

Opole, 17 grudzień 2024 r.

dr hab. inż. Mariusz R. Rząsa prof. PO
Politechnika Opolska
Katedra Informatyki

Recenzja

osiągnięcia naukowego doktora inżyniera Anny Golijanek-Jędrzejczyk
wnioskującej o nadanie stopnia doktora habilitowanego

Niniejsza recenzja została sporządzona w odpowiedzi na otrzymane pismo z dnia 8 października 2024 r. podpisane przez Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektrotechnika, Elektronika i Technologie Kosmiczne, prof. Dr hab. inż. Piotra Jasińskiego oraz Uchwałę Rady Naukowej Dyscypliny Naukowej Automatyka, nr. 326/I/2024/AEEiTK z dn. 8.10.2024. Materiały z dokumentacją habilitacyjną zostały przesłane na płycie CD, z załączonymi dodatkowymi dokumentami i z zaleceniem odniesienia się do ich zawartości w opracowywanej recenzji.

Pani doktor inżynier Anna Golijanek-Jędrzejczyk przedłożyła w dniu 5 czerwca 2024 r. – za pośrednictwem Rady Naukowej Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektrotechnika, Elektronika i Technologie Kosmiczne – wniosek o przeprowadzenie postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie inżynierjno-technicznych w dyscyplinie Automatyka, Elektrotechnika, Elektronika i Technologie Kosmiczne. Podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego jest osiągnięcie naukowe pt. „Badania parametrów metrologicznych i hydraulicznych kryz pomiarowych”. Wnioskodawczyni załączyła wymagane przepisami dokumenty, w tym szczegółowe dane dotyczące dorobku naukowego.

Osiągnięcie naukowe Pani doktor inżynier Anny Golijanek-Jędrzejczyk stanowi cykl dziewięciu powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych materiałach o zasięgu międzynarodowym. Dwie z tych prac ukazały się w materiałach zagranicznej konferencji naukowej, pięć w recenzowanych czasopismach naukowych o zakresie światowym i dwa w uznanym krajowym czasopiśmie w języku polskim. Publikacje opublikowane w materiałach konferencyjnej dotyczą tej samej konferencji, lecz w następujących po sobie edycjach. Publikacje w czasopismach międzynarodowych to trzy w czasopiśmie „Measurement” (wg ministerialnej listy – 200 pkt.) jeden w „Flow Measurement and Instrumentation” (wg ministerialnej listy – 70 pkt.), jeden w „Scientific Reports,” (wg ministerialnej listy – 140 pkt.). Dwie publikacje w czasopiśmie polskojęzycznym „Przegląd Elektrotechniczny” (wg ministerialnej listy – 70 pkt.). Biorąc pod uwagę powyższe dane należy stwierdzić, że największą wartość naukową wnoszą publikacje o numerach A4, A5 i A6. W większość publikacji jest współautorska a nazwiska autorów się powtarzają, świadczy to o tym, że habilitantka przy tworzeniu swojego dorobku współpracowała w jednym zespole z innymi naukowcami.

Pani doktor inżynier Anna Golijanek-Jędrzejczyk oświadcza, że we wszystkich tych publikacja jej udział był równy lub większy od 50%. Generalnie udział habilitantki w tworzeniu publikacji naukowych polegał na opracowaniu koncepcji i zaplanowaniu badań i metod do wyznaczania niepewności pomiaru oraz za analizę wyników pomiaru i opracowanie budżetu niepewności. Wprawdzie z dołączonych oświadczeń pozostałych autorów wynika, że ich udział



był niewielki, rzędu kilkunastu procent, jednak cykl przedstawionych publikacji sugeruje, że większość prac badawczych była prowadzona w zespole lub w ramach wspólnego projektu badawczego. **Jak zatem wytłumaczyć tak małe udziały pozostałych członków zespołu, zwłaszcza, że większości publikacji występuje 5 a nawet 6 autorów.**

W „Autoreferacie” Pani dr doktora inżyniera Anny Golijanek-Jędrzejczyk oświadcza, że w ramach przedstawionego cyklu publikacji w działalności naukowej zidentyfikowała dwa kluczowe osiągnięcia:

1) opracowywanie autorskich rozwiązań oceny dokładności pomiaru przepływu masowego cieczy przez kryzę pomiarową oraz jej współczynnika przepływu,

2) wyznaczenie i ocena parametrów metrologicznych i hydraulicznych kryz niestandardowych oraz sprecyzowanie zakresu ich stosowalności poprzez przeprowadzenie prac teoretycznych, symulacyjnych i eksperymentalnych.

