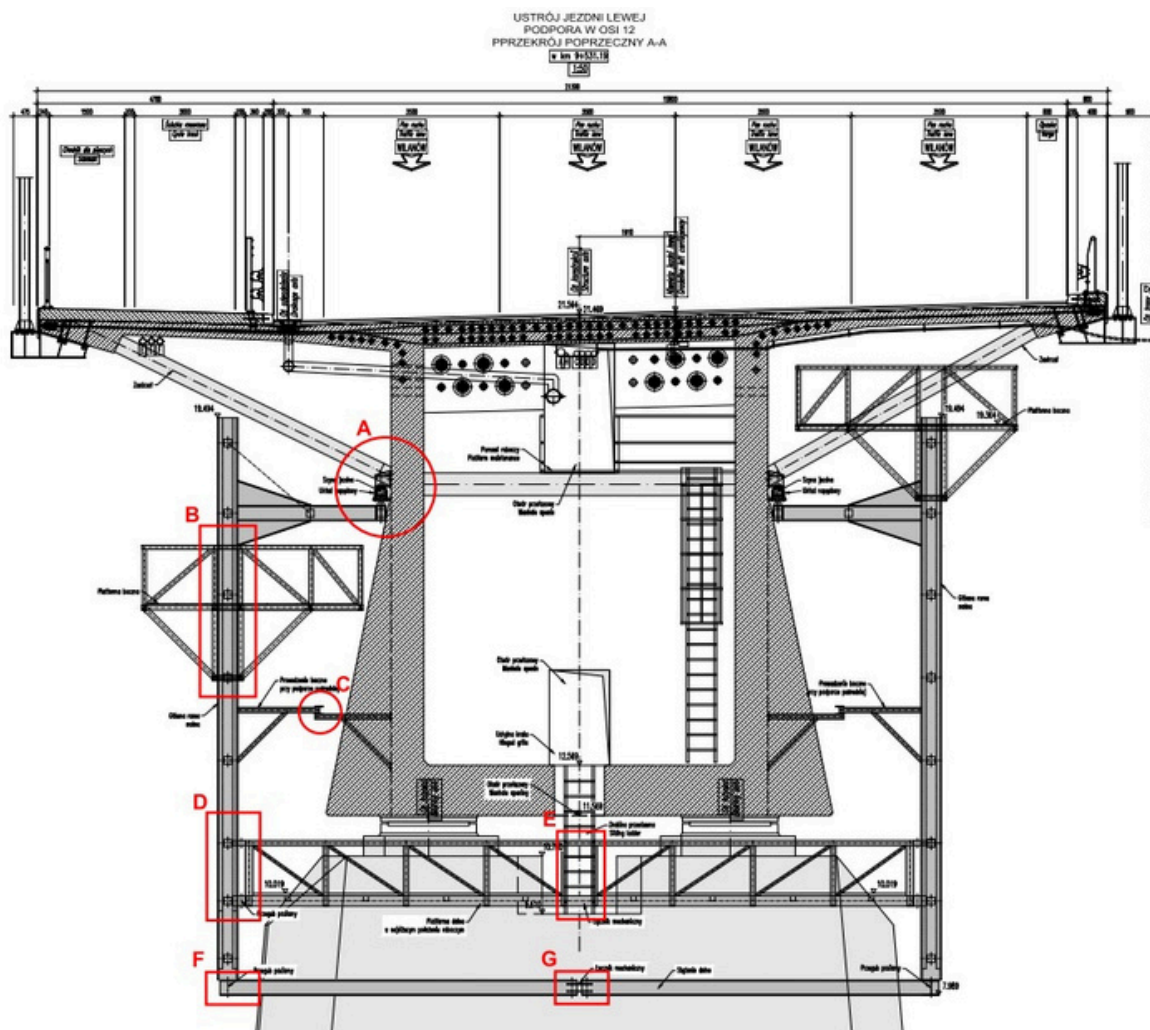


Rys. 6.12. Część linii technologicznej do transportu siatki opinkowej: a) stół nożycowy, b) transporter łańcuchowy

Moim zadaniem w tym projekcie było zaprojektowanie całej konstrukcji wymienionych części linii, wykonanie niezbędnych obliczeń wytrzymałościowych, dobór napędów oraz przekładni, a także wykonanie całej dokumentacji warsztatowej. Rozwiązanie zostało wykonane oraz wdrożone u klienta docelowego.

