

Politechnika Warszawska  
Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa  
Instytut Techniki Ciepłej  
00-665 Warszawa, ul. Nowowiejska 21/25

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej

„*Modelowanie procesów wymiany ciepła w wentylowanych warstwach przegród budowlanych*”

Pani mgr inż. Marianny Olenets

### 1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawę formalną niniejszego opracowania stanowi pismo Dziekana Wydziału Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki Pani dr hab. inż. Lidii Dąbek, prof. PŚk, z dnia 08.10.2013 roku z prośbą o dokonanie oceny i przedstawienie recenzji ww. rozprawy doktorskiej mgr inż. Marianny Olenets.

Merytorycznej oceny dokonano na podstawie treści przedłożonej rozprawy „*Modelowanie procesów wymiany ciepła w wentylowanych warstwach przegród budowlanych*”.

### 2. Charakterystyka i ocena rozprawy doktorskiej

#### 2.1. Opisanie treści rozprawy

Rozprawa doktorska „*Modelowanie procesów wymiany ciepła w wentylowanych warstwach przegród budowlanych*” mgr inż. Marianny Olenets została wykonana pod promotorstwem prof. PŚk dr hab. inż. Jerzego Piotrowskiego.

Rozprawa składa się z 5 głównych rozdziałów, wprowadzenia i ogólnych wniosków pracy doktorskiej. Zawiera także spis treści, wykaz najważniejszych oznaczeń, spis literatury, streszczenie w języku polskim i angielskim, oraz załącznik. Całość liczy 179 stron. Bibliografia obejmuje 81 pozycji w tym: 11 publikacji krajowych; 24 rosyjskich i ukraińskich oraz 33 zagranicznych w języku angielskim; 6 cytowanych norm w tym: 1 w języku angielskim, 3 krajowe (międzynarodowe) i 2 ukraińskie; 1 cytowany patent i 1 zgłoszenie patentowe, a także 5 cytowanych stron internetowych. W wykazie znalazły się cztery wcześniejsze publikacje autorstwa doktorantki, cztery których doktorantka jest współautorem i jedno zgłoszenie patentowe, którego jest również współautorem.

Tytuł rozprawy jest zbyt mało precyzyjny w stosunku do treści. Z jednej strony modelowanie procesów wymiany ciepła jest znacznie szerszym zagadnieniem niż przedstawiono to w rozprawie, przede wszystkim zachodzące zjawiska cieplne i przepływowe są zmienne w czasie i przestrzeni, a w rozprawie rozpatrywane są jedynie stany stacjonarne w układzie jednowymiarowym. Z drugiej strony dyplomantka rozważa w pracy wymianę ciepła nie tylko w warstwach wentylowanych przegród budowlanych, jak wskazuje tytuł pracy, ale i w szczelinach, i przestrzeniach wentylowanych i infiltrowanych o bardzo zróżnicowanej geometrii, wymiarach i usytuowaniu. Układ treści jest względnie uporządkowany, chociaż trudno doszukać się pewnej ustalonej sekwencji rozpatrywania poszczególnych problemów, różnych przypadków powietrznych wentylowanych szczelin, warstw i przestrzeni, jak i samych procesów wymiany ciepła. Część przeglądowa odnosi się do przedstawienia uproszczonych modeli matematycznych opisujących zjawiska cieplne zachodzące w wybranych przypadkach warstw i przestrzeni wentylowanych budynków. W niektórych częściach pracy niekorzystna dla czytelności przekazu jest niepoprawność języka polskiego, co utrudnia zrozumienie treści i intencji autorki w formułowaniu własnych modeli, przeprowadzeniu analizy problemu i jego rozwiązaniu. Z drugiej strony na podkreślenie zasługuje widoczny duży nakład pracy Autorki w prowadzeniu prac naukowo – badawczych, wdrażanie ich wyników, a także opracowanie sa-

