Prof. dr hab. inż. Witold ELSNER
Instytut Maszyn Cieplnych
Politechnika Częstochowska
ul. Armii Krajowej 21; 42-200 Częstochowa
tel.: (034) 3250507; **e-mail:** witold.elsner@pcz.pl

Częstochowa, 19.09.2022

Recenzja
rozprawy doktorskiej mgr inż. Michaliny Kurkus-Gruszeckiej:

„Investigation of thermal and flow processes in low-pressure rotary lobe expanders"

Recenzja została opracowana na zlecenie Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka prof. dr hab. inż. Tomasza Wiśniewskiego w piśmie RND-IŚGiE/76/2022 z dnia 19.07.2022r.

Przedstawiona do recenzji praca została przygotowana została pod kierunkiem Prof. dr hab. inż. Krzysztofa Badydy, natomiast promotorem pomocniczym był dr inż. Piotr Krawczyk.

Praca doktorska została napisana w języku angielskim, zawiera 186 strony i jest podzielona na siedem rozdziałów. Pracę kończy spis oznaczeń oraz spis pozycji literaturowych związanych z tematyką rozprawy. W pracy umieszczone zostały dwa załączniki prezentujące rozszerzony zestaw rozkładów pola prędkości i ciśnienia dla wyjściowej geometrii ekspandera (Załącznik 1) oraz kod programu opracowanego w środowisku MatLab (Załącznik 2).

1. Ogólna charakterystyka rozprawy.

Tematyka rozprawy dotyczy procesów cieplno-przepływowych występujących w niskociśnieniowych ekspanderach krzywkowych, które mogą potencjalnie znaleźć zastosowanie w systemach mikrokogeneracyjnych pracujących w zakresach mocy od kilku do kilkuset watów. Urządzenia te, wykorzystujące jako czynnik roboczy sprężone powietrze, są już od szeregu lat, z powodzeniem stosowane w przemyśle wydobywczym i wiertniczym. Ich podstawową cechą jest wysoka niezawodność, prostota obsługi oraz możliwość pracy w warunkach zagrożenia wybuchem. Zbadanie innych możliwości zastosowania tych urządzeń i rozszerzenie ich zakresu aplikacyjnego wydaje się słusznym podejściem.

Obiektem zainteresowania Doktorantki jest rodzina ekspanderów krzywkowych, która jest zaliczana do ekspanderów objętościowych. Charakteryzują się one prostszą konstrukcją, niezawodnością oraz niższymi kosztami inwestycyjnymi w stosunku do powszechnie stosowanych ekspanderów przepływowych, czyli mikroturbin. Pomimo, z reguły niższej sprawności, pozwalają one na pracę przy wyższych jednostkowych spadkach ciśnienia, niższych strumieniach masy oraz niższych prędkościach obrotowych, co korzystnie wpływa na ich własności eksploatacyjne.

Bezpośrednia motywacja podjęcia tematu wynikała z zaangażowania Doktorantki w projekcie finansowanym przez NCBiR pt. „Opracowanie wysokosprawnej kompaktowej

siłowni kogeneracyjnej małej mocy zasilanej biomasą (BioCHP) dla energetyki rozproszonej prowadzonym przez firmę Termo2Power SA. Celem projektu było opracowanie i wdrożenie wysokosprawnych elektrowni kogeneracyjnych o mocy od 50 do 250 kWe zasilanych biomasą, gdzie jednym z zadań było sformułowanie modelu matematycznego, jego walidacja a następnie analiza kilku geometrii ekspanderów krzywkowych. Doktorantka dokonała wprawdzie w swojej pracy przeglądu różnych dostępnych na rynku, lub rozwijanych technologii, w tym rozprężników pary, jednak wybór konkretnego rozwiązania był zdeterminowanych celem projektu.

Głównym celem recenzowanej pracy było opracowanie modelu obliczeniowego ekspandera krzywkowego, następnie numeryczne modelowanie jego pracy przy różnych warunkach przepływowych dla kilku zmodyfikowanych geometrii, co miało pozwolić na sformułowanie *„szeregu wytycznych projektowych dla zastosowań przemysłowych"*. W tym celu Doktorantka postanowiła wykorzystać środowiska numeryczne ANSYS CFX, Aspen HYSYS oraz MATLAB.