Ponadto byłem głównym wykonawcą kompleksowych projektów 5 dźwigów osobowych dla firmy Lift-Pol z Warszawy, które po zaprojektowaniu i wyprodukowaniu zostały zamontowane na ul. Wolskiej oraz Pawiej w Warszawie oraz samonośnej konstrukcji szybu stalowo-przeszklonego w systemie rotulowym, który został zamontowany w budynku biurowo-mieszkalnym w Gogolinie.

W ramach współpracy z firmą GP Mosty byłem odpowiedzialny za wykonanie projektu wraz z doбором mechanizmów napędowych konstrukcji nośnej przeznaczonej do rewizji mostu południowego w Warszawie. Przedsięwzięcie było o tyle złożone, że urządzenie pokazane na rysunku 6.13 miało do opracowania w sumie 7 węzłów (A – G) od strony mechaniczno-produkcyjnej. W ramach tego wykonałem kompletną dokumentację produkcyjną, zestawienia materiałowe oraz niezbędne obliczenia z wykorzystaniem metody elementów skończonych. Całość prac trwała łącznie ponad pół roku.



Rys. 6.13. Widok konstrukcji mostu wraz z konstrukcją przeznaczoną do rewizji mostu od spodu z zaznaczonymi węzłami napędowymi

Oprócz wyżej wymienionych, najistotniejszych projektów wdrożeniowych w ramach mojej współpracy z jednostkami przemysłowymi, byłem twórcą kilku innych projektów konstrukcyjnych opisanych w zestawieniu pod numerami [II.01 ÷ II.021].

7. Działalność dydaktyczna oraz popularyzatorska po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych

Pracując w PWSZ w Chełmie aktywnie uczestniczyłem w budowaniu i rozwoju laboratorium Spajalnictwa tworząc dla niego programy nauczania. Byłem współautorem książki pt.: „Spajalnictwo” będącej zbiorem wytycznych do prowadzenia laboratorium. Podczas redagowania tej książki przygotowałem 7 z 13 rozdziałów (rozdz. 1, 2, 3, 6, 7, 9, 13), jak również opracowałem redakcję całej książki oraz projekt okładki. Książka do laboratorium została wydana za zgodą rektora PWSZ w Chełmie.

Na zlecenie Polskiego Towarzystwa Producentów Dźwigów w 2018 roku wykonałem recenzję podręcznika autorstwa Rafała Jeżowskiego pt.: „Dźwigi hydrauliczne”, która ukazała się na łamach czasopisma Magazyn Dźwig.

W 2020 roku byłem współautorem książki pt.: „Metoda elementów skończonych – przykłady obliczeń numerycznych w programie SOLIDWORKS Simulation”, która została wydana przez Wydawnictwo PWSZ w Chełmie. Również w 2020 roku wydana została książka pt.: „Dźwigi elektryczne. Podstawy budowy, zasada działania” wydana pod patronatem Polskiego Stowarzyszenia Producentów Dźwigów, do której przygotowałem 4 rozdziały.

Od 2016 roku, pracując w Wyższej Szkole Ekonomii i Innowacji w Lublinie, początkowo na umowę zlecenie, a później na umowę o pracę, prowadzę zajęcia z przedmiotów:

- Metrologia - wykład,
- Mechanika teoretyczna – ćwiczenia,
- Wytrzymałości materiałów – wykład oraz ćwiczenia,
- Automatyka - wykład, ćwiczenia,
- Teoria mechanizmów i maszyn - wykład, ćwiczenia,
- Napędy i sterowanie – wykład, ćwiczenia,
- Metody numerycznej analizy MES – wykład oraz laboratorium,
- Komputerowe wspomaganie projektowania CAD – laboratorium,
- Mechanika płynów – wykład.

