

Politechnika Częstochowska
Wydział Infrastruktury i Środowiska
Katedra Sieci i Instalacji Sanitarnych
Ul. J. H. Dąbrowskiego 69
42-201 Częstochowa
Tel. kom.: +48 604 08 07 03
E-mail: piotr.lis@pcz.pl

RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Joanny Sinackiej pt.: „Właściwości cieplne sufitów grzewczo – chłodzących z wypełnieniem materiałem zmiennofazowym”

Podstawa opracowania

Podstawę formalną do opracowania niniejszej recenzji stanowią:

- Pismo Pana Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Poznańskiej prof. dr. hab. inż. Zbigniewa Nadolnego z dnia 22 marca 2021 roku (nr ewid. WISIE.63.17.2021);
- Rozprawa doktorska Pani mgr inż. Joanny Sinackiej pt.: „Właściwości cieplne sufitów grzewczo - chłodzących z wypełnieniem materiałem zmiennofazowym”, załączonej do ww. pisma;
- Errata do rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Joanny Sinackiej pt.: „Właściwości cieplne sufitów grzewczo - chłodzących z wypełnieniem materiałem zmiennofazowym”, sporządzona przez Autorkę i datowana na dzień 30.03.2021;
- Umowa o dzieło nr 0710/2121/22 zawarta pomiędzy Politechniką Poznańską a dr hab. inż. Piotrem Lisem, prof. P.Cz.;

Promotorem rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Joanny Sinackiej pt.: „Właściwości cieplne sufitów grzewczo - chłodzących z wypełnieniem materiałem zmiennofazowym” jest Pan prof. dr hab. inż. Edward Szczechowiak

Charakterystyka układu i treści rozprawy

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Joanny Sinackiej zatytułowana „Właściwości cieplne sufitów grzewczo – chłodzących z wypełnieniem materiałem zmiennofazowym” zawiera 123 strony tekstu. (nie licząc bibliografii).

Rozprawa składa się z:

- streszczenia w języku polskim i angielskim,
- spisu treści,
- spisu ważniejszych oznaczeń, który stanowi cenną pomoc przy czytaniu pracy z uwagi na dużą ilość występujących wielkości i ich oznaczeń,
- spisu akronimów stosowanych w pracy,

- rozdziałów - ponumerowanych części pracy:
 1. Wstęp, rozbudowany i składający się z pięciu ponumerowanych części. W skład wstępu wchodzi: wprowadzenie, sufity i stropy grzewczo - chłodzące w klimatyzacji budynków, aplikacja materiałów zmienno fazowych (PCM) w sufitach grzewczo - chłodzących, podsumowanie, cel, zakres i teza rozprawy doktorskiej
 2. Przegląd i analiza stanu wiedzy w zakresie objętym tematyką pracy
 3. Badania doświadczalne systemu podwieszanego sufitu grzewczo - chłodzącego z PCM
 4. Walidacja modelu numerycznego opisującego przepływ ciepła w pomieszczeniu z podwieszanym sufitem grzewczo - chłodzącym wypełnionym PCM
 5. Obliczenia symulacyjne dla wybranych profili użytkowych
 6. Układ technologiczny zasilania paneli z wypełnieniem PCM i zasady budowy algorytmu dla sterownika
 7. Wnioski i kierunki dalszych badań
 8. Bibliografia

W rozbudowanym wstępie do rozprawy Doktorantka scharakteryzowała obszar tematyczny pracy oraz motywacje podjęcia tematu. Umieściła tutaj również informacje o wynikach badań opublikowanych w wybranych pracach innych autorów, które z powodzeniem mogły się znaleźć w części pracy dotyczącej studiów literaturowych. Połączenie energooszczędnego systemu chłodzenia i kompaktowego magazynu energii (PCM) to interesujące rozwiązanie technologiczne technologii chłodzenia. Wymaga ona jednak przeprowadzenia badań eksperymentalnych i numerycznych dotyczących mocy chłodniczej, efektywności energetycznej, mocy szczytowej, sposobu sterowania, czy niezawodności pracy systemu, jak również jego wpływu na komfort cieplny człowieka, których wykonania podjęła się Doktorantka. W ostatniej części wstępu Doktorantka przedstawiła cel, zakres i tezę pracy.

