

Prof. dr hab. inż. Wojciech Sobieski
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
Wydział Nauk Technicznych
Katedra Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn
10-957 Olsztyn, ul. M. Oczapowskiego 11
e-mail: wojciech.sobieski@uwm.edu.pl
tel.: (89) 5-23-32-40 / fax: (89) 5-23-32-55

**Recenzja rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Adriana Czajkowskiego pt.:
„Konstrukcja, badania i optymalizacja pomiaru strumienia pracującego w
warunkach długookresowego użytkowania w środowisku wody twardej”**

Podstawą prawną wykonania recenzji jest Umowa o Dzieło UMC/1412/2024

1. Tytuł rozprawy doktorskiej stanowiącej podstawę ubiegania się w aktualnym postępowaniu o nadanie stopnia doktora.

Podstawą do ubiegania się o nadanie stopnia doktora w aktualnym postępowaniu jest rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Adriana Czajkowskiego zatytułowana „Konstrukcja, badania i optymalizacja pomiaru strumienia pracującego w warunkach długookresowego użytkowania w środowisku wody twardej”. Rozprawa powstała w ramach doktoratu wdrożeniowego, finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w Polsce.

2. Ocena układu rozprawy doktorskiej, w tym informacje o jej poszczególnych częściach składowych

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Adriana Czajkowskiego pt. „Konstrukcja, badania i optymalizacja pomiaru strumienia pracującego w warunkach długookresowego użytkowania w środowisku wody twardej” obejmuje łącznie 150 stron tekstu, przy czym treść zasadnicza zajmuje 115 stron, a pozostałe strony to dedykacja, spis treści, wykaz symboli i skrótów, spis literatury, streszczenie w języku polskim i angielskim, spis rysunków i tabel oraz 5 załączników. Objętość pracy odpowiada standardom rozpraw doktorskich i nie budzi żadnych zastrzeżeń.

W Rozdziale 1 (Cel ogólny i zakres pracy) Autor definiuje cel swoich badań, a także przedstawia listę zadań jednostkowych, planowanych do realizacji w ramach rozprawy doktorskiej. Dodatkowo w rozdziale podane są ogólne informacje dotyczące wybranych zagadnień związanych z dystrybucją i pomiarem zużycia wody. Uzupełnieniem treści rozdziału jest Załącznik 1.

W Rozdziale 2 (Wprowadzenie i uzasadnienie celowości podjęcia tematu pracy) Autor wyjaśnia czym jest osad kamienny, jak powstaje, jakie są negatywne skutki jego istnienia oraz jakie są podstawowe metody jego usuwania. Następnie Autor przedstawia przegląd urządzeń służących do pomiaru ilości wody przepływającej w instalacjach wodnych, zwracając szczególną uwagę na negatywny wpływ osadu kamiennego na działanie oraz dokładność pomiarową poszczególnych mierników.

Rozdział 3 (Koncepcja i konstrukcja przepływomierza) zawiera próbę wyjaśnienia zasady działania oraz pomiaru opracowywanego miernika. Autor dużo uwagi poświęca charakterystyce dynamicznej czujnika temperatury. Dodatkowo przedstawione są podstawowe informacje dotyczące profili prędkości w rurze kołowej w ruchu laminarnym oraz turbulentnym. Rozdział kończy się dyskusją na temat konieczności wykonywania pomiaru w dwóch etapach oraz listą założeń wstępnych.

Rozdział 4 (Metodyka badawcza i zakres wykonywanych prac) zawiera opis wybranych narzędzi badawczych, opis strategii realizacji badań oraz szczegółową listę zadań jednostkowych.

W Rozdziale 5 (Model numeryczny przepływomierza) przedstawiono model symulacyjny przepływu masy i ciepła w domenie składającej się z regionu płynu (wnętrze rury kołowej) oraz regionu ciała stałego (pierścień reprezentujący czujnik). Model, w kilku wariantach geometrycznych, wykonano w programie ANSYS CFX. Finalnym efektem badań są charakterystyki przedstawiające liczbę Reynoldsa oraz natężenie przepływu wody w funkcji stałej czasowej.

W pierwszej części Rozdziału 6 (Fizyczny model Simscape w środowisku MatLab) Autor opisał przykładowy schemat układu zawierającego opracowywany miernik temperatury, a następnie przedstawił poszczególne elementy tego układu w postaci schematów sporządzonych w środowisku MatLab z użyciem biblioteki Simscape. W drugiej części rozdziału przedstawione zostały podstawy teoretyczne działania wybranych modułów tej biblioteki.

Rozdział 7 (Stanowisko laboratoryjne i badania eksperymentalne) zawiera opis stanowiska laboratoryjnego oraz czujnika, opis wyników, z uwzględnieniem dwóch wariantów, a także informacje o kalibracji modelu fizycznego wykonanego w środowisku MatLab.

W Rozdziale 8 (Wyniki badań analitycznych) zamieszczono dyskusję dotyczącą wyników, w tym uzasadnienie stosowanych uproszczeń. W kolejnych punktach przedstawiono algorytm postępowania podczas pomiarów oraz analizę błędów wyznaczania grubości osadu na ścianie rury oraz natężenia przepływu wody. Ostatnim elementem rozdziału są dyskusje i analizy dotyczące konstrukcji opracowywanego miernika.

Rozdział 9 (Analiza potencjalnych błędów pomiarowych) zawiera rozważania dotyczące dokładności pomiaru czasu oraz optymalnej długości miernika. Dodatkowo, Autor prowadzi dyskusję odnoszącą się do lokalizacji miernika w instalacji z kolankiem.

Rozdział 10 (Dyskusja osiągniętych celów pracy) zawiera odniesienia do Przemysłu 4.0 oraz Internetu rzeczy oraz przypomnienie celu badań. Zamieszczono tam również wybrane informacje o przepływach laminarnych i turbulentnych oraz stwierdzenia co do skuteczności wykonanych badań.

Rozdział 11 (Kierunki dalszych prac i badań) zawiera listę zagadnień, które według Autora mogłyby uzupełnić i rozszerzyć aspekty omówione w rozprawie.

Rozdział 12 (Podsumowanie i wnioski końcowe) zawiera krótki opis wykonanych badań, listę zrealizowanych celów badawczych oraz 3 wnioski końcowe.

Układ rozprawy nie jest standardowy, gdyż poszczególne wątki nie są pogrupowane, ale porozrzucane po różnych częściach pracy. Utrudnia to odbiór treści, tym bardziej że Autor nie wyjaśnia, że dana dyskusja będzie kontynuowana w przyszłości. Przykładem może być opis modelu numerycznego wykonanego w programie ANSYS CFX, przedstawiony częściowo w Rozdziale 5, częściowo w Rozdziale 8 (fragment ten nie pasuje do tytułu tego rozdziału) i częściowo w Rozdziale 9. Opis modelu fizycznego opracowanego w środowisku MatLab również jest przedstawiony w kilku miejscach, w Rozdziałach 6, 7 i 8. Kolejnym przykładem nieuporządkowanego układu treści może być opis liczby Reynoldsa oraz zagadnień związanych z ruchem laminarnym i turbulentnym – część znajduje się w Rozdziale 3.2, a część, co mocno zaskakuje, w Rozdziale 10, zatytułowanym „Dyskusja osiągniętych celów pracy”.

3. Ocena zastosowanego piśmiennictwa w ramach rozprawy doktorskiej

Oceniana rozprawa doktorska zawiera łącznie 151 pozycji, co odpowiada standardom rozpraw doktorskich. Poszczególne pozycje dotyczą między innymi: ogólnych problemów cywilizacyjnych, środowiska, zasobów wodnych, gospodarki wodnej, instalacji wodociagowych, osadów w instalacjach wodociagowych, metod pomiaru wybranych parametrów (w szczególności temperatury i natężenia przepływu), termometrów, przepływomierzy, monitoringu wybranych parametrów, komunikacji i sieci informatycznych. Zwracają uwagę następujące kwestie:

- Spis bibliograficzny jest nieujednolicony, nieuporządkowany i nie jest wykonany według jednego wybranego standardu cytowań, co jest niezgodne z zasadami panującymi w nauce.
- Część pozycji nie zawiera wszystkich wymaganych informacji. Skrajnym przykładem jest pozycja [17], zawierająca tylko tytuł.
- Spis bibliograficzny zawiera relatywnie dużo stron internetowych o charakterze bardzo ogólnym lub popularnonaukowym. W rozprawie doktorskiej należałoby się spodziewać więcej źródeł typowo akademickich, szczególnie w obszarach dotyczących podstaw teoretycznych. Przykładowo opis liczby Reynoldsa (strony 32/33) oparty jest o internetową encyklopedię inżynierii środowiska [106], publikację popularnonaukową dotyczącą kulis odkrycia dokonanego przez Reynoldsa [107], artykułu z 1990 roku odnoszącego się do polimerów [108] oraz artykułu popularnonaukowego z 1990 roku dotyczącego historii liczby Reynoldsa [109].
- W Rozdziale 5 Autor nie cytuje ani jednej pozycji bibliograficznej. W spisie bibliograficznym nie udało mi się odszukać ani jednej pracy dotyczącej modelowania numerycznego, Metody Objętości Skończonych, czy chociażby wykorzystanego przez autora programu ANSYS CFX.
- W Rozdziale 6 Autor powołuje się na jedno tylko źródło, stronę internetową zawierającą opis elementów biblioteki Simscape: www.mathworks.com (prace od [132] do [137]). Brakuje, podobnie jak w rozdziale poprzednim, standardowego w pracach naukowych przeglądu literatury dotyczącego zastosowania opisanych metod w podobnych układach oraz osiągnięć poprzedników Autora na tym samym lub najbliższym podobnym polu badawczym.
- Autor cytuje w rozprawie pozycję [153], która nie istnieje.