mej rozprawy doktorskiej. Zakres tematyczny pracy i podjęty problem rozważań jest bardzo szeroki. Obejmuje on bardzo zróżnicowany przebieg zjawisk cieplnych i przepływowych charakterystyczny dla poszczególnych otwartych i zamkniętych warstw, szczelin, pustek i przestrzeni powietrznych w przegrodach budowlanych, o bardzo zróżnicowanej geometrii i charakterze przepływu. Modelowanie matematyczne zjawisk cieplnych zachodzących w tak różnorodnych formach budowlanych przy wykorzystaniu zbliżonej metodyki obliczeniowej jest ciekawym i trudnym zagadnieniem. Autorka rozprawy podjęła próbę rozwiązania postawionego problemu, co stanowi istotną wartość poznawczą, jak i aplikacyjną pracy.

We wprowadzeniu (1 strona) do rozprawy Autorka krótko przedstawiła funkcję wentylowanych warstw w przegrodach budowlanych i sformułowała przedmiot pracy, którym jest modelowanie matematyczne procesów wymiany ciepła i ruchu powietrza w wentylowanej warstwie powietrznej przezroczystych i nieprzezroczystych przegród budowlanych.

W rozdziale 1 (41 stron) w pierwszej jego części (11 stron, do punktu 1.4) dokonano przeglądu zakresu stosowania otwartych i zamkniętych warstw, szczelin, pustek i przestrzeni powietrznych w przegrodach budowlanych pionowych (ściany zewnętrzne, fasady, przestrzenie słoneczne - buforowe) i poziomych (stropy, podłogi, strych), przezroczystych i nieprzezroczystych. Przedstawiono rozwiązania stosowane w słonecznych systemach pasywnych. W drugiej części rozdziału (30 stron, punkt 1.5) przeprowadzono analizę wybranych metod opisu matematycznego procesów wymiany ciepła w otwartych warstwach przegród budowlanych. Dokonano przeglądu modelu Maczyńskiego i kilku innych metod wybranych z literatury międzynarodowej. Na zakończenie Autorka sformułowała cel i założenia pracy doktorskiej.

W rozdziale 2 (35 stron) w pierwszej części (29 stron) przedstawiono modele fizyczne i opis matematyczny zjawisk wymiany ciepła przy przepływie powietrza w otwartej szczelinie i przestrzeni przegrody pionowej i poziomej w stanie stacjonarnym w okresie zimowym. W tytule jest słowo proces wymiany ciepła, jednakże takiego sformułowania używa się do opisu dynamiki zjawisk cieplnych, czyli procesów zmiennych w czasie, a rozważania dotyczą stanu stacjonarnego (podobna uwaga odnosi się do dalszych zapisów w tym i w kolejnych rozdziałach). W pierwszej części przeprowadzono obliczenia dla przykładowej wentylowanej fasady (warstwa pionowa powietrza) korzystając z opisanych modeli i na ich podstawie sformułowano wnioski, co do celowości stosowania rozważanych modeli fizycznych i matematycznych. W drugiej części rozdziału (6 stron) przedstawiono model fizyczny i matematyczny wymiany ciepła przy małych prędkościach przepływu powietrza w poziomej wentylowanej warstwie powietrznej, a także model wymiany ciepła w przestrzeni strychu (jak można sądzić z opisu jedynie infiltrowanego), w warunkach zimowych. W rozdziale tym przedstawione modele fizyczne i matematyczne dotyczą czterech zupełnie różnych przestrzeni fizycznych, co do ich wymiarów fizycznych, usytuowania w budynku i co do warunków cieplno – przepływowych. Dotyczą one mianowicie pionowej wentylowanej szczeliny – warstwy powietrznej w nieprzezroczystej fasadzie budynku, poziomej wentylowanej warstwy (pustki) powietrznej i infiltrowanej przestrzeni strychu. Niestety brakuje uzasadnienia, dlaczego właśnie te, tak zróżnicowane przestrzenie, cieplnie i przepływowo, formy struktury budynku zostały rozważone. Model otwartej pionowej warstwy powietrznej (szczeliny) nieprzezroczystej fasady został poddany analizie ilościowej na podstawie obliczeń przeprowadzonych dla przykładowych wymiarów przegrody i wybranych parametrów opisujący jej stan termiczny i stan otoczenia.