W rozdziale drugim rozwinęła przedstawioną we wstępie tematykę pracy, w powiązaniu z problematyką komfortu cieplnego, obejmującą właściwości cieplne systemów podwieszanych sufitów grzewczo - chłodzących z wypełnieniem materiałem zmienno fazowym (PCM). Systemy takie pozwalają na uzyskanie wysokiej pojemności cieplnej, zachowując jednocześnie właściwości samoregulacyjne.

W trzecim rozdziale dokonała szczegółowego opisu badania doświadczalnego systemu podwieszanego sufitu grzewczo - chłodzącego z PCM w stanie ustalonym i stanie dynamicznym wraz z prezentacją wyników. Stanowisko badawcze składało się z komory doświadczalnej w formie pomieszczenia, z układem hydraulicznym zasilającym sufit chłodzący, układu hydraulicznego komory doświadczalnej oraz układu pomiarowego przetwarzającego i zbierającego dane. Symulacja zysków ciepła realizowana była pośrednio przez żarówki LED podłączone do elektronicznego programatora czasowego. Badania w stanie ustalonym obejmowały tryb grzania i chłodzenia panelu aktywowanego termicznie bez wypełnienia PCM. Badania w stanie dynamicznym paneli aktywowanych termicznie z wypełnieniem PCM uwzględniały symulację obciążenia chłodniczego, cykle dobowe i kilka profili użytkowych dla pomieszczeń biurowych i dydaktycznych.

Rozdział czwarty obejmuje opis i wyniki prac związanych z budową, metodą rozwiązania i walidacją modelu numerycznego opisującego przepływ ciepła w pomieszczeniu z podwieszanym sufitem grzewczo - chłodzącym wypełnionym PCM. Do analizy zagadnienia Doktorantka wybrała metodę różnic skończonych w schemacie niejawnym. Dla sufitu grzewczo-chłodzącego z wypełnieniem PCM oraz bez wypełnienia opracowała model dwuwymiarowy. Przewodzenie ciepła w przegrodach uprościła do zagadnienia jednowymiarowego. Wymianę ciepła pomiędzy sufitem aktywowanym termicznie z i bez wypełnienia PCM a pomieszczeniem opisała stosując sieć strumieni ciepła uwzględniającą podział na radiacyjną i konwekcyjną drogę przekazywania energii. Dla przeprowadzenia walidacji opracowała model numeryczny uwzględniający parametry i warunki klimatycznej komory doświadczalnej, w której wykonała badania. Walidacja modelu numerycznego została przeprowadzona poprzez porównanie z wynikami badań. Porównywana temperatura operatywna uwzględniała oddziaływanie zysków ciepła na czujnik temperatury promieniowania. W ocenie dopasowania modelu do wyników badań wykorzystano błąd względny oraz pierwiastek błędu średniokwadratowego RMSE (Root Mean Square Error).

W rozdziale piątym rozprawy doktorantka przedstawiła założenia i wyniki obliczeń symulacyjnych dla analizowanych profili użytkowych pomieszczenia, nawiązujących do wykorzystania pomieszczeń biurowych lub edukacyjnych. Symulacje obliczeniowe uwzględniały tryb chłodzenia i tryb grzania.

Rozdział szósty zawiera zasady i wytyczne budowy algorytmu dla sterownika systemu z podwieszanym sufitem grzewczo – chłodzącym wypełnionym PCM, które Doktorantka sformułowała na podstawie uzyskanych wyników badań i obliczeń oraz w oparciu o studia literaturowe.

Rozprawę doktorską kończy rozdział 7. Doktorantka przedstawiła tutaj wnioski m.in. z przeprowadzonych badań eksperymentalnych, analiz numerycznych i symulacji (14 wniosków) oraz wynikające stąd kierunki dalszych badań – kierunki dalszych prac (8 kierunków – zadań)).

W treści rozprawy Doktorantka zawarła 83 rysunki, wykresy i fotografie i 7 tabel, co świadczy o dużej staranności w graficznym przedstawieniu treści pracy i wyników przeprowadzonych przez autorkę obliczeń, symulacji i analiz. Niestety zamieściła wykazu tychże rysunków i tabel z numeracją stron, gdzie je umieszczono.

W rozprawie Autorka korzystała z 137 źródeł literaturowych, w tym: w języku polskim - 16, w języku angielskim - 103, norm - 11, stron internetowych - 7.