4. Wskazanie oraz ocena celu pracy kandydata

Autor pisze, że ogólnym celem badań jest wstępne opracowanie nowej konstrukcji urządzenia do pomiaru przepływu wody użytkowej. Sformułowanie to nie budzi zastrzeżeń, szczególnie jeśli weźmie się pod uwagę wdrożeniowy charakter pracy. Niejasne jest jednak odwołanie się do założeń Przemysłu 4.0 i Internetu rzeczy. Aby kwestia ta była odpowiednio czytelna, powinno się przedstawić założenia, o których tu mowa, i jasno stwierdzić które z nich będą brane pod uwagę.

Autor stwierdza, że „Celem badawczym dla zagadnienia jest sprawdzenie możliwości wykonania pomiaru strumienia wody metodą termiczną w zakresie przepływu burzliwego za pomocą pomiaru wartości stałej czasowej.” Pomijając niezręczne sformułowanie (celem dla zagadnienia), można uznać, że tak zdefiniowany cel jest poprawny, a Autor w trakcie realizacji pracy ostatecznie go osiąga.

Autorowi nie udało się jednoznacznie przedstawić zakresu pracy oraz logicznej struktury działań i ich powiązań. Podczas czytania pracy zdarzało się wielokrotnie, że kolejne elementy nie pasowały do opisanych poprzednio, co wobec braku stosownych komentarzy utrudniało odbiór całości i śledzenie toku myślenia Autora. Przykładem może być zakres pracy, podany trzykrotnie, na stronie 9, 39 oraz 98, za każdym razem w innej wersji, a także przedstawiona na stronie 39 kolejność prac, trudna do powiązania z zakresami wspomnianymi wyżej.

Stwierdzenie (strona 38), że jednym z etapów badań mają być „analizy numeryczne potwierdzające lub wykluczające założenia, a w szczególności czy możliwe są pomiary stałej czasowej dla wyższych liczb Reynoldsa, w zakresach przepływu burzliwego, gdzie występuje duże nachylenie charakterystyki czasowej” nie jest poprawnie zdefiniowanym celem badawczym. Oczywiście jest, że jeżeli wykona się symulację niestacjonarną, w której pole temperatury ulega zmianie, to można zarejestrować różnice temperatur w dowolnych punktach i zinterpretować je jako szybkość reakcji układu na wymuszenie termiczne. Nie jest prawdą, że zadanie takie będzie problemem dla przepływu burzliwego i żeby stwierdzić taką możliwość, to trzeba wykonać stosowane badania symulacyjne. Wobec powyższego warto by było dokładniej wyjaśnić, na czym ma polegać mechanizm potwierdzenia lub odrzucenia przyjętej koncepcji działania przyrządu za pomocą programu ANSYS CFX, o czym jest mowa na stronie 38.

W Rozdziale 1 Autor definiuje cel ogólny, cel komercyjny (tak rozumiem implementację idei zastosowania mikrokomputerów do – jak pisze Autor – analizy danych z niewielkiej liczby czujników) oraz cel badawczy. W podsumowaniu rozprawy zabrakło odniesienia do tych poszczególnych celów. Autor stwierdza finalnie, że „przyjęta konstrukcja przepływomierza, w warunkach jakie narzuciły założenia tej pracy, spełnia założone kryteria”. Sformułowanie to jest dyskusyjne, ponieważ rozprawa nie zawiera jasno zdefiniowanej listy założeń czy kryteriów.

5. Ocena części rozprawy doktorskiej dotyczącej omówienia wyników badań

Przedstawiony w Rozdziale 5 opis modelu numerycznego oraz celowości jego wykonania jest niewystarczający. W szczególności: nie wyjaśniono jaki jest związek przyjętych geometrii z potencjalnymi miejscami montażu czujnika w instalacji docelowej (w rozprawie jest mowa o kranach kuchennych lub łazienkowych oraz prysznicach) lub eksperymentalnej; nie podano wymiarów geometrycznych; nie podano żadnych wskaźników jakości siatki numerycznej; nie określono, w jaki sposób definiowano parametry turbulencji na wlocie (co jest ważne w kontekście ewolucji profili prędkości i temperatury); nie zdefiniowano w pełni warunków początkowych, nie podano żadnych parametrów materiałowych ani nie określono, czy były one stałe czy też np. zależne od temperatury; nie określono warunku zakończenia obliczeń. Zamiast wizualizacji 3D z programu (rys. 5.1), na których nie widać wielu ważnych szczegółów, powinno się przedstawić schemat układu z zaznaczeniem stref siatki, lokalizacją poszczególnych warunków brzegowych, lokalizacją punktu próbkowania temperatury itp. Uzupełnieniem takiego schematu mogłaby być tabela zawierająca zestawienie wszystkich ustawień i wartości liczbowych wprowadzonych w modelu symulacyjnym.

Zamieszczona na stronach 46/47 dyskusja dotycząca wyników symulacji numerycznych jest bardzo uproszczona. Brakuje np. listy założeń przyjętych podczas tworzenia modelu oraz opisu planu eksperymentu i wyjaśnienia dlaczego przyjęto akurat 21 punktów tego planu. Brak jest spójności zakresów liczby Reynoldsa z późniejszymi badaniami eksperymentalnymi. Wskazane byłoby wyjaśnienie ogólnej koncepcji, w szczególności jak Autor zamierza połączyć ze sobą wyniki modelowania numerycznego i eksperymentu, skoro w obu tych etapach rozważano inaczej działające mierniki oraz różne zakresy liczb Reynoldsa.

Podczas opisu przepływów niestacjonarnych cenna byłaby analiza rozkładów wybranych pól skalarnych i wektorowych oraz dyskusja na temat zmian tych pól w czasie. Skromne elementy takiej dyskusji pojawiają się później w pracy, ale umieszczone są w punkcie 8.1 (Definicja wyniku pomiaru) w Rozdziale 5 (Wyniki badań analitycznych).

Autor pisze, że wyniki analiz numerycznych są „spodziewane” albo „oczywiste” i nie przedstawia głębszej dyskusji na ten temat. Autor stwierdza, że „w zakresie przepływu laminarnego stałe czasowe są znacznej wartości”, przy czym wniosek ten został wysunięty na podstawie tylko jednego przypadku. Nie wiadomo, czy dla $Re = 1200$ model turbulencji został wyłączony – może to błąd modelowania wygenerował taki odstający wynik? Podczas analizy wyników Autor nie porusza wątku zagadnień związanych z profilem prędkości czy temperatury (choć w punkcie 4.1 stwierdza, że jest to jednym z celów badań symulacyjnych), które to zależą od liczby Reynoldsa i w układach niestacjonarnych są zmienne w przestrzeni i w czasie. Oznacza to, że zarówno wyniki liczbowe (takie jak te przedstawione w tabeli 5.3), jak i charakterystyki (takie jak te przedstawione na rys. 5.6) będą zależą od wielu czynników, np. od lokalizacji punktu zbierania wartości temperatur, która to nie została przez Autora podana, co w mojej opinii jest dużym niedopatrzeniem.

Poszczególne fragmenty Rozdziału 5 nie są spójne logicznie i klarownie przedstawione. Na początku Autor prezentuje dwie geometrie oraz pisze, że w przypadku rury z kolankiem będzie wykonywał

analizą parametryczną, natomiast później odnosi się wyłącznie do rury prostej. Brakuje wyjaśnienia, że inne aspekty modelowania numerycznego – nie poruszone w tym rozdziale – znajdują się w dalszej części pracy. Konsternację wywołuje również fakt, że Autor najpierw opisuje pełny model 3D, później zakłada osiową symetrię i redukuje go do 1/8 początkowej geometrii (rys. 5.3), a następnie znów prezentuje pełny model 3D (rys. 5.5). Czy w modelu z kolankiem też wykonano analogiczną redukcję rozmiaru siatki numerycznej? Co więcej, rys. 5.5 wydaje się być niezgodny z poprzednimi opisami, gdyż domena posiada wyraźne trzy strefy komórek. Na rys. 5.3 widać, że strefy są dwie. Liczba stref na rys. 5.1 nie jest widoczna, ale z opisu wynika, że powinny być dwie.

W Rozdziale 6 Autor prezentuje siedem modeli (przy czym część schematów jest trudna do odczytu ze względu na małe rozmiary symboli i znaków oraz niski kontrast niektórych elementów) wykonanych w programie MatLab, które to nie są opisane, choćby w ramowy sposób. Należy mieć na uwadze, że same schematy, lub zamieszczone w Załączniku 3 kody źródłowe, dla osób nieobeznanych z programem MatLab, a szczególnie z biblioteką Simscape, nie będą zrozumiałe. Sytuacji nie poprawia fakt, że w dalszej części rozdziału Autor omawia trzy wybrane moduły, gdyż na schematach widocznych na rys. 6.2, bloków realizujących różne zadania jednostkowe jest znacznie więcej. Wobec powyższego nie można się odnieść do zaprezentowanych w tej części rozprawy modeli i ocenić ich jakości.

