



Prof. dr hab. inż. Waldemar Kuczyński
Politechnika Koszalińska
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Energetyki
Katedra Energetyki
75 – 620 Koszalin, ul. Raławicka 15-17
Tel. 94 3478-420, 437
email: waldemar.kuczynski@tu.koszalin.pl



Koszalin 16.01.2025

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Marcina Heronimczaka pt.:
„Badanie właściwości metrologicznych kryzy segmentowej skośnej”

Recenzję wykonano na podstawie Uchwały nr 3/2024 Komisji Awansu Politechniki Opolskiej z dnia 06.11.2024 r. podpisanej przez Przewodniczącego dr hab. inż. Piotra Niesłonego.

Rozprawa doktorska powstała i została zredagowana pod kierunkiem
dr hab. inż. Mariusz Rząsa, prof. PO

Funkcje promotora pomocniczego pełnił **dr inż. Andrzej Mrowiec, prof. UK**

Recenzję wykonano zgodnie z ogólnymi wytycznymi przyjętymi dla tego rodzaju oceny

1. Tytuł i przedmiot rozprawy doktorskiej

Tytuł rozprawy doktorskiej brzmi: *Badanie właściwości metrologicznych kryzy segmentowej skośnej*, a jej przedmiotem jest propozycja modyfikacji przepływomierza spiętrzającego, wykorzystwanego do pomiarów zanieczyszczonych ciałami stałymi strumieni płynów. Charakterystyczną cechą tego typu osrodków jest możliwość wystąpienia różnych gęstości zanieczyszczeń. W oparciu o badania eksperymentalne wyznaczono empiryczną zależność na współczynnik przepływu C dla rozpatrywanego urządzenia z uwzględnieniem zakresu przepływów turbulentnych określonych liczbą Reynoldsa ($4000 < Re < 20000$). Wielkość tę wyznaczono dla różnych rozwiązań konstrukcyjnych badanego przepływomierza, analizując zmienne kąty γ pochylenia kryzy zgodnie z kierunkiem przepływu płynu. W ocenianej pracy doktorskiej propozycję tę nazwano, *kryzą skośną* spełniającą wymogi nieobowiązującej już normy PN-93/M-53950, opartej o konstrukcję tzw. *kryzy segmentowej*. Motywacją do zaproponowania takiego rozwiązania jest zamiar osiągnięcia stanu samoczyszczenia się przepływających płynów z inertycznych cząstek stałych. W tym celu przeprowadzono analizę teoretyczną funkcjonowania prototypowego przepływomierza zwężkowego. W układzie stacjonarnym rozpatrzono rozkład typowych sił oddziałujących na zanurzoną w przepływającym płynie cząstkę ciała stałego znajdującą się przed płaszczyzną kry-

zy. Pozwoliło to na zdefiniowanie współczynnika porównawczego ($\psi_{\gamma = n^{\circ}}$) procesu samoczyszczenia dla prototypowej *kryzy segmentowej skośnej*.

Zaproponowane rozwiązania konstrukcyjne zweryfikowano stosując obliczeniowe modele matematyczne z zakresu oprogramowania CFD pakietu ANSYS FLUENT. Symulacje numeryczne miały potwierdzić słuszność przyjętych założeń dotyczących geometrii kryzy segmentowej skośnej. Uzyskane wyniki wykorzystano w budowie stanowiska badawczego dla tzw. *modułowego przepływomierza z kryzą segmentową skośną*. Na stanowisku tym wykonano badania doświadczalne, które następnie zweryfikowano metodami obliczeniowymi.