Znaczenie podjętej tematyki, identyfikacja problemu i metoda jego rozwiązania

Główną przyczyną znacznej konsumpcji energii w budynkach jest ogrzewanie, wentylacja i klimatyzacja pomieszczeń. Planowane są kolejne formalno - prawne ograniczenia zapotrzebowania na ciepło dla budynków nowej generacji do poziomu poniżej 40 kWh/(m²rok). Aktualne, a szczególnie przyszłe wymagania dla nowych budynków po 2021 roku wskazują, że obiekty te powinny być budynkami o niemal zerowym zużyciu energii (nZEB). Można uznać, że ograniczenie strat ciepła przez przegrody zewnętrzne wyczerpało już swoje możliwości techniczno - ekonomiczne.

W przypadku systemów wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła istnieją spore rezerwy w budynkach istniejących, ale już w przypadku budynków nowych zastosowanie tego rodzaju rozwiązań jest praktycznie nieodzowne dla spełnienia wymogów związanych z efektywnością energetyczną. W ostatnim okresie zauważalne jest też zwiększone zużycie energii związane z systemami klimatyzacji pomieszczeń, które w nowych budynkach biurowych, administracyjnych, edukacyjnych, itp. stały się standardem. Zmiany te są spowodowane dłuższymi okresami podwyższonych temperatur powietrza zewnętrznego i dążeniem do utrzymania warunków komfortu cieplnego w pomieszczeniach. Wiąże się to z potrzebą zastosowania systemów klimatyzacyjnych, których zapotrzebowanie na energię do ogrzewania i chłodzenia oraz napędu urządzeń pomocniczych będzie jak najmniejsze i możliwe do pokrycia z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii (OZE). Dodatkowego znaczenia nabierają w takim przypadku rozwiązania wykorzystujące akumulację ciepła i chłodu.

Znanym z literatury i praktyki energooszczędnym rozwiązaniem o dużej pojemności cieplnej są stropy aktywowane termicznie. Jednak, z uwagi na zintegrowanie elementów grzewczo-chłodzących z konstrukcją budynku, rozwiązanie to można stosować głównie w budynkach nowych. Alternatywę stanowią systemy podwieszanych sufitów grzewczo-chłodzących z wypełnieniem materiałem zmienno-fazowym (PCM). Z uwagi na sposób i miejsce montażu panele grzewczo-chłodzące mogą być instalowane również w istniejących już budynkach

Wspomniane systemy o dużej pojemności cieplnej wymagają odpowiedniego dostosowania do obciążania chłodniczego pomieszczenia. Aby to osiągnąć należy przeprowadzić analizę funkcjonowania takiego rozwiązania w stanach dynamicznych. Poznanie zachowania systemu w warunkach dynamicznych jest konieczne do określenia jego mocy szczytowej, zapotrzebowania na energię do chłodzenia i ogrzewania oraz sposobu sterowania dla zapewnienia adaptacyjnego komfortu cieplnego. Zapewni ono niezbędne podstawy teoretyczne i doświadczalne do zastosowania tego typu rozwiązań w warunkach rzeczywistych.

Mając na uwadze powyższe rozprawa doktorska Pani mgr inż. Joanny Sinackiej znakomicie wpisuje się problematykę i potrzeby naukowo - badawcze związane z poruszaną tematyką. Doktoranta dostrzega i rozumie jej wielowątkowość i jej związek z dyscypliną „Inżynieria środowiska, górnictwo, energetyka”, a pośrednio z budownictwem i efektywnością energetyczną. Problem ten nabiera dodatkowego znaczenia w budynkach o niskim lub niemal zerowym zużyciu energii, gdzie jego aspekty jakościowy i ilościowy zaczynają odgrywać znacznie większe od dotychczasowych role.

Identyfikacja na podstawie przeglądu literatury stosunkowo złożonego problemu naukowo-badawczego - polegającego na konieczności poznania podwieszanych sufitów grzewczo-chłodzących z wypełnieniem materiałem zmienno-fazowym (PCM) o dużej pojemności cieplnej w warunkach dynamicznych jest konieczne do określenia jego mocy szczytowej, zapotrzebowania na energię do chłodzenia, a przede wszystkim dla stworzenia podbudowy do jego szerokiego zastosowania w praktyce inżynierskiej - dokonana przez Doktorantkę jest trafna

Zaproponowaną przez Autorkę rozprawy wieloetapową metodę rozwiązania zdefiniowanego powyżej problemu i osiągnięcia celu rozprawy należy uznać za prawidłową.