Praca została zrealizowana w ramach pięciu zasadniczych etapów obejmujących kolejno: opracowanie modelu matematycznego ekspandera krzywkowego, walidację modelu w oparciu o wybrany model przemysłowy (ekspandera zasilanego sprężonym powietrzem), analizę dla trzech geometrii wirników różniących się rozmiarem elementu krzywkowego, badania i wyznaczenie charakterystyk przecieków w ekspanderze, oraz w ostatnim etapie, opracowanie modelu analitycznego ekspandera wielostopniowego i wyznaczenie jego charakterystyk konstrukcyjnych. Praca dotyczy złożonego zagadnienia przepływu przez urządzenie, które niezbyt często jest tematem badań naukowych, a którego konstrukcja i stosowane parametry pracy są raczej wynikiem doświadczeń inżynierskich.

W mojej ocenie podjęta tematyka poszukiwania nowych rozwiązań technologicznych i ich wykorzystania w rozproszonych układach mikro-kogeneracyjnych wpisuje się w światowe tendencje, co jest zgodne z wymogami środowiskowymi i zrównoważonego rozwoju.

Uważam również, że tematyka badań oraz ich zakres został właściwie nakreślony i może stanowić przedmiot rozprawy doktorskiej. Z formalnego punktu widzenia i obecnej klasyfikacji dyscyplin rozprawa, choć zawiera elementy z dziedziny pokrewnej (Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka) sytuuje się zasadniczo w Inżynierii Mechanicznej (wg poprzedniej klasyfikacji w dyscyplinie Mechanika).

2. Ocena szczegółowa.

Praca, po krótkim wstępie, nawiązującym do projektu badawczego NCBiR, w ramach którego dysertacja była przygotowywana, charakteryzuje rozwijane współcześnie urządzenia wytwórcze stosowane w mikrogeneracji, gdzie jedną z nich jest ekspander krzywkowy. W podrozdziale 1.5 przedstawiony jest cel i zasadnicze etapy pracy.

Tu chciałbym zwrócić uwagę, że wedle Ustawy (Dz.U. 2017 poz. 1789 późn. zm.) rozprawa doktorska powinna stanowić oryginalne rozwiązanie zagadnienia naukowego, które jest sformułowane w oparciu o krytyczny przegląd literatury, który powinien stanowić tło do podejmowanej tematyki oraz wykazywać ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie naukowej. Ewentualnie, jak zapisano w Ustawie, może być to oryginalne rozwiązanie w zakresie aplikacji wyników własnych badań naukowych. Rozprawa doktorska powinna zawierać cel/cele, jak również pytania, czy hipotezy badawcze. Hipotez badawczych tu nie

postawiono natomiast wskazanym celem niniejszej pracy jest „*przeprowadzenie badań procesów cieplno-przepływowych w niskociśnieniowych ekspanderach krzywkowych*" które mają pozwolić na „*sformułowanie szeregu wytycznych projektowych dla zastosowań przemysłowych*". W mojej opinii wyraźnie brakuje mi ważnego elementu, tj. uzasadnienia naukowego podjęcia tematu pracy. Znajdujące się w pracy uzasadnienie jest podyktowane natomiast potrzebą praktyczną i zdeterminowane zadaniem projektu badawczego. Samo istnienie potrzeby praktycznej bez wskazania elementów naukowych nie jest w moim przekonaniu wystarczającym uzasadnieniem dla rozprawy doktorskiej.

Uczucie niedosytu pozostawia również lektura rozdziału 1, gdzie oprócz przeglądu rozwiązań technologicznych, należałoby by więcej miejsca poświęcić metodom modelowania i optymalizacji, z wykorzystaniem różnych modeli od zero-wymiarowych po modele wyższego rzędu. Literatura w tym zakresie jest bogata a ilość kodów, nie tylko komercyjnych, obszerna. Pozwoliłoby to Doktorantce lepiej uzasadnić nie tylko wybór zagadnienia badawczego, ale również wybór zastosowanej metodyki modelowania.