Otrzymane wyniki zarówno doświadczalne jak i obliczeniowe pozwoliły na przeprowadzenie analizy funkcjonalności zaproponowanej konstrukcji. Wykonano to opierając się m.in. o opracowane charakterystyki przepływowe dla kryzy segmentowej porównawczej i skośnej czy też stosunek całkowitych strat ciśnienia $\Delta p_{str}/\Delta p$ w funkcji liczby Reynoldsa. Istotnym parametrem w określeniu wydajności instalacji przepływowej jest wyznaczenie współczynnika wydajności przepływu C dla poszczególnych jej elementów. Podobnie uczyniono to dla rozpatrywanych przepływomierzy, proponując empiryczną zależność uwzględniającą wartość przewężenia kryzy pomiarowej (moduł m) oraz kąt jej nachylenia (γ). Dokładność obliczeniową współczynnika C , potwierdzono na drodze analizy niepewności względnej jego wyznaczenia. Pozytywna weryfikacja zbieżności otrzymanych wyników numerycznych obliczeń symulacyjnych CFD z badaniami eksperymentalnymi, pozwoliła na wyznaczenie map rozkładu prędkości lokalnej cieczy w procesie samooczyszczenia, przy uwzględnieniu równania ruchu cząsteczek w płynie. Pozwoliło to na sformułowanie opisu doboru odpowiednich wielkości geometrycznych kryzy segmentowej skośnej przy uwzględnieniu właściwości płynu oraz parametrów określających wielkość cząsteczek zanieczyszczenia.

Należy ocenić, że podany tytuł rozprawy doktorskiej, tematycznie odpowiada przyjętym założeniom przedstawionym w jej skróconym powyżej opisie.

2. Struktura redakcyjna (układu) pracy

Rozprawa doktorska zredagowana została na 184 stronach w 8 rozdziałach z Podsumowaniem i wnioskami końcowymi oraz wykazem literatury. Zauważa się wyraźny podział na część teoretyczną określoną, jako przegląd literatury oraz praktyczną. Opracowanie rozpoczyna się od **Spisu treści**, następnie umieszczono **Wykaz oznaczeń** i **Wstęp**. W tym ostatnim, na niecałych 2 stronach przedstawiono skrócony opis tematyki pracy.

W **Rozdziale 1. Teoria i koncepcja**, w podziale na podrozdziały syntetycznie opisano zagadnienia związane z metodami pomiaru przepływu za pomocą przepływomierzy w rozwiązaniach przemysłowych i technologicznych (**podrozd. 1.1. Podział i przegląd przepływomierzy do pomiaru strumienia**). W podpunktach omówiono historię powstania i zasadę działania: **a) Przepływomierzy spiętrzających**, **b) Przepływomierz elektromagnetyczny**, **c) Przepływomierz ultradźwiękowy**, **d) Przepływomierzy Dopplera**, **e) Przepływomierzy VORTEX**, **f) Przepływomierzy wahliwych**, **g) Przepływomierzy wahliwych** i **h) Rotametrów**. Następnie w **podrozd. 1.2. Problem badawczy**, przedstawiono motywację podjęcia tematu dotyczącego próby modyfikacji konstrukcyjnej przepływomierzy w zakresie ich wykorzystania do przepływów cieczy zanieczyszczonych. W **podrozd. 1.3. Badany obiekt**, uzasadniono prowadzenie badań nad wycofanymi z użytkowania przepływomierzami z kryzą segmentową wykonaną zgodnie z nieaktualną już normą PN-EN 5167. Umieszczono tutaj opis proponowanych modyfikacji

i zakres planowanych badań. **Podrozdz. 1.4. Hipoteza badawcza, cel i zakres pracy**, zawiera informacje takie jak podaje to tytuł tej części opracowania. Cel i zakres nie wymagają dyskusji, ponieważ w mojej ocenie są prawidłowo sformułowane. Natomiast hipoteza nie jest prawidłowo sformułowana i trudno jest wywnioskować czy to jest teza czy hipoteza. Kwestia ta zostanie poruszona w części dyskusyjnej tej recenzji.

