



POLITECHNIKA POZNAŃSKA
WYDZIAŁ BUDOWY MASZYN I ZARZĄDZANIA

Prof. dr hab. inż. Stanisław LEGUTKO
profesor zwyczajny, prof. h. c.

ul. Piotrowo 3 60-965 Poznań
tel. (0-61) 665-25-77, fax (061) 665-22-00
e-mail: stanislaw.legutko@put.poznan.pl

Poznań, 14.11.2017r.

Recenzja nr 18/hab/SL
całokształtu dorobku naukowego dr. inż. Roberta Pilcha
w postępowaniu habilitacyjnym

Podstawa opracowania recenzji: pismo Dziekana Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Robotyki Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie prof. dr. hab. inż. Antoniego Kalukiewicza z dnia 2.10.2017r. o decyzji Centralnej Komisji ds. Stopni i Tytułów dotyczącej powołania na recenzenta w postępowaniu habilitacyjnym dr. inż. Roberta Pilcha oraz stosowna umowa o dzieło.

Recenzja została sporządzona na podstawie dostarczonych dokumentów obejmujących wnioski o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego wraz z załącznikami i zbiorem publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego.

1. Ocena osiągnięcia naukowego

Dr inż. Robert Pilch jako podstawę ubiegania się o stopień doktora habilitowanego przedstawił osiągnięcie naukowe w postaci cyklu powiązanych tematycznie publikacji pt. *Niezawodność odnawialnych układów technicznych o strukturach sieciowych oraz typu kzn z uwzględnieniem wybranych aspektów bezpieczeństwa*. Na cykl ten składa się 11 publikacji. Są to artykuły naukowe w czasopismach ujętych na liście A (5 pozycji) oraz na liście B (4 pozycje) MNiSzW, a także 2 pozycje wydane przez Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji w Radomiu jako materiały konferencyjne. Pięć publikacji jest samodzielnych: 3 w czasopismach z listy A – opublikowane w ostatnim czasie w latach od 2015 do 2017, dwie zaś w czasopismach z listy B MNiSzW. W pozostałych pięciu publikacjach Habilitant ma przeważający udział – od 55% aż do 75%, tylko w jednej publikacji Jego wkład jest oceniony na 40%. Stwierdzam, że przedstawiony cykl jest spójny tematycznie. Habilitant założył sobie następujące cele, jeżeli chodzi o badania, których wyniki przedstawił w postaci cyklu publikacji jako osiągnięcie naukowe:

- opracowanie metody oceny niezawodności układów technicznych o strukturach sieciowych funkcjonujących z odnawialnymi obiektami;
- opracowanie uogólnionego, dla struktur typu k z n , modelu obliczeniowego do wyznaczania prawdopodobieństw uszkodzenia PFD (Probability of Failure on Demand) związanych z bezpieczeństwem układów SRS (Safety Relative Systems) i zwiększenie dokładności obliczeń w tym zakresie;

- opracowanie metody oceny efektów stosowania odnowy profilaktycznej obiektów funkcjonujących w układach typu k z n oraz poszukiwanie sposobu zapewnienia wymaganego poziomu niezawodności układu przez odnowy profilaktyczne obiektów.

Tak więc aktywność dr. inż. Roberta Pilcha przejawiała się w budowaniu i weryfikacji modeli obliczeniowych, których zadaniem było znalezienie rozwiązań problemów niezawodności i bezpieczeństwa eksploatacji współczesnych złożonych systemów technicznych. Podstawowa trudność w szacowaniu niezawodności takich układów wynika z ich złożonej struktury funkcjonalnej. Habilitant ambitnie podjął prace dotyczące doskonalenia metod oceny niezawodności złożonych układów technicznych o trudno identyfikowalnych strukturach niezawodnościowych. Od strony merytorycznej aktywność naukową Habilitanta w zakresie przedstawionym przez Niego jako osiągnięcie naukowe można scharakteryzować syntetycznie w przedstawiony poniżej sposób, bez podziału na poszczególne publikacje.