Rozdział 2 zawiera opis modelu obliczeniowego ekspandera krzywkowego. Przyjęta konstrukcja i model geometryczny składa się z dwóch zazębiających się wirników o stosunku średnic i ilości elementów krzywkowych 1:2. W pracy nie uzasadniono wyboru danej geometrii i wiążących się z nią parametrów przepływowych takich jak np. różnica ciśnień, czy strumień masy a przecież rozwiązanie docelowe ma być zaimplementowane w układzie mikrokogeneracyjnym. Rozdział zawiera podstawowe informacje dotyczące metody modelowania numerycznego CFD, równań równowagi, metod dyskretyzacji, konstruowania siatki obliczeniowej oraz modeli turbulencji. Są to w większości podręcznikowe zależności i modele cząstkowe, niemniej jest to solidny i potrzebny przegląd, który pozwala następnie przygotować Doktorantce całościowy model obliczeniowy. Proces budowy geometrii, siatki obliczeniowej, czy przyjęcie warunków brzegowych jest co do zasady poprawny i właściwy dla tego typu zadań. Następnie dla przyjętych nastaw solvera i warunków brzegowych przeprowadzono obliczenia dla pary wodnej i ciśnienia na wlocie 400 kPa.

Uwagi szczegółowe dotyczące tego fragmentu zamieszczono w punkcie 3 niniejszej recenzji, jednak w tym miejscu muszę sformułować dwa zasadnicze zastrzeżenia dotyczące braku właściwej dokumentacji przeprowadzonych badań i analizy wyników:

1. Czym według Doktorantki jest model numeryczny, który został „*zaimplementowany*"?
2. Co wynika z przeprowadzonych obliczeń i jak te wyniki są wykorzystane w kolejnych etapach pracy?

Podane bez dyskusji i komentarza chwilowe rozkłady pól ciśnień i prędkości nie są wystarczającą przesłanką uzasadniającą badania podjęte w kolejnych etapach pracy. Dodatkowo, podsumowujący podrozdział 2.6 zawiera trzy dość oczywiste wnioski, przy czym ostatni z nich jest sformułowany błędnie. Turbulizacja przepływu, o której pisze Doktorantka, nie wynika z samej tylko różnicy ciśnień. Różnica ciśnień wymusza przepływ a czy przepływ się turbulizuje zależy od wielu czynników, w tym min. od liczby Reynoldsa o której Doktorantka w ogóle nie wspomina.

Rozdział 3 poświęcony jest walidacji przyjętego modelu a właściwie metodyki modelowania w oparciu o dane i charakterystyki krzywkowego ekspandera firmy Armak Motors zasilanego sprężonym powietrzem. Dane literaturowe zawierają charakterystyki mocy, strumienia masy i momentu w funkcji prędkości obrotowej oraz ciśnienia na wlocie. Zaznaczyć tu należy, że

urządzenie opisane w literaturze ma inną geometrię niż testowane w poprzednim rozdziale pracy, w tym inne wymiary zewnętrzne i inne wymiary elementów krzywkowych (poprzednio 11 mm, obecnie 30 mm). Inne również było medium robocze i inne parametry termodynamiczne. Nasuwa się zatem pytanie, co było przedmiotem walidacji? Brak precyzyjnego zdefiniowania tej kwestii stawia pod znakiem zapytania celowość przeprowadzonych w tym rozdziale obliczeń.

Obliczenia CFD i analizy przeprowadzono dla trzech wartości ciśnienia na wlocie z zakresu 300 – 800 kPa. Walidację modelu i obliczeń przeprowadzano w oparciu o globalny parametr jakim jest moc ekspandera. W tym celu Doktorantka przygotowała oprogramowanie w środowisku MATLAB, pozwalające na obliczenie mocy całego urządzenia w oparciu o zmienne w czasie wyniki symulacji CFD, co jest z pewnością wartością dodaną ocenianej pracy. Wykazano, że różnica pomiędzy danymi producenta a obliczeniami własnymi wynosi od kilku do kilkunastu procent, co jest niezłym wynikiem. Wiarygodność tego porównania jest nie jednak pełna, ponieważ w pracy nie zamieszczono wszystkich istotnych danych, w tym nie podano jak założono straty mechaniczne. Dodatkowo, obliczenia przeprowadzono w domenie quasi 2D, więc nie uwzględniają one strat brzegowych na ścianach bocznych urządzenia. Ponownie Doktorantka nie odniosła się do zamieszczonych, chwilowych pól prędkości i ciśnienia. Osobiście oczekiwałbym, że dla uzasadnienia wiarygodności wyników modelowania przeprowadzona zostanie analiza tych wyników, zwłaszcza widocznych niestabilności i obszarów oderwania przepływu, gdyż z pewnością wpływają one na straty przepływowe, a więc i na sprawność urządzenia.