Metoda ta składa się z, poprzedzonego analizą, doboru systemu podwieszanego sufitu grzewczo-chłodzącego i jego badania z wypełnieniem materiałem zmiennofazowym (PCM) przeprowadzonego w komorze doświadczalnej, stworzenia modelu obliczeniowego, dokonania walidacji modelu w oparciu o dane z badań w komorze doświadczalnej, przeprowadzenia symulacji numerycznych dla różnych profili użytkowych pomieszczeń, wnioskowania na podstawie wyników wykonanych badań i obliczeń z opracowaniem wytycznych do budowy algorytmu dla sterowania analizowanym systemem wraz ze wskazaniem kierunków dalszych prac w tym zakresie.

Autorka przywiązuje dużą wagę do stworzenia podstaw do aplikacyjnego wykorzystania efektu swojej pracy nauko-badawczej, co należy uznać za jak najbardziej pożądane we współczesnych pracach naukowych z zakresu nauk technicznych.

Hipotezy i cele rozprawy

Doktorantka trafnie sformułowała tezę rozprawy doktorskiej, która brzmi: „Zastosowanie materiału zmiennofazowego zwiększa pojemność cieplną sufitów grzewczo - chłodzących i w ten sposób uzyskiwane są właściwości podobne do stropów aktywowanych termicznie. Wpływa to na lepszą współpracę z odnawialnymi niskotemperaturowymi źródłami energii, a poprzez zastosowanie modelu adaptacyjnego komfortu cieplnego oraz dostosowanie algorytmów sterowania obniża moc szczytową i koszty eksploatacyjne”.

Udowodnieniu przedstawionej tezy służy taka realizacja pracy, która zapewni osiągnięcie jej celu. Celem jest opracowanie i walidacja eksperymentalna modelu numerycznego opisującego zachowanie wodnych paneli sufitowych grzewczo - chłodzących z wypełnieniem materiałem zmiennofazowym (PCM) oraz bez wypełnienia PCM w warunkach dynamicznych dla określonego przedziału czasu. Model będzie uwzględniał charakterystykę cieplną oraz profil użytkowania pomieszczeń, umożliwiając identyfikację właściwości cieplnych systemu oraz określenie zasad budowy algorytmu sterowania zapewniającego jak najniższe zużycie energii do chłodzenia (ogrzewania) pomieszczeń, przy jednoczesnym zachowaniu akceptowalnego komfortu cieplnego.

Dla osiągnięcia wspomnianego celu Doktoranta przyjęła odpowiedni, wieloetapowy program badań i analiz, które z powodzeniem zrealizowała.

Ocena rozprawy doktorskiej

Po zapoznaniu się z zawartością pracy doktorskiej nie stwierdzam konieczności formułowania istotnych z formalnego i merytorycznego punktu widzenia uwag krytycznych. Niemniej jednak poniżej przedstawiłem moje przemyślenia, uwagi, spostrzeżenia i komentarze odnoszące się do treści ocenianej rozprawy:

- Rozprawę doktorską Pani mgr inż. Joanny Sinackiej pt.: „Właściwości cieplne sufitów grzewczo - chłodzących z wypełnieniem materiałem zmiennofazowym” można ocenić jako przykład bardzo dobrej identyfikacji i sformułowania problemu naukowego oraz właściwego i kompleksowego jego rozwiązania. Zdaniem piszącego te słowa, problem naukowy, którym zajęła się Doktorantka, należy zaliczyć do „zagadnień podstawowych”. Wspomniane zagadnienia zostały scharakteryzowane -

opisane przez Autorkę w aspektach doświadczalnym w warunkach laboratoryjnych i teoretycznym w symulacji numerycznej, przy powiązaniu tych aspektów w procesie walidacji modelu numerycznego. Wyniki prac zrealizowanych przez Doktorantkę stanowią podstawę doświadczalno - teoretyczną dla dalszych badań związanych z zastosowaniem sufitów grzewczo - chłodzących z wypełnieniem materiałem zmiennofazowym w warunkach rzeczywistych. Do powyższego komentarza mógłby nawiązywać zwarty fragment rozprawy umożliwiający bardziej wyraziste i wyeksponowane „pozycjonowanie” analizowanej rozprawy wśród prac naukowych. Doktorantka nawiązuje do przedstawianych tutaj treści w formie bardziej rozproszonej i mniej wyeksponowanej w rozprawie;

