

dr hab. inż. Bartosz Zajączkowski, prof. uczelni
Politechnika Wroclawska
Wydział Mechaniczno-Energetyczny
Katedra Techniki Ciepłej

Wrocław, 29/07/2022

RECENZJA

Pracy doktorskiej mgr. inż. Jacka Jana Fiuka

nt. „Badanie wpływu wybranych parametrów geometrycznych i materiałowych na intensyfikację konwekcyjnej wymiany ciepła w pasywnym powietrznym kolektorze słonecznym”

Recenzja dotyczy rozprawy doktorskiej w formie maszynopisu oprawionego o objętości 287 stron tekstu, złożonego z 8 rozdziałów i 5 załączników, zawierającego 189 rysunków, 21 tablic oraz 386 pozycji bibliograficznych, zamkniętego redakcyjnie w pierwszej połowie 2022 roku. Podstawą formalną opracowania niniejszej recenzji jest uchwała Senatu Politechniki Koszalińskiej podjęta w dniu 25 maja 2022 r na podstawie art. 14 ust. 2 pkt 2 oraz art. 20 ust. 1-3 i ust. 5-6 Ustawy z dnia 13 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 r. poz. 1789 ze zm.) oraz §6 ust. 1-2 Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 roku w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. z 2018 roku poz. 261), w związku z art. 179 ustawy z dnia 3 lipca 2018 roku Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1669 ze zm.) i Rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 września 2018 roku w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz dyscyplin artystycznych. (Dz. U. z 2018 r., poz. 1818) oraz §13 ust. 2 pkt 2 Statutu Politechniki Koszalińskiej.

Wybór tematyki rozprawy

Jednym z najważniejszych zadań stojących dziś przed naukowcami jest poszukiwanie rozwiązań, które w sposób prosty i nie wymagający większego nakładu materiałowego i energetycznego umożliwią zwiększenie sprawności pozyskiwania/akumulacji/wykorzystania energii cieplnej. Jednak osiągnięcie wyśrubowanych celów klimatycznych, krajowych jak i europejskich, wymaga bliższej analizy w obszarze poprawy efektywności energetycznej urządzeń do pozyskiwania i konwersji energii, w szczególności ze źródeł odnawialnych. W tych poszukiwaniach nie można lekceważyć niezmiennie wysokiego zapotrzebowania na efektywne energetycznie technologie pasywne. W tym kontekście Doktorant podjął ważny problem badawczy jakim jest intensyfikacja wymiany ciepła w powietrznym kolektorze słonecznym, w którym mechanizm przepływowy wynika z konwekcji naturalnej. Pomimo, że kolektory powietrzne są rozwiązaniem spotykanym w niektórych obszarach zastosowań, to ostatnie dekady intensywnych prac badawczych pokazują jak wiele jeszcze jest do zrobienia pod kątem optymalizacji ich działania. Wyśrubowane wymogi energetyczne, np. te stawiane budynkom nisko- oraz zero-emisyjnym dodatkowo zachęcają do stosowania właśnie zoptymalizowanych pasywnych urządzeń ciepłych. Lepsze zrozumienie zjawisk cieplnych i przepływowych zachodzących w kolektorach oraz optymalizacja konstrukcyjna tych urządzeń umożliwią zwiększenie ilości pozyskiwanego/akumulowanego ciepła, zmniejszenie wpływu

środowiskowego poprzez zmniejszenie gabarytów oraz w konsekwencji zużycia materiałów i emisji. W związku z powyższym **uważam wybór tematyki rozprawy za aktualny, istotny poznawczo, ważny aplikacyjnie.**

Zawartość pracy

Praca ma charakter eksperymentalno-modelowy. Jako drogę rozwiązania, autor wybrał metodę empirycznej oceny zjawisk zachodzących w kanałach kolektora powietrznego, wzbogaconą następnie rozbudowaną analizą numeryczną. Badania eksperymentalne uzupełnia redukcja danych i analiza termodynamiczna, którą Doktorant wykorzystuje do obliczenia mocy cieplnej oraz sprawności kolektorów.

