

Dr hab. inż. Jadwiga ŚWIRSKA-PERKOWSKA
Politechnika Opolska

Opole, 14 kwietnia 2021 r.

Biurowisko Dyrektora Naukowego Dyscypliny
Inżynieria Lądowa i Transport
Wpłynęło dnia 2021-04-19
Podpis *M. Krowiec*

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. GRZEGORZA MAJEWSKIEGO

ANALIZA KOMFORTU CIEPLNEGO W WYBRANYCH BUDYNKACH INTELIGENTNYCH NA TERENIE POLSKI

1. PODSTAWA OPRACOWANIA RECENZJI

Podstawę formalną niniejszej opinii stanowi pismo z dnia 15.02.2021 r. (RBN/2/2021) skierowane do mnie przez Dyrektora Naukowego Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Świętokrzyskiej, prof. dr hab. inż. Jerzego Wawrzeńczyka, z informacją o powołaniu mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej mgr inż. Grzegorza Majewskiego pt.: „*Analiza komfortu cieplnego w wybranych budynkach inteligentnych na terenie Polski*”. Do pisma załączono kopię pracy i druk umowy. Promotorem rozprawy jest dr hab. inż. Łukasz Orman, prof. PŚk, a promotorem pomocniczym dr inż. Marek Telejko. Przewód doktorski prowadzony jest zgodnie z Ustawą z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z późniejszymi zmianami.

2. ZAKRES ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Recenzowana rozprawa doktorska poświęcona jest problematyce komfortu cieplnego w budynkach inteligentnych, a w szczególności zagadnieniu modyfikacji wyrażenia na wskaźnik przewidywanej średniej oceny wrażeń cieplnych PMV, w celu dostosowania jego wartości do rzeczywistych odczuć cieplnych użytkowników tychże budynków.

Rozprawa liczy 342 stron i składa się z 7 rozdziałów oraz 6 załączników.

W rozdziale 1 wprowadzono pojęcie budynku inteligentnego i omówiono wykorzystywane w nich systemy instalacyjne oraz systemy zarządzania budynkiem. Dalsza część tego rozdziału poświęcona jest, wykorzystywanym dawniej i obecnie wskaźnikom, służącym do opisu komfortu cieplnego oraz przeglądowi światowej literatury związanej z tematyką recenzowanej pracy.

W rozdziale 2 opisane zostały czynniki, które mają wpływ na odczucia cieplne użytkowników pomieszczeń takie jak temperatura i wilgotność powietrza, średnia

temperatura promieniowania, prędkość przepływu powietrza, izolacyjność odzieży i tempo metabolizmu użytkowników.

Rozdział 3 zawiera, sformułowane przez Fanger'a, równanie bilansu cieplnego organizmu człowieka wraz z opisem wszystkich występujących w nim składników oraz otrzymane na jego podstawie wyrażenia na przewidywaną średnią ocenę wrażeń cieplnych PMV i przewidywany odsetek niezadowolonych PPD.

W rozdziale 4 zamieszczono wnioski z przeglądu literatury, natomiast w rozdziale 5 sformułowane zostały cel i zakres pracy.

Rozdział 6 poświęcony jest badaniom eksperymentalnym wykonanym przez Doktoranta. Opisano w nim dwa budynki, w których prowadzone były badania wraz z występującymi w nich systemami, omówiono ankiety przedstawiane do wypełnienia użytkownikom pomieszczeń oraz opisano aparaturę wykorzystywaną do badania parametrów mikroklimatu. Dalsza część tego rozdziału dedykowana jest analizie otrzymanych wyników, czyli ocenie wrażeń cieplnych, akceptowalności termicznej i preferencji termicznej użytkowników pomieszczeń, wzajemnego związku pomiędzy tymi wielkościami oraz ich zależności od wartości parametrów mikroklimatu. Ostatnia część rozdziału 6 poświęcona jest próbie modyfikacji stałych, występujących we wskaźniku przewidywanych średnich odczuć cieplnych PMV oraz wprowadzeniu do tego wskaźnika dodatkowego członu, związanego z zawartością dwutlenku węgla w powietrzu, w celu poprawy jego zgodności z rzeczywistymi odczuciami użytkowników pomieszczeń. Doktorant proponuje również zmodyfikowaną zależność na średni przewidywany odsetek osób niezadowolonych PPD.