Rozdział 3 (21 stron) zgodnie z tytułem powinien dotyczyć modelowania matematycznego procesów wymiany ciepła w otwartej warstwie powietrznej w okresie letnim. W rzeczywistości przedstawiono uproszczony model stacjonarnej wymiany ciepła (a więc nie procesów, a zjawisk) z uwzględnieniem oddziaływania promieniowania słonecznego dla różnych przestrzeni geometrycznych. Rozważana jest wymiana ciepła na powierzchni pełnej niewentylowanej przegrody pionowej, w otwartej warstwie powietrznej przegrody pionowej nieprzezroczystej i przezroczystej bez osłony zacieniającej i z osłoną zacieniającą, będącej głównym elementem systemu słonecznego zysków pasywnych, a także w przestrzeni strychu niewentylowanego. Nasuwa się pytanie: dlaczego w rozważaniach nie uwzględniono poziomej wenty-

lowanej pustki powietrznej, którą modelowano w poprzednim rozdziale? W punkcie 3.6.1 zaprezentowano wyniki obliczeń dla przykładowej wentylowanej nieprzezroczystej fasady (warstwa powietrzna pionowa), a w punkcie 3.6.2 dla przezroczystej (choć tytuł tego punktu mówi co innego) z zasłoną i bez, korzystając ze sformułowanego wcześniej modelu uwzględniającego różnicowanie temperatury wzdłuż wysokości warstwy (szczeliny).

W rozdziale 4 (38 stron) porównano proponowane przez autorkę modele matematyczne z wynikami dwu innych autorów opublikowanych w pracach w latach 70-tych i 80-tych (10 stron), a także z wynikami badań eksperymentalnych wykonanych w ostatnim okresie. Przeprowadzono obliczenia porównawcze modelu Autorki i modelu literaturowego z 1973 roku, dotyczące wymiany ciepła i przepływu powietrza w otwartej warstwie stropodachu w okresie zimowym dla wybranego konkretnego przypadku. Przeprowadzono także obliczenia dla okresu letniego przy wykorzystaniu innego modelu literaturowego z 1982 roku i innej konstrukcji przegrody. Dyplomantka porównała również model literaturowy z 1973 roku, oparty na równaniu Maczyńskiego i stosowaniu zastępczej temperatury słonecznej przegrody, ze swoim modelem dla okresu letniego. Na zakończenie Autorka porównała wyniki obliczeń uzyskane z własnego modelu z wynikami badań eksperymentalnych, pomiarów przeprowadzonych w rzeczywistym obiekcie na strychu muzeum w Kielcach, a także na półprzełazowym strychu budynku dydaktycznego PŚ.

Rozdział 5 (24 strony) dotyczy zgodnie z jego tytułem opracowania „inżynierskich rekomendacji w celu zmniejszenia strat ciepła w okresie zimowym oraz zmniejszenia dopływu ciepła w okresie letnim”. Proszę wyjaśnić - co to znaczy? Zgodnie z tytułem podpunktu 5.1 w tej części analizowany jest wpływ konstrukcyjnych parametrów fasad wentylowanych na zmniejszenie strat ciepła, natomiast w punkcie 5.2 wpływ tych parametrów na zmniejszenie zysków ciepła. Rozważania dotyczą wysokości szczeliny powietrznej i jej grubości, a także różnej emisyjności powierzchni ograniczających szczelinę. Należy zaznaczyć, że emisyjność na pewno nie jest parametrem konstrukcyjnym. Autorka formułuje wnioski na podstawie przeprowadzonych obliczeń i ocenia wpływ czynników klimatycznych na wymianę ciepła w szczelinie. W punkcie 5.3 o dziwnie sformułowanym tytule „Zmniejszenie strat energii na formowanie się mikroklimatu w pomieszczeniach z elementami pasywnego ogrzewania słonecznego” (proszę napisać co to znaczy?) Autorka opisuje wyniki obliczeń opracowanego przez siebie modelu zjawisk cieplnych zachodzących w przegrodzie wentylowanej, którą jest ściana Trombe'a - Mitchel'a. Następnie proponuje zastosowanie żaluzji lub rolet obrotowych o różnych własnościach refleksyjno - absorpcyjnych w zależności od pory roku.