Opis stanowiska laboratoryjnego, przedstawiony na początku Rozdziału 7, jest wysoce nieprofesjonalny. Autor prezentuje zdjęcia elementów stanowiska oraz zdjęcie miernika, zamiast – jak się to robi w literaturze fachowej – schematu zawierającego odnośniki i stosownego opisu. W punkcie 7.1 zaskakuje nieco podział na pomiary bez i z symulacją warstwy osadu kamiennego. Faktycznie, na stronie 40 była mowa o użyciu taśmy klejącej do symulowania osadu kamiennego, ale szkoda, że szczegółowy opis tych działań nie znalazł się w tym rozdziale. Warto by było rozwinąć dyskusję, bazującą np. na porównaniu parametrów materiałowych: gęstości, ciepła właściwego, współczynnika przewodzenia ciepła itp., co do jakości reprezentacji osadu kamiennego przez warstwy taśmy samoprzylepnej. Wydawałoby się również, że podczas eksperymentu wykonywane będą dwa pomiary lub też, że przed głównym cyklem pomiarowym wyznaczona zostanie stała czasowa przy braku przepływu, tak jak było to przedstawiane w sekcji 3.3.

Zastanawiający jest sposób mocowania czujnika temperatury, za pomocą masywnej opaski zaciskowej. Mimo, że całość jest izolowana termicznie, to można się spodziewać, że masa opaski będzie wpływać na charakterystykę miernika. Oznacza to np. że zastosowanie innego rodzaju mocowania, np. zmiana rodzaju lub eliminacja opaski, będzie wymagała powtórzenia badań. Szkoda, że Autor nie porusza tego zagadnienia – tym bardziej, że wcześniejsze opisy wskazywały (patrz punkt 4.1 oraz równanie (6.1)), że kwestia masy czujnika jest ważna. W tym kontekście warto by było wyjaśnić, jakie wartości masy przyjmowane były w modelach prezentowanych w Rozdziale 6.

Opis na stronie 62 porusza kluczowe dla całej rozprawy zagadnienie dotyczące sposobu generowania wymuszania termicznego umożliwiającego wykonanie charakterystyki dynamicznej miernika. Autor pisze, że najpierw nagrzano wszystkie elementy przepływającą wewnątrz rury ciepłą wodą, a następnie otwarto przepływ wody zimnej i rejestrowano przebieg temperatury w czasie. Autor stwierdził, że „wstępne charakterystyki potwierdzają zależności obliczone przez model numeryczny”. Na jakiej

podstawie sformułowano to twierdzenie, skoro wyniki zawarte w tab. 5.3 odnosiły się (poza jednym przypadkiem) do ruchu turbulentnego, a charakterystyki widoczne na rys. 7.6 i 7.7 wykonano, jak Autor twierdzi, dla przepływów laminarnych? Jakies ogólne, jakościowe podobieństwo rzeczywiście istnieje, ale wobec braku dokładnych danych, np. średnic rur czy stosowanych w modelu numerycznym prędkości i temperatur, trudno je uznać za dobrze uzasadnione. Wydaje się także, że model symulacyjny jak i eksperyment wykonano dla zupełnie różnych warunków. Autor podkreśla, że pomiary wykonano tylko dla przepływów laminarnych, ale wartości natężenia przepływu zawarte są w przedziale od 0.12 do 0.26 l/s. Przyjmując gęstość wody równą 1000 kg/s, oznacza to w przybliżeniu 0.12-0.26 kg/s. Porównując to z danymi zawartymi w tab. 5.3 widać, że wartości natężenia przepływu odpowiadają liczbie Reynoldsa rzędu 30 000 – nie jest to zatem obszar przepływu laminarnego. Rozbieżności te dowodzą istnienia w rozprawie istotnych braków lub błędów. Analizę całości utrudnia fakt, że rysunki 6.7 i 7.7 nie są opisane i trzeba się domyslać znaczenia poszczególnych elementów. Bardzo pomocne byłoby zamieszczenie na rysunkach, lub w jakiś inny sposób, informacji o występującej w danym przypadku różnicy temperatur – obecnie trudno jest ją dokładnie określić. Wydawało by się, że widniejące na każdym wykresie kolorowe linie poziome reprezentują temperaturę wody zimnej oraz cieplej, płynącej przez rurę. Jeżeli tak, to dlaczego temperatura rejestrowana przez termoparę spada, w większości przypadków, poniżej linii temperatury dolnej?

Sposób uzyskania danych widocznych na rys. 7.8 jest niejasny. Nie zostało określone jaką metodą i z jaką dokładnością dokonywano pomiaru natężenia przepływu.

Zamieszczony w punkcie 7.2 opis kalibracji modelu z Rozdziału 6 jest nie do przyjęcia. Nie objaśniono związków między modelem fizycznym w MatLabie, a eksperymentem. Po pierwsze, model fizyczny w MatLabie powinien być opisany w taki sposób, aby było jasne, jaki jest zbiór potrzebnych w nim danych. Opis równań (6.1)-(6.11) nie wskazuje, które z nich zostaną użyte (pomijając fakt, że w pracy nie omówiono wielu innych modułów występujących na schematach widocznych na rys. 6.2), jak są ze sobą połączone i skąd będą pochodziły poszczególne wartości liczbowe. Nie wiadomo, które warianty opisanych modułów Autor wybrał w swoim modelu – np. czy ściśliwość dynamiczna jest uwzględniana czy nie, i dlaczego. Po drugie, należałoby wyjaśnić, jak określono lub zmierzono poszczególne wartości liczbowe i z jaką dokładnością. Warto zwrócić uwagę, że równania przedstawione w Rozdziale 6 zawierają masę, temperaturę w wybranych punktach, czas, różnice temperatur pomiędzy wybranymi punktami, objętość wody, ciśnienie w wybranych punktach, liczbę Reynoldsa, chropowatość powierzchni itp. oraz wiele różnych stałych i współczynników. Co więcej, nie ma nawet sposobu obliczania kluczowej dla rozprawy stałej czasowej oraz informacji o uzyskanych wartościach (są one jedynie widoczne jako punkty na rys. 7.9). W którym miejscu rozprawy można znaleźć te wszystkie informacje?

Znajdujący się na stronie 67 opis jest niejasny. Czy w zdaniu „W naszym przypadku wynikiem pomiaru jest odstępstwo różnica pomiędzy tak rozumianą stałą czasową początkową (nominalną) a stałą czasową aktualną.” chodzi o pomiar dwukrokowy, opisany wcześniej w sekcji 3.3? Jeśli tak, to czemu nie nawiązano do poprzedniej dyskusji i zmieniono nomenklaturę? Generalnie nie widzę różnicy pomiędzy rysunkiem 8.1 a rysunkami 3.7 i 3.8. Istota pomiaru jest taka sama niezależnie od rodzaju termometru, rodzaju osłony (czy będzie to obudowa czy np. osad kamienny), wielkości wymuszenia termicznego czy

sposobu pomiaru czasu. Nieprawdą jest, że „Definicja stałej czasowej opisuje wartość o wymiarze czasu {dlaczego nie „czas”?} charakteryzująca osiąganie przez wybrany parametr stanu ustalonego”. Według mojej wiedzy taki parametr nazywa się w literaturze czasem relaksacji, a nie stałą czasową. W sytuacji opisywanej w rozprawie układ nie dochodzi do stanu równowagi, ani nawet do „stanu zbliżonego do ustalonego”, jak pisze Autor.

Autor pisze, że „Elementem czynnym urządzenia jest pierścień pomiarowy (PCP)” wewnątrz rurociągu, który zawiera drutowy lub pierścieniowy czujnik temperatury. Szczegóły pokazano w rozdziale dotyczącym konstrukcji przepływomierza”. Zdanie to budzi konsternację, gdyż w miejscu, w którym najdokładniej opisano miernik, tzn. w Rozdziale 7, wydawało się, że czujnik temperatury to termopara K posiadająca sondę w kształcie kuli o średnicy 1 mm, a nie drut czy pierścień. Można dyskutować, czy użyte wówczas przez Autora wyrażenie „wglębenie” dotyczy otworu czy rowka – w sumie nie wiadomo. Nieścisłości takie ujawniają potrzebę przedstawiania jednoznacznych schematów oraz bardziej precyzyjnego wysławiania się.

W trakcie czytania tekstu widniejącego na stronie 68 okazuje się, że w tej części pracy mowa jest o zupełnie innym procesie niż ten, który realizowano w części eksperymentalnej. Wcześniej wydawało się, co sugerował cały Rozdział 4, że wszystkie badania będą dotyczyć tego samego obiektu. Zamieszanie wynika z faktu, że Autor nie przedstawił odpowiednio czytelnego planu i w kolejnych miejscach rozprawy zmienia wątki bez stosownych wyjaśnień i uzasadnień, stosując przy tym często niejasne lub dwuznaczne wyrażenia, podmioty domyślne, skróty myślowe i przeskoki logiczne. Wobec powyższego: 1) jaki jest sens wykonywania analiz wielowątkowych (patrz rys. 4.1), jeżeli wątki te nie są ze sobą spójne?; 2) jak skalibrować model symulacyjny na podstawie wyników eksperymentu realizującego inny proces pomiarowy?; 3) co właściwie reprezentuje model fizyczny opracowany w MatLabie – wariant z eksperymentu czy też wariant zaimplementowany w modelu w programie ANSYS CFX? Pojawiające się w pracy liczne wątpliwości i trudności interpretacyjne świadczą o niepoprawnej konstrukcji rozprawy oraz braku umiejętności klarownego przedstawiania informacji.

Na stronie 69 Autor stwierdza jako oczywistość, że „wpływ ten (tzn. wysokość skoku temperatury) nie ma miejsca (tzn. nie wpływa na wartość stałej czasowej czujnika)”, przy czym robi to na podstawie modelu symulacyjnego, zawierającego bliżej nieokreśloną „poprawkę ze względu na temperaturę”. Dowód, o którym tu mowa, powinien być wykonany w oparciu o dane eksperymentalne lub też o stosowne rozważania analityczne.