Rozprawę kończy rozdział 7, który zawiera podsumowanie, wnioski z przeprowadzonych badań, a także kierunki dalszych badań. Uzupełnieniem pracy jest 6 załączników, zamieszczonych na końcu pracy.

Bibliografia zawiera wykaz 126, w większości ważnych i aktualnych prac naukowych. Układ pracy można uznać za poprawny.

3. OCENA ROZPRAWY

Zmiany cywilizacyjne i uprzemysłowienie spowodowały, że przeważająca część ludzi spędza większość życia we wnętrzach budynków. Fakt ten doprowadził do sytuacji, że coraz większym zainteresowaniem cieszą się zagadnienia dotyczące oceny mikroklimatu wewnątrz oraz kształtowania wartości parametrów wpływających na ten mikroklimat na optymalnym poziomie. Z kolei postęp technologiczny, jaki miał miejsce w ostatnich dziesięcioleciach i związany z nim znaczny rozwój automatyki, informatyki i elektroniki spowodował, że nowopowstające budynki użyteczności publicznej są w znacznej mierze budynkami inteligentnymi. W budynkach takich, dzięki współpracy systemów ogrzewania, klimatyzacji i wentylacji, występują wszelkie możliwości do stworzenia przebywającym w nich ludziom

warunków, w których będą się czuć komfortowo. W związku z powyższym ważnym zagadnieniem jest odpowiedź na pytanie, czy budynki inteligentne rzeczywiście stwarzają optymalne warunki użytkownikom pomieszczeń i przy użyciu jakiej zależności można przewidzieć średnie odczucia cieplne tychże użytkowników. **Ponieważ poruszana w pracy tematyka jest ważna i aktualna, a także wpisuje się w światowy i krajowy trend badawczy, zatem nadaje się na temat rozprawy doktorskiej w dyscyplinie budownictwo.**

Doktorant rozpoczyna merytoryczną część swoich rozważań od sformułowania bilansu cieplnego organizmu człowieka (w postaci zaproponowanej przez Fangera) oraz od wyprowadzenia wyrażenia na wskaźnik przewidywanej średniej oceny wrażeń cieplnych PMV i wskaźnik przewidywanego odsetka niezadowolonych PPD. Tą część pracy charakteryzuje występowanie wielu błędów i niedociągnięć. Doktorantowi w trakcie wywodu zdarza się zmieniać oznaczenia poszczególnych wartości (np. ciśnienie cząstkowe pary wodnej raz oznaczane jest przez ρ_w , raz przez p_w), pomijać części wyprowadzeń Fangera, przez co wywód staje się niejasny oraz zapomina objaśnić niektóre wielkości występujące we wzorach. Podstawowym błędem tej części pracy jest jednak podanie wyrażenia na poszczególne składowe bilansu cieplnego w formie odpowiadającej jednostkom układu SI (W), podczas gdy ostateczna postać bilansu (wyrażenie (48) na stronie 59) sformułowana została w starym układzie jednostek (kcal/h), co powoduje, że podstawienie tych składowych do równania wyjściowego, nie daje wykorzystywanej później postaci bilansu.