Według art. 219 ust. 1 pkt 2b ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, wraz z późniejszymi zmianami (Dz. U. z 2023 r. poz. 742), cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych przedłożonych w ramach postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego przedstawiać powinien osiągnięcia naukowe stanowiące znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny. Nie jest możliwe przyjęcie jednej uniwersalnej definicji pojęcia znaczny wkład. Z tej przyczyny wskazanie znacznego wkładu osiągnięć naukowych w rozwój dyscypliny jest w znacznej mierze arbitralne. W związku z tym przeprowadziłem analizę poziomu wkładu osiągnięć naukowych w rozwój dyscypliny dla każdej z przedstawionych publikacji oddzielnie.

Artykuł A1 dotyczy autorskiej metodyki szacowania niepewności. Zawiera on wyniki badań dla kryzy z otworem umieszczonym centralnie dla przepływów o liczbie Reynoldsa większe od 10 000. W pracy tej przeprowadzono analizę niepewności pomiaru wyznaczaną za pomocą wytycznych Międzynarodowej Organizacji Normalizacyjnej na podstawie przewodnika GUM, opartej na prawie propagacji niepewności oraz metody autorskiej z wykorzystaniem metody numerycznej Monte Carlo. Metoda pomiaru przepływu z wykorzystaniem kryzy z otworem umieszczonym centralnie nie jest niczym nowym i jest to zagadnienie znane i skowane od wielu lat, a także dobrze opisane. Wykorzystanie tego rodzaju kryzy ma jednak uzasadnienie, gdyż może ona posłużyć jako metoda odniesienia do kolejnych badań. Zastosowanie metody numerycznej Monte Carlo do szacowania niepewności pomiaru również było opisywane przez innych autorów wiele lat przed publikacją artykułu A1 ([https://doi.org/10.1016/S0955-5986\(01\)00015-2](https://doi.org/10.1016/S0955-5986(01)00015-2), doi:10.15199/48.2016.11.43, Pomiary Automatyka Robotyka 7-8/2006 s. 34-37). Nowością w tym przypadku jest implementacja znanych rozwiązań do zagadnienia pomiaru przepływu za pomocą kryzy z otworem umieszczonym centralnie. Chociaż artykuł ten nie wnosi znaczącej wiedzy naukowej to niewątpliwie stanowi dobry wstęp do cyklu artykułów. Czytając autoreferat napotkałem na stwierdzenie „Wiedząc, że przepływ masowy q_m jest wyznaczany pośrednio, a funkcja pomiaru zależy od następujących parametrów: $q_m = f(C, d, D, \Delta p, \rho)$, oraz zakładając brak korelacji pomiędzy niepewnościami mierzonych wielkości zgodnie z prawem propagacji niepewności”. W sformułowaniu tym jest duża nieścisłość, gdyż jedynym parametrem mierzonym w tego rodzaju pomiarach jest Δp . Natomiast C , d , D , są jednorazowo wyznaczane z określoną dokładnością i nie są korygowane w trakcie pomiaru. Podobnie gęstość ρ jest określana dla danego płynu przy założeniu, że nie zmienia się ona podczas pomiaru lub jej zmiany są w założonym przedziale. Pewnym skrótem myślowym jest również sformułowanie „Ponadto potwierdził on celowość wyznaczenia wartości współczynnika przepływu C oraz jego niepewności. Należy pamiętać, że wartość współczynnika przepływu C ma różną wartość w

W publikacji A4 głównie skupiono się na analizie i badaniu kryzy mimośrodowej. Oprogramowanie TNflow wykonuje obliczenia parametrów na podstawie normy, zatem nie wnosi to nic znaczącego, poza tym, że pozwoliło t autorce zweryfikować swoją aplikację. Publikacja ta niewątpliwie poszerza zakres badań, które zaprezentowała Habilitantka i rozszerza obszar badań o kryzy mimośrodowej. Porównanie wyników dla kryzy centrycznej i mimośrodowej umożliwia czytelnikowi ocenę zysków i strat wynikających z zastosowanie poszczególnych rozwiązań. **Wyniki z rys.3 powinny jednak zostać skomentowane dla pomiarów z przedziału liczby Reynoldsa 13000 do 15000, dla kryzy cylindrycznej.**

Publikacja A5 jeszcze dodatkowo poszerza zakres badań o wyniki dla kryzy segmentowej. Rysunek 4 wymaga jednak znacznie szerszej analizy niż to ma miejsce w pracy A5 i autoreferacie. Stwierdzenie jedynie, że „dla wszystkich analizowanych metod niepewność rozszerzona rośnie wraz ze wzrostem liczby Reynoldsa Re ” jest bardzo pobieżne. Z wykresy wyraźnie wynika, że wzrost ten następuje z różnym wzmocnieniem, należałoby zastanowić się nad przyczynami tego stanu.