Jednym z zastosowanych przez Niego sposobów modelowania struktur o charakterze sieci było użycie teorii grafów, przy czym Autor stosował zarówno grafy skierowane jak i nieskierowane. W przypadku niezależnego uszkodzania się wszystkich połączeń w sieci dr inż. Robert Pilch stosował graf stochastyczny jako model struktury funkcjonalnej sieci. Pozwalało to na użycie algorytmu faktoryzacji. Przeprowadzenie redukcji sieci, według zasad algorytmu faktoryzacji, umożliwiało opracowanie zależności do dokładnego obliczenia wybranej miary niezawodności sieci bez znajomości jej struktury niezawodnościowej. Autor wykazał, że metoda bazująca na algorytmie faktoryzacji może być z powodzeniem stosowana do oceny niezawodności rzeczywistych rozdzielczych sieci wodociągowych. W przypadku sieci gazowych, wodociągowych czy elektroenergetycznych ważnym czynnikiem determinującym ich niezawodność jest liczba, lokalizacja oraz niezawodność ich źródeł zasilania. Dr inż. R. Pilch obliczał miary niezawodności z uwzględnieniem tych aspektów, co wymagało dodatkowych założeń i modyfikacji algorytmu faktoryzacji oraz skutkowało koniecznością wykonania kilkukrotnej redukcji sieci. Specjalną modyfikacją algorytmu faktoryzacji było również jego użycie do oceny niezawodności sieci komunikacji drogowej, gdzie zastosowano opracowaną odwróconą wersję algorytmu faktoryzacji. Autor wykazał, że zastosowanie algorytmu faktoryzacji pozwala uzyskać analityczny zapis struktury niezawodnościowej do dokładnego obliczenia wybranej miary niezawodności sieci, na podstawie jej struktury funkcjonalnej. Wykazał również, że istnieją możliwości modyfikacji tej metody w celu zastosowania jej w obliczeniach niezawodności różnego typu sieci. Istotny wkład w rozwój metod oceny niezawodności strukturalnej sieci stanowi opracowane przez Habilitanta rozwiązanie uwzględniające uszkodzenia, zarówno połączeń, jak i węzłów występujących w strukturze sieci oraz uwzględnienie możliwości ich odnawiania po uszkodzeniu. W opracowanym w tym celu modelu obliczeniowym wykorzystano algorytm faktoryzacji oraz autorską metodę nazwaną π , zaimplementowaną do procedury symulacyjnej. Uzyskane rozwiązanie zagadnienia zapisano w formie zależności matematycznych. Ocena niezawodności sieci według opracowanej metody wymaga zastosowania symulacji cyfrowej, której model obliczeniowy został opracowany przez Autora. Zastosowana została w nim metoda odwracania dystrybucyj i analiza zmian stanu sieci na skutek uszkodzeń i odnow potężeń oraz węzłów według metody π . Następnym aspektem rozważanym przez dr. inż. R. Pilcha było uwzględnienie odnowy profilaktycznej systemów technicznych, jako sposobu zmniejszania liczby uszkodzeń obiektów składających się na system. Jest to złożone zagadnienie, zwłaszcza w przypadku gdy system tech-

niczny składa się z dużej liczby obiektów oraz funkcjonuje w strukturach nadmiarowych, np. typu k z n . Do jego rozwiązania Habilitant zastosował model symulacyjny. Jako praktyczny przypadek zastosowania rozpatrywane były układy sit przesiewaczy sitowych funkcjonujących w strukturze 4 z 5. Wykazane zostało, że odpowiednie skrócenie czasu pracy do odnowy profilaktycznej sit przesiewaczy zapewni utrzymanie wymaganego poziomu niezawodności układu w przyjętej perspektywie czasowej. Innym aspektem aktywności naukowej dr. inż. R. Pilcha było uwzględnienie zagadnień ryzyka i bezpieczeństwa eksploatacji w ocenie niezawodności systemów technicznych. Autor skoncentrował się na funkcji intensywności uszkodzeń rozkładu Weibulla, zwanej też funkcją ryzyka i w efekcie prowadzonych badań odnotował, że przebieg tej funkcji we wspomnianym rozkładzie posiada wyraźne górne ograniczenie. Po wykonaniu analiz matematycznych wyprowadzona została zależność na określenie górnego ograniczenia dla funkcji intensywności uszkodzeń, które niezależnie od wartości parametrów zawsze występuje w rozkładzie Weibulla. Habilitant wraz ze współautorami badał też praktyczne przypadki analizy ryzyka i wyznaczania okresu eksploatacji uwarunkowanego granicznym poziomem ryzyka. W badanych przypadkach rosnące ryzyko uszkodzenia wynikało z procesów starzenia i postępującej korozji badanego obiektu. Ograniczanie ryzyka i osiągnięcie jego akceptowalnych wartości może być uzyskiwane przez wprowadzanie dodatkowych układów technicznych nazywanych układami związanymi z bezpieczeństwem (SRS – Safety Related Systems). Ma to istotne znaczenie wtedy, gdy uszkodzenia obiektów wchodzących w skład eksploatowanych systemów powodują zagrożenie dla życia i zdrowia ludzi, zagrożenie ekologiczne, znaczne straty finansowe lub destabilizację warunków funkcjonowania społeczeństwa. Jednym z zagadnień podjętych przez dr. inż. R. Pilcha było opracowanie uogólnionej metody do wyznaczania wartości prawdopodobieństwa uszkodzenia układu związanego z bezpieczeństwem posiadającego strukturę k z n . Opracowany model daje możliwość obliczania wartości PFD dla dowolnych przypadków struktur k z n układów SRS stosowanych w praktyce. Autor rozważał też inne podejście do wyznaczania PFD i PFH (Probability Failure on Hour) i wynikających z nich poziomów SIL (Safety Integrity Level) przez zastosowanie procesów Markowa. Podjął On próbę opracowania uogólnionego modelu obliczeniowego do wyznaczania wartości PFD bazującego na procesach Markowa z uwzględnieniem wpływu uszkodzeń o wspólnej przyczynie. Z obserwacji dokonanych przez Habilitanta w czasie realizacji prac dedykowanych praktyce przemysłowej wynikało, że w istniejących modelach obliczeniowych nieuwzględniany jest fakt testowania obiektów po ich naprawie lub po każdorazowej ich wymianie na nowe. Opracował więc kolejny model obliczeniowy, w którym uwzględnił wymieniony aspekt. Procesy Markowa były podstawą tego modelu, a otrzymane wyniki zostały porównane z uzyskanymi dla przypadku bez testowania obiektów po naprawie. Stosując ten model dr. inż. R. Pilch wykazał, że testowanie obiektów po naprawie ma istotne znaczenie i celowym jest uwzględnianie tej procedury w obliczeniach. Zidentyfikował również czynniki eksploatowanych w przemyśle układów SRS mające znaczący wpływ na wartość PFD. Na podkreślenie zasługuje fakt, iż prowadzone analizy matematyczne, opracowane modele i wykonane obliczenia mając walor teoretyczno-poznawczy charakteryzują się także przydatnością praktyczną.