Dalszą część pracy stanowi opis badań ankietowych i pomiaru mikroklimatu wewnątrz prowadzonych przez Doktoranta. Badania przeprowadzone zostały w dwóch budynkach inteligentnych, wyposażonych w systemy zarządzania budynkiem BMS: budynku laboratoryjno-dydaktycznym ENERGIS Politechniki Świętokrzyskiej w Kielcach oraz budynku Sądu Rejonowego i Sądu Okręgowego w Radomiu. Badania komfortu cieplnego wykonano w terminie od 13 lutego 2017 r. do 13 lipca 2018 r., łącznie przeprowadzono 77 badań, w ramach których pozyskano 1369 ankiet, w każdym badaniu brało udział minimum 5 osób. Równocześnie z badaniami ankietowymi prowadzono pomiary parametrów mikroklimatu, w tym stężenia dwutlenku węgla w powietrzu wewnętrznym. Pomiary parametrów powietrza wewnętrznego wykonywano również niezależnie od badań ankietowych, łącznie uzyskano 118 zestawów wyników badań. Omawianą część pracy oceniam wysoko, wymagała ona od Doktoranta dużego nakładu pracy i zaangażowania oraz dostarczyła wielu ciekawych wyników, mogących posłużyć do dalszych analiz i poszerzających wiedzę na temat komfortu cieplnego w budynkach inteligentnych.

Kolejna część pracy poświęcona jest analizie otrzymanych wyników. Doktorant wykonał szereg wykresów ilustrujących między innymi temperaturę operacyjną i wilgotność

powietrza oraz stężenie dwutlenku węgla zarejestrowane w poszczególnych badaniach, rozkłady oceny średnich wrażeń cieplnych, akceptowalności cieplnej użytkowników i ich preferencji cieplnych, z podziałem na płeć osób ankietowanych oraz wzajemne relacje między tymi wielkościami. Analiza danych wskazała na fakt, że rozważane budynki, pomimo zastosowanych w nich rozwiązań technicznych oraz znacznych nakładów inwestycyjnych, nie zapewniały komfortu cieplnego, na spodziewanym, najwyższym poziomie. Na drodze regresji Doktorant otrzymał związki pomiędzy: średnią oceną odczuć cieplnych TSV, średnią akceptowalnością termiczną TA i średnią preferencją termiczną TPV a temperaturą. Wszystkie wyżej wymienione zależności charakteryzowała dość dobra korelacja z danymi eksperymentalnymi (współczynnik determinacji R^2 większy niż 0,7). W dalszej kolejności wyznaczone zostały zależności pomiędzy TA i TSV oraz TSV i TPV. Następnie Doktorant poddał analizie komfort cieplny w sali wykładowej oraz wrażenia ogólne użytkowników obu budynków GSV, ustalając związek pomiędzy GSV a TSV. Ta część pracy, pomijając stronę edycyjną, nie budzi zastrzeżeń, a wyniki są ciekawe z poznawczego punktu widzenia.

Kolejnym krokiem Doktoranta było obliczenie wskaźników PMV i PPD zaproponowanych przez Fanger'a na podstawie zmierzonych, w trakcie trwania badań ankietowych, parametrów mikroklimatu. Po porównaniu wartości tych wskaźników z wynikami badań ankietowych okazało się, że rzeczywista ocena komfortu cieplnego, różni się czasami nawet o $\pm 50\%$ w stosunku do wartości prognozowanej wskaźnika PMV, natomiast rzeczywisty odsetek osób niezadowolonych jest wyższy niż to przewiduje wskaźnik PPD. Poszukując przyczyn niezgodności danych eksperymentalnych z danymi prognozowanymi, Doktorant pogrupował przeprowadzone badania ankietowe w 12 zestawów, w obrębie których wskaźniki PMV był prawie na identycznym poziomie. Następnie w ramach każdego zestawu porównał ze sobą średnie oceny wrażeń cieplnych użytkowników pomieszczeń i obliczony wskaźnik PMV, odnotowując jednocześnie jakie było stężenie dwutlenku węgla w danej sali podczas badania. Porównanie to wykazało, że w większości przypadków wraz ze wzrostem stężenia dwutlenku węgla w powietrzu rosła średnia ocena wrażeń cieplnych użytkowników. Na tej podstawie Doktorant wysnuł wniosek, że w celu polepszenia korelacji z rzeczywistymi odczuciami cieplnymi, należy do wskaźnika PMV wprowadzić człon, uwzględniający stężenie dwutlenku węgla w powietrzu. Tę część pracy oceniam jako oryginalną i interesującą z badawczego punktu widzenia.