Byłem ponadto inicjatorem powstania nowej specjalności: Eksploatacja Urządzeń Transportowo-Dźwigowych, będącej w ofercie dydaktycznej WSEI w Lublinie. Do przedmiotów związanych z nową specjalnością przygotowałem programy nauczania oraz materiały związane z prowadzeniem przedmiotów kierunkowych.

W ramach mojej pracy dydaktycznej w Państwowej Szkole Zawodowej w Chełmie prowadzę zajęcia z przedmiotów:

- Spajalnictwo – wykład, laboratorium,
- Podstawy Konstrukcji Maszyn – wykład, ćwiczenia, projektowanie,
- Praca przejściowa – projektowanie,
- Seminarium dyplomowe,

Do wszystkich w/w przedmiotów przygotowałem niezbędne materiały dydaktyczne w formie sylabusów, prezentacji, zadań ćwiczeniowych.

Jako pracownik naukowo-dydaktyczny oraz praktyk z dużym doświadczeniem zawodowym byłem również promotorem **20** prac inżynierskich obronionych w PWSZ w Chełmie, **10** prac magisterskich oraz inżynierskich obronionych na Wydziale Mechanicznym Politechniki Lubelskiej, które dotyczyły szerokiego spektrum zagadnień projektowania i modelowania części urządzeń transportu bliskiego, urządzeń symulacyjnych oraz wytwarzania części maszyn. W tym obszarze mogę wykazać się również wykonaniem **16** recenzji prac inżynierskich. W ramach współpracy z Wyższą Szkołą Ekonomii i Innowacji byłem promotorem 1 pracy inżynierskiej. Obecnie jestem **promotorem pomocniczym** w przewodzie doktorskim mgr inż. Kamila Szydło pt.: „Metoda oceny komfortu użytkowania dźwigów osobowych”, który został wszczęty dnia 16 marca 2016 roku przez Radę Wydziału Mechanicznego Politechniki Lubelskiej.

8. Działalność organizacyjna po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych

W ramach aktywności zawodowej pośrednio związanej ze sferą naukowo-techniczną wielokrotnie wykonywałem opinie zlecone przez Wymiar Sprawiedliwości [II.H2 ÷ II.H10, II.H12, II.H13], pełniąc funkcję biegłego sądowego przy Sądzie Okręgowym w Lublinie w kategorii: 1.14.2.9. *Mechanika i budowa maszyn o specjalność: urządzenia transportu bliskiego, pionowego oraz urządzeń dźwigowych*. Ponadto opiniowałem na zlecenie firmy PMR [II.H1] wymagania dotyczące sprzętu czyszczącego w halach produkcyjnych. Wykonywałem również opinie dla podmiotów związanych z budownictwem, przemysłem oraz służbą zdrowia [II.H4, II.H11, II.H14 ÷ II.H22].

Trzykrotnie uczestniczyłem w zespołach konkursowych [II.J1 ÷ II.J3]. W projekcie [II.J1] pełniłem funkcję członka zespołu konkursowego, a w projektach [II.J2, II.J3] pełniłem funkcję członka zespołu opiniującego oraz członka kapituły konkursowej. Wielokrotnie uczestniczyłem w projektach takich jak: INNOTECH, Inżynier gwarancją jakości, MEGAkompententny inżynier TRANSPORTU/PRODUKCJI wskazanych w części [II.G] pełniąc rolę zarówno wykonawcy jak i przygotowując materiały dydaktyczne z zakresu wytrzymałości materiałów, rysunku technicznego oraz modelowania 3D.

Od 2018 roku pełnię funkcję recenzenta przy Narodowym Centrum Badań i Rozwoju w Warszawie opracowując recenzje zgłoszonych wniosków [II.G].

W latach 2014 ÷ 2020 byłem nieprzerwanie członkiem wydziałowej komisji ds. jakości kształcenia działającej na Wydziale Mechanicznym Politechniki Lubelskiej.