Rozdział 2. Pomiar strumienia przepływającego płynu przez kryzę pomiarową, to przegląd informacji z zakresu rozpatrywanego w doktoracie, oparty o informacje podane w literaturze. Uwzględniono tutaj podstawowe zależności opisujące zjawiska przepływowe. Kolejne podrozdziały mają tytuły bezpośrednio odnoszące się do zjawisk rozpatrywanych w szeroko rozumianej mechanice płynów i technologiach stosujących te zagadnienia. W kolejności są to **podrozdz.: 2.1. Prawo Bernoulliego i równanie ciągłości strugi, 2.2. Liczba Reynoldsa, 2.3. Liczba ekspansji, 2.4. Liczba przepływu α , 2.5. Współczynnik przepływu C^* dla kryzy segmentowej według PN-93/M-53950, 2.6. Punkty poboru różnicy ciśnienia według normy, 2.7. Stała strata ciśnienia w przepływającym strumieniu, 2.8. Liczba kryterialna Archimedeza.**

Rozdział 3. Proces samooczyszczania kryzy segmentowej skośnej, traktuje o zjawiskach związanych z funkcjonowaniem kryz segmentowych skośnych, będących zmodyfikowanymi kryzami segmentowymi. Zmiany konstrukcyjne tego urządzenia w założeniach mają spowodować proces usunięcia z przepływających płynów elementów inercyjnych, w tym przypadku cząstki stałe. W **podrozdz. 3.1. Bilans sił dla zanurzonego ciała stałego w płynie**, umieszczono zależności opisujące oddziaływanie sił na zanurzone w przepływającym płynie cząstki, w umiejscowieniu bezpośrednio przed kryzą. **Podrozdz. 3.2. Wyznaczanie granicznej wartości lokalnej prędkości cieczy v_c** , zawiera informacje również w postaci opisu zależności, mówiących o identyfikacji prędkości przemieszczającej się w kryzie mieszaniny cieczy i cząstek stałych. **Podrozdz. 3.3. Wskaźnik porównawczy procesu samooczyszczania kryzy segmentowej skośnej**, korzystając z map prędkości lokalnych wyznaczonych przy użyciu oprogramowania do symulacji numerycznej CFD (ANSYS Fluent 2020R1), zidentyfikowano obszary $A_{\gamma=n^\circ}$ występowania/zalegania cząstek stałych w pobliżu kryzy. Na ich podstawie dla danego kąta γ nachylenia kryzy, zaproponowano postać współczynnika porównawczego $\psi_{\gamma=n^\circ}$, jako stosunek obszarów „magazynowania” cząstek stałych w kryzie segmentowej i segmentowej skośnej.

Rozdział 4. Metodologia, to opis sposobu realizacji przyjętych celów pracy doktorskiej. Wyszczególniono je w 7 podpunktach, mówiących o kolejnych planowanych działaniach. Szczegółowe objaśnienia umieszczono w podrozdziałach, które również posegregowano na następne podrozdziały. Według wykazu, są to **Podrozdz.: 4.1. Symulacje numeryczne CFD z klasyfikacją, 4.1.1. Określenie celów i założeń do wstępnych badań CFD dla badanych kryz, 4.1.2. Modele 3D badanych obiektów, 4.1.3. Warunki brzegowe, 4.1.4. Oznaczenie badanych przepływomierzy z kryzą KS i KSS, 4.1.5. Siatka obliczeniowa dla modelu 3D, 4.1.6. Model turbulentny zastosowany w symulacjach numerycznych CFD, 4.1.7. Metodyka przeprowadzenia badań numerycznych CFD.** W podrozdziałach tych umieszczono informacje z zakresu przyjętych założeń dotyczących procesu modelowania przepływu przez kryzę segmentową oraz segmentową skośną. Skupiono się przede wszystkim na wyszczególnieniu konkretnych działań, jakie podjęto dla realizacji celu pracy.

Z kolei w **podrozdz. 4.2. Badanie doświadczalne**, przedstawiono informacje dotyczące założeń do budowy stanowiska badawczego (**podrozdz. 4.2.1. Budowa i schemat działania stanowiska pomiarowego**), systemu pomiarowego i archiwizacji danych (**podrozdz. 4.2.2. Układ pomiarowy i rejestrujący na stanowisku badawczym**) oraz sposobu realizacji badań doświadczalnych (**podrozdz. 4.2.3. Metodyka przeprowadzania badań doświadczalnych**).

