

---

## RECENZJA

### Osiągnięć naukowo-badawczych a także dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego oraz współpracy międzynarodowej dra inż. Krzysztofa Kędzi w postępowaniu habilitacyjnym

---

Do sporządzenia recenzji wykorzystałem dokumentację przekazaną przez Politechnikę Świętokrzyską. Postępowanie jest postępowaniem według ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 poz. 85 z późniejszymi zmianami).

Recenzja składa się z mojej odpowiedzi na trzy warunki zawarte w Art. 219. prawa o szkolnictwie wyższym i nauce, Dz.U.2023.0.742, tj.:

1. Czy Kandydat posiada stopień doktora?
2. Czy Kandydat posiada w dorobku osiągnięcia naukowe, stanowiące znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria mechaniczna?
3. Czy Kandydat wykazuje się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej?

Na zakończenie zawarłem wniosek końcowy.

#### 1. Weryfikacja posiadania stopnia doktora przez Kandydata

Na podstawie załączonych dokumentów, Krzysztof Kędzia uzyskał stopień doktora nauk technicznych. Jego rozprawa doktorska pt. „**Metoda optymalizacji energetycznej i ekologicznej hydrostatycznego wieloźródłowego układu napędowego**” została obroniona 15 czerwca 2004 roku na Politechnice Wrocławskiej, Wydziale Mechanicznym, w Instytucie Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn, w dziedzinie nauk technicznych, dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn, ze specjalnością sterowanie i napęd hydrauliczny. Rozprawa doktorska dra inż. Krzysztofa Kędzi została **wyróżniona**

przez Radę Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. Promotorem pracy był dr hab. inż. Jan Kulczyk z Politechniki Wrocławskiej, a recenzentami Prof. dr hab. inż. Edward Palczak (Politechnika Wrocławska) oraz Dr hab. inż. Zbigniew Pawelski (Politechnika Łódzka).

Pracę magisterską Krzysztofa Kędzi, zatytułowaną **"Modelowanie hybrydowego hydrostatycznego układu napędowego"**, obronił 7 grudnia 1997 roku na Politechnice Wrocławskiej, Wydziale Mechanicznym. Kierunek studiów to Automatyka i Robotyka, ze specjalnością Automatyzacja Maszyn i Procesów Roboczych. Praca została **wyróżniona** za bardzo dobre wyniki w nauce i jakość pracy dyplomowej. Promotorem pracy był dr inż. Henryk Chrostowski.

Mgr inż. Krzysztof Kędzia zajmował stanowisko asystenta naukowo-dydaktycznego w Zakładzie Modelowania Maszyn i Urządzeń Hydraulicznych oraz Statków Śródlądowych w Instytucie Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn Politechniki Wrocławskiej, od 1 października 1998 do 30 września 2001 roku. W okresie od 1 października 2002 do 30 czerwca 2016 roku był wykładowcą w Międzynarodowej Wyższej Szkole Logistyki i Transportu we Wrocławiu. Od 14 października 2004 do 30 września 2005 roku pracował jako asystent naukowo-dydaktyczny w Zakładzie Modelowania Maszyn i Urządzeń Hydraulicznych oraz Statków Śródlądowych w Instytucie Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn Politechniki Wrocławskiej. Od 1 października 2005 roku do chwili obecnej Krzysztof Kędzia pełni funkcję adiunkta w Katedrze Eksploatacji Systemów Technicznych na Wydziale Mechanicznym Politechniki Wrocławskiej.

Ponadto pełnił funkcję specjalisty ds. uprzemysłowienia w FAGOR GROUP, WROZAMET S.A w Polsce, od 4 października 2004 do 31 października 2005 roku oraz pracował jako projekt menadżer w firmie QAD Polska, od 1 września 1999 do 31 października 2000 roku.