Dyskusja prowadzona na stronie 84 dotyczy pomiaru czasu. Niemniej jednak w układach rzeczywistych dokładność pomiaru temperatury będzie co najmniej równie ważna. Autor nie przedstawił dyskusji, jakich zmian temperatury można się spodziewać po upływie czasu rzędu $1 \cdot 10^{-5}$ czy $1 \cdot 10^{-7}$ [s] oraz czy istnieją czujniki temperatury pozwalające na wychwytywanie tak niewielkich różnic temperatur. Odpowiedź na pierwsze pytanie można by uzyskać na podstawie modelu numerycznego wykonanego w programie ANSYS CFX, a na drugie na podstawie przeglądu katalogów producentów czujników temperatury. Autor napisał, że analiza „wszystkich tych błędów nie jest możliwa na aktualnym etapie rozwoju urządzenia”, co w kontekście poruszonym wyżej nie jest prawdziwe. Kwestię szybkości zmian temperatury w czasie w wybranych punktach, dla danego materiału, łatwo można by było

przeanalizować teoretycznie rozwiązując jednowymiarowe (proste do implementacji) równanie przewodnictwa cieplnego.

Na stronie 94 pojawia się rozdział zatytułowany „Dyskusja osiągniętych celów pracy”. Zwraca uwagę fakt, że około połowa zawartości tego rozdziału to wybrane informacje o liczbie Reynoldsa oraz przepływach laminarnych i turbulentnych. Ponownie ujawniają się braki w wiedzy Autora, gdyż opis nie pasuje do rysunku 10.1, który dotyczy tworzenia się warstwy przyściennej na obiekcie opływającym płynem, np. na profilu lotniczym (a na rysunku jest to klasyczna płaska płytka), a nie we wnętrzu rury kołowej. Podobne komentarze znajdują się również na stronie 97. Nie ma niezgodności z literaturą w tym, że nawet w przepływach silnie turbulentnych na ściankach utrzymuje się podwarstwa laminarna.

6. Informacje dotyczące praktycznego zastosowania uzyskanych wyników

Uzyskane przez Autora wyniki wskazują, że istnieje pewien praktyczny potencjał przedstawionego w rozprawie rozwiązania technicznego. Niemniej jednak, aby lepiej ocenić pomysł, należałoby rozwinąć dyskusję i zastanowić się nad szczegółami. W rozprawie (strona 30) jest mowa o pomiarze natężenia przepływu w prysznicu (ogólnie: łazience lub kuchni). Generuje to pytania dotyczące np. punktu montażu miernika (przed mieszalnikiem – wówczas potrzebne będą dwie mierniki, czy za nim – wówczas wystarczyłby jeden miernik), jak bezpiecznie doprowadzać energię elektryczną do miernika, jak przekazywać sygnał do urządzenia zbiorczego, czy rozwiązanie będzie wygodne w użyciu, trwałe i ekonomiczne zasadne (szczególnie, że urządzenie ma szacować natężenie przepływu a nie je mierzyć, itp. Autor nie podjął się przeprowadzenia podobnego typu rozważań.

7. Informacje o ewentualnych nieprawidłowościach, które pojawiły się w ocenianej rozprawie doktorskiej

Sposób oszacowania zakresu masowego natężenia przepływu (strona 24) jest wysoce nieprofesjonalny. Autor zamieścił dwa zdjęcia strużek wody wypływającej z typowego kranu (rys. 2.16) i stwierdził, że zakres ten wynosi od 0.05 do 0.3 kg/s. Wartość natężenia przepływu wody zależy od wielu czynników, np. średnic rur zastosowanych w instalacjach (jedyna średnica podana jest na stronie 92, przy czym nie wiadomo, czy we wszystkich analizach była ona taka sama), stopnia otwarcia zaworu, ciśnienia w instalacji wodociągowej zasilającej dany budynek, czy też ciśnienia w punkcie poboru wody, zależnego z kolei od strat liniowych i lokalnych w instalacji wewnątrz budynku. Niestety nic nie wiadomo o założeniach i sposobie wykonania pomiarów (brak referencji sugeruje, że Autor uzyskał te dane na podstawie badań własnych). Szczególnie dotkliwy jest brak informacji, co do średnic rur, co powoduje, że nie jest wiadomo jakiego dokładnie przypadku dotyczą prezentowane dane, np. te zawarte w tab. 5.3. Ponadto, jeżeli miernik ma być przeznaczony do pomiarów w reżimie ruchu turbulentnego, to należałoby w tej części podać również zakres liczb Reynoldsa i udowodnić, że w typowej armaturze domowej przepływy turbulentne są dominujące – nie wydaje się, aby przepływ uchwycony na rys. 2.16a odbywał się w takim reżimie. Jeżeli Autor pisze tu – co sugerują zdjęcia – o typowym punkcie poboru wody, jaki spotkać można w kuchni czy łazience domu mieszkalnego, to wartość 0.3 kg/s wydaje się być przeszacowana (na rys. 3.5 występuje nawet wartość 0.5 kg/s). Oznaczałoby to, że np. standardowa szklanka o pojemności $\frac{1}{4}$ litra, napełniałaby się w mniej niż 1 sekundę (czy nawet pół sekundy), co nie

wyduje się możliwe i jest generalnie niezgodne z moimi osobistymi doświadczeniami związanymi z użytkowaniem takich punktów odbioru wody, o jakich pisze Autor.

Autor wielokrotnie i nadmiernie podkreśla znaczenie Przemysłu 4.0 oraz Internetu rzeczy, podczas gdy temat pracy dotyczy „konstrukcji, badania i optymalizacji systemu pomiarowego”. Główna część badań powinna koncentrować się na wokół udowodnienia, że proponowana metoda pomiaru jest skuteczna i powtarzalna, a błąd pomiarowy akceptowalny. Aspekt ten widoczny jest np. w opisach na stronach 27-30, w których to Autor w niewystarczający sposób wyjaśnia podstawy teoretyczne pomysłu, pokazując za to – nieistotny na tym etapie rozważań – schemat pogładowej sieci IoT. Istotnym uchybieniem tej części pracy jest brak precyzyjnej definicji i sposobu obliczania stałej czasowej oraz dyskusji związanej z praktyczną realizacją wymuszeń zmian temperatury. Brak wyjaśnienia tego aspektu powoduje, że zasada działania miernika nie jest wiarygodna, a rysunki takie jak 3.2 czy 3.5 pozbawione kontekstu. Efekt jest taki, że w Rozdziale 3, noszącym tytuł „Koncepcja pomiaru i konstrukcji przepływomierza”, nie można znaleźć informacji, jak konkretnie pomiar ma być realizowany.

Przedstawiony na rys. 3.3b schemat miernika oraz jego opis jest mało precyzyjny. Na tym etapie czytania pracy nie jest np. jasne, czy pierścień pomiarowy nakładany jest na rurę czy też zastępuje ją na pewnym odcinku. Jeżeli zastępuje, co nie jest jasno napisane, ale co sugeruje przerwanie linii reprezentujących ściankę rury na schemacie (występujące na stronie 31 stwierdzenie, że „czujnik jest pierścieniem o średnicy rury” niczego nie wyjaśnia, gdyż nie wiadomo o którą średnicę rury chodzi – wewnętrzną czy zewnętrzną), to należy się spodziewać, że grubość osadu w rurze oraz w pierścieniu pomiarowym mogą być inne. Ogromną słabością Rozdziału 3 jest to, że nie ma jasnego opisu miernika i metody pomiaru, a obraz całości trzeba składać z chaotycznie porozrzucanych informacji cząstkowych. Poruszona tu kwestia wyjaśnia się dopiero w sekcji 3.3, gdzie okazuje się, że czujnik rzeczywiście zastępuje fragment rury.

Stwierdzenie (strona 35), że „grubość osadu kamiennego w miejscu pomiaru powinna być zbliżona lub identyczna jak w pozostałej części rurociągu” jest trudne do przyjęcia. Będzie tak, o ile spełnione zostaną określone warunki: a) miernik zainstalowany będzie w nowej instalacji i nie będzie w trakcie jej użytkowania wymieniany, b) warunki osadzania się kamienia na ściankach rury i miernika będą takie same (co należałoby udowodnić biorąc pod uwagę różnorodność materiałów i metod wytwarzania rur), c) na ściankach miernika oraz rury będą panowały takie same warunki termo-fizyczne (co nie będzie spełnione, jeżeli pierścień pomiarowy będzie chwilami pełnił rolę grzałki elektrycznej).

Przedstawiony w punkcie 3.2 opis warstwy przyściennej jest niezwykle uproszczony i zawiera błędne stwierdzenia. Należałoby tu dokładniej wyjaśnić, czym jest warstwa przyścienna i jakie strefy można w niej wyróżnić, jak definiuje się jej grubość, przedyskutować zagadnienie profili prędkości i temperatur (co byłoby ważne np. w kontekście założeń co do długości czujnika pierścieniowego), a także poruszyć wątek tzw. odcinka rozbiegowego (co byłoby ważne np. w kontekście założeń związanych z lokalizacją czujnika w instalacji). Należałoby rozwinąć wątek profili prędkości i temperatur w rurach kołowych w obszarze przejściowym, pomiędzy klasycznym przepływem laminarnym, a w pełni rozwiniętym przepływem turbulentnym.