Rozdział 1 pracy stanowi zwyczajowe wprowadzenie do podjętego przez Doktoranta zagadnienia oraz rys historyczny. W rozdziale tym zawarta jest m.in. definicja kolektora, klasyfikacja kolektorów, główne obszary zastosowania itp. Autor przytacza szereg faktów historycznych dotyczących wykorzystania energii słonecznej oraz kolektorów na przestrzeni wieków, w tym np. nawiązuje do interesujących rozwiązań architektonicznych wykorzystujących podobną zasadę działania (tzw. „dom słoneczny” z lat 30-tych XX wieku).

Przedstawione historyczne tło stanowi wprowadzenie do właściwego przeglądu stanu wiedzy w **Rozdziale 2**, w którym Doktorant krytycznie omawia literaturę naukową w obszarze merytorycznym dysertacji. Jest to obszerna część pracy (56 stron, 317 pozycji literaturowych), która została podzielona na trzy sekcje. W pierwszej kolejności Autor analizuje problematykę badań konwekcji swobodnej w kanałach pionowych (sekcja 2.1): najpierw prace poświęcone badaniom eksperymentalnym, a następnie opracowania teoretyczne poświęcone modelowaniu numerycznemu przepływów. Kolejny punkt stanowi przegląd metod poprawy sprawności powietrznych kolektorów słonecznych (sekcja 2.2), z której to wiedzy Autor czerpie podczas opracowywania autorskiej propozycji konstrukcji geometrii (fale). Doktorant przygląda się różnym koncepcjom, np. zwiększenia ilości energii promieniowania słonecznego docierającego do absorbera lub modyfikacjom przestrzeni wewnętrznej kolektora pod kątem usprawnienia wymiany ciepła (przetłoczenia, wstawki, żebra, płyty o różnym kształcie, geometrii kanałów oraz strukturze powierzchni), sięgając nawet w stronę nowych koncepcji hybrydowych np. wykorzystujących materiały zmiennofazowe. Trzecia część to już dyskusja na temat metod intensyfikacji wymiany ciepła w powietrznych kolektorach słonecznych pracujących w warunkach konwekcji swobodnej (sekcja 2.3). Rozdział kończy zbiorcze omówienie konkluzji oraz wnioski, które posłużyły autorowi do zdefiniowania celu i tez pracy.

Rozdziały 3 oraz 4 zawierają tezy oraz cel pracy. Doktorant sformułował trzy tezy badawcze. Ich dowiedzenie ma duże znaczenie praktyczne i aplikacyjne, szczególnie w erze odczuwalnych zmian klimatycznych, gdy problem efektywności energetycznej stał się priorytetowym wyzwaniem cywilizacyjnym. Z tezy „wprowadzenie wewnątrz kolektora podłużnych kanałów kształtujących pole przepływu powietrza pozwoli dodatkowo zwiększyć sprawność cieplną powietrznego kolektora słonecznego” wynikły zasadnicze propozycje co do konstrukcji urządzenia badanego w dysertacji. Doktorant naświetlił potrzebę oraz wyzwania związane z poszukiwaniem na drodze eksperymentalnej i numerycznej nowych rozwiązań pasywnych powietrznych kolektorów słonecznych. Tym samym można stwierdzić, że **zakres rzeczowy rozprawy odpowiada sformułowanym tezom oraz pozwala na uzyskanie rezultatów umożliwiających ich dowiedzenie.** Zaprezentowane i przeanalizowane w dalszej części pracy wyniki badań eksperymentalnych oraz numerycznych korespondują ze sformułowanym celem rozprawy.

W **Rozdziale 5** przedstawiono obiekt badań eksperymentalnych i numerycznych, tj. prototypowy pasywny powietrzny kolektor słoneczny, w formie tzw. „czarnej skrzynki”.

Zdefiniowano wielkości wejściowe i wyjściowe, zakłócenia oraz najważniejszy parametr celowy jakim jest sprawność cieplna kolektora.

Rozdział 6 zawiera opis przeprowadzonych przez Autora badań eksperymentalnych. Doktorant zaprezentował kompleksową analizę sprawności cieplnej prototypowego pasywnego kolektora słonecznego (w wersji podstawowej oraz kanałami falistymi), badanie dynamiki przyrostu temperatury oraz dojścia stanu ustalonego, analizę różnych rodzajów przeszkleń, badanie wpływu kąta pochylenia kolektora oraz badanie wpływu konstrukcji absorbera na sprawność kolektora.