## 2. Ocena osiągnięcia naukowego stanowiącego znaczny wkład w rozwój dyscypliny

Monografia pt. **"Wyznacznik zmienności cyklu obciążenia wieloźródłowego hydrostatycznego układu napędowego"** autorstwa dr inż. Krzysztofa Kędzi została wydana jako wynik jego badań i prac naukowych w dziedzinie inżynierii mechanicznej, ze szczególnym uwzględnieniem hydrauliki siłowej i optymalizacji energetycznej systemów napędowych. Podstawą dla stworzenia monografii były wieloletnie badania prowadzone przez dra Kędzię, skupione na analizie i optymalizacji wieloźródłowych układów napędowych. Badania te, łączące teoretyczne rozważania z eksperymentami praktycznymi, pozwoliły na zgromadzenie unikalnego materiału i danych, które stały się fundamentem dla opracowania monografii. Habilitant podsumował zgromadzone dane, wyniki badań oraz opracowane metodyki w spójny dokument. Monografia stała się dostępna zarówno w formie fizycznej (druk), jak i elektronicznej, co zwiększyło jej zasięg i dostępność.

Monografia wnosi istotne uzupełnienie do naukowej literatury w dziedzinie inżynierii mechanicznej, skupiając się na optymalizacji energetycznej i ekologicznej układów napędowych. Przedstawione w niej koncepcje i metody stanowią krok w kierunku racjonalizacji procesu projektowania i eksploatacji wieloźródłowych układów napędowych, oferując nowe narzędzia i podejścia, które wcześniej nie były dostępne lub szeroko rozpoznane w tej dziedzinie. Oto kluczowe aspekty, jakie nauka zyskała z tej publikacji.

Autor przedstawia oryginalną metodologię optymalizacji energetycznej wieloźródłowych układów napędowych, bazującą na współczynniku zmienności cyklu pracy (WZ). Współczynnik zmienności jest to stosunek, który określa stopień zmienności obciążenia w danym cyklu pracy układu

napędowego. Jest wyrażany jako funkcja matematyczna opisująca rozkład obciążeń (np. momentu obrotowego, prędkości obrotowej, mocy) w trakcie całego cyklu pracy. Wartość współczynnika zmienności pozwala ocenić, w jakim stopniu cykl pracy charakteryzuje się zmiennymi warunkami obciążenia, co ma bezpośredni wpływ na możliwości optymalizacji energetycznej i ekologicznej układu napędowego. To podejście umożliwia dokładniejsze i bardziej efektywne projektowanie układów, które są optymalnie dostosowane do specyficznych wymagań energetycznych maszyn i pojazdów. Koncepcja pozwala na rozwiązanie problemu, który wcześniej był trudny do kwantyfikacji, otwierając drogę do bardziej świadomej i uzasadnionej decyzji o rozbudowie układów napędowych.

W pracy dr inż. Krzysztof Kędzia szczegółowo opisuje procedurę określania współczynnika zmienności, wskazując na jego kluczową rolę w procesie optymalizacji energetycznej układów napędowych. Istnieją pozytywne praktyczne implikacje nowych metod dla inżynierów i projektantów, dostarczając im narzędzi do oceny, czy rozbudowa do wieloźródłowego układu jest uzasadniona dla konkretnego cyklu pracy. To praktyczne zastosowanie teorii w projektowaniu jest wartościowe w kontekście dążenia do poprawy efektywności energetycznej i redukcji wpływu na środowisko. Monografia wskazuje na te pozytywne efekty dzięki zaproponowanej metodzie optymalnego wykorzystania wieloźródłowych układów napędowych. Przy zastosowaniu tej metody, inżynierowie mogą dokonywać bardziej precyzyjnych i uzasadnionych wyborów projektowych, kierując się nie tylko aspektami technicznymi, ale również kryteriami ekonomicznymi i środowiskowymi. W kontekście rosnących wymagań dotyczących zrównoważonego rozwoju i ekologii, dostarcza to cennego wkładu w naukę i praktykę inżynierską.