Publikacja A6 dodatkowo poszerza zakres badań o kryzy wielootworowe. Przedstawiono w niej wyniki badań numerycznych w oparciu o komercyjne oprogramowanie ANSYS Fluent. Modele turbulencji $k-\epsilon$ oraz $k-\omega$ są znane od wielu lat, nie jest również tajemnicą, że model $k-\epsilon$ lepiej sprawdza się w obszarach przepływów swobodnych, natomiast $k-\omega$ znacznie lepiej modeluje zjawiska przy ściankach. W oprogramowaniu ANSYS Fluent zastosowano dodatkowe modyfikacje tych podstawowych modeli (SST - Shear Stress Transport, BSL - Baseline model). Sprowadzenie wniosków jedynie do stwierdzenia który z modeli lepiej sprawdza się dla większej czy mniejszej różnicy ciśnień, wydaje się być niewystarczające w pracach na tym poziomie oczekuje się szerszego uzasadnienia.

W publikacji A7 przedstawiono analizę numeryczną dla kryzy z wlotem stożkowym dla małych strumieni. Na podstawie przeprowadzonych badań Habilitantka formułuje wniosek, że możliwe jest wyznaczenie granicy grubości kryzy stożkowej, dla którego kryza z wlotem stożkowym zachowuje swoje parametry metrologiczne. Stanowi to pewną wiedzę dodaną do dotychczasowej, jednak ideą przepływomierzy spiętrzających jest to, aby zakres mierzonych strumieni był tak dobrany, gdzie wartość współczynnika przepływu jest stała. Jak zatem rozumieć, że $C=f(Re)$. Liczba Reynoldsa zależy zarówno od lepkości kinematycznej cieczy, która powiązana jest z jej gęstością, wymiarem charakterystycznym i prędkością płynu zatem co było stałe a co się zmieniało. Ponadto przepływomierze spiętrzające stosuje się do pomiaru strumieni płynów w zakresie prędkości dla których współczynnik przepływu C jest stały, zatem jakie to ma praktyczne zastosowanie.

W odniesieniu do publikacji A8 to jest pewna rozbieżność z tym co jest w autoreferacie, mianowicie publikacja ta powstała ramach projektu badawczego „Pomiar przepływu masowego cieczy lepkiej przez kryzę cylindryczną w warunkach przepływu laminarnego (CylOr)”, zatem wyniki powinny dotyczyć cieczy lepkich i być porównane z wynikami z pracy A7, a jak wynika w treści artykułu dotyczą one wody. W autoreferacie napisano, że badania były prowadzone dla oleju hydraulicznego. Jest to bardzo nieprecyzyjne, gdyż samo określenie olej hydrauliczny bez podania jego własności hydrologicznych nic nie mówi, a wręcz budzi wątpliwości co do jego pozyskania, gdyż obecnie w handlu są dostępne płyny hydrauliczne. Obecnie niejednokrotnie płyny hydrauliczne są cieczami nienewtonowskimi co powoduje, że ich lepkość zmienia się wraz z prędkością ścinania, co może powodować, że zastosowana metoda pomiarowa może nie być uzasadniona. **Sprawa ta wymaga dodatkowego omówienia.**

Publikacja A9 stanowi swego rodzaju podsumowanie przeprowadzonej analizy metrologicznej. Systematyzuje ona metodologię szacowania niepewności i wyników pomiaru

zależności od typu stosowanej kryzy oraz jej gabarytów, parametrów mechanicznych, a także warunków pomiarowych panujących podczas przeprowadzanego doświadczenia”. Współczynnik C najczęściej jest wyznaczany doświadczalnie lub na podstawie wzorów empirycznych. Trudno przy takim podejściu korygować jego wartość w zależności od zmieniających się warunków pomiarowych, a niejednokrotnie dotrzymanie takich samych warunków pomiarowych w innym eksperymencie. Z tego względu najczęściej przyjmuje się, że jego wartość jest stała z określonym błędem. Takiego wyjaśnienia brakuje zarówno w treści autoreferatu oraz publikacji A1.