Rozdział 7 to kompleksowe badania numeryczne, których zakres obejmuje wstępne badania konwekcji naturalnej w szczelinie pomiędzy dwiema pionowymi płytami (model 2D), aby następnie przejść do symulacji 3D przepływów w kanałach prostokątnych i w kolejnym kroku do analizy CFD różnego typu kolektorów, w tym wcześniej badanej eksperymentalnie autorskiej propozycji Doktoranta, tj. kolektora z absorberem falistym.

Rozdział 8 zawiera podsumowanie oraz wnioski końcowe. Autor dodatkowo omawia w nim propozycje aplikacji wyników oraz propozycje dalszych badań.

Spis tablic, spis rysunków oraz bibliografia stanowią zakończenie głównej części rozprawy. Bibliografia obejmuje 386 pozycji, w większości są to publikacje z renomowanych czasopism naukowych opublikowane w ostatniej dekadzie. Autor nie pomija i sięga też do kluczowych publikacji dotyczących konwekcji naturalnej, które jeszcze w pierwszej połowie XX wieku ukierunkowały prace badawcze w tym obszarze.

Uzupełnienie dysertacji stanowi **pięć załączników A-E** zawierających odpowiednio: A – tabelaryczny przegląd dostępnych w literaturze rozwiązań technicznych poprawiających pracę powietrznych kolektorów słonecznych, B – certyfikat wykorzystanego przez Autora szła solarnego, C – analizę niepewności pomiarowych, D – informacje o emisyjności rozpatrywanych w dysertacji materiałów, oraz charakterystykę spektralną lamp halogenowych stosowanych w badaniach eksperymentalnych.

Uwagi ogólne

Recenzowana praca doktorska liczy blisko 290 stron, na których Doktorant zaprezentował rezultaty swoich prac badawczych. Jest interesująca i fragmentami oryginalna. Omawia problemy naukowe, o walorach aplikacyjnych i poznawczych do których zaliczyłbym przede wszystkim przeprowadzenie bardzo szczegółowej analizy numerycznej procesów cieplno-przepływowych zachodzących w kanałach pasywnego powietrznego kolektora słonecznego. Propozycja rozwiązania i uzyskane rezultaty modelowania są interesujące. Godna podkreślenia jest niezwykle staranna wielopoziomowa analiza przepływów w różnych geometriach i konstrukcjach kanałów co niesie w sobie duży potencjał uogólniający.

W częściach eksperymentalnych i numerycznych przeplatają się opracowania o charakterze podstawowym (np. autorskie modyfikacje korelacji na Liczbę Nusselta) i aplikacyjnym (rozwiązania konstrukcyjne intensyfikujące procesy cieplne i przepływowe). Niemniej jednak głównym celem autora było uzyskanie wyników, których analiza i interpretacja znalazłaby praktyczne zastosowanie do budowy nowych kolektorów o zoptymalizowanej konstrukcji. Wybrzmiewa to w zarówno w celu pracy, jak i w podsumowaniu, gdzie Autor typuje kierunki dalszych badań i analiz.

Bardzo pozytywnie należy ocenić dokonany przez Autora przegląd stanu wiedzy, który obejmuje gros prac dokonanych w analizowanym temacie w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat (317 pozycji w Rozdziale 2). W pracy praktycznie nie zdarzają się tzw. cytowania

Spis

grupowe. Doktorant opisuje lub komentuje zawartość każdego źródła, co dodatkowo dowodzi ogromu wykonanej przez niego pracy analitycznej.

Bardzo interesującą część dysertacji stanowią analizy numeryczne. Doktorant opracował szereg modeli od uproszczonych zagadnień 2D, przez modelowanie pojedynczego kanału, do kompleksowej analizy przepływu w kolektorze o różnych geometriach kanałów (pustym, kanałach prostokątnych oraz kanałach falistych).

Z punktu widzenia poznawczego bardzo wartościowa jest, przeprowadzona przez Autora, optymalizacja numeryczna, w której powiązał on parametry geometryczne kanałów przepływowych mające kluczowe znaczenie dla zmodyfikowanej Liczby Rayleigha z procesami zachodzącymi w tychże kanałach. Wygenerowane na tej podstawie i zaprezentowane w Rozdziale 7 wizualizacje stanowią interesujący wgląd w zachodzące procesy ciepło-przepływowe.