W rozprawie brakuje dyskusji o jakości powierzchni ścianki i tego, kiedy dany przewód można traktować jako hydraulicznie gładki, a kiedy nie. W kontekście tematyki pracy taka dyskusja byłaby pożądana – tym bardziej, że później, podczas testów modelu numerycznego (strona 43), Autor nawiązuje do aspektu chropowatości ścianki. Wątek jakości powierzchni ścianki, niestety bez dalszych wyjaśnień, pojawia się również w Rozdziale 6, np. w równaniu (6.5).

Sekcja 3.4 (Podsumowanie założeń wstępnych) nie zawiera spodziewanych i najbardziej oczywistych informacji takich jak np.: zakres średnic rur i zakres natężeń przepływu, dla których miernik ma być przeznaczony albo dla których zostaną wykonane badania; zakładany zakres liczb Reynoldsa (co byłoby cenne w kontekście zdefiniowanego na stronie 8 celu badawczego); zakres temperatur; podejście do parametrów materiałowych (stałe czy zależne od temperatury), zakładanej dokładności pomiaru (i jak ta dokładność będzie określana), krytycznej grubości warstwy osadu itp.

Uwagi dotyczące zauważonych braków, niedociągnięć czy nieprawidłowości związane z opisem uzyskanych przez Autora wyników przedstawione zostały w punkcie 5 recenzji.

Inne uwagi (bez podziału na uwagi edytorskie i merytoryczne):

1. Strona 7 (oraz 55): Symbol A to „pole powierzchni obszaru” a nie „obszar normalny”.
2. Strona 7: Literówka w opisie średnicy hydraulicznej.
3. Strona 7: Symbol SH to „pole powierzchni ścianki” a nie „powierzchnia ścianki”.
4. Strona 8: Zdanie „Obecna technologia oraz prognozowany jej rozwój umożliwiają pozyskiwanie danych pomiarowych w czasie rzeczywistym” jest niepoprawne. W jaki sposób rozwój technologii ma umożliwiać pomiar?
5. Strona 8: Skrót w nawiasach stosuje się zazwyczaj po podaniu pełnej nazwy. W pracy pojawia się skrót (PCP), który nie jest w tym miejscu wyjaśniony – aby go rozszyfrować, trzeba zajrzeć do spisu symboli i skrótów.
6. Strona 8: Używanie słowa „przepływ” zamiast „natężenie przepływu” jest błędne. Ten skrót myślowy stosowany jest przez Autora wielokrotnie.
7. Strona 8: Zdanie „Celem niniejszej pracy jest implementacja podobnej idei {chodzi o sposób monitorowania danych} w pomiarach przepływu wody, dzięki czemu urządzenia te będą mniej wrażliwe na wpływ warunków niepożądanych, dotąd skracających ich żywotność” wydaje się pozbawione sensu. Jaki istnieje związek między wrażliwością na warunki niepożądane, które skracają żywotność czujnika, a faktem, że monitorowania danych ma się odbywać za pośrednictwem Internetu?
8. Strona 8: Zamiast „gdyż jest pobór” powinno być „gdyż jej pobór”.
9. Strona 8: Autor pisze, że celem badawczym „jest sprawdzenie możliwości wykonania pomiaru strumienia wody metodą termiczną w zakresie przepływu burzliwego za pomocą pomiaru wartości stałej czasowej”. Cel ten Autor osiąga w części eksperymentalnej, w której to stwierdza, że nie jest w stanie rejestrować odpowiednio krótkich czasów, wobec czego ogranicza się do przepływów laminarnych. Mimo to Autor kontynuuje później w różnych miejscach wątek przepływów turbulentnych, bez podstawy eksperymentalnej, co jest

- dyskusyjne, gdyż zakłada jakościową niezmienność zjawisk i procesów w obu reżimach przepływu.
10. Strona 9: Zadanie „Utworzenie modelu matematycznego przepływomierza” powinno być opisane w bardziej wyczerpujący sposób. W którym miejscu rozprawy zadanie to jest zrealizowane?
 11. Strona 9: Najpierw pojawia się nowy skrót (IoT), później wyrażenie „Internet rzeczy”, a połączenie obu tych elementów dopiero na stronie 25.
 12. Strona 9: Informacja o tym, że obecnie nie robi się globalnych analiz dotyczących funkcjonowania sieci wodociagowych i ciepłowniczych (godziny maksymalnego poboru, lokalizacja miejsc o poborze maksymalnym itp.) jest mało wiarygodna.
 13. Strona 9: Niedokończone zdanie „... wszystkie zainstalowane (czujniki?)”.
 14. Strona 9: Koncepcja „wybierania” urządzeń nadrzędnych jest na tym etapie opisu pracy niezrozumiała.
 15. Strona 11: Brak wskazania, o którym dokładnie załączniku jest mowa.
 16. Strona 16: Stosowanie podmiotu domyślnego na początku nowego akapitu nie jest poprawne (np. „Konstrukcja tego typu ...”). Konstrukcja tego typu pojawia się w tej części pracy wielokrotnie.
 17. Strona 21: Podczas opisywania przepływomierza tłokowo-pierścieniowego nie wspomniano ani słowem, jaka jest jego zasada działania.
 18. Strona 22/23: W kilku miejscach pojawiają się błędne odwołania do rysunków. Błędne odwołania do rysunków oraz opis bazujący na podmiotach domyślnych utrudnia zrozumienie treści. O którym czujniku jest mowa w dolnym akapicie znajdującym się na stronie 23? Najpierw wydaje się, że Autor kontynuuje opis czujnika widocznego na rys. 2.14 (przy czym odwołał się do rys. 2.15), ale potem stwierdza, że konstrukcję tego typu przepływomierza przedstawiono na rys. 2.16 (przy czym miał chyba na myśli rys. 2.15).
 19. Strony 15/24: Sposób prezentacji poszczególnych mierników nie jest spójny. Widać, że zamierzeniem Autora było przedstawienie schematu działania (a) oraz zdjęcia każdego miernika (b). Niestety Autor nie wykonał własnych schematów, tylko pobrał rysunki z różnych źródeł, przez co wyglądają inaczej: czasami jest to rzeczywiście schemat, czasami pół-widok czy pół-przekrój, a czasami model 3D. Dodatkowo cytowanie umieszczone jest w legendzie przeważnie po opisie rysunku (b), co daje takie wrażenie, jakby źródło rysunków (a) było nieokreślone. Czy w związku z powyższym Autor posiada oświadczenia poszczególnych firm czy instytucji, zawierające zgody na prezentowanie ich treści w swojej rozprawie doktorskiej?
 20. Strona 24: Błędny podpis pod rysunkiem 2.16 („widok natężenia przepływu”).
 21. Strona 24: Autor stwierdza, że opracowywany przez Niego przepływomierz ma być zgodny z założeniami Przemysłu 4.0 oraz Internetem rzeczy – o jakich konkretnie założeniach jest tu mowa?
 22. Strona 25: W jakim kontekście opracowanie nowej konstrukcji przepływomierza jest zadaniem ryzykownym (i o jakim ryzyku tu mowa)?
 23. Strona 26: Autor wyjaśnia czym jest Internet rzeczy. Przy pierwszym pojawieniu się tego terminu (bodajże na stronie 9) należałoby wspomnieć, że zostanie on objaśniony dokładniej

- w Rozdziale 3.1. Zasada ta powinna być stosowana zawsze, gdy Autor korzysta z informacji zamieszczonych w dalszej części pracy.
24. Strona 27-30: Opis proponowanego rozwiązania jest pełen niedopowiedzeń i niejasności:
- nie podano sposobu obliczania stałej czasowej;
 - nie wiadomo, jak realizowane jest wymuszenie termiczne niezbędne do uzyskania charakterystyki dynamicznej czujnika;
 - Autor pisze, że zasada działania czujnika jest podobna do zasady działania termicznych przepływomierzy masowych stosowanych dla gazów, co niczego nie wyjaśnia, gdyż takie czujniki nie zostały wcześniej omówione;
 - Autor pisze, że „Innowacyjne podejście sprowadza się do maksymalnego uproszczenia konstrukcji mechanicznej przyrządu kosztem złożonego układu elektronicznego ...”. Nie wiadomo jak rozumieć to zdanie – czy Autor zamierza upraszczać konstrukcję jakiegoś innego miernika opracowanego w ramach wspomnianego w poprzednim zdaniu projektu NCBR? A może chodzi o uproszczenie konstrukcji miernika T 150 Endress+Hauser wspomnianego dwa zdania wcześniej? Sprawę utrudnia fakt, że pisząc o projekcie NCBR Autor cytuję pozycję 153, która nie istnieje (bibliografia obejmuje 151 pozycji);
 - Autor pisze, że „Tę właśnie zależność (rys. 3.2) wykorzystano do pomiaru ...”. Po pierwsze rysunek nie może być zależnością, a po drugie, z opisu i rysunku zupełnie nie wynika, jak uzyskiwana będzie charakterystyka dynamiczna czujnika.
25. Strona 28: Na rys. 3.2 oś X nie posiada jednostki, a oś Y nie jest w ogóle opisana.
26. Strona 28: Dlaczego czas na rys. 3.2 odliczany jest od około 100, a nie od zera?
27. Strona 28: Zdanie „Zakładając, że znana jest wartość stałej czasowej czujnika bez osadu (czystego), to odstępstwa, przy odpowiedniej konstrukcji urządzenia, stałej czasowej od wartości nominalnej będą wynikały ze zmiany parametrów cieplnych wynikających z osadzania się kamienia” można uznać za poprawne tylko wówczas, gdy warunki wymuszenia termicznego będą za każdym razem dokładnie takie same.
28. Strona 28: Wyrażenie „... porównanie schematu znanych konstrukcji termicznych przepływomierzy masowych ...” wydaje się niespójne z tym, co stwierdzono poprzednio, tzn. że istnieje tylko jedno znane rozwiązanie takiego przepływomierza. Skoro rozwiązanie jest jedno, to czy można je od razu uznać za typowe, jak stwierdzono w podpisie rysunku 3.3a?
29. Strona 30: Autor niepoprawnie i nagminnie stosuje słowo „strumień” do opisu wielkości znanej powszechnie jako „strumień masy” lub „masowe natężenie przepływu”.
30. Strona 30: Jednostka widniejąca na rys. 3.5 na osi Y jest niepoprawna (kg/si).
31. Strona 30: W jaki sposób uzyskano dane prezentowane na rys. 3.5?
32. Strona 30: W opisie oraz na rys. 3.5 krzywe (2) oraz (3) powinny być jakoś rozróżnione, np. powinno być wskazane, że – jak się można domyślać – dotyczą innej (jakiej) grubości osadu.
33. Strona 31: Wyrażenie „Re krytyczne” nie zostało wyjaśnione. Definicja liczby Reynoldsa powinna być podana wcześniej, tak aby podczas opisów profili prędkości było już wiadomo, co ona reprezentuje.
34. Strona 31: Stwierdzenie, że „w strefie oddziaływania na czujnik przepływ laminarny utrzymuje się w zakresie większych liczb Re niż Re krytyczne dla strugi” świadczy o błędnym lub niedostatecznym rozumieniu zagadnień związanych z warstwą przyścienną (nieco wyżej