Za najważniejsze elementy cyklu publikacji zgłoszonego jako osiągnięcie naukowe, wnoszące postęp do wymienionej problematyki i stanowiące **znaczny wkład dr. inż. Roberta Pilcha w**

rozwój dyscypliny naukowej *Budowa i eksploatacja maszyn* w zakresie identyfikacji niezawodności złożonych układów technicznych uważam:

- wykazanie możliwości zastosowania algorytmu faktoryzacji do oceny niezawodności złożonych układów technicznych o strukturach sieciowych;
- opracowanie metody nazwanej π umożliwiającej uwzględnienie uszkodzeń i odnowy zarówno połączeń, jak i węzłów w analizie niezawodności układów o strukturze sieci;
- opracowanie modeli obliczeniowych w celu oszacowania różnych miar niezawodności układów technicznych posiadających struktury sieci i funkcjonujących z odnawialnymi obiektami oraz dla przypadku odnowy profilaktycznej i poawaryjnej obiektów w układach technicznych o strukturze typu k z n ;
- wyprowadzenie zależności analitycznych opisujących górne ograniczenie dla wartości funkcji intensywności uszkodzeń oraz ograniczenie dla wartości funkcji niezawodności występujące w rozkładzie Weibulla;
- opracowanie modelu do wyznaczania prawdopodobieństwa uszkodzenia PFD układów SRS dla dowolnych układów o strukturze typu k z n oraz takiegoż modelu, w którym uwzględniono uszkodzenia o wspólnej przyczynie;
- określenie wpływ testowania obiektów po naprawie i innych najważniejszych czynników, charakterystycznych dla eksploatacji układów SRS, na wartości prawdopodobieństwa uszkodzenia PFD i związany z tym poziom SIL.

Podsumowując ocenę osiągnięcia naukowego przedstawionego w postaci cyklu publikacji, stwierdzam że stanowi to wartościowy dorobek naukowy dr. inż. Roberta Pilcha. Dowodzi to nie tylko Jego dużych umiejętności, wiedzy i doświadczenia jako badacza, ale także dojrzałości do samodzielnego formułowania i podejmowania zadań naukowo-badawczych.

Analizowany cykl publikacji jest owocem wielu lat pracy Autora i ogromu Jego wysiłku, zwłaszcza związanego z opracowaniem, testowaniem i implementacją metod identyfikacji niezawodności złożonych układów technicznych o strukturze sieci. Zdobyte przez Niego doświadczenie uczyniło Go wybitnym specjalistą w swojej klasie.