- Układ rozprawy nie jest typowy dla tego typu opracowań ponieważ we wstępie, stosunkowo rozbudowanym i podzielonym na wyróżnione w spisie treści części, znajdują się treści, które powinny znaleźć się w rozdziale 2 pt. „Przegląd i analiza stanu wiedzy w zakresie objętym tematyką pracy”. Nie stanowi to formalnego problemu, ale zmniejsza i tak stosunkowo niewielką (mającą objętość jedynie 17 stron) część rozprawy poświęconą studiom literaturowym. Stan ten jest też konsekwencją omawiania stanu wiedzy z poszczególnych etapów realizacji pracy (badania doświadczalne, budowa modelu, symulacje, algorytm sterowania systemem) w miejscu bezpośrednio poprzedzającym prezentację efektów realizacji tych etapów;
- W treści rozprawy pojawia się następujące sformułowanie (wstęp) - „Zapewnienie komfortu cieplnego i jakości powietrza jest kluczowym zadaniem dla produktywności i bezpieczeństwa pracy ludzi przebywających w pomieszczeniach, w tym również biurowych i administracyjnych”. Wydaje się, że można było tę myśl lepiej sformułować;
- W treści rozprawy kilka razy pojawia się następujące sformułowanie (np. rozdział 2.1.) – „Adaptacyjny komfort cieplny w budynkach biurowych ...”. Komfort cieplny nie może być adaptacyjny, jedynie systemy w budynku mogą adaptować się do panujących warunków zewnętrznych i wewnętrznych, aby utrzymać komfort cieplny w pomieszczeniach. Można mówić o adaptacyjnym modelu komfortu cieplnego, co zresztą Doktorantka robi, a to ostatnie sformułowanie jest wielokrotnie używane w recenzowanej rozprawie;
- Na podstawie analizy ilości zamieszczonych wykresów przedstawiających wyniki realizacji kolejnych etapów pracy wydaje się, że umieszczenie przez Doktorantkę ich zestawienia na końcu rozprawy byłoby korzystne dla jej przejrzystości;
- W treści pracy, zarówno w jej części literaturowej jak i badawczej, pojawiają się informacje i wyniki świadczące o niewielkich zmianach temperatury (do 2 K - wyniki badań, do 4 K – literatura s.29) powodowanych przez zastosowanie systemów sufitów podwieszanych grzewczo - chłodzących z wypełnieniem materiałem zmiennofazowym. Warto byłoby odnieść się w tym momencie do informacji w literaturze o częstym zjawisku przegrzewania pomieszczeń we współczesnych budynkach biurowych charakteryzujących się dużym udziałem powierzchni przeszklonych w elewacjach tych obiektów;

- Na podstawie wykresu przedstawionego na rys. 3.20 s.62 można wnioskować, że obniżenie temperatury powietrza na poziomie 1,1m nad podłogą komory doświadczalnej jest niewielkie i nie przekracza 1 stopnia. Budzi to wątpliwości podobne do sformułowanych powyżej i wymagałoby szerszego komentarza Doktorantki;
- Jak wynika z informacji przedstawionych w rozprawie w systemach sufitów podwieszanych grzewczo - chłodzących konieczne jest zachowanie stosunkowo niewielkiej różnicy pomiędzy temperaturą wody przepływającej w przewodach a temperaturą w pomieszczeniu (s.84). Jest to spowodowane zapobieganiem wykraplania wilgoci na powierzchni sufitu. Budzi to wątpliwości dotyczące skutecznego funkcjonowania analizowanego rozwiązania w określonych warunkach (duże zyski ciepła);
- W obliczeniach symulacyjnych dla różnych profili użytkowych zastosowano założenie - uproszczenie zakładające brak wymiany ciepła z przylegającymi (prawdopodobnie z trzech stron) pomieszczeniami (s.101). W warunkach komory doświadczalnej jest to oczywiście zależne tylko od Autorki, ale w warunkach rzeczywistych nietrudno wyobrazić sobie przylegające pomieszczenia o innym profilu użytkowym, pomieszczenia z dwiema lub trzema przegrodami zewnętrznymi, czy wreszcie otwartą powierzchnię biurową typu „open spaces” np. całej kondygnacji. ;
- Mając na uwadze przyjęte uproszczenia, założenia i specyfikę analizowanego rozwiązania (uwarunkowania doświadczalne i symulacyjne) Doktorantka mogłaby poświęcić wyodrębniony krótki fragment pracy próbie określenia zakresu stosowania przeprowadzonych badań i analiz i/lub konsekwencji odstąpienia od nich;
- W rozdziale 7 pewna część wniosków wydaje się być wynikiem np. studiów literaturowych, co nie umniejsza wartości pracy i tworzy być może pełniejszy obraz tej części rozprawy.