W kolejnym rozdziale (rozdział 4) Doktorantka wraca do konstrukcji badanej w rozdziale 2 i prowadzi obliczenia wykorzystując doświadczenia wynikające z rozdziałów poprzednich. W przypadku bardziej pogłębionej analizy mógłby to być wartościowy fragment pracy. W rozważaniach, przyjmując ciśnienie na wlocie 600 kPa, identyczne średnice wirników, niezmienną liczbę elementów krzywkowych (4 i 8) rozważa trzy ich rozmiary o wysokości 15, 30 i 45 mm. Kluczowa obserwacja dotyczy dużych strat przecieków, które maleją w funkcji rozmiaru „lobes", co jest dość oczywiste. Brakuje mi tu ponownie krytycznej analizy zjawisk przepływowych, analizy struktury przepływu, czy i gdzie mamy do czynienia z przepływem nadkrytycznym a jeżeli tak, to jak to wpływa na sprawność. Wykresy zmienności ciśnienia są zamieszczone bez żadnego komentarza. Zastanawia też niespójność wyników. Podane wartości przecieków (brak informacji jak zostały policzone) maleją w funkcji rozmiarów elementów krzywkowych, co jest logiczne, nie powodują jednak odpowiedniego wzrostu sprawności.

Zakres merytoryczny rozdziału 5 wynika z ze sformułowanego w poprzednim rozdziale wniosku, że przecieki istotnie obniżają sprawność i dotyczy analizy tychże oraz zjawisk przepływowych pomiędzy ruchomymi i nieruchomymi elementami maszyny. Rozdział zaczyna się od krótkiego przeglądu literaturowego, nakierowanego na analizę sprawność zbliżonego konstrukcyjnie urządzenia jakim jest silnik Wankla. To dało podstawę do stwierdzenia, że udział strat w kierunku osiowym to ok 1/4-1/3 całkowitych strat przecieków i że sprawność rośnie wraz ze zmniejszeniem rozmiaru szczeliny osiowej oraz rozmiarem urządzenia.

Następnie przeprowadzono obliczenia przecieków wykorzystując zarówno solwer ANSYS CFX jak i uproszczoną formułę analityczną dla przepływu przez dyszę zbieżno-rozbieżną. Rozważaniom poddano szczeliny osiowe pomiędzy mniejszym wirnikiem i obudową, większym wirnikiem i obudową oraz pomiędzy wirnikami a następnie przecieki w kierunku

osiowym. W przypadku analizy szczelin promieniowych pomiędzy wirnikami Doktorantka skoncentrowała się na porównaniu strumieni masy przepływających przez szczelinę dla różnych kątów ustawienia wirnika. Obliczenia CFD przeprowadzono dla warunków stacjonarnych, dla nieruchomych wirników i dla parametrów pary na wlocie równych 600 kPa i 433 °K. Dla przypadku przepływu pomiędzy mniejszym wirnikiem i obudową stwierdzono, że wyniki uzyskane oboma metodami są zbieżne. Jednocześnie przedstawiono, zupełnie bez komentarza, rozkłady pola ciśnienia, temperatury i liczby Macha. Moim zdaniem wiarygodność tych wyników jest wątpliwa, zwłaszcza patrząc na pole temperatury, gdzie temperatura osiąga lokalnie wartość ok. 150 °K. Podobnie wartość lokalnej liczby Macha rzędu 4.5 nie odpowiada wynikom uzyskanym dla tych samych różnic ciśnień, w przypadku obliczeń niestacjonarnych uzyskanym rozdziale poprzednim (str. 73, 74), gdzie maksymalna prędkość nie przekracza 200 m/s.