Podczas szczegółowej analizy dysertacji nasuwają się pewne uwagi natury ogólnej i szczegółowej, które wpływają na końcowe wrażenie i ostateczną ocenę pracy. W mojej opinii w prezentowanej rozprawie:

1. Autor zamieścił w pracy informacje o niepewności wykorzystywanych urządzeń i elementów pomiarowych oraz o zastosowanej metodzie obliczania niepewności pomiarowych. Jednak na zaprezentowanych w pracy wykresach przedstawiających wyniki badań eksperymentalnych ani ich opisach nie pojawiają się jednak żadne informacje o zakresach błędów pomiarowych, co jest zazwyczaj pożądane w analizach o charakterze eksperymentalnym.
2. Cała praca dotyczy konwekcji naturalnej w powietrznym pasywnym powietrznym kolektorze słonecznym. Nie jest więc jasne po co w przeglądzie literatury rozległa sekcja dotycząca modyfikacji w przestrzeni przepływu powietrza, w której cytowane prace dotyczą konwekcji wymuszonej (często dla Liczb Reynoldsa zdecydowanie powyżej 10000), a więc dla warunków ciepło-przepływowych gruntownie odmiennych od tych analizowanych w dysertacji.
3. Odczuwa się brak dokumentacji fotograficznej, która pozwoliłaby lepiej zrozumieć warunki oraz sposób przeprowadzenia prac badawczych. Tym bardziej, że takie zdjęcia już wcześniej zostały opublikowane przez Autora w artykule naukowym (w wysoko punktowanym czasopiśmie Solar Energy IF 7.188). Stanowisko badawcze przedstawione zostało w sposób lakoniczny. Jego opis jest rozrzucony na kilku stronach i rysunkach, a informacje nie zawsze są spójne. Przykładowo z opisu na stronie 77 oraz rysunku 6.7 wynika, że odległość od źródła promieniowania wynosi 2 m, natomiast z rysunku 6.14, że 3 m.

Szczegółowe uwagi krytyczne

1. W opisie stanowiska Autor podkreślił, że „odległość od kolektora oraz kierunek promieniowania dobrano tak, aby uzyskać jednorodny rozkład promieniowania na powierzchni czołowej kolektora”. Niemniej jednak w punkcie 6.6, w tabeli 6.4 oraz na rysunku 6.16 pokazane jest, że tej jednorodności nie udało się uzyskać przy większych natężeniach promieniowania, a różnice pomiędzy niektórymi punktami wynoszą nawet kilkaset W/m^2 . **Czy i w jaki sposób Autor wziął pod uwagę te niejednorodności?**
2. O opisie badań eksperymentalnych Autor posługuje się określeniem „stan ustalony”. W treści zabrakło jednak doprecyzowania co Autor uznaje za **akceptowany stan ustalony, tzn. jaka była dopuszczalna zmienność temperatury i strumienia**

masowego powietrza oraz w jakim zakresie czasowym. Jest to o tyle istotne dla zapewnienia powtarzalności badań eksperymentalnych, że stan ten dla różnych natężeń promieniowania oraz przeszkleń jest osiągnięty w znacząco odmiennym czasie.

Ile trwał każdy pomiar punktowy?