Kolejnym wkładem dra inż. Krzysztofa Kędzi w rozwój inżynierii mechanicznej jest rozwój metody kinestatycznej. Metoda kinestatyczna, wykorzystywana do analizy ruchu i sił w układach mechanicznych, zyskała dzięki temu uzupełnieniu przez Habilitanta o nowy wymiar, pozwalający na głębsze zrozumienie i optymalizację działania wieloźródłowych układów napędowych. Pozwoliło to na bardziej precyzyjne modelowanie i symulację ruchów oraz sił działających w układach napędowych. Poprzez uwzględnienie dodatkowych zmiennych i parametrów, takich jak zmienność cyklu pracy, możliwe stało się dokładniejsze odwzorowanie rzeczywistych warunków operacyjnych układów, co przekłada się na większą dokładność przeprowadzanych analiz i symulacji. Jest to nowe podejście do optymalizacji wieloźródłowych układów napędowych, umożliwiając analizę i ocenę potencjalnych korzyści wynikających z integracji różnych źródeł energii. Osiągnięcie otwiera drogę do innowacyjnych rozwiązań w projektowaniu systemów napędowych, które są w stanie lepiej adaptować się do zmiennych warunków pracy.

Należy również zauważyć uściślenie algorytmu metody kinestatycznej o równanie stanu dla gazu rzeczywistego (model BWR) wykorzystywanym w modelu akumulatora gazowo-hydraulicznego pełniącego rolę wtórnego źródła energii w wieloźródłowym układzie napędowym. Wykorzystanie równania stanu dla gazu rzeczywistego, wykorzystując model Benedicta-Webba-Rubina (BWR) w kontekście modelowania akumulatora gazowo-hydraulicznego w wieloźródłowym układzie napędowym, stanowi istotne osiągnięcie autorskie dra inż. Krzysztofa Kędzi. Modele uwzględniające nieidealne zachowanie gazu są szczególnie przydatne w warunkach dużych wartości ciśnienia i temperatury, które występują w rzeczywistych układach napędowych. Model BWR, jako jeden z najdokładniejszych modeli dla gazów rzeczywistych, pozwala na uwzględnienie złożonych interakcji międzycząsteczkowych, co jest ważne dla dokładnego przewidywania pracy systemu. Dokładniejsze modelowanie pracy akumulatorów gazowo-hydraulicznych posiada bezpośredni wpływ na efektywność energetyczną całego układu napędowego. Umożliwia to lepsze wykorzystanie akumulowanych zasobów energii, minimalizując straty i poprawiając ogólną sprawność układu. Uwzględnienie modelu BWR w analizie akumulatorów gazowo-hydraulicznych umożliwia

projektowanie systemów, które są lepiej dostosowane do rzeczywistych warunków operacyjnych i charakteryzują się większą niezawodnością.

Bez wątpienia istotnym wkładem dra inż. Krzysztofa Kędzi w rozwój inżynierii mechanicznej jest zbudowanie, uruchomienie i weryfikacja modelu symulacyjnego wieloźródłowego hydrostatycznego układu napędowego. Model ten służy do walidacji wyznaczonego za pomocą algorytmu przy pomocy metody kinetostatycznej sterowania układem napędowym, z naciskiem na wzmacniacz elektrohydrauliczny. Praktyczna weryfikacja modelu symulacyjnego pozwala na bezpośrednią walidację teoretycznych założeń i metodologii opracowanych w procesie projektowania. Wzmacniacz elektrohydrauliczny, jako ważny element sterujący przepływem energii w systemie, wywiera bezpośredni wpływ na precyzję i szybkość reakcji układu na polecenia sterujące, co jest istotne zarówno w aplikacjach przemysłowych, jak i mobilnych.

Istotnym wkładem naukowym dra Kędzi w dziedzinie inżynierii mechanicznej jest również określenie i opisanie zjawiska samohamowności zachodzącego w pompo-silniku hydrostatycznym podczas jego przechodzenia z pracy silnikowej do pompowej. Zjawisko samohamowności, mimo że znane w kontekście różnych maszyn i mechanizmów, jak przekładnie ślimakowe czy połączenia gwintowe, było rzadko badane i skąpo opisane w literaturze naukowej, zwłaszcza w kontekście maszyn hydrostatycznych wyporowych. Dr Kędzia, poprzez swoje badania, wypełnia istotną lukę w literaturze naukowej dotyczącej zjawiska samohamowności w maszynach hydrostatycznych. Jest to szczególnie cenne, biorąc pod uwagę, że zrozumienie tego zjawiska ma znaczenie dla projektowania i eksploatacji układów napędowych maszyn i pojazdów.