Analizując przepływ pomiędzy wirnikami, Doktorantka zastosowała rozsądne uproszczenie, przeprowadzając obliczenia stacjonarne dla kilku wzajemnych położeń kątowych wirników. Rozdział zawiera obszerny materiał graficzny, rozkłady pól prędkości, temperatury, ciśnień bez praktycznie żadnego komentarza, a mamy tu do czynienia z kolosalnymi różnicami prędkości, temperatury, które wpływają na własności termodynamiczne czynnika. Brak komentarza dotyczy również wykresów liniowych rozkładu ciśnień rys. 5.31—5.35. Recenzent musi się domyślać co Doktorantka chciał przekazać. Uważam, że jest to kluczowy rozdział w pracy, jednak brak jest tu próby analizy fizykalnej procesu, jak również podsumowania i uogólnienia uzyskanych wyników.

W ostatnim rozdziale zawarto próbę wdrożenia wyników przeprowadzonych analiz do budowy kolejnego modelu, tym razem analitycznego, który pozwolić powinien na ocenę wpływu wybranych parametrów na sprawność ekspandera. Model ten może również rozwiązać zadanie odwrotne, tj. obliczenie parametrów projektowych zapewniających najwyższą sprawność w danych warunkach pracy, jednak tych własności nie wykorzystano w pracy. Model wykorzystuje metody iteracyjne do otrzymania rozwiązania, pozwalając na wyznaczenie sprawności oraz zużycia czynnika roboczego jak również parametrów termodynamicznych pary na wlocie, wylocie i pomiędzy stopniami w ekspanderze. Wnioski generalne są poprawne i widać, że Doktorantka czuje się w tym obszarze pewniej.

Praca została podsumowana w **rozdziale 7**, przy czym jest to raczej zestawienie etapów i czynności, które Doktorantka wykonała. Uważam, że lepiej byłoby aby w tym rozdziale Doktorantka skoncentrowała się tylko na obserwacjach wynikających z przeprowadzonych badań i najważniejszych wnioskach merytorycznych zamiast wyliczać przeprowadzone czynności. W podsumowaniu znajduje się stwierdzenie, że „*głównym osiągnięciem pracy jest opracowany model ekspandera, który umożliwia wyznaczenie charakterystyk konstrukcyjnych i eksploatacyjnych ekspandera według przyjętych założeń*", co nie do końca jest zbieżne z celem sformułowanym na początku pracy.

3. Uwagi szczegółowe i redakcyjne

- **rozdział 1,** str. 4 - niezgrabność językowa: … *were compared with the available literature at the stage of developing the expander's constructional characteristics…*
- str. 26 - niezgrabność językowa: …*Developing the mathematical model development…*