Artykuł A2 rozszerzono zastosowanie autorskiej metody wyznaczania niepewności w odniesieniu do kryzy mimośrodowej. W pracy przeprowadzono weryfikację otrzymanych wyników oszacowania niepewności z wynikami wytycznych Międzynarodowej Organizacji Normalizacyjnej na podstawie przewodnika GUM. Potwierdzona w ten sposób zbieżność wyników dowodzi, że szacowanie niepewności metodą Monte Carlo, może być stosowane do wyznaczenia niepewności pomiaru przepływu za pomocą różnego rodzaju kryz pomiarowych. Stanowi to nowy dowód, który do tej pory nie został opublikowany.

Artykuł A3 zaprezentowano analizę wpływu dokładności wyznaczenia współczynnika C na niepewność pomiaru przepływu. Udowodniono, że możliwe jest uzyskanie niepewności względnej poniżej 2,5%. Warto jednak zaznaczyć, że uzyskanie takiej dokładności w warunkach przemysłowych nie zawsze będzie możliwe. Fragment autoreferatu nawiązujący do tej publikacji wymaga wyjaśnienia Autorki co rozumie przez pojęcie rozwijający się przepływ turbulentny i rozwinięty przepływ turbulentny, zwłaszcza, że większość podręczników z mechaniki płynów podaje, że przepływ laminarny występuje dla $Re < 2100$ przepływ przejściowy występuje dla $2100 < Re < 3000$ natomiast przepływ turbulentny występuje dla $Re > 3000$. Autorka podaje, że badania rozpoczęły się od $Re = 7500$ i wtedy według Autorki występował rozwijający się przepływ turbulentny. **Jak to rozumieć?**

W autoreferacie zwrócono uwagę, że obecnie w literaturze najczęściej przejmuje się niepewność dla pomiarów za pomocą kryzy pomiarowej rzędu kilku procent. Jednak nie wynika to, że nie można tego zrobić dokładniej. Zawsze jest możliwe wykonanie kryzy, która zostanie poddana badaniom laboratoryjnym i na tej podstawie zostanie wyznaczony współczynnik przepływu C dla tej konkretnej kryzy. Takie podejście jednak jest czasochłonne i kosztowne, dla tego najczęściej przyjmuje się geometrię kryzy zgodnie z obowiązującą normą, którą wykonuje się z zachowaniem odpowiedniej tolerancji wymiarowej. Następnie współczynnik przepływu C oblicza się na podstawie wzoru empirycznego zamieszczonego w normie. Powoduje to, że całość stanowi pewne uśrednienie, jednak pozwala uniknąć czasochłonnego procesu kalibracji przepływomierza. Ponadto podejście to nie uwzględnia zmian geometrii kryzy podczas eksploatacji (erozja, gromadzenie się osadów na powierzchni kryzy, niekontrolowana zmiana gęstości płynu, itp.). Wszystko to uwzględnia się poprzez przyjęcie, że niepewność pomiaru jest rzędu kilku procent podczas całego czasu eksploatacji. Gdyby udało się opracować algorytm, który pozwoliłby skutecznie korygować współczynnik przepływu podczas eksploatacji, stanowiłoby to niewątpliwie znaczący wkład do obecnego stanu wiedzy. Tego jednak nie ma ani w pracy A3 jak i A4. Publikacja A3 potwierdza słuszność zastosowania metody Monte Carlo do określania niepewności pomiaru przepływu za pomocą kryzy pomiarowej na potrzeby badań laboratoryjnych, gdzie zwiększona dokładność może być istotna. W praktyce jak podano w autoreferacie „co jest ważne w przypadku kalibracji czy np. rozliczeń finansowych za przepływ cieczy w rurociągach wodnych.”, do rozliczeń finansowych najczęściej stosuje się innego rodzaju przepływomierze, a rozliczeniom zazwyczaj jest objętość pobranej cieczy. Pomiary za pomocą kryz pomiarowych mają natomiast bardzo szerokie zastosowanie w układach sterowania procesami jako jeden z parametrów technologicznych.

przepływu. Zebranie tych informacji w jedno opracowanie można zaliczyć ma konto wniesienia dodatkowej wiedzy w zakresie pomiaru przepływów.

Podsumowując, przeprowadzone badania i opublikowane artykuły w jakimś stopniu poszerzyły obecny stan wiedzy dotyczącej parametrów metrologicznych kryz o nietypowych kształtach, takich jak: kryza mimośrodowa, segmentowa, 4-otworowa oraz z wlotem stożkowym i cylindrycznym dla prędkości przepływu w zakresie laminarno- -turbulentnym.