Obecnie jest redaktorem działowym w kwartalniku *Obróbka Metalu* (indeksowanego na liście B MNiSW – 5 pkt) oraz recenzentem w *Applied Computer Science* (indeksowanego na liście B MNiSW – 11 pkt), *Advances in Science and Technology Research Journal* (indeksowanego na liście B MNiSW – 10 pkt oraz w bazie JCR), a także w kilku czasopismach zagranicznych wykazanych jako [II.M1 ÷ II.M14].

Biorę również czynny udział organizowaniu cyklicznych spotkań w Polskim Towarzystwie Spawalniczym oraz w Polskim Towarzystwie Zarządzania Produkcją. Do 2016 roku uczestniczyłem w pracach V Komitetu Programowego działającego przy UDT.

W czasie mojej pracy zawodowej oraz naukowej prowadziłem osobiście prace mające na celu podpisanie obustronnych umów o współpracy między Wydziałem Mechanicznym Politechniki Lubelskiej, a Lubelską Wytwórnią Dźwigów Osobowych LIFT Service S.A. oraz

firmą Verano Ryszard Miazga. W rezultacie w/w współpracy oraz współpracy z Katedrą Transportu Linowego Akademii Górniczo-Hutniczej, byłem opiekunem praktyk zawodowych dla studentów Akademii Górniczo-Hutniczej oraz studentów Politechniki Lubelskiej. W ramach tej działalności przygotowywałem programy praktyk, prowadziłem nadzór całościowy (opracowanie programu, miejsca, szkolenia BHP, seminarium) praktyk organizowanych w ramach programów mających na celu zwiększenie kompetencji nauczycieli zawodów technicznych. Organizowałem praktyki dla studentów w ramach wymiany międzynarodowej programu Erasmus organizowanej przez Politechnikę Lubelską przygotowując plan praktyk, nadzór, szkolenia BHP oraz stanowiskowe w języku angielskim.

Po uzyskaniu stopnia doktora uczestniczyłem w 30 szkoleniach, odbywając przy tym 2 staże naukowe na Wydziale Mechanicznym Politechniki Lubelskiej oraz 2 staże naukowe w Katedrze Transportu Linowego Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

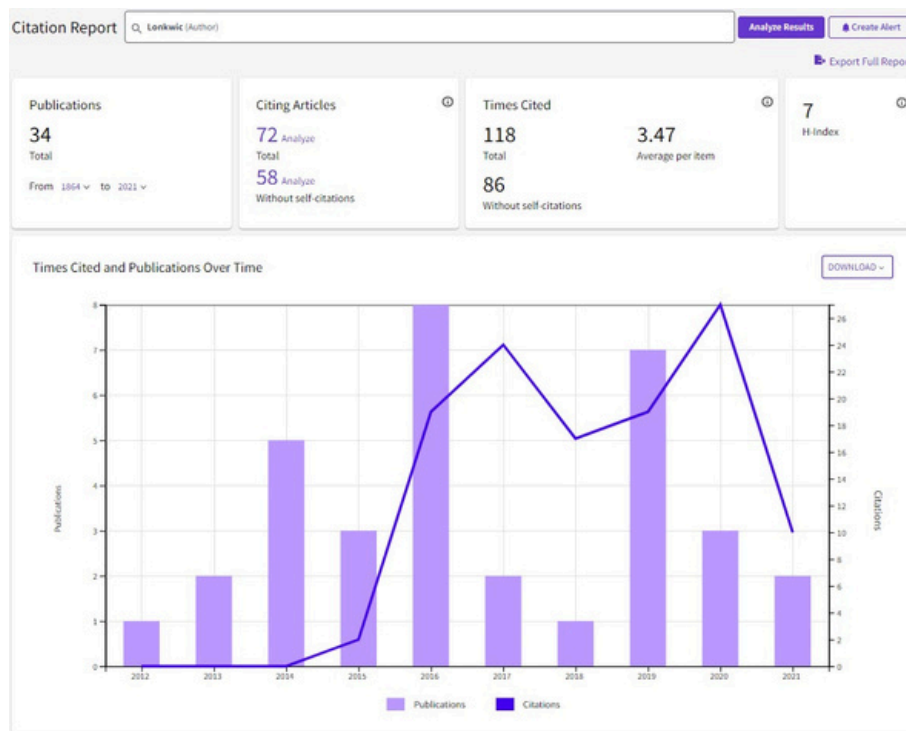
Szczegółowy spis wszystkich osiągnięć zawarty jest w zwartej formie w załączniku nr 5.