Dalsza część doktoratu poświęcona jest próbie znalezienia nowych stałych w wyrażeniu na wskaźnik PMV oraz wprowadzenia do niego nowego członu, uwzględniającego stężenie dwutlenku węgla w powietrzu, w celu otrzymania wyrażenia lepiej opisującego rzeczywiste odczucia cieplne użytkowników pomieszczeń. W tym celu Doktorant zdecydował się zastosować statystyczną metodę planowania doświadczeń z planem trójpoziomym

Boxa-Behnkena oraz analizę regresji. W toku przeprowadzonych analiz Doktorant zaproponował przybliżenie wskaźnika PMV kwadratową funkcją regresji, w której jako zmienne niezależne występowały poszukiwane współczynniki X_1 , X_2 , X_3 i X_4 i dokonał minimalizacji funkcji niezgodności, wyznaczając optymalne wartości tych parametrów. Należy tutaj zwrócić uwagę na fakt, że statystyczna metoda planowania doświadczeń służy zazwyczaj do tego, aby na drodze empirycznej, na podstawie wyznaczonych doświadczalnie wartości funkcji odpowiedzi w zaplanowanych punktach doświadczalnych, uzyskać wystarczająco dobre przybliżenie tej funkcji, czyli jej empiryczną postać matematyczną. Metoda planowania doświadczeń może także posłużyć do znalezienia optymalnej wartości funkcji odpowiedzi w analizowanej przestrzeni czynnikowej. Tymczasem w analizowanej pracy poszukiwane były nowe wartości współczynników w funkcji przewidywanej średniej oceny PMV o znanej, różnej od kwadratowej, postaci. Modyfikowana część równania miała mieć postać $(X_1 \cdot \exp(X_2 \cdot M) + X_3 + X_4 \cdot CO_2)$. Wzmiankowana zależność stanowi model regresji wewnętrznie nieliniowej, niesprowadzalnej do modelu liniowego poprzez równoczesną transformację zmiennej objaśnianej i zmiennych objaśniających, a w literaturze przedmiotu zalecana jest bezpośrednia estymacja parametrów tego modelu, zamiast sprowadzania go do innej postaci. Dodatkowo należy zwrócić uwagę na fakt, że we wszystkich badaniach wykonanych przez Doktoranta tempo metabolizmu M użytkowników pomieszczeń było na takim samym poziomie (70 W/m^2), w związku z czym znalezienie trzech pierwszych stałych z warunku minimum funkcji niezgodności jest niemożliwe (istnieje nieskończenie wiele zestawów współczynników X_1 , X_2 , X_3 spełniających warunek minimum). W związku z powyższym najlepiej było by potraktować dwa pierwsze człony tego wyrażenia jako jedną stałą i poszukiwać modyfikowanej części równania w postaci $(X_{123} + X_4 \cdot CO_2)$ gdzie $X_{123} = X_1 \cdot \exp(X_2 \cdot M) + X_3$. Pomimo tego, że zastosowane w tej części pracy narzędzie badawcze budzi wątpliwości, Doktorantowi udało się uzyskać lepszą zgodność prognozowanego, zmodyfikowanego wskaźnika PMV z danymi ankietowymi.

Podsumowując ocenę rozprawy stwierdzam, że mimo wielu niedociągnięć i uchybień formalnych oraz wątpliwości co do zastosowanej procedury optymalizacyjnej, rozprawa zawiera szereg elementów oryginalnych i wartościowych, do których przede wszystkim można zaliczyć:

- **Szeroko zakrojone badania ankietowe i pomiary parametrów komfortu cieplnego w dwóch budynkach inteligentnych w Polsce.** Badania te pozwoliły Autorowi ustalić, że poziom komfortu cieplnego w budynkach inteligentnych nie jest na wystarczająco wysokim poziomie i wykazać konieczność uwzględnienia dodatkowych wielkości w obowiązującym modelu komfortu cieplnego.