- w tekście jest podobne stwierdzenie). Podwarstwa laminarna przy ścianie utrzymuje się zawsze, nawet przy bardzo wysokich liczbach Reynoldsa.
35. Strona 31: Autor stwierdza, że „Rodzaj przepływu {...} może wpływać na dokładność i niezawodność przepływomierza”, ale nie wyjaśnia dlaczego miałyby tak być.
36. Strona 31: Wyrażenie „... zdefiniowana jest na równaniu (3.1) ...” jest językowo niepoprawne.
37. Strona 31: Wyrażenie „dla kanałów okrągłych” jest niepoprawne – mowa tu o kanałach kołowych.
38. Strona 31: Przepływ płynu wzdłuż ogrzewanej powierzchni nie jest tożsamy z konwekcją wymuszoną.
39. Strona 32: Autor pisze, że „W przeprowadzonych pomiarach eksperymentalnych nie odnotowano istotnych różnic dokładności pomiaru wraz ze wzrastającą liczbą Reynoldsa”. O jakich badaniach tu mowa i w którym miejscu pracy można znaleźć dane potwierdzające to stwierdzenie? Generalnie, tego rodzaju wyrażenia można formułować na końcu badań, a nie przed opisem części eksperymentalnej. Jak cytowane tu stwierdzenie ma się do punktu 4 strategii badań opisanej na stronie 38?
40. Strona 34: Dlaczego nie przedstawiono równania służącego do obliczania stałej czasowej?
41. Strona 34: Wyrażenie „można ją wyznaczyć jako styczną do charakterystyki” nie wyjaśnia, jak to ma być realizowane (obliczane) w praktyce.
42. Strona 35: Skąd wiadomo, że „istnieje graniczna grubość warstwy osadu kamiennego, dla której pomiar będzie wyłącznie wskaźnikowy”? Informacja ta nie jest spójna z tym, co zamieszczono na stronie 9, na której Autor wyraźnie podkreśla, że opracowywany prze niego przyrząd ma służyć jedynie do wskazywania natężenia przepływu, a nie do dokładnego pomiaru.
43. Strona 36: Ponownie jest mowa o tym, że rozwiązanie musi spełniać warunki dotyczące Przemysłu 4.0 oraz Internetu rzeczy. Są to ogólne – o jakie konkretnie warunki chodzi?
44. Strona 37: Autor stwierdza, że miernik może sam generować ciepło, ale nie podaje związku tej możliwości z opracowywanym miernikiem. Brak wyjaśnienia tego wątku (sposobu generowania wymuszenia termicznego) ogromnie utrudnia odbiór treści. Wyjaśnia się to znacznie później, przy czym okazuje się, że wymuszenie termiczne w eksperymencie i modelu numerycznym realizowane jest inaczej, co – bez stosownego wyjaśnienia zamierzeń i logiki tych działań – mocno zaciemnia obraz zarówno całości, jak i poszczególnych fragmentów pracy.
45. Strona 38: Skoro Autor pisze o analizie parametrycznej, to powinien wyjaśnić co jest parametrem, a co wynikiem.
46. Strona 38: Autor stwierdza, że będzie używał programu ANSYS CFX do określenia masy czujnika. Niemniej jednak w Rozdziale 5 nie ma badań odnoszących się do tego wątku.
47. Strona 38: Autor stwierdza, że będzie używał programu ANSYS CFX do analizowania wpływu zaburzeń profili prędkości na wynik – badań takich nie ma jednak w Rozdziale 5.
48. Strona 38: Mowa jest o niemożności wykonania obliczeń „tak wielu przypadków”. Ze względu na brak założeń oraz planu eksperymentu, nie wiadomo, co dokładnie Autor ma na myśli i ile tych przypadków, i dla których parametrów modelu, chciałby przeanalizować.
49. Strona 38: Dlaczego kolejność rozdziałów jest inna niż opisana w sekcjach 4.2 i 4.3 kolejność działań?

50. Strona 39: Nie rozpoczyna się nowego akapitu od listy numerowanej.
51. Strona 42: Numeracja elementów na rysunku 5.1 oraz ich odwołania w treści są niespójne.
52. Strona 42: Brak informacji o wymiarach poszczególnych elementów.
53. Strona 42: Ile wynosiła rezystancja cieplna na interfejsie między strefami siatki i jak ją określono?
54. Strona 43: Podanie liczby komórek siatki nie wystarczy do oceny jej jakości. Jakie wskaźniki jakości siatki były brane pod uwagę i jakie osiągały one wartości?
55. Strona 43: W pracy jest mowa o parametryzacji położenia pierścienia względem kolanka – w dalszej części Rozdziału 5 wątek ten już się nie pojawia i nie ma wyników takich badań.
56. Strona 43: Co zawiera 3 kolumna tabeli 5.1? Pytanie to dotyczy również kolumny 2 w tabeli 5.2.
57. Strona 43/44: Poszczególne siatki numeryczne oznaczono symbolami od A do G (tabela 5.1). Później, na rys. 5.2 Autor stosuje numerację, przy czym pozycji na rysunku jest 6, a nie 7, jak wcześniej w tabeli. Zamieszczenie pogłębiają dalsze uwagi Autora w których, w jednym zdaniu stwierdza, że do dalszych symulacji wybiera siatkę nr 4, a w drugim, że wybiera siatkę G.
58. Strona 44: Jaki był czas trwania pojedynczej symulacji (na siatce pełnej i siatce osiowo-symetrycznej) na użytym komputerze?
59. Strona 44: „Inflation” to nie jest funkcja.
60. Strona 44: Zamiast „nie ustrukturyzowaną” powinno być „nieustrukturyzowaną”.
61. Strona 44: Główną zaletą siatek MultiZone jest możliwość dostosowywania rodzaju siatki do kształtu danego regionu, a nie precyzyjna kontrola gęstości siatki. Każdy algorytm generacji siatki posiada parametry pozwalające na regulację rozmiaru komórek.
62. Strona 44: Jakie parametry opisujące turbulencję wybrano na wlocie i jak ustalono ich wartości?
63. Strona 44: Stwierdzenie, że „dla wybranych {dwóch} przypadków różnice otrzymywanych wyników były pomijalne” wskazuje, że dla pozostałych przypadków {19, sądząc po tab. 5.3} różnice były już znaczące. Dlaczego nie podano kompletu danych?
64. Strona 44: Założenie o symetrii układu może mieć sens jedynie dla rury prostej.
65. Strona 44: Czy rozmiary siatki zawarte w tabeli 5.1 dotyczyły modelu pełnego, czy też modelu wykorzystującego symetrię osiową (rys. 5.3)?
66. Strona 45: Co przedstawia prawa część rys. 5.3 i jakie ma znaczenia dla tego etapu opisu modelu symulacyjnego? Prawa część rys. 5.3. nie posiada podpisu ani komentarza w treści.
67. Strona 45: Nie jest prawdą, że danych dyskretnych nie można interpolować. Nie jest jasne, na czym polega tak tu podkreślana trudność.
68. Strona 45: Koncepcja rys. 5.4 jest całkowicie niezrozumiała. Etykiety nie są nieczytelne ze względu na zbyt małą czcionkę, a opis niewystarczający. Skoro dane z symulacji są dyskretne, to dlaczego linie czerwona i zielona (będące jak można się domyślać zapisem jakichś temperatur w czasie) są ciągłe? Czym jest „przyjęta część wartości ustalonej”? Jakie wartości w przyjętym układzie współrzędnych reprezentują niebieskie okręgi podpisane jako „kroki czasowe”?
69. Strona 45: Autor pisze o błędzie pomiarowym. Jak obliczano wartość tego błędu i co uznano za wartość dokładną?
70. Strona 46: Jaka jest początkowa temperatura wody oraz pierścienia?