Na zakończenie Dyplomantka sformułowała ogólne wnioski rozprawy doktorskiej (jedna strona), w których streściła zakres przeprowadzonych prac badawczych i ich rezultaty.

## 2.2. Ocena merytoryczna

W rozdziale 1 Autorka przeprowadziła analizę wybranych publikacji naukowych dotyczących modelowania zjawisk wymiany ciepła zachodzących w otwartych warstwach powietrznych. Przegląd dotyczy uproszczonych modeli stacjonarnych w układzie jednowymiarowym, obejmuje tylko pewien zakres modelowania matematycznego zjawisk ciepłno - przepływowych w warstwach i przestrzeniach wentylowanych w budynku. Szkoda, że autorka nie wspomniała o modelach nieustalanej wymiany ciepła i masy w układach przestrzennych. Stosowanie przez Autorkę nazwy warstwa powietrza zarówno do szczelin, jak i dużych przestrzeni (np. strych) jest nieprawidłowe z punktu widzenia wymiany ciepła. Brak jest usystematyzowania rozważanych przestrzeni, zarówno co do ich geometrii przestrzennej (wymiarów), jak i opisu zjawisk cieplnych i przepływowych w nich zachodzących, co powoduje ograniczenie czytelności rozprawy.

W rozdziale 2 Dyplomantka przedstawiła uproszczone stacjonarne modele fizyczne i matematyczne zjawisk wymiany ciepła przy przepływie powietrza w otwartej szczelinie (przeźreniu) przegrody pionowej i poziomej w okresie zimowym. Odniosła się do opisu zja-

wisk konwekcyjnej wymiany ciepła w warstwach wentylowanych przy wykorzystaniu zależności i liczb kryterialnych. Korzystając ze sformułowanych modeli fizycznych i matematycznych o różnym stopniu złożoności przeprowadziła obliczenia cieplne, dla przykładowej nieprzezroczystej fasady wentylowanej. W przypadku uproszczonego modelu wg Maczyńskiego stosując metodę iteracji wyznaczyła średnią temperaturę powietrza w warstwie, średni masowy przepływ tego powietrza i strumienie ciepła przekazywane do powietrza (bilans cieplny). Następnie przyjęła, iż temperatura powierzchni przegród zmienia się wzdłuż wysokości szczeliny, a do obliczeń zastosowała metodę różnic skończonych. Przeprowadziła szczegółowe rozważania ilościowe i jakościowe, w wyniku których wskazała na błędy obliczeń wynikające ze zbyt uproszczonego modelu fizycznego i matematycznego, bazującego na metodzie Maczyńskiego i wykazała, iż błędy te wynikają z założenia o izotermiczności powierzchni granicznych przegrody of strony szczeliny wentylowanej (warstwy powietrznej). Przeprowadzone rozważania i sformułowane wnioski odnośnie do dużych błędów obliczeniowych występujących przy stosowaniu metody Maczyńskiego są jak najbardziej słuszne i stanowią ważny element poznawczy, nie tylko tego rozdziału, ale i całej pracy. Jednakże w rozdziale tym występują różne niezgodności z polską nomenklaturą i nazewnictwem stosowanym w wymianie ciepła, które powodują, że niektóre zapisy są nie jasne. Przykładowo, dyplomantka często korzysta ze sformułowania „powietrze, które się porusza w pobliżu powierzchni warstwy powietrznej”. Co oznacza takie sformułowanie i jak jest definiowana powierzchnia warstwy powietrznej?