- **Ustalenie, dodatkowego parametru mikroklimatu wpływającego na odczucia komfortu cieplnego.** Autor wykazał, że parametrem tym może być zawartość dwutlenku węgla w powietrzu wewnętrznym.
- **Zaproponowanie zmodyfikowanych zależności na prognozowane wskaźniki odczuć cieplnych PMV i odsetka osób niezadowolonych PPD.** W efekcie zaproponowanej modyfikacji, wskaźniki te lepiej odzwierciedlają rzeczywiste odczucia użytkowników pomieszczeń.

4. UWAGI SZCZEGÓŁOWE

a) Uwagi językowe i redakcyjne

Rozprawa zawiera dużo błędów stylistycznych, gramatycznych i redakcyjnych. W wielu przypadkach Autor ma również problemy z interpunkcją. Ponieważ liczba zauważonych błędów językowych oraz redakcyjnych jest bardzo duża, dlatego zrezygnowałam ze szczegółowego ich opisywania i wymienię przykładowo tylko kilka z nich:

Str. 20. *„Wskaźniki te są nadal aktualne i zalecane aktualną normę europejskie [120, 121], a także przez Amerykańskie Stowarzyszenie Inżynierów Ogrzewnictwa, Chłodnictwa i Klimatyzacji (ASHRAE) w swoich normach krajowych [111, 112].”*

Str. 28. *„Badany komfort cieplny przeprowadzony był w warunkach ustalonych i nie uwzględnił środowiska, w którym warunki zmieniały się dynamicznie.”*

Str. 31. *„W tropikalnych wolnostojących budynkach, w których temperatura i wilgotność powietrza może nie zostać łatwo zmodyfikowana bez środków mechanicznych, ludzie najwyraźniej preferują większą prędkość wiatru.”*

Str. 45. We wzorach (16), (17) i (18) użyto litery x zamiast symbolu mnożenia.

Str. 54. Zmiana oznaczenia z Λ_{cl} na A_{cl} we wzorze (34).

Str. 57. Zmiana symbolu na oznaczenie ciśnienia cząstkowego pary wodnej z wcześniej używanego ρ_w na p_w (zwyczajowo ciśnienie cząstkowe pary wodnej oznacza się przez p).

Str. 119. Brak numeru wzoru i źle zapisane wyrażenie na funkcję regresji kwadratowej czterech zmiennych.

W wyniku wyżej wymienionych usterek praca jest miejscami niezrozumiała, a jej studiowanie jest utrudnione. Sugeruję, aby w trakcie redagowania i publikowania wyników swoich przyszłych badań Autor wykazał się większą starannością.

b) Uwagi krytyczne, dyskusyjne i pytania szczegółowe

Większość poniższych uwag, pytań i wątpliwości wynika z niezbyt precyzyjnych sformułowań oraz braku w rozprawie odpowiednich objaśnień i komentarzy. Mają one

przeważnie charakter dyskusyjny i ustosunkowanie się do nich przez Autora powinno wzbogacić treści zawarte w rozprawie i uwypuklić znaczenie uzyskanych wyników:

1. Na stronie 41 Doktorant pisze, że w kraju „*brak jest badań komfortu cieplnego w budynkach inteligentnych na terenie Polski*”. Tymczasem badania takie (wprawdzie nie w tak szerokim zakresie jak w recenzowanym doktoracie, ale jednak) można znaleźć w pracach: M. Piasecki, M. Fedorczak-Cisak, M. Furtak, J. Biskupski, Experimental Confirmation of the Reliability of Fanger's Thermal Comfort Model—Case Study of a Near-Zero Energy Building (NZEB) Office Building (2019), M. Fedorczak-Cisak, M. Furtak, J. Gintowt, A. Kowalsak-Koczwarą, F. Pachla, K. Stypuła, T. Tatara, Thermal and Vibration Comfort Analysis of a Nearly Zero-Energy Building in Poland (2018), M. Fedorczak-Cisak, K. Nowak, M. Furtak, Analysis of the Effect of Using External Venetian Blinds on the Thermal Comfort of Users of Highly Glazed Office Rooms in a Transition Season of Temperate Climate—Case Study (2019).
2. Na rysunku 18 Doktorant przedstawił porównanie rzeczywistych i prognozowanych, zgodnie z modelem Fangera, wrażeń cieplnych. Wcześniej (na stronie 104) Doktorant pisze, że dane pomiarowe mieszczą się w przedziale $\pm 50\%$ wartości prognozowanej. W jaki sposób obliczany był ten procent, skoro zaznaczone na rysunku 18 linie kreskowane obejmują obszar $\pm 100\%$ wartości prognozowanej?
3. Wyniki uzyskane z 77 przeprowadzonych badań zostały pogrupowane przez Doktoranta w 19 grup, „*w zależności od analizowanego budynku, pory roku, w której przeprowadzono badania, oraz zakresów temperatury powietrza w salach*”. Jakie były dokładne kryteria przypisania poszczególnych badań do danej grupy? Czy w ramach tej samej grupy średnie oceny wrażeń cieplnych, uzyskane na podstawie eksperymentu, w przypadku poszczególnych sal były zbliżone? Jak kształtowały się wskaźniki PMV w przypadku sal należących do jednej grupy? Jakie było stężenie dwutlenku węgla w poszczególnych salach przypisanych do tej samej grupy?
4. W jaki sposób ustalony został zakres zmienności poszukiwanych parametrów X_1 , X_2 , X_3 i X_4 , określających dziedzinę eksperymentu?
5. W metodzie planowania Boxa-Behnkena na końcu macierzy planowania znajdują się zazwyczaj dodatkowe wiersze, odpowiadające powtórzonym pomiarom wykonanym w środku planu. Na podstawie tych pomiarów zwykle oblicza się wariancję eksperymentu, co pozwala wyznaczyć inne statystyki (np. funkcję F). Dlaczego w tablicach 15 i 16 zawierających plan eksperymentu zabrakło tych wierszy i jak w związku z tym policzona została wariancja eksperymentu?
6. W toku przeprowadzonych analiz Doktorant zaproponował przybliżenie wskaźnika PMV kwadratową funkcją regresji, w której jako zmienne niezależne występowały

poszukiwane współczynniki X_1 , X_2 , X_3 i X_4 i dokonał minimalizacji funkcji odpowiedzi (niezgodności), wyznaczając optymalne wartości tych parametrów. Na podstawie jakich przesłanek doktorant wnosi, że wyznaczone w ten sposób wartości współczynników X_1 , X_2 , X_3 i X_4 spowodują lepsze dopasowanie rzeczywistej funkcji PMV do wyników badań eksperymentalnych?

7. Doktorant zaproponował modyfikację stałych występujących w równaniu, opisującym wskaźnik przewidywanych średnich wrażeń cieplnych PMV. Modyfikowana część równania miała mieć postać $(X_1 \cdot \exp(X_2 \cdot M) + X_3 + X_4 \cdot CO_2)$. Ponieważ jednak we wszystkich badaniach wykonanych przez Doktoranta tempo metabolizmu M użytkowników pomieszczeń było na takim samym poziomie, to znalezienie trzech pierwszych stałych z warunku minimum funkcji niezgodności jest niemożliwe (istnieje nieskończenie wiele zestawów współczynników X_1 , X_2 , X_3 spełniających warunek minimum). Dlaczego Doktorant nie potraktował dwóch pierwszych członów tego wyrażenia jako jednej stałej i nie poszukiwał modyfikowanej części równania w postaci $(X_{123} + X_4 \cdot CO_2)$ gdzie $X_{123} = X_1 \cdot \exp(X_2 \cdot M) + X_3$?
8. W toku poszukiwania współczynników regresji konieczne jest przyrównanie wartości funkcji regresji, odpowiadających poszczególnym wartościom czynników, z danymi eksperymentalnymi. Jakie wartości średniej oceny wrażeń cieplnych (wyznaczonych eksperymentalnie) zostały podstawione do równań regresji? Czy była to ta sama wartość dla danej grupy badań (np. średnia ocen z tych badań), czy też do poszczególnych równań regresji podstawiano różne wartości eksperymentalne?
9. Pod tabelą 18 Doktorant pisze, że na podstawie przeprowadzonych analiz można stwierdzić, że „wszystkie cztery stałe w podobny sposób oddziałują na modyfikowane stałe”. Co Doktorant dokładnie miał na myśli? Doktorant prawdopodobnie chciał napisać, że wszystkie 4 stałe w podobny sposób wpływają na ocenę wrażeń cieplnych. Jednak z tabeli 18 (z wartości współczynników regresji) wynika, że wpływ ten jest różny.
10. W tabeli 19 zaprezentowano wyniki obliczeń, dotyczących poszukiwania minimum funkcji odpowiedzi. Czy nie chodzi tutaj bardziej o minimum reszty czy też minimum niezgodności? Jak Doktorant wytłumaczy fakt, że praktycznie w przypadku wszystkich analizowanych grup badań minimum odpowiada wartości 1,0 zakodowanego promienia?
11. Na rysunku 33 Doktorant zamieścił wykresy warstwiczne funkcji niezgodności w funkcji poszukiwanych parametrów dla grupy pomiarów nr 11. Analogiczne wykresy w przypadku pozostałych grup pomiarów można znaleźć w załączniku nr 5. Wykresy te mają obrazować miejsce występowania minimum funkcji niezgodności, ale na żadnym z tych wykresów nie widać charakterystycznego siodła oznaczającego występowanie ekstremum (wartości funkcji cały czas maleją wraz ze zwiększaniem wartości