Reasumując, na mój obecny dorobek naukowy po uzyskaniu stopnia doktora składają się następujące składniki:

- **9 artykułów** opublikowanych w czasopiśmie znajdujących się w **bazie JCR** (II.A1 ÷ II.A9):
 - Chinese Journal of Mechanical Engineering,
 - Journal of Vibroengineering x2,
 - Eksploatacja i Niezawodność - Maintenance and Reliability,
 - Measurement,
 - Meccanica,
 - Sustainability,
 - Materials,
 - Metals;
- **37 artykułów** opublikowanych recenzowanych w czasopiśmie międzynarodowych (3) i krajowych (34), które nie znajdują się w bazie JCR, ale są wyszczególnione w wykazie czasopism naukowych punktowanych (część B) MNiSW (II.B1 ÷ II.B36);
- **30 artykułów** w polskich czasopiśmie branżowych (II.F33 ÷ II.F62);
- **9 udzielonych patentów**, w tym 1 samodzielnie, 8 jako współautor oraz 6 zgłoszeń patentowych;

- **1 monografia;**
- **2 skrypty dla studentów;**
- **2 podręczniki.**

Efektorem prowadzonych przeze mnie prac naukowo badawczych oraz publikacji z nimi związanymi jest uzyskanie indeksu **Hirscha $h = 7$** , przy łącznej **liczbie cytowań 118**, zaś bez autocytowań 86 – zgodnie z bazą Web of Sciences (Thomsons Routers) za okres 2000 – 2021. Sumaryczna wartość współczynnika **Impact Factor** moich publikacji **wynosi 14,83**. W bazie Scopus odnotowano mój indeks Hirscha na poziomie **$h = 7$** , przy łącznej **liczbie cytowań 86**, w bazie Google Scholar **$h = 10$** , przy łącznej **liczbie cytowań 311**, a w bazie Publish or Perish **$h = 10$** przy łącznej **liczbie cytowań 317**.



Rys. 8.1. Raport z bazy Web of Sciences łącznie z publikacjami urzędu patentowego, wygenerowany na dzień 27 września 2021 roku

Moje publikacje o zasięgu krajowym oraz międzynarodowym dostrzeżono powierzając mi recenzowanie artykułów w wiodących czasopismach specjalistycznych – łącznie 71 recenzji w latach 2016÷21. Ich zestawienie przedstawiono w tabeli 8.1:

Tabela 8.1. Tabelaryczne zestawienie recenzowanych artykułów

Nazwa czasopisma	IF/liczba punktów MSWiA	Rok recenzji	Liczba recenzji
Safety	-/20 pkt	2021	1
Entropy	IF2020 – 2.524/100 pkt	2021	1
Mathematics	IF2020 – 2.258/20 pkt	2021	6
Electronics	IF2020 - 2.397/100 pkt	2021	1
Sustainability	IF2020 - 3.251/70 pkt	2021	2
Machines	IF2020 - 2.428/20 pkt	2021	1
Symmetry	IF2020 - 2.713/70 pkt	2021	1
International Journal of Environmental Research and Public Health	IF2020 – 3.390/70 pkt	2021	2
Mathematics	IF2019 – 2.258/20 pkt	2020	4
HKIE Transactions	-/40 pkt	2020	1
Measurement	IF2019 – 3.364/70 pkt	2020	1
Artykuły materiałów konferencyjnych V			
International Conference of Computational Methods in Engineering Science	-/-	2020	2
Sustainability	IF2018 - 2.576/70 pkt	2020	5
International Journal of Environmental Research and Public Health	IF2018 - 2.468/70 pkt	2020	7
Journal of Dental Problems and Solutions	-/-	2020	1
Energies	IF2018 - 2.707/100 pkt	2020	1
Education Sciences	-/40 pkt	2020	2
Surfaces and Interfaces	-/40 pkt	2019	1
Applied Computer Science	Lista B -/ 11 pkt	2019	1
Energy Efficiency	IF2018 - 1,634	2019	1
Artykuły materiałów konferencyjnych IV			
International Conference of Computational Methods in Engineering Science	-/-	2019	2
Archives of Civil and Mechanical Engineering	IF2018 - 2,846	2019	1
Applied Computer Science	IF2018 - 2,846	2019	1
Advances in Science and Technology Research Journal	Lista B - 11 pkt	2018	2
Artykuły materiałów konferencyjnych III			
International Conference of Computational Methods in Engineering Science	-/-	2018	2
The Open Mechanical Engineering Journal	-/-	2018	2
Artykuły znajdujące się z materiałach konferencyjnych II	-/-	2017	1
International Conference of Computational Methods in Engineering Science	-/-	2017	5
Energy Efficiency	-/-	2017	5
Archives of Civil and Mechanical Engineering	IF - 1634	2017	1
Progress in Color, Colorants and Coatings Journal	IF - 2,763	2017	1
Applied Computer Science	-/-	2017	1
Advances in Science and Technology Research Journal	Lista B - 11 pkt	2017	2
Journal	Lista B - 10 pkt	2017	6

Engineering Science and Technology, an International Journal	-/-	2016	1
The International Journal of Agricultural Policy and Research	-/-	2016	1
Applied Computer Science	Lista B - 11 pkt	2016	1
Measurement	IF2015 – 1.742	2015	1

9. Tabelaryczne zestawienie osiągnięć przed i po doktoracie

W tabeli 9.1 zebrane zostały osiągnięcia naukowe, wdrożeniowe oraz popularyzatorskie.

Tabela 9.1. Tabelaryczne zestawienie osiągnięć przed/po doktoracie

L.p.	Według kryterium	Liczba przed doktoratem	Liczba po doktoracie
1	Autorstwo lub współautorstwo publikacji naukowych w czasopismach znajdujących się w bazie JCR	0	9
2	Publikacje naukowe w czasopismach międzynarodowych lub krajowych innych niż znajdujących się w bazach lub na liście JCR	6	37
3	Monografie naukowe, rozdziały w monografiach oraz podręczniki	0	6
4	Konferencje oraz seminaria: <ul style="list-style-type: none"> • Udział w konferencjach oraz seminariach – prezentowane referaty • Udział w pracach gremiów naukowych konferencji 	6 0	9 6
5	Wynalazki i wzory użytkowe: <ul style="list-style-type: none"> • Wynalazki i wzory użytkowe – prawa udzielone • Wynalazki i wzory użytkowe – zgłoszenia 	2 0	8 3
6	Pozostałe publikacje branżowe	32	30
7	Kierowanie projektami i udział w projektach realizowanych we współpracy z naukowcami z ośrodków polskich i zagranicznych oraz we współpracy z przemysłem: <ul style="list-style-type: none"> • Udział w projektach • Recenzowanie projektów 	0 0	17 25
8	Ekspertyzy i opinie zleczone	0	22
9	Udział w szkoleniach, kursach i stażach	10	30
10	Udział w zespołach eksperckich i konkursowych	0	3
11	Opieka nad studentami	0	15
12	Członkostwo w krajowych i międzynarodowych organizacjach oraz gremiach naukowych	0	4
13	Udział w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism	0	14
14	Międzynarodowe i krajowe nagrody za działalność naukową	1	1
15	Wdrożenia przemysłowe	0	63

16	Sumaryczny Impact Factor według listy Journal Citation Reports (JCR) zgodnie z rokiem opublikowania	0	14,83
17	Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Sciences	0	118
18	Indeks Hirsha według bazy Web of Sciences	0	7

Paweł Lonkwić