Przeprowadzona przez Habilitanta analiza zjawiska samohamowności i jego skutków na pracę maszyn hydrostatycznych pozwala na rozwój nowych metod symulacji i projektowania układów napędowych. Zrozumienie, jak różne konfiguracje konstrukcyjne wpływają na strefę samohamowności, umożliwić może inżynierom projektowanie bardziej efektywnych energetycznie i bardziej niezawodnych układów. Badania dra inż. Krzysztofa Kędzi doprowadziły do opracowania strategii sterowania układami napędowymi, które minimalizują negatywne skutki zjawiska samohamowności. Uzupełnienie metody kinetostatycznej o algorytm szybkiego przeprowadzenia jednostki przez strefę samohamowności to możliwość redukcji strat energetycznych w maszynach hydrostatycznych, co przekłada się na poprawę ich efektywności operacyjnej.

Stwierdzam, że powyższe osiągnięcia naukowe Kandydata zapewniają rozwój inżynierii mechanicznej, oferując zarówno teoretyczne podstawy, jak i praktyczne narzędzia dla przyszłych innowacji. Podsumowując oceniam, że Kandydat posiada w dorobku osiągnięcia naukowe, stanowiące znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria mechaniczna.

### 3. Ocena istotnej aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej

Działalność naukowo-dydaktyczna dra inż. Krzysztofa Kędzi na Politechnice Wrocławskiej ilustruje jego zaangażowanie w rozwój nauki oraz edukację w dziedzinie inżynierii mechanicznej, hydrauliki i pneumatyki. Habilitant skoncentrował się na problemach w dziedzinie hydrauliki i pneumatyki, co przejawia się w licznych projektach badawczych. Zajmował się m.in. optymalizacją zużycia energii w systemach hydraulicznych, rozwojem innowacyjnych rozwiązań w zakresie hydrotroniki i mechatroniki, a także tribologią. Jego prace przyczyniły się do rozwoju nowych koncepcji zwiększających efektywność energetyczną i ekologiczną w przemyśle. Efekty jego badań zostały opublikowane w prestiżowych czasopismach naukowych i prezentowane na konferencjach krajowych

oraz międzynarodowych. Artykuły dotyczące m.in. wysokociśnieniowych zasilaczy hydraulicznych oraz cyfrowej hydrauliki ukazują jego wkład w rozwój naukowy inżynierii mechanicznej. Krzysztof Kędzia był inicjatorem i głównym wykonawcą projektów badawczych finansowanych z różnych źródeł, w tym z programu HORYZON 2020. Jego zdolność do zarządzania złożonymi projektami badawczymi podkreśla kompetencje w zakresie koordynacji międzynarodowych konsorcjów badawczych. Jako członek komitetów naukowych i organizacyjnych konferencji, w tym corocznej konferencji HERVEX, wykazał się umiejętnościami w zakresie organizacji wydarzeń naukowych.

Od 2009 roku dr inż. Krzysztof Kędzia rozwija swoją współpracę z Instytutem Badawczym Hydrauliki i Pneumatyki INOE 2000-IHP w Bukareszcie, co pozwoliło mu na pogłębienie wiedzy i doświadczenia w dziedzinie hydrauliki, pneumatyki, hydrotroniki, mechatroniki, tribologii oraz zielonej energii. Realizacja staży w latach 2012-2015 w tym renomowanym ośrodku badawczym pozwoliła na bezpośredni udział w nowatorskich projektach badawczych i rozwojowych.