71. Strona 46: Ile wynosiło przyjęte w modelu ciśnienie otoczenia?
72. Strona 46: Brak informacji o parametrach materiałowych – czy były one stałe (jeśli tak to jakie przyjęto wartości), czy np. zależne od temperatury (jeśli tak, to jak zdefiniowano funkcje zmian).
73. Strona 46: Brak wyjaśnienia roli grzałki oraz określenia jej położenia i rodzaju. Jednostka $[W/m^3]$ sugeruje, że źródło ciepła zostało przypisane do objętości, a nie do powierzchni. Czy tak właśnie było?
74. Strona 47: Czy model k-w SST był stosowany dla każdego przypadku widocznego w tabeli 5.3?
75. Strona 48: W jaki sposób widać na wykresie (rys. 5.6), że „obszar przepływu burzliwego występuje przy wyższej wartości, aniżeli wskazuje na to literatura”? Czy ta uwaga oznacza, że Autor podważa dotychczasowe osiągnięcia ludzkości w zakresie badań przepływów laminarnych i turbulentnych oraz granicy między nimi?
76. Strona 49: Mowa jest tu o dużej liczbie cykli obliczeniowych, przy czym jak do tej pory nie wyjaśniono co to za cykle, dlaczego jest ich tak dużo i jaka jest ich rola.
77. Strona 49: Napisy na rys. 6.1 są trudne do odczytania.
78. Strona 50/52: Schematy zamieszczone na rys. 6.2 są mało czytelne – napisy są zbyt małe, a kolory miejscami zbyt mało kontrastowe.
79. Strona 52: Wyrażenie „model wody” jest niepoprawne.
80. Strona 53: Wyrażenie „charakterystyka własności fizycznych wody” jest niepoprawne.
81. Strona 53: Tabela 6.1 zawiera symbole graficzne, a nie grafiki. Poszczególne symbole powinny posiadać numery albo jakieś inne oznaczenia, co ułatwiłoby odwoływanie się do nich w tekście.
82. Strona 53: Poszczególne schematy widoczne na rys. 6.3 powinny być opatrzone odpowiednim komentarzem, ułatwiającym zrozumienie istoty danego modelu fizycznego.
83. Strona 53: Równanie Darcy’ego-Weisbacha służy, zależnie od sformułowania, do obliczania spadku wysokości rozporządzalnej albo spadku ciśnienia, a nie do obliczania czy modelowania lepkości.
84. Strona 55: Symbol k to nie „przewodność cieplna” (zjawisko) a „współczynnik przewodności cieplnej” (parametr).
85. Strona 55: Warto by było wyjaśnić, czym są porty A i B.
86. Strona 56: Nazwa „lepkość kinematyczna wody” jest niepoprawna.
87. Strona 56: Jak definiuje się „termiczne ciśnienie”?
88. Strona 56: Re_l i Re_t , o których tu mowa, to tzw. pierwsza (dolna) oraz druga (górna) krytyczna wartość liczby Reynoldsa. Szkoda, że wątek tych liczb nie został przedstawiony w rozdziale, w którym Autor omawiał to zagadnienie (strony 31/32).
89. Strona 56: Niepoprawna struktura treści – najpierw jest tabela, a potem słowo „gdzie”, po którym pojawia się opis symboli. Powinno być np. tak: „Symbole widoczne tab. 6.2 oznaczają odpowiednio:”.
90. Strona 57: Wyrażenie „na równaniu” jest niepoprawne.
91. Strona 59: Zdjęcia elementów stanowiska mogą stanowić uzupełnienie opisu. Stanowiska badawcze należy opisywać prezentując jego schemat oraz zasadę działania, rolę poszczególnych elementów, dokładność pomiarową poszczególnych parametrów itp.

92. Strona 59: O jakich standardach wykonywania stanowisk badawczych jest mowa?
93. Strona 60: Powinno być „umieszczając go”, a nie „umieszczając ją”.
94. Strona 60: Brak informacji i rozmiarach pierścienia i miejscu umocowania termopary.
95. Strona 60: Zamiast zdjęcia widocznego na rys. 7.2, ewentualnie oprócz niego, Autor powinien zamieścić schemat układu z odnośnikami do poszczególnych elementów.
96. Strona 60: Literówka w słowie „jednak”.
97. Strona 60: Autor nie bada tu zjawisk, tylko testuje prototyp urządzenia.
98. Strona 61: Jakie znaczenie dla procesu badawczego ma wygląd miernika, pieca czy też nieczytelna miniatura jakiegoś certyfikatu jakości?
99. Strona 62/63: Rozumiem, że wyniki prezentowane na rys 7.6 i 7.7 dotyczą podstawowego wariantu, a nie prób z użyciem drutu oporowego lub grzałki opaskowej?
100. Strona 63/64: Wydaje się, że do wyrażania wartości temperatur wygodniej by było użyć skali Celsjusza.
101. Strona 63/64: Na rysunkach 7.6 i 7.7 daje się zauważyć, że wymuszenia temperatur, czyli różnice między temperaturą górną i dolną są rzędu kilku stopni Celsjusza i że są one inne w każdym przypadku. Przykładem niech będą rysunki 7.6a oraz 7.6b, z których wynika, że różnice temperatur wynosiły w tych przypadkach około 2.2 °C oraz 5 °C. Dlaczego badania wykonano stosując różne wielkości wymuszenia termicznego?
102. Strona 63/64: Nie omówiono zagadnienia szybkości generowania wymuszenia. Jeden użytkownik uruchomi np. prysznic szybkim ruchem, a drugi robi to powoli. Wydaje się, że będzie to miało istotny wpływ na pomiar.
103. Strona 65: O jakim zjawisku (fizycznym?) jest mowa w wyrażeniu „... pokazują istotę zjawiska w warunkach rzeczywistych”?
104. Strona 65: Nie jest jasne dlaczego pandemia uniemożliwiła Autorowi przeprowadzenia badań w turbulentnym reżimie przepływu, skoro dla laminarnego się udało? Tzw. III okres nauczania zdalnego spowodowanego zakazem zgromadzeń w szkołach i uczelniach zakończył się 30 maja 2021 roku, co oznacza, że od tego czasu minęło ponad 2,5 roku.
105. Strona 65: Co oznacza stwierdzenie, że „zauważono przesunięcie przepływu turbulentnego w kierunku wyższych wartości Re ”? Prawdą jest, że dla pewnego przedziału liczb Reynoldsa, zależnie od uwarunkowań, może wystąpić zarówno przepływ laminarny, jak i turbulentny. W jaki sposób określano, czy dla danej liczby Reynoldsa występuje przepływ laminarny czy turbulentny?
106. Strona 67: Tytuł i treść rozdziału nie są spójne.
107. Strona 67: W opracowaniach naukowych nie używa się formy osobowej (tu w dodatku mnogiej).
108. Strona 68: Brak odwołania do faz, oznaczonych symbolami od a do f, w treści.
109. Strona 69: Założenia co do zakresu temperatur i ciśnień, i nie tylko te, powinny zostać podane znacznie wcześniej, najlepiej w punkcie 3.4.
110. Strona 70/71: Rysunek 8.3.b jest niepotrzebny, skoro prezentuje się go ponownie jako rys. 8.4.
111. Strona 72: Skoro załączniki są numerowane, to odwołania powinny wskazywać, o który załącznik chodzi.

112. Strona 72: Jaki jest związek między kodem źródłowym, a schematami przedstawionymi w Rozdziale 6?
113. Strona 72: Literówka w słowie „systemu”.
114. Strona 73: W 1 i 2 punkcie algorytmu uzyskuje się grubość osadu na podstawie wartości stałej czasowej. Nie widać istotnej różnicy pomiędzy tymi punktami. Czy nie powinno być tak, że w punkcie 1 mierzy się stałą czasową przy zerowym przepływie, a w punkcie 2 odczytuje odpowiadającą jej wartość grubości osadu z przygotowanych wcześniej charakterystyk? Rola punktu 3 nie jest jasna – dlaczego charakterystyki trzeba dobierać? Czy jest może tak, że istnieje zestaw wykresów przedstawiających zależność między stałą czasową a natężeniem przepływu, przy czym każdy taki wykres jest wyznaczony dla innej grubości osadu? Punkty 4 i 5 również wydają się podobne – w obu punktach uzyskuje się wartość prędkości na podstawie stałej czasowej i znanej już na tym etapie grubości osadu. Czy nie powinno być tak, że w punkcie 5 mierzy się stałą czasową, a w punkcie 6 odczytuje, z wybranej w punkcie 3 charakterystyki, wartość wyniku, tzn. prędkość? Wykresy znajdujące się po prawej stronie są niskiej jakości, szczególnie napisy są trudne do odczytania.
115. Strona 74: Błędne odwołanie do rysunku. Mowa tu chyba o rys. 8.5.
116. Strona 74: Liczba kroków algorytmu jest inna w treści i na schemacie 8.5.
117. Strona 74: Wcześniej nie było dyskusji o tym, że stałe czasowe zależą od ciśnienia.
118. Strona 75: Czy widoczne na rys. 8.6 i 8.7 charakterystyki wykonano na podstawie jakichś funkcji? Jeśli tak, to czemu nie podano odpowiednich równań?
119. Strona 75: Autor stwierdza, że posiada jakieś charakterystyki, przy czym nie wiadomo ile ich jest i jak zostały uzyskane. Generalnie trudno w tej części pracy (i nie tylko tu) odnieść się do merytorycznego poziomu badań, gdyż opisy są bardzo ogólne.
120. Strona 75: Rysunek 8.8 przedstawia przykładowe błędy. Jakie były maksymalne wartości błędów?
121. Strona 77/78: Wyjaśnia się tu, dlaczego wcześniej Autor nie podawał zakresu liczb Reynoldsa. Wobec powyższego, punkt 4 przedstawionej na stronie 38 strategii powinien być wyrażony inaczej, tak aby było jasne, że określenie zakresu liczb Reynoldsa, dla których da się uzyskać rozsądną dokładność pomiarów, będzie jednym z celów badań.
122. Strona 78: O jakich technologicznych granicach liczby Reynoldsa jest tu mowa?
123. Strona 80: Gdzie w rozprawie można znaleźć listę założeń co do wymogów oraz cech urządzenia, do których to odwołuje się Autor?
124. Strona 80: Wyrażenie „... lepszej izolacyjności cieplnej względem parametrów otoczenia ...” jest niepoprawne.
125. Strona 79: Jak obliczyć stopień przegrzania czujnika, który to pozwoliłby wyeliminować opisany przez Autora efekt „wypływania”?
126. Strona 80: Autor pisze, że materiałem izolacyjnym może być szamot lub szkło. Nie jest jasne, czy wspomniana tu warstwa izolacji to widoczny na schematach pierścień o kolorze miedzi (w eksperymencie była rura miedziana), czy też jakaś inna warstwa, nie przedstawiona na rysunku. Wizualizacje powinny być uzupełnione odpowiednio ponumerowanymi odnośnikami, opisanymi następnie w legendzie pod rysunkiem lub w treści. To czym jest materiał izolujący wyjaśnia się później, w opisie rys. 8.16, niemniej jednak przed dotarciem do tego miejsca śledzenie myśli Autora jest utrudnione.