W **Rozdziale 5. Analiza i interpretacja otrzymanych wyników**, w formie zależności graficznych zaprezentowano uzyskane wyniki badań eksperymentalnych oraz obliczenia wykonane metodą CFD. Dotyczą one przepływów turbulentnych w zakresie liczby $Re < 20000$ przez kryżę segmentową oraz skośną. W pierwszej kolejności rozpatrzono zagadnienia związane z identyfikacją miejsca pomiaru ciśnień w badanej kryży oraz jego rozkładu w rozpatrywanym obszarze wokół zwężki (**5.1.1. Analiza rozmieszczenia punktów poboru ciśnienia różnicowego Δp dla układu kryży**). Analizowano przepływ przy ścianie kanału, nazywając go **Odcinkiem pomiarowym A**, gdzie określono następujące strefy: a) **Punkt poboru ciśnienia w strefie wyższego ciśnienia (obszar przed kryżą pomiarową)**, b) **Punkt poboru ciśnienia w strefie niższego ciśnienia (za kryżą pomiarową)**. Badane przestrzenie związane są ze zdefiniowanym modułem m kryży, który w sensie geometrycznym związany jest z tą wielkością. W podobny sposób przeprowadzono analizę dla przepływu w osi kryży, nazywając go **Odcinkiem pomiarowym B i D**. Natomiast linię pomiaru znajdującą się na dole kanału (dnie kryży), nazwano **Odcinkiem pomiarowym C**. Podobnie przeprowadzono określenie strefy identyfikacji zmian ciśnienia wokół zwężki, w przypadku kryży skośnej. Wyniki przedstawiono w części rozdziału 5 nazwanej: **Porównanie proponowanych punktów poboru ciśnienia KSS z punktami przytarczowymi stosowanymi dla kryży segmentowej wg normy PN-93/M-53950**.

Całość działań opisanych powyżej miała służyć do wyznaczenia optymalnych miejsc wokół tarczy kryży, w których powinno dokonać się pomiaru ciśnienia statycznego. Znajomość tego parametru konieczna jest, aby wyznaczyć wartości spiętrzenia na kryży pomiarowej przepływającego przez nią medium. W tym celu wykonano serię symulacji numerycznych opartych o pakiet CFD oraz parametry, które mają bezpośredni wpływ na rozkład ciśnienia (m.in. masowe natężenie przepływu) oraz pośredni (geometria modelu przepływomierza). W analizie przyjęto punkty P_A^+ i P_A^- umieszczone w górnej części rurociągu, przed i za kryżą pomiarową będące stycznymi z płaszczyzną kryży znajdujące się na linii pomiarowej A. Uzyskane wyniki przedstawiono w **podrozdz. 5.1.2. Charakterystyki przepływowe badanych kryż na podstawie badań numerycznych CFD**. Porównanie z wynikami badań doświadczalnych umieszczono w **podrozdz. 5.1.3. Charakterystyki przepływowe badanych kryż na podstawie badań doświadczalnych**. Podano tutaj charakterystyki przepływowe w zależności od spadku ciśnienia w porównaniu kryży segmentowej i segmentowej skośnej. Przeprowadzone badania doświadczalne umożliwiły określenie stałej straty ciśnienia podczas przepływu przez badane kryży. Zagadnienie to poruszono i opisano w **podrozdz. 5.1.4. Przedstawienie stałej straty ciśnienia ($\Delta p_{str}/\Delta p$) badanych kryż na podstawie badań doświadczalnych**.

Podsumowanie procesu modelowania opisanego w **Rozdziale 5**, ma miejsce w **podrozdz. 5.2. Interpretacja otrzymanych wyników**. W kolejnych podrozdziałach o tytułach odpowiadających treści, przedstawiono: **5.2.1. Mapy rozkładu prędkości i ciśnienia statycznego przepływającego płynu przez badane obiekty spiętrzające przepływ**, **5.2.2. Oszacowanie zbieżności wyników z symulacji numerycznej względem obliczeń inżynierskich wykonanych zgodnie z normą PN-93/M-53950**, **5.2.3. Porównanie charakterystyk przepływowych z symulacji CFD i badań eksperymentalnych**, **5.2.4. Wyznaczenie niepewności dopasowania funkcji wykładniczej charakterystyk przepływowych badań doświadczalnych względem symulacji numerycznych**, **5.2.5. Wyznaczenie niepewności dopasowania funkcji liniowej z porównania strumieni objętości q_v z badań: doświadczalnych i symulacji numerycznych**, **5.2.6. Porównanie stałej straty ciśnienia $\Delta p_{str}/\Delta p$ badanych kryż względem wartości teoretycznej obliczonej według normy PN-93/M-53950**.