Instytut Badawczy Hydrauliki i Pneumatyki INOE 2000-IHP w Bukareszcie jest jednostką badawczo-rozwojową i inżynierską w dziedzinie hydrauliki i pneumatyki, spółką zależną Rumuńskiego Narodowego Instytutu Badań i Rozwoju Optoelektroniki – INOE 2000. Instytut, posiadający ponad 55-letnie doświadczenie w swojej działalności, składa się z pionów badawczo-rozwojowych, laboratoriów badawczo-testowych oraz zaplecza produkcyjnego i usługowego. Personel IHP to wysoko wykwalifikowana kadra, a jej oddziały dysponują odpowiednim wyposażeniem, na które składają się nowoczesne urządzenia, sprzęt elektroniczny oraz systemy automatycznej regulacji i sterowania. Jednostka naukowa posiada bibliotekę zawierającą ponad 1000 książek technicznych, zbiory czasopism z zakresu hydrauliki i pneumatyki, elektroniki i mechatroniki, a także dużą liczbę katalogów i ulotek firmowych. Instytut współpracuje z wieloma renomowanymi ośrodkami zagranicznymi, w tym z Politechnikami w Bratysławie, Pradze, Wiedniu, Poitiers, Dreźnie, Turynie oraz Instytutami Badawczymi w Rennes czy Aachen. Główne kierunki badań obejmują m.in.:

- optymalizację zużycia energii poprzez zastosowanie cyfrowej hydrauliki, która zmniejsza zużycie energii poprzez lepsze dostosowanie się do bezpośrednich wymagań układów hydraulicznych, nawet bez obwodów odzyskiwania, konwersji i magazynowania energii,
- trybologię uszczelnień ruchomych w układach mechanicznych, w celu redukcji energii zużycie i zużycie podzespołów,
- trybologię sprzęgieł mechanicznych w urządzeniach hydrostatycznych,
- poprawę parametrów dynamicznych i tribologicznych układów hydrauliczno-mechanicznych z wykorzystaniem urządzeń serwo,
- wprowadzanie, wdrażanie i rozwój nowoczesnych koncepcji hydrotroniki, mechatroniki i pneutroniki jako podstawy modernizacji układów hydraulicznych i pneumatycznych układów napędowych,
- badania nad optymalizacją pracy urządzeń mobilnych poprzez zastosowanie mechatroniki opartej na informatyce, sensoryce i elektronice specyficznej dla napędów hydraulicznych,
- zwiększanie ciśnienia roboczego w układach napędowych poprzez zastosowanie nowych materiałów w budowie urządzeń hydraulicznych i pneumatycznych,
- rozwój urządzeń i układów wyposażony w inteligencję centralną i lokalną do nauki ruchów powtarzalnych lub ruchów wykonywanych przy niektórych domyślnych parametrach.

W Instytucie w wyniku prac badawczo-rozwojowych powstały 62 patenty.

Pierwszy staż dra inż. Krzysztofa Kędzi, trwający od 9 do 31 lipca 2012 roku, zaowocował współpracą z firmą SC HYDRAMOLD SRL, skutkując projektem „**Verification by analysis and simulation of optimized prototype version for 700 bar hydrostatic piston pump**” o wartości 7100 EUR. Wynikiem było opracowanie symulacyjnych analiz wysokociśnieniowego zasilacza hydraulicznego, co pokazuje praktyczne zastosowanie naukowych badań Krzysztofa Kędzi w przemyśle. Efektem pracy Habilitanta podczas stażu było również opublikowanie artykułu w czasopiśmie „Hydraulika i Pneumatyka”.

Drugi staż dra inż. Krzysztofa Kędzi, odbyty między 14 lipca a 8 sierpnia 2014 roku, pozwolił na bezpośredni udział w planowaniu i przeprowadzaniu eksperymentów, a także w analizie danych. To doświadczenie mogło przyczynić się do pogłębienia umiejętności badawczych i inżynierskich dra Kędzi.

Trzeci staż, realizowany w sierpniu 2015 roku, umożliwił zaangażowanie w międzynarodowe konsorcjum Polsko-Rumuńsko-Francuskie nad projektem w ramach programu HORYZON 2020, co ukazuje kompetencje Krzysztofa Kędzi w zarządzaniu projektami o znaczącym budżecie i złożoności.