- Brak spójności w nazewnictwie: Doktorantka często posługuję się pojęciem „numerical fluid mechanics", zastępując to skrótem CFD, co nie jest poprawne. W pracy wykorzystywana jest Computational fluid dynamics (CFD), czyli obliczeniowa metoda modelowania dynamiki płynów, która opiera się na zasadach mechaniki płynów, wykorzystując metody numeryczne,
  - Doktorantka zbyt swobodnie posługuje się pojęciami Immersed Solid, Immersed - Body czasem Immersed Fluid. W oprogramowaniu ANSYS jest opcja ANSYS-CFX Immersed Solid, jednak metoda numeryczna, która jest tam wykorzystywana to immersed boundary method. Prosiłbym o rozwinięcie tego właśnie pojęcia,
  - informacja zawarta na stronie 32 nie dostarcza czytelnikowi wystarczających informacji na temat zastosowania CFD w modelowaniu przepływu przez zbliżone konstrukcje maszyn i problemów z takim modelowaniem związanych. To tylko potwierdzenie, że w kilu pracach zajmowano się podobnymi zagadnieniami,
  - oczywiście nie jest konieczne przytaczanie szczegółów wszystkich modeli turbulencji, ale prosiłbym o szersze uzasadnienie wyboru modelu SST;
  - dlaczego wartość parametru α w zależności 2.9 została przyjęta na poziomie 25 a nie 10?
  - **rozdział 2,** str. 37 – Często w celu obniżenia kosztów obliczeniowych stosuje się uproszczenie polegające na zastosowaniu podejścia quasi 2D. Czemu dla wyjściowego modelu zastosowana grubość domeny obliczeniowej równą 1 mm i ile węzłów siatki w kierunku poprzecznym się tam znajduje? Pytanie to dotyczy również geometrii stosowanych w kolejnych etapach,
- jaka jest przyjęty wymiar luzu pomiędzy wirnikami i obudową urządzenia? Ile węzłów obliczeniowych znajduje się w tej szczelinie. Jest to bardzo ważne z punktu widzenia poprawności odwzorowania przepływu,
- str. 37 – strzałki na rys. 2.3 są niewidoczne,
- dlaczego fazy na rys. 2.14 i 2.15 nie są takie same?
- błędne wnioski: turbulizacja przepływu nie wynika z różnicy ciśnień. nie wynika z samej tylko różnicy ciśnień. Różnica ciśnień wymusza przepływ a czy przepływ się turbulizuje zależy od wielu czynników, w tym min. od liczby Reynoldsa o której Doktorantka w ogóle nie wspomina. Ta sama uwaga dotyczy przedostatniego zdania na str. 45. Nadużyciem jest stwierdzenie, że rozkład i zwroty wektorów wskazują na obszary turbulencji,
- str. 45 – powinno być "*key flow features*" zamiast "*key flow characteristics*",
- str. 51 – niefortunne sformułowanie "*development of the power calculation method*",
- **rozdział 3** zawiera interesujące wyniki, zwłaszcza rozwiązania w czasie pól prędkości i ciśnienia, przy czym szkoda, że nie ma wyników dotyczących energii kinetycznej turbulencji. Oczekiwałbym jednak podjęcia próby analizy tych wyników zwłaszcza widocznych niestabilności i obszarów oderwania przepływu, co z pewnością wpływa na straty przepływowe, a więc i na sprawność urządzenia,
- czy podana moc urządzenia referencyjnego uwzględnia np. straty mechaniczne ?
- z czego mogą rozbieżności pomiędzy mocą wskazaną przez producenta a wynikami własnymi ? raz moc obliczana jest większa, a raz wskazana przez producenta
- str. 56, Tabela 3.1 zawiera przypuszczalnie błędy w danych dotyczących kroku czasowego,

- str. 61 – ponowne nadużycie, „*vector direction indicate where turbulence and changes in the direction of the fluid flow occur*", Dlaczego nie przeanalizowano pól energii kinetycznej turbulencji?
- **„rozdz. 4,** jak była liczona wewnętrzna sprawność ekspandera? Wydaje się, że zmienia się ona w przypadkowy sposób, poza tym nie jest to spójne z podanymi stratami przecieków. Czy uwzględniono straty tarcia na ścianach bocznych urządzenia? Proszę o wyjaśnienie,
- **rozdz. 5,** str. 80, w pierwszym akapicie Doktorantka stwierdza ponownie, że rozwija matematyczny model, a więc model poprzedni model nie jest wykorzystywany? To tylko pokazuje niespójność, i brak konsekwencji w redagowaniu pracy,
- Fig. 5.12 – zastanawiające są wysokie liczby Macha, które nie pokrywają się z wartościami prędkości przedstawionymi w poprzednim rozdziale na rys. 4.8-4.9, Jakie parametry się zmieniły?
- skale temperatury są podawane w zakresie 100- 313 °K, 50-455 °K, lub 5-455 °K; czy jeżeli czynnikiem jest para wodna to możliwe jest uzyskanie wartości temperatury rzędu 150 °K? (patrz rys. 5.10)?
- Jak jest wartość szczegółowych rysunków siatki obliczeniowej, dla kilku położeń kątowych wirnika?
- Ze zdziwieniem zauważyłem, że obliczenia dla przepływu pomiędzy wieńcami były tym razem prowadzone z wykorzystaniem ANSYS FLUENT a nie ANSYS CFX i na innym serwerze wyposażonym w procesor AMD Ryzen 7 4800H 3.2 GHz; proszę o komentarz,
- równania na strumień masy 5.1 i 5.2 nieznacznie się różnią. Doktorantka pozostawiła to bez komentarza,
- Jaki sens ma przedstawianie wykresów typu 5.42,
- wszystkie wyniki prezentowane w pracy powinny być wyrażone w jednostkach przyjętych przez Międzynarodowy Układ Miar SI a np. ciśnienia są podawane w Pa, bar i atm,
- w pracy często znajdują się powtórzenia tekstu, co wynika prawdopodobnie z pośpiechu przy składaniu pracy i/lub wykorzystania raportów cząstkowych z projektu badawczego.