Ponadto odnosząc się do obszernego autoreferatu Pani doktor inżynier Anny Golijanek-Jędrzejczyk, w którym opisała swój wkład naukowy w dyscyplinie Automatyka, Elektrotechnika, Elektronika i Technologie Kosmiczne. Autoreferat obejmuje wprowadzenie, w którym habilitantka uzasadnia podjęcie tematyki określenia niepewności przepływu dla pomiarów z wykorzystaniem kryz pomiarowych. Zwraca uwagę na to, że pomimo wielkiej popularności stosowania kryz pomiarowych jedynie niektóre rodzaje kryz są dobrze opisane i posiadają odpowiednie normy. Zatem rozszerzenie badań w stosunku do kryz nie ujętych w normach ma uzasadnienie. Trudno jest się jednak zgodzić ze stwierdzeniem Habilitantki, że „Argumentem przemawiającym za zajęciem się tą tematyką był brak kompleksowej oceny metrologicznej sześciu typów kryz pomiarowych (ISA, mimośrodowa, segmentowa, cylindryczna, stożkowa, 4-otworota)”. Część z wymienionych kryz jest unormowana od wielu lat, a normy te powstały w oparciu o szereg badań i niewątpliwie są dobrze udokumentowane, a zalecenia w ujęte w normach są szeroko stosowane w pomiarach przemysłowych. Opracowanie kolejnej metody szacowania niepewności w zastosowaniu do tego rodzaju kryz nie ma sensu, bo to nie spowoduje, że pomiar tymi kryzami będzie dokładniejszy. Taka analiza ma jedynie sens, aby zweryfikować zaproponowane rozwiązanie, które może mieć następnie zastosowanie do określania niepewności pomiaru przepływu za pomocą kryz nie ujętych w normach. Drugą uwagą krytyczną jest stosowanie nieprecyzyjnego języka technicznego w autoreferacie. Autorka stosuje szereg fachowych określeń jednak w kontekście nie pasującym do siebie. Na przykład „przepływ strumienia”. Strumień jest to ilość płynu przepływająca w jednostce czasu przez dany przekrój. Może on być masowy [kg/s] lub objętościowy [m³/s]. Trudno jest zatem zrozumieć co oznacza „przepływ strumienia” skoro sama definicja strumienia odnosi się do przepływu. Innym przykładem jest sformułowanie „grupy zwęzek spiętrzających przepływ”. Nie potrafię sobie wyobrazić jak można spiętrzyć przepływ, skoro zgodnie z podstawowym prawem mechaniki płynów o ciągłości strugi jest on stały w całym zamkniętym układzie przepływowym.

W rozdziale „wprowadzenie” w autoreferacie zauważyłem również pewne błędy merytoryczne, mianowicie „*Mimo że obecnie istnieją i są stosowane alternatywne metody pomiarowe przepływu masowego, takie jak: metody elektromagnetyczne, ultradźwiękowe, optyczne czy Coriolisa, ...*”. W przepływomierzach spiętrzających bezpośrednią wielkością mierzoną jest różnica ciśnień przed i za elementem spiętrzającym. Wartość różnicy ciśnień zależy od prędkości płynu oraz od jego gęstości, i w tym przypadku można mówić, że mierzą one strumień masowy. W przypadku przepływomierzy ultradźwiękowych lub elektromagnetycznych wielkością mierzoną jest prędkość płynu w przekroju pomiarowym, a następnie na tej podstawie jest wyliczany strumień znając pole przekroju kanału. W tym przypadku znajomość gęstości płynu nie jest konieczna do określenia strumienia objętościowego. Oczywiście znając strumień objętościowy i gęstość płynu można go przeliczyć na strumień masowy. Z tego względu o przepływomierzach elektromagnetycznych i ultradźwiękowych raczej mówi się, że mierzą strumień objętościowy. Rozumiem, że habilitantka nie jest specjalista z mechaniki płynów, a wniosek nie dotyczy dyscypliny Inżynieria Mechaniczna, zatem tego rodzaju fachowe określenia mogą być obce jednak w pracach na stopień doktora habilitowanego nie powinny mieć miejsca.

Biorąc pod uwagę komentarze oraz uwagi krytyczne co do przedłożonej dokumentacji stwierdzam, że Pani doktor inżyniera Anna Golijanek-Jędrzejczyk spełnia minimalne wymagania stawiane kandydatom do uzyskania stopnia doktora habilitowanego opisane w art. 219 ustawy z dnia 11 września 2024 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, (Dz.U. 2024 poz. 1571) w wymaganym zakresie opisanym w punktach 2b oraz 3 i wnoszę o dopuszczenie do kolokwium habilitacyjnego.

Mariusz R. R.