Wielkością charakterystyczną dla elementów instalacji hydraulicznych jest tzw. współczynnik przepływu C . Określa on dla danego elementu układu przepływowego jego wydajność. Na-

zywa się go również objętościowym współczynnikiem przepływu. W sposób szczególny jego wartość ma wpływ na parametry przepływu przez wszelkiego rodzaju zwężki czy kryzy zastosowane na danej instalacji. W rozpatrywanej rozprawie doktorskiej zagadnienie dotyczące tego obszaru umieszczono w **Rozdziale 6. Analiza współczynnika przepływu C dla kryzy segmentowej skośnej**. Podano tutaj szereg zależności na podstawie, których wyznaczono wartości współczynnika C , dla różnych wartości modułu m , kryzy segmentowej oraz segmentowej skośnej. Uzyskane wyniki obliczeń umieszczono w **podrozdz. 6.1. Doświadczalne wartości współczynnika przepływu C dla badanych kryz segmentowych i segmentowych skośnych**. Analizę dokładności wykonanych badań i obliczeń zaprezentowano w **podrozdz. 6.2. Niepewność względna wyznaczenia współczynnika przepływu C** . Wyniki zaprezentowano w formie tabelarycznej. Uzyskane wielkości posłużyły do opracowania własnej propozycji obliczeniowej wartości współczynnika przepływu C^* , dla kryzy segmentowej skośnej. Przedstawiono to w **podrozdz. 6.3. Równanie empiryczne współczynnika przepływu C dla kryzy segmentowej skośnej**.

Istotnym zagadnieniem poruszonym w rozprawie, jest dążenie do uzyskania takiego rozwiązania konstrukcyjnego kryzy segmentowej skośnej, aby mógł w niej zajść proces samoczyszczenia się przepływającego medium (wody) z cząstek stałych. Badania te oparto o zdefiniowane parametry cząsteczki ciała stałego i przepływającego płynu. Stosując modelowanie oparte o CFD, przewidywano wartości prędkości granicznych, charakterystycznych dla rozpatrywanego problemu. Opisano to w **Rozdziale 7 Wpływ nachylenia płaszczyzny napływowej kryzy segmentowej skośnej na jej proces samooczyszczania**. Odpowiednie działania podjęte w zakresie tego tematu opisano w **podrozdz. 7.1. Wyznaczanie granicznej wartości lokalnej prędkości przepływającego płynu**.

Opracowanie zamyka **Rozdział 8. Podsumowanie i wnioski końcowe**, gdzie na niespełna 2 stronach w 6 punktach, Autor starał się dokonać oceny końcowej swojej pracy.

Następnie w dysertacji znajduje się wykaz Literatury składający się ze 105 pozycji. Wykaz ten składa się z pozycji zwartych, artykułów, norm i odniesień do stron internetowych. Pośród tych pozycji znajduje się jedna autorska oraz jedna współautorska Doktoranta.

Oceniając strukturę redakcyjną opracowania, stwierdzam, że pod względem relacji części teoretycznej do merytorycznej jest zachowana odpowiednia proporcja. Zastosowany język pod względem merytorycznym i branżowym jest poprawny. Odnotowuje się nieliczne błędy stylistyczne i redakcyjne, które nie mają wpływu na część merytoryczną. W zakresie błędów redakcyjnych:

1. Str. 12. – przesunięcie zakończenia zdania „... (20-100 kPa) [80]”.
2. Str. 27 – podpis rys. 1.10 jest niedokończony w pkt. „b) kryza segmentowa z nachyleną...”
3. Str. 28. – mylna numeracja rysunku, jest 1.10 a powinno być 1.11. błąd ten konsekwentnie powielano w całym Rozdziale 1.
4. W **podrozdz. 2.1. Prawo Bernoulliego i równanie ciągłości strugi**, zastosowano oznaczenie prędkości ϑ , kiedy w **Wykazie oznaczeń** jest v .
5. W **podrozdz. 4.2.1. Budowa i schemat działania stanowiska pomiarowego**, umieszczono schematy stanowiska, brakuje natomiast jego zdjęcia tak, aby je wizualizować.
6. Str. 85 zdanie pod Tabelą 5.1. powinno być „uzyskanie” a nie „uzyskane”.
7. Dość częste powtórzenia, szczególnie w zastosowaniu słowa „przedstawiono”.

Struktura przedstawionego do oceny opracowania w tej formie nie budzi zastrzeżeń i można ją ocenić pozytywnie.



3. Cel i zastosowane metody

Cel pracy został podany w **podrozdz. 1.4. Hipoteza badawcza, cel i zakres pracy**, gdzie wskazano hipotezę badawczą, cel pracy w 2 podpunktach oraz zakres zdefiniowany w 6 punktach. Opisany cel i zakres nie budzą zastrzeżeń, są spójne z rozpatrywaną tematyką a zaproponowane metody jak się okazuje pozwoliły na ich realizację. Metody te, to analiza symulacji numerycznej przyjętych założeń konstrukcyjnych modyfikacji kryzy segmentowej do segmentowej skośnej, wykonanie prototypu oraz badań eksperymentalnych. Motywacją było stworzenie urządzenia, które realizowałoby proces samoczyszczenia przepływającej przez kryzę wody z cząstek stałych uznanych za zanieczyszczenia. Postawiona do tych założeń Hipoteza, moim zdaniem jest sformułowana nietrafnie. Brzmi ona następująco: *Jak nachylenie płaszczyzny napływowej kryzy segmentowej podczas przepływu mieszaniny/zawiesiny, w której zanieczyszczeniami są ciała stałe o różnej gęstości od przepływającej cieczy, wpłynie na zredukowanie obszaru gromadzenia się zanieczyszczeń?*

Z założenia hipoteza jest sugerowaną odpowiedzią na pytanie badawcze, więc powinna brzmieć: „*Należy przypuszczać, że...*”, co jest zgodne chociażby z „Metodologia ogólna” Jerzy Apanowicz. Gdynia 2002 lub „Przedmiot metodologii historii” Jerzy Topolski PWN Warszawa 1991. Pozycji bibliograficznych, do których można się odwołać w tej kwestii jest oczywiście znaczna liczba i wskazanym byłoby takie informacje w tym zakresie uwzględnić. Niemniej jest to kwestia redakcyjna, ale może też zostać poruszona w dyskusji podczas publicznej obrony tej rozprawy.

W ogólnej ocenie można stwierdzić, że cel, zakres i zastosowane metody realizacji rozprawy doktorskiej, zostały prawidłowo sformułowane.

4. Omówienie wyników badań

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska dotyczy zagadnień modelowania przepływu mieszaniny cieczy (wody) i cząstek stałych przez zmodyfikowaną kryzę segmentową, nazwaną segmentową skośną. Motywacją do podjęcia tego tematu, była dążność do uzyskania konstrukcji, która w założeniu ma doprowadzić do procesu samooczyszczenia się przepływającej przez nią wody z zanieczyszczeń stałych. W tym celu wykonano symulacje obliczeniowe mające na celu optymalizację zaproponowanej konstrukcji. Uzyskane wyniki posłużyły do budowy prototypu oraz wykonania badań eksperymentalnych. Przeprowadzono weryfikację uzyskanych wyników z obliczeniowymi uzyskując zadowalającą zgodność. Zaproponowano również własną zależność obliczeniową współczynnika przepływu dla tak zmodyfikowanej kryzy. Przeprowadzono również analizę statystyczną dotyczącą dokładności wykonanych badań. Pozwoliło to na potwierdzenie postawionej hipotezy badawczej.