Podsumowując przedstawione spostrzeżenia stwierdzam, że nie wpływają one istotnie na moją pozytywną ocenę rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Joanny Sinackiej. Przedstawiony materiał jest logicznie uporządkowany, a stopień jego szczegółowości jest wystarczający. Oczywiście każdy autor rozprawy o podobnej tematyce mógłby ją stworzyć w odmienny sposób. Nie umniejsza to jednak starań Doktorantki o jak najwłaściwszą, jej zdaniem, formę rozprawy. Analizując treść pracy mogę stwierdzić, że Doktorantka nabyła umiejętności realizacji badań naukowych, analizy uzyskanych wyników i formułowania wniosków końcowych.

Za istotne osiągnięcia Pani mgr inż. Joanny Sinackiej przedstawione w rozprawie należy uznać:

- charakterystykę dynamicznych reakcji systemu podwieszanego sufitu grzewczo-chłodzącego z wypełnieniem materiałem zmiennofazowym (PCM) w zależności od: profilu użytkowego wykorzystania pomieszczenia, wysokości obciążenia chłodniczego (zysków ciepła), temperatury czynnika chłodzącego na zasilaniu, strumienia masy czynnika chłodzącego, początkowej temperatury w pomieszczeniu, temperatury przegród budowlanych. Wspomnianą charakterystykę zrealizowano w warunkach laboratoryjnych w oparciu o wyniki badań przeprowadzonych w komorze doświadczalnej ich analizę;

- stworzenie modelu numerycznego opisujący dynamiczne oddziaływania systemu podwieszanego sufitu grzewczo - chłodzącego z wypełnieniem i bez wypełnienia materiałem zmiennofazowym (PCM) na komfort cieplny wraz z zadawalającą walidacją modelu. W rozprawie uzyskane wyniki z obliczeń numerycznych wykonanych dla stworzonego modelu porównano z wynikami badań eksperymentalnych wykonanych w komorze doświadczalnej. Stworzony model składał się z dwóch połączonych ze sobą części - układów: sufit aktywowany termicznie z wypełnieniem PCM – pomieszczenie, sufit aktywowany termicznie – materiał zmiennofazowy;
- opis dynamiki wymiany ciepła pomiędzy panelami aktywowanymi termicznie wypełnionymi materiałem zmiennofazowym a pomieszczeniem w trybie chłodzenia i grzania, uzyskany dzięki przeprowadzenie symulacji komputerowych wraz z analizą wyników dla wybranych modeli użytkowych;
- analiza zasad i opracowanie wytycznych do algorytmu sterowania dla sufitu aktywowanego termicznie z wypełnieniem materiałem zmiennofazowym, mającym na celu zapewnienie komfortu cieplnego w godzinach pracy oraz minimalizację kosztów eksploatacji.

Konkluzja końcowa

Biorąc pod uwagę wszystkie przyjęte kryteria oceny stwierdzam, iż recenzowana przeze mnie rozprawa doktorska Pani mgr inż. Joanny Sinackiej pt.: „Właściwości cieplne sufitów grzewczo - chłodzących z wypełnieniem materiałem zmiennofazowym” odpowiada warunkom stawianym tego typu opracowaniom i spełnia wymagania stawiane przez obowiązujące w tym zakresie przepisy.

Moim zdaniem rozprawa doktorska Pani mgr inż. Joanny Sinackiej pt.: „Właściwości cieplne sufitów grzewczo - chłodzących z wypełnieniem materiałem zmiennofazowym” posiada trafnie zidentyfikowany i sformułowany ważny problem naukowy oraz właściwie przyjętą metodę jego wieloetapowego i kompleksowego rozwiązania, z perspektywami zastosowań praktycznych. Na szczególne pokreślenie zasługuje rozbudowana metodyka zastosowana dla rozwiązania postawionego problemu i jej merytoryczna realizacja. Między innymi z tego powodu rozprawa doktorska Pani mgr inż. Joanny Sinackiej zasługuje na wyróżnienie.

W związku z powyższym wnoszę do Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Poznańskiej o dopuszczenie Pani mgr inż. Joanny Sinackiej do publicznej obrony rozprawy.

Częstochowa, dn. 29 kwietnia 2019 roku

dr hab. inż., prof. P.Cz.



Piotr Lis