Podsumowując analizę i ocenę przedstawionego osiągnięcia naukowego stwierdzam, że spełnione są wymagania Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku oraz kryteria osiągnięć zawarte w Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 r. (Dz. U. Nr 196, poz. 1165), wobec czego przedstawiony do oceny dorobek może być podstawą do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego.

2. Ocena istotnej aktywności naukowej

Dr inż. Robert Pilch uzyskał stopień naukowy doktora w roku 2006 na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Robotyki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Jego działalność naukowa, dydaktyczna i organizacyjna ulokowana jest na tejże uczelni wyższej. Aktywność naukowa Habilitanta dotyczy działalności publikacyjnej, wdrożeniowej i innowacyjnej. Wykonywane przez Niego prace można umieścić w obszarach badawczych eksploatacji, niezawodności i odnowy profilaktycznej obiektów eksploatacji, a w szczególności w zakresie:

- 1) budowy i praktycznego zastosowania teoretycznych modeli obliczeniowych z zakresu eksploatacji i niezawodności;

- 2) analiz i opracowywania modeli obliczeniowych do wyznaczania niezawodności złożonych odnawialnych układów technicznych o strukturach sieciowych;
- 3) dodatkowych układów technicznych nazywanych układami związanymi z bezpieczeństwem - SRS;
- 4) problemów dotyczących ryzyka eksploatacji, poziomów nienaruszalności bezpieczeństwa SIL oraz oceny efektów uzyskiwanych przez odnawianie profilaktyczne obiektów w układach technicznych.

Dorobek publikacyjny dr. inż. Roberta Pilcha obejmuje 33 prace naukowe i 11 podrozdziałów w monografii, z których 25 oraz wspomniane 11 podrozdziałów monografii ukazało się po uzyskaniu stopnia doktora. Spośród nich 6 opublikowano w czasopismach umieszczonych na liście A MNiSzW (wszystkie po doktoracie) w *Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability, Simulation - Transactions of the Society for Modeling and Simulation International* oraz *Quality and Reliability Engineering International*. Spośród wszystkich publikacji - 9 pozycji to samodzielne opracowania Habilitanta, w tym 3 pozycje to samodzielne publikacje w czasopismach indeksowanych w bazie JCR. Wyniki realizowanych badań prezentował wielokrotnie na konferencjach krajowych i międzynarodowych w Polsce (15 razy - wg załącznika 4). Był także współautorem 7 innych referatów wygłaszanych na konferencjach. Sumaryczny Impact Factor publikacji wynosi 4,954. Łączna liczba punktów zgodnie z punktacją MNiSW uzyskana za publikacje wynosi 218, w tym 202 po uzyskaniu stopnia doktora. Według danych bazy Web of Science odnotowanych w dniu sporządzenia niniejszej recenzji - publikacje, w których był współautorem cytowano 18 razy (10 – bez autocytowań), natomiast indeks Hirscha jest równy 3. Liczba cytowani wzrosła od czasu złożenia wniosku przez Habilitanta. Dorobek publikacyjny dr. inż. Roberta Pilcha jest wartościowy, choć stosunkowo skromny. Publikacje Habilitanta wskazują na poszukiwanie nowych metod badawczych oraz sposobów aplikacji uzyskanych wyników. Analiza dorobku publikacyjnego dr. inż. Roberta Pilcha wskazuje, że jest On chętnie akceptowany jako autor referatów publikowanych w materiałach konferencji naukowych, co świadczy o tym, że prezentowana przez Niego wiedza jest potrzebna, aktualna i reprezentuje odpowiedni poziom. Innym wnioskiem, jaki można wyciągnąć z analizy dorobku publikacyjnego jest stwierdzenie, że chętnie pracuje w zespołach badawczych, ale potrafi również wykonywać prace badawcze indywidualnie.

Aktywność naukowo-badawcza Habilitanta przejawiała się również w realizacji siedmiu prac dla przemysłu, w których uczestniczył jako współautor. Na szczególne podkreślenie zasługuje aktywność dr. inż. Roberta Pilcha, jeżeli chodzi o opracowywanie programów komputerowych do obliczeń i symulacji zagadnień niezawodności. Dotyczą one między innymi następujących przypadków: szacowania niezawodności układów technicznych o strukturach sieci posiadających odnawialne elementy o różnych rozkładach czasu pracy do uszkodzenia (w programie tym wykorzystano algorytm faktoryzacji i opracowaną autorską metodę π oraz odpowiednio dostosowaną procedurę symulacyjną), szacowania niezawodności dowolnych układów o strukturach k z n z odnawialnymi elementami, obliczania niezawodności układów k z n funkcjonujących z rezerwą, przy zastosowaniu procesów Markowa, obliczania na drodze analitycznej wartości prawdopodobieństwa niewykonania funkcji bezpieczeństwa układu w pracy na żądanie lub w pracy ciągłej liczonej na godzinę (PFD lub PFH) i oceny poziomu SIL dla układów związanych z bezpieczeństwem oraz wyznaczania optymalnego okresu odnowy profilaktycznej obiektu technicznego.