3. Wykorzystywany w badaniach eksperymentalnych pyranometr mierzy także promieniowanie rozproszone i odbite, jednak w pracy nie zawarto informacji na temat bezpośredniego otoczenia kolektora, co nasuwa pytanie **czy i w jakim stopniu na jego pracę kolektora mogły mieć wpływ parametry otoczenia i inne źródła promieniowania**, np. znajdujące się w tym samym pomieszczeniu oświetlenie sztuczne, okno, pora roku i pora dnia, kolor ścian, itp.
4. Z treści punktu 6.3.3. wynika, że pomiary zostały wykonane w punktach wynikających z prostokątnej siatki układu współrzędnych (rysunek 6.13), ale nie przedstawiono informacji o współrzędnych poszczególnych punktów pomiarowych, odległościach między nimi, itp. Liczba punktów pomiaru również nie jest jednoznaczna – w tekście (str. 77) Autor podaje, że było ich 81, a z rysunku 6.7 (str. 78) wynika, że 30. **W jaki sposób została zapewniona powtarzalność pomiaru, dokładność położenia czujnika, ile pomiarów było dokonanych oraz jakie było odchylenie standardowe serii** (co jest istotne, ponieważ Autor w dalszych obliczeniach wykorzystuje średnie promieniowanie docierające do powierzchni kolektora).
5. Badając zachowanie kolektora dla różnych rodzajów przeszklenia Doktorant przeanalizował zarówno dojście do stanu ustalonego (sekcja 6.6.2) jak i pracę w stanie ustalonym przy różnych natężeniach promieniowania (sekcja 6.6.3). Autor przedstawił komplet analiz poszczególnych konstrukcji, ale w obu sekcjach zabrakło najciekawszego z wykresów, czyli podsumowującego porównania trzech rodzajów przeszkleń w tych samych warunkach pracy. Bez tego np. porównanie dynamiki wzrostu temperatury powierzchni absorbera jest niemożliwe, ponieważ dane na wykresach 6.17-6.19 zostały pozyskane dla różnych natężeń promieniowania. **Interesujące byłoby bezpośrednie porównanie trzech zastosowanych przeszkleń w formie graficznej na jednym wykresie.**
6. Autor nie opisuje wg jakich założeń dokonuje regresji liniowej na podstawie wyników badań eksperymentalnych. Szczególnie zastanawiają linie trendu zorientowane do środka układu współrzędnych na wykresach 6.24, 6.25 oraz 6.27. Dodanie dodatkowego punktu o współrzędnych $[0, 0]$, choć teoretycznie prawidłowe, to przy małej liczbie pozyskanych eksperymentalnych punktów pomiarowych fundamentalnie wpływa na wynikowy kształt krzywych. **Wskazane jest doprecyzowane wg jakich liniowych kombinacji zmiennych i parametrów dopasowujących zostały wyznaczone linie trendów do zaprezentowanych danych.**
7. Analizując wpływ natężenia promieniowania na sprawność kolektora (str. 199-204) Autor dokonuje porównania wyników symulacji numerycznych oraz rezultatów własnych badań eksperymentalnych. W treści tej sekcji nie ma jednak wyjaśnienia wyraźnie widocznej na wykresach 7.80-7.83 różnicy pomiędzy eksperymentem i symulacją. **Z czego może wynikać niedoszacowanie symulacji numerycznej?**
8. We wnioskach końcowych Autor stwierdza, że „zastosowanie absorbera o falistej powierzchni z żebrami ustawionymi wzdłużnie pozwala zwiększyć sprawność kolektora o 40 %” (sekcja 8.1, pkt. 2), a jednocześnie, że „wprowadzenie ożebrowania falistego poprawiło sprawność pasywnego powietrznego kolektora słonecznego o 20% względem kolektora z absorberem płaskim” (sekcja 8.1, pkt. 5c). Pierwszy wniosek pochodzi z badań eksperymentalnych w Rozdziale 6, natomiast drugi z modelowania

Opis

numerycznego w Rozdziale 7. Jak można wyjaśnić tę różnicę? Która wartość zdaniem Autora jest bliższa rzeczywistości?

Uwagi edytorskie

Dysertacja jest starannie zredagowana, napisana merytorycznie poprawnym i zrozumiałym językiem. Wykorzystanie środowiska LaTeX wyeliminowało wiele typowych problemów monografii naukowych takich jak błędne odniesienia literaturowe, przekłamane numeracje rysunków lub tabel oraz błędne odniesienia do nich, itp.

Drobnych niedociągnięć nie udało się jednak Autorowi uniknąć, w tym:

- Jednostki w dysertacji pisane są przez Autora kursywą, co nie jest normalną praktyką w dokumentach o charakterze naukowym, w których zwykle kursywa zarezerwowana jest dla oznaczeń. Jednostki powinno się opisywać krojem rzymskim normalnym.
- Ogólny odbiór estetyczny pracy obniża brak standaryzacji wykresów. Mnogość graficznych rodzajów wykresów, różne czcionki (szeryfowe i bez szeryfowe) o różnych rozmiarach, różny sposób opisu osi (czasem brak opisu) i legend, a także niestandardowe rozmiary. Także odniesienia do rysunków raz przyjmują formę „rys.” a raz „rysunek”.
- Problemem jest niska rozdzielczość (DPI) rysunków zapożyczonych z innych opracowań, a także brak tłumaczeń napisów na rysunkach na język polski. Dotyczy to prawie wszystkich rysunków z rozdziałów 1 oraz 2: 1.1, 2.1, 2.3, 2.4-2.14, 2.17-2.20, 2.22-2.24, 2.25-2.26, 2.28-2.41, 2.44-2.50. W niektórych przypadkach uniemożliwia to odczytanie istotnych informacji (np. nieczytelna skala temperatury na rysunku 2.50).
- Nie stosuje się apostrofu stosując formę dopełniacza nazwisk pochodzenia obcego kończących się na spółgłoskę. Tak więc: Liczba Nusselta, Liczba Reynoldsa, ale już np. Równanie Darcy'ego. W pracy Autor popełnia ten błąd w różnych miejscach nawiązując do równania Hottela-Whilliera-Blissa.
- Nomenklatura – brak akronimów: THEF oraz THPP
- Bibliografia – nieujednolicony sposób zapisu pozycji bibliograficznych, np.: niektóre tytuły pisane w całości kapitalikami, autorzy wymieniani wszyscy lub tylko pierwszy z dopiskiem „i in.”, imiona autorów skracane do pierwszej litery lub nie, skracane są z kropką lub bez kropki, itp.
- Str. 25-44 – w sekcji 2.2.3 pracy z niewiadomego powodu Autor zaniechał podziału dokumentu na podsekcje niższego rzędu (np. 2.2.3.1, 2.2.3.2, itp.). W rezultacie ta część pracy jest bardzo rozbudowana (19 stron) i przez to mało czytelna.
- Str. 60 – „w warunkach konwekcji swobodna” zamiast swobodnej.
- Str. 171 oraz 211 – literówka w zakresie zmodyfikowanej liczby Ra^* , dla maksymalnego masowego przepływu powietrza. Wartość górna zakresu powinna wynosić około $2 \cdot 10^{10}$ zamiast $2 \cdot 10^9$.
- Str. 284 – „nieskorelowanych” zamiast nieskorelowanych.
- Str. 284 – błąd odwołania – tekst nie odnosi się do tabeli C.1 podając jedynie „???”.
- Dodatek A (str. 268-270) – w tabeli w kolumnie „Uwagi” można znaleźć pozostałości kodu LaTeX.

Podsumowanie

Omówione powyżej uwagi krytyczne mają w dużej mierze charakter polemiczny lub porządkowy i nie umniejszają wartości merytorycznej opiniowanej pracy doktorskiej. **Dysertacja odzwierciedla dużą wiedzę teoretyczną Autora w obszarze zjawisk cieplnych i przepływowych zachodzących w powietrznych kolektorach słonecznych.** Doktorant zademonstrował umiejętności analityczne oraz warsztat naukowy obejmujący nowoczesne metody modelowania numerycznego, które to umiejętności skutecznie zastosował do rozwiązania samodzielnie postawionego problemu naukowego. Przedstawiona w dysertacji rozbudowana analiza numeryczna dowodzi ponadprzeciętnych umiejętności Doktoranta w obszarze modelowania przepływów. Co więcej, Autor zaproponował i wykazał skuteczność modyfikacji konstrukcji kolektora powietrznego, umożliwiającej podniesienie sprawności cieplnej o 20-40% (względem kolektora płaskiego) oraz dodatkowo zaproponował stałe do równań kryterialnych. **To osiągnięcie stanowi oryginalny wkład Autora w rozwój dyscypliny Inżynieria Mechaniczna i usprawiedliwia twierdzenie, że Doktorant wykazał się wiedzą oraz umiejętnością samodzielnego prowadzenia badań naukowych.**

Konkluzja ostateczna

W świetle powyższego **stwierdzam, że praca doktorska mgr. inż. Jacka Jana Fiuka** zatytułowana „Badanie wpływu wybranych parametrów geometrycznych i materiałowych na intensyfikację konwekcyjnej wymiany ciepła w pasywnym powietrznym kolektorze słonecznym” **spełnia wymagania Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 r., poz. 1789 ze zm.) oraz rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. z 2018 r., poz. 261) i dlatego wnioskuję o dopuszczenie jej Autora do dalszych etapów przewodu doktorskiego.**

Treść pracy jest zgodna z dyscypliną naukową **Inżynieria Mechaniczna.**

Wpachali