Ponadto, efektem tych staży są coroczne zaproszenia do udziału w pracach komitetu programowego konferencji HERVEX co świadczy o uznaniu i docenieniu Krzysztofa Kędzi jako eksperta w dziedzinie hydrauliki i pneumatyki, zaś jego aktywny udział w tych inicjatywach podkreśla znaczący wkład w rozwój naukowy i techniczny w tej dziedzinie.

Staże w renomowanym instytucie, jakim jest INOE 2000-IHP, pozwoliły dr. inż. Krzysztofowi Kędzi na pogłębienie zrozumienia zaawansowanych systemów hydraulicznych i pneumatycznych oraz na realizację badań z zakresu optymalizacji energetycznej i ekologicznej hydrostatycznych wieloźródłowych układów napędowych. Praca w międzynarodowym środowisku badawczym sprzyjała również nawiązywaniu trwałych kontaktów naukowych, co miało bezpośredni wpływ na jakość prowadzonych przez niego badań oraz na rozprzestrzenianie wyników tych badań na arenie międzynarodowej. Dzięki stażom Krzysztof Kędzia mógł również uczestniczyć w międzynarodowych konferencjach i sympozjach, dzieląc się swoimi doświadczeniami i wynikami badań z naukowcami z zagranicy, co umocniło jego pozycję jako eksperta w dziedzinie hydrauliki i pneumatyki.

Na podstawie powyższych danych stwierdzam, że Kandydat wykazał się istotną aktywnością naukową realizowaną Politechnice Wrocławskiej oraz w zagranicznej instytucji naukowej.

#### 4. Wniosek końcowy

Dr inż. Krzysztof Kędzia jest naukowcem o szerokim spektrum zainteresowań i kompetencji, którego działalność naukowa i zawodowa wywiera znaczący wpływ na rozwój hydrauliki i pneumatyki. Posiadając bogate doświadczenie zarówno w przemyśle, jak i w projektach badawczych, wyróżnia się umiejętnością efektywnego łączenia teoretycznych podstaw inżynierii z praktycznym zastosowaniem w nowoczesnych systemach napędowych.

Od początku swojej kariery naukowej, Dr Kędzia koncentruje się na krytycznych aspektach hydrauliki i pneumatyki, dążąc do optymalizacji zużycia energii w systemach hydraulicznych oraz rozwijania innowacyjnych koncepcji w zakresie hydrotroniki, mechatroniki i tribologii. Jego prace badawcze, realizowane m.in. w ramach staży w Instytucie Badawczym Hydrauliki i Pneumatyki INOE 2000-IHP w Bukareszcie, przyczyniły się do rozwoju wysokociśnieniowych zasilaczy hydraulicznych oraz do zastosowania cyfrowej hydrauliki w celu zwiększenia efektywności energetycznej układów hydraulicznych.

Znaczącym wkładem naukowym dra Kędzi jest współpraca międzynarodowa i uczestnictwo w projektach badawczych, co skutkowało licznymi publikacjami i artykułami w prestiżowych czasopismach naukowych. Jego prace, m.in. dotyczące utrzymania ruchu instalacji hydraulicznych i pneumatycznych, są doceniane zarówno przez środowisko akademickie, jak i przez przemysł. Jego zaangażowanie w edukację i kształcenie, zarówno na poziomie krajowym, jak i międzynarodowym, jest dowodem na holistyczne podejście do rozwoju nauk inżynierskich.

Biorąc pod uwagę moje pozytywne odpowiedzi na trzy warunki stawiane Kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego, stwierdzam, że dr inż. Krzysztofa Kędzi w pełni spełnia kryteria dla postępowania habilitacyjnego w dziedzinie nauk inżyniersko-technicznych, w dyscyplinie inżynieria mechaniczna. Jego wszechstronne osiągnięcia stanowią cenny wkład w rozwój nauki i techniki, co uzasadnia nadanie mu stopnia doktora habilitowanego.

Mirosław Wendeker