Formułując konkluzję dotyczącą analizy i oceny istotnej aktywności naukowej oraz dorobku naukowego i doświadczenia Habilitanta **stwierdzam, że spełnione są w stopniu dostatecznym wymagania Ustawy** z dnia 14 marca 2003 roku oraz kryteria osiągnięć zawarte w Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 r. (Dz. U. Nr 196, poz. 1165), wobec czego przedstawiony do oceny dorobek może być podstawą do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego.

3. Ocena dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego oraz współpracy międzynarodowej, uzyskane nagrody

Dr inż. Robert Pilch prowadzi zajęcia dydaktyczne na studiach pierwszego i drugiego stopnia między innymi z następujących przedmiotów: eksploatacja maszyn, badania operacyjne i eksploatacyjne, inżynieria niezawodności, technologia i organizacja napraw i remontów, niezawodność systemów inżynierskich, podstawy eksploatacji systemów biotechnicznych, geometria i grafika inżynierska, podstawy mechaniki. Prowadzi również zajęcia seminaryjne ze studentami, a także jest promotorem prac inżynierskich i magisterskich. Po uzyskaniu stopnia doktora wypromował 33 inżynierów oraz 15 magistrów inżynierów. Opracował dwa programy nowych przedmiotów i jest współautorem zmian w programach czterech innych przedmiotów. Był inicjatorem i opiekunem Studenckiego Koła Motoryzacyjnego. Wymienione fakty pozwalają na pozytywną ocenę tej strony aktywności dr. inż. R. Pilcha jako pracownika naukowo-dydaktycznego. W bieżącym roku Habilitant został powołany do pełnienia funkcji promotora pomocniczego w przewodzie doktorskim na macierzystym wydziale.

Habilitant wykazuje się także działalnością popularyzującą naukę, uczestnicząc aktywnie w konferencjach naukowych. Był członkiem komitetu organizacyjnego konferencji INSYCONT'06. Jest współautorem i współprowadzącym szkolenie dla kadry zarządzającej i pracowników przemysłu z zakresu niezawodności, metod zmniejszania ryzyka i metod oceny bezpieczeństwa, gdzie wykorzystuje własne doświadczenie jako badacza.

Udziela się też w pracach organizacyjnych macierzystego wydziału pełniąc funkcję sekretarza komisji obron prac dyplomowych pierwszego i drugiego stopnia.

Od 2009 roku jest aktywnym członkiem Polskiego Naukowo–Technicznego Towarzystwa Eksploatacyjnego.

W zakresie współpracy międzynarodowej brak zgłoszonych osiągnięć oprócz recenzowania publikacji w czasopiśmie *IEEE Transactions on Reliability*.

Dr inż. R. Pilch w informacji o swoich osiągnięciach (zał. 4) stwierdził, że nie otrzymał nagród i wyróżnień.

4. Wniosek końcowy

Przedstawione oceny osiągnięcia naukowego, istotnej aktywności naukowej oraz dorobku dydaktycznego, popularyzatorskiego i współpracy międzynarodowej, pozwalają mi na sformułowanie wniosku, że recenzowany dorobek dr. inż. Roberta Pilcha w stopniu wystarczającym spełnia wymagania stawiane rozprawom naukowym, których zadaniem jest wykazanie postępu w nauce

dokonanego przez ich autorów. Może wobec tego stanowić podstawę do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego. **Habilitant - jak wykazałem - ma osiągnięcia naukowe, uzyskane po otrzymaniu stopnia doktora, stanowiące znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej Budowa i eksploatacja maszyn oraz wykazuje się istotną aktywnością naukową.**

Na podstawie dostarczonej do oceny dokumentacji stwierdzam, że osiągnięcia naukowe oraz aktywność naukowo-badawcza dr. inż. Roberta Pilcha spełniają wymagania *Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki* z dnia 14 marca 2003 roku (Dz. U. Nr 56 poz. 595 ze zm. w Dz. U. z 2005 Nr 164 poz. 1365 oraz w ostatnim brzmieniu z 18 marca i 1 września 2011) oraz kryteria osiągnięć zawarte w Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 r. (Dz. U. Nr 196, poz. 1165) i mogą być podstawą do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego nauk technicznych w dyscyplinie naukowej *Budowa i eksploatacja maszyn*.