127. Strona 80: Na stronie 36 Autor założył, że „Konstrukcja przepływomierza (wskaźnika przepływu) musi być prosta i łatwa do wykonania w warunkach niezbyt zaawansowanego technologicznie zaplecza warsztatowego.” Wydaje się, że wykonanie kapilar próżniowych w bryle szkła czy szamotu oraz dość precyzyjnego elementu szklanego z zatopionym drutem oporowym będą wymagały dość specjalistycznego zaplecza warsztatowego.
128. Strona 80: Wyrażenie „Konstrukcja jest idealnie równa, geometria jest niezachwiana” nie jest zrozumiałe.
129. Strona 80: Literówka w słowie „uszczelkę”.
130. Strona 84: Wyrażenie „które popelnimy się” jest niepoprawne.
131. Strona 85: Którą metodą zostały uzyskane dane prezentowane na rys. 9.1?
132. Strona 85/86: Prowadzona tu dyskusja dotyczy pomiaru czasu. Niemniej jednak w układach rzeczywistych ważna będzie dokładność pomiaru temperatury. Jakich zmian temperatury można się spodziewać po upływie czasu rzędu $1 \cdot 10^{-5}$ czy $1 \cdot 10^{-7}$? Czy istnieją czujniki temperatury pozwalające na wychwytywanie tak niewielkich różnic temperatur?
133. Strona 87: Nie rozpoczyna się nowego rozdziału (ani akapitu) od podmiotu domyślnego.
134. Strona 89: Napisy i liczby na rys. 9.3 są trudne do odczytania. Podpis pod rysunkiem jest niepoprawny – powinno być np. „Analiza czasu przebywania porcji wody w czujniku: a) ...”.
135. Strona 90: Istota rysunku 9.4 nie jest zrozumiała. Im element płynu znajduje się bliżej środka, tym krócej przepływa przez czujnik. Jak się to ma do wykresów dotyczących wpływu odległości?
136. Strona 90: Autor przedstawia obszary optymalnych prędkości pomiaru dla różnych wartości stałych czasowych bez stosownego wyjaśnienia (co jest kryterium celu w procesie optymalizacji) oraz uzasadnienia (jakie badania badawcze doprowadziły Go do takiego wyniku). Jak należy rozumieć wyrażenie „optymalne prędkości pomiaru”?
137. Strona 92: Wyrażenie „... gdyż czas w tym przypadku mierzona jest ilość ...” jest niepoprawne.
138. Strona 92: Ponownie trudno się odnieść do stwierdzeń Autora, gdyż sposób uzyskania danych prezentowanych na rys. 9.8 jest nieprzejrysty. Interpretację utrudniają błędy w opisach osi, nieadekwatny tytuł wykresu 9.8a oraz brak wyjaśnienia znaczenia symbolu „s”.
139. Strona 94: Informacje o krytycznej liczbie Reynoldsa i obszarach występowania przepływów laminarnych i turbulentnych powinny znaleźć się w pracy znacznie wcześniej. Poza tym, fragment ten zupełnie nie pasuje do tytułu rozdziału.
140. Strona 95: Wyrażenie „z mechaniki płynów wynika również wiedza ...” jest niepoprawne.
141. Strona 95: Rysunek 10.1 przedstawia sytuację panującą na ścianie opływającego obiektu i jest nieadekwatny do tego, o czym jest mowa w pracy.
142. Strona 95: Gdzie konkretnie wykazano w pracy, że zakres proponowanego urządzenia sięga wartości Re na poziomie 100 000?
143. Strona 97: Powinno być Re a nie R_e .
144. Strona 99: Ponownie jest mowa o założeniach pracy i założonych kryteriach, przy czym nigdy nie zostały one odpowiednio jasno i precyzyjnie sformułowane.
145. Strona 100: Brak jednolitego stylu opisu źródeł bibliograficznych – w spisie występują liczne niekonsekwencje i braki.
146. Strona 124: Załączniki 1-5 nie posiadają indywidualnych odwołań w treści pracy.

147. Strona 124: Załącznik 1 uważam za niepotrzebny.
148. Strona 128: Załącznik 2 powinien być opatrzony większym komentarzem, zawierającym np. opis głównego algorytmu, opis podstawowych zmiennych czy też opis charakterystycznych cech programu.
149. Strona 128: Załącznik 3 powinien być opatrzony odpowiednim komentarzem, tak aby osoba nieobeznana z biblioteką Simscape mogła zrozumieć czym jest taki raport oraz jakie są jego cele.
150. Strona 149: Nie zostało wyjaśnione, jaka była rola Kandydata w powstanie patentu.

8. Ocena, czy rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego

Zastosowane przez Autora podejście badawcze, polegające na połączeniu eksperymentu, modelu numerycznego opracowanego w programie ANSYS CFX oraz modelu fizycznego wykonanego w środowisku MatLab uważam za oryginalne. Metody te dały łącznie ciekawy i szeroki obraz zagadnienia i pozwoliły Autorowi na sformułowanie praktycznie przydatnych spostrzeżeń i wniosków.

Rozważając aspekt oryginalności, warto byłoby bardziej szczegółowo przyjrzeć się roli wszystkich 11 autorów patentu, który był kilkakrotnie wspominany przez autora.

9. Ocena, czy rozprawa prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie albo dyscyplinach oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej

Wnioskowanie o ogólnej wiedzy Kandydata oraz o jego umiejętnościach jest utrudnione. Jakość opisów jest relatywnie niska, ale może to być efektem np. pisania rozprawy fragmentami w różnych okresach czasu, braku doświadczenia w pisaniu prac naukowych albo pośpiechu. Język na ogół jest poprawny, co dobrze świadczy o Kandydacie. Najbardziej krytycznie oceniam mało przejrzysty układ pracy, liczne niespójności, braki, przeskoki i skróty myślowe w treści oraz komentarze Autora odnoszące się do ruchu laminarnego i turbulentnego (strona 48, 65, 95), sugerujące pewne braki w podstawowej wiedzy dotyczącej warstwy przyściennej. Niemniej jednak inne elementy, np. stanowisko laboratoryjne lub skomplikowany kod źródłowy programu MatLab, wskazują na całkiem dobre opanowanie wybranych metod i narzędzi badawczych, co jest dobrą bazą do samodzielnego prowadzenia działalności naukowej przez Kandydata w przyszłości.

10. Opinia końcowa

Podsumowując przedstawioną mi do recenzji rozprawę doktorską Pana mgr. inż. Adriana Czajkowskiego pt. „Konstrukcja, badania i optymalizacja pomiaru strumienia pracującego w warunkach długookresowego użytkowania w środowisku wody twardej”, stwierdzam, że w mojej opinii:

- uzyskane przez Doktoranta wyniki posiadają wartość poznawczą i wnoszą oryginalne elementy do badań odnoszących się do konstrukcji mierników natężenia przepływu wody;
- tematyka badawcza lokuje się w zakresie dyscypliny naukowej Inżynieria Środowiska Górnictwo i Energetyka;
- materiał przedstawiony w rozprawie świadczy o relatywnie dobrym przygotowaniu teoretycznym Kandydata, a także wskazuje na zdobycie co najmniej podstawowych umiejętności w zakresie prowadzenia badań eksperymentalnych oraz praktycznego wykorzystywania oprogramowania takiego jak ANSYS CFX czy MatLab;
- Doktorant jest gotowy do prowadzenia samodzielnych badań naukowych w przyszłości, z tym zastrzeżeniem, że musi rozwinąć swoje umiejętności w zakresie prezentowania treści o charakterze naukowym.

Wobec powyższego stwierdzam, że przedstawiona mi do oceny rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Adriana Czajkowskiego pt. „Konstrukcja, badania i optymalizacja pomiaru strumienia pracującego w warunkach długookresowego użytkowania w środowisku wody twardej” spełnia wymagania w sensie Art. 187. Ustawy z dnia 20 lipca 2018 o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z dn. 20.04.2023 r. poz. 742) i **może stanowić podstawę do przeprowadzenia publicznej obrony.**

Podpisał Wojciech Sobieski

13 maja 2024