poszukiwanych parametrów). Na jakiej więc podstawie doktorant wnosi, że w podanych punktach występuje minimum funkcji niezgodności?

12. Na stronie 131 Doktorant pisze, że będzie badał wpływ 4 poszukiwanych stałych na wskaźnik przewidywanych średnich odczuć cieplnych PMV. W takim przypadku funkcja regresji powinna być funkcją czterech poszukiwanych parametrów X_1 , X_2 , X_3 i X_4 , tymczasem analizowana jest funkcja liniowa jednej zmiennej to jest oceny średnich wrażeń cieplnych, uzyskanych na podstawie ankiet. Prezentowane w tej części rozważania dotyczą więc związku pomiędzy wskaźnikiem PMV, a rzeczywistą oceną wrażeń cieplnych i mogą jedynie wskazywać na fakt potrzeby modyfikacji współczynników występujących w równaniu opisującym wskaźnik PMV.

5. PODSUMOWANIE I WNIOSEK KOŃCOWY

Doceniając wysiłek włożony w rozwiązanie złożonego i trudnego zadania badawczego, oraz uzyskane wyniki, a także biorąc pod uwagę całościową ocenę rozprawy (mimo pewnych uwag krytycznych i wątpliwości) stwierdzam, że:

- Temat rozprawy jest aktualny, a jego opracowanie odpowiada potrzebom dyscypliny budownictwo;
- Rozprawa zawiera elementy oryginalne i wartościowe (najważniejsze z nich wyróżniłam w tekście recenzji);
- Rozprawa dowodzi samodzielności jej Autora i umiejętności prowadzenia badań eksperymentalnych, ich analizy oraz metod statystycznej obróbki danych;
- Założony cel rozprawy został osiągnięty a postawione tezy udowodnione.

Ponadto Autor rozprawy wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną z zakresu szeroko rozumianej fizyki budowli i metod statystycznych, a także umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. W swej rozprawie doktorskiej rozwiązał On samodzielnie oryginalne zagadnienie naukowe i wykazał się odpowiednimi kwalifikacjami do pracy naukowo-badawczej.

Ponieważ rozprawa doktorska mgr inż. GRZEGORZA MAJEWSKIEGO odpowiada warunkom stawianym w Ustawie o Stopniach i Tytule Naukowym oraz o Stopniach i Tytule w Zakresie Sztuki z dnia 14 marca 2003 roku wraz z późniejszymi zmianami (Dz.U. z 2003 r. Nr 65 poz. 595) zatem **wnoszę o jej przyjęcie i dopuszczenie do publicznej obrony.**

Śmiesz - Perkowski