Niemniej w zakresie dyskusyjnym rodzą się następujące pytania:

1. W pracy nie wyjaśniono, z jakiego powodu przyjęto „zakres kątów pochylenia płaszczyzny kryzy segmentowej $\gamma = 10^\circ, 20^\circ$ i 30° względem poprzecznego przekroju kanału w kierunku zgodnym z przepływem”
2. Nie uzasadniono również z jakiego powodu przyjęto „siedem modułów odpowiadających wysokości otworu przelotowego h kryzy (co 4 mm) od 8mm ($m = 0,102$) do 32 mm ($m = 0,670$)”.

3. Pytanie kolejne to, co zdecydowało o określeniu obszarów nazwanych „dolotowym” do kryzy wynoszący $3,5 \cdot D$ (175 mm), a za kryzą (wylotowy) równy $8,5 \cdot D$ (425 mm)? – str. 53 – **podrozdz. 4.1.2. Modele 3D badanych obiektów.**
4. Str. 53 - **4.1.1. Określenie celów i założeń do wstępnych badań CFD dla badanych kryz** i Str. 59 - **Warstwa przyścienna siatki obliczeniowej** – należy uściślić, czego dotyczy wielkość y^+ , czy odnosi się ona do ilości czy grubości warstw przyjętych w modelowaniu w danej strefie kanału?
5. Str. 62 – rys. 4.5 – w podpisie pojawia się informacja o konieczności „...uzyskania zbieżności e^{-3} podczas obliczeń numerycznych”. Informacja o osiągnięciu „...reszty na poziomie e^{-3} po wykonaniu założonej liczby iteracji.” jest również, na str.63. Pojawia się ona jeszcze na str. 67, 68 i 69. Nie wyjaśniono, w jaki sposób tę wielkość wyznaczono..
6. Str. 63 i 64 – koniec części pracy o kodyfikacji **Weryfikacja jakościowa siatki obliczeniowej**. W bardzo zawiły sposób wyjaśniono, dlaczego wybrano siatkę obliczeniową nr 6, prosiłbym o uściślenie tego zagadnienia.

Powyższe uwagi mają charakter dyskusyjny i Recenzent liczy na ich rozwinięcie podczas publicznej obrony.

5. Podsumowanie

Podsumowując, należy stwierdzić, że przedstawiona do recenzji praca doktorska nie wykazuje nieprawidłowości, o których jest mowa w ogólnych wytycznych. Analiza przedstawionego do oceny materiału wskazuje również na aplikacyjny charakter wykonanych symulacji modelowych zweryfikowanych badaniami eksperymentalnymi. Propozycja rozwiązania konstrukcyjnego, mającego doprowadzić do samoczyszczania się przepływającego przez instalację hydrauliczną płynu z inercyjnych cząstek stałych jest niewątpliwie rozwiązaniem innowacyjnym. W związku z powyższym należy stwierdzić, że przedstawiona do oceny rozprawa doktorska stanowi próbę oryginalnego rozwiązania problemu konstrukcyjnego i jednocześnie naukowego.

6. Ocena pracy i wnioski końcowe

Biorąc pod uwagę przedstawione do oceny opracowanie jego treść i cechy merytoryczne, stwierdzam, że spełnia ono wymogi dysertacji doktorskiej. Określony zakres tematyczny, sposób realizacji założonych przez Autora celów wskazuje na osiągnięcie odpowiednich kompetencji wymaganych zapisami ustawy dla osób ubiegających się o stopień naukowy doktora.

Podsumowując stwierdzam, że przedłożona mi do oceny praca zawiera oryginalne ujęcie problemu naukowego i świadczy o opanowaniu przez jej Autora **mgra inż. Marcina Heronimczaka** naukowych metod doświadczalnych i obliczeniowych, stosowanych w **dyscyplinie inżynieria mechaniczna**, a tym samym wyczerpuje warunki określone w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tj. Dz.U.2018 poz. 1668 z późn. zm.) co uzasadnia **dopuszczenie** jej do publicznej obrony o co wnioskuję.