W rozdziale 3 przedstawiony model matematyczny opisuje zjawiska zachodzące w szczelinie powietrznej pionowej w układzie stacjonarnym jednowymiarowym (tak jak w rozdziale 2) z uwzględnieniem pochłaniania promieniowania słonecznego w osłonie nieprzezroczystej i przezroczystej. Pasywne systemy słoneczne są stosowane przede wszystkim ze względu na możliwość pozyskiwania energii promieniowania słonecznego i jej wykorzystywania do celów grzewczych zimą. Nasuwa się więc pytanie, dlaczego warstwy powietrzne w przegrodach wentylowanych i niewentylowanych fasady przezroczystej systemu pasywnych zysków słonecznych nie były modelowane fizycznie i matematycznie w poprzednim rozdziale? Proszę wyjaśnić również, jak został fizycznie i matematycznie zamodelowany strumień promieniowania słonecznego docierający poprzez przezroczystą osłonę do masywnej ściany. Przeszklenia charakteryzują się określoną transmisyjnością, refleksyjnością i absorpcyjnością promieniowania słonecznego. W związku z tym promieniowanie słoneczne odpowiednio osłabione dociera do masywnej przegrody nieprzezroczystej, gdzie częściowo zostaje pochłonięte. Na rysunku 3.3 strumień promieniowania słonecznego wygląda, jak niezakłócony istnieniem przeszklenia (dopiero w dalszej części Tabela 3.3 wprowadzono założenie o transmisyjności szkła równej 1). Proszę to wyjaśnić. Proszę również wyjaśnić dane wejściowe (a nie wyjściowe, tak jak zapisano w tytule tabeli 3.3) zamieszczone w Tabeli 3.3 dotyczące absorpcyjności ściany i zasłony, czy dotyczą one absorpcyjności promieniowania słonecznego? Proszę wyjaśnić założenie o transmisyjności szkła równej 1, czy to możliwe, proszę ocenić jak wpływa takie założenie na dokładność obliczeń?

W tym miejscu nasuwa się jeszcze jedna uwaga. Współczesne modele obliczeniowe zjawisk zachodzących w budynku i ich obudowie, niezależnie od ich stopnia złożoności, umożliwiają prowadzenie obliczeń w sposób ciągły dla dowolnego czasu i w różnym przedziale czasu. Proszę wytłumaczyć, dlaczego Autorka nie zaproponowała jednego uniwersalnego modelu niezależnego od pory roku? Analizując słoneczne systemy pasywne oddziaływanie energii promieniowania uwzględnia się przez cały rok.

W rozdziale 4 ocena prawidłowości wybranych proponowanych modeli matematycznych została przeprowadzona w odniesieniu do wyników prac z lat 70-tych i początku 80-tych. Od czasu publikacji wyników tych prac upłynęło już odpowiednio ponad 40 i 30 lat. Aparat numeryczny potrzebny do symulacji złożonych procesów dynamiki budynków bardzo rozwinął się od tego czasu. Możliwe jest symulowanie nieustalonych wielowymiarowych zagadnień ciepłno – przepływowych w poszczególnych elementach budynku i jego otoczeniu.

Ciekawe byłoby porównanie wyników obliczeń Dyplomantki właśnie z wynikami zaawansowanych numerycznie narzędzi obliczeniowych. Proponuję, aby w przyszłości Autorka podjęła próbę przeprowadzenia takiej analizy porównawczej. Oczywiście należy zaznaczyć, że stosowanie prostych modeli do szacowania istoty złożonych zjawisk jest również przydatne i łatwe do zastosowania, co powoduje, że zaproponowane modele mogą być bardziej