4. Główne walory i braki rozprawy

Praca dotyczy złożonego zagadnienia przepływu przez urządzenie, które niezbyt często jest tematem badań naukowych a którego konstrukcja i stosowane parametry pracy są raczej wynikiem doświadczeń inżynierskich. Chciałem również podkreślić, że podjęta tematyka poszukiwania nowych rozwiązań technologicznych i ich wykorzystania w rozproszonych układach mikro-kogeneracyjnych wpisuje się w światowe tendencje, i jest ze wszech miar aktualna.

Kandydatka zrealizowała szeroki zakres badań numerycznych, który pozwolił jej zaproponować model ekspandera pozwalający na wyznaczenie charakterystyk konstrukcyjnych i eksploatacyjnych ekspandera według przyjętych założeń. W trakcie realizacji pracy wykorzystano trzy środowiska programowe, ANSYS CFX, Aspen HYSYS oraz MATLAB a wymiernym efektem jest też przygotowany w środowisku MATLAB program do pozwalający na obliczenie mocy całego urządzenia w oparciu o zmienne w czasie wyniki symulacji CFD.

Doceniam nakład pracy jaki Doktorantka włożyła w przeprowadzenie licznych obliczeń i analiz. Niestety zawartość rozprawy a zwłaszcza rozdziałów od 1 do 5 nie daje podstaw do

stwierdzenia, że Doktorantka w pełni świadomy sposób realizowała obliczenia numeryczne i posiada wiedzę w tym zakresie. Praca doktorska ma dowodzić dojrzałości Kandydata do prowadzenia samodzielnych badań. W szczególności Doktorant ma udowodnić, że potrafi planować badania i wyciągać wnioski z wyników tych badań. Tymczasem, zamieszczanie masy wyników bez ich omówienia i bez wyciągania wniosków nie jest tylko usterką redakcyjną lecz może dowodzić brakiem dojrzałości badawczej. Praca zawiera wiele wyników zaprezentowanych w postaci graficznej, jednak większość z nich została zostawiona bez komentarza. Dodatkowo, w mojej opinii brakuje ważnego elementu, jakim jest uzasadnienie naukowe podjęcia tematu pracy. Znajdujące się w pracy uzasadnienie jest podyktowane natomiast potrzebą praktyczną i zdeterminowane zadaniem projektu badawczego. Jeszcze raz podkreślam, że samo istnienie potrzeby praktycznej bez wskazania elementów naukowych nie jest w moim przekonaniu wystarczającym uzasadnieniem dla rozprawy doktorskiej.

Dodatkowo nie wszystkie wyniki spójne są ze sobą, co podważa wiarygodność formułowanych konkluzji. Zaprezentowane w pracy wnioski są często dość oczywiste, a brakuje jasnego wskazania elementów nowości naukowej. Brak jest również próby analizy fizykalnej procesu, jak również uogólnienia uzyskanych wyników Mam też pewne zastrzeżenia do języka pracy, które zawarłem w rozdz. 3 swej recenzji, ale to nie zaważyło w sposób decydujący na ocenie pracy.

5. Uwagi końcowe

Reasumując chciałem powtórzyć, że praca dotyczy ciekawego zagadnienia, przepływu przez ekspander krzywkowy. Doceniam nakład pracy jaki Doktorantka włożyła w przeprowadzenie licznych obliczeń i analiz. Szkoda, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska ma też szereg wiele wad i usterek, które szerzej opisałem powyżej.

Wymienione przeze mnie walory pracy jednak w pewnym stopniu równoważą uwagi krytyczne wobec czego uważam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Michaliny Kurkus-Gruszeckiej, jest opracowaniem naukowym, mającym odpowiednią wartość poznawczą, co pozwala mi stwierdzić, że spełnia ona wymogi Ustawy o Stopniach i Tytule Naukowym z dnia 14 marca 2003 roku (Dz.U. 2017 poz. 1789 późn. zm.) i wnoszę o dopuszczenie pracy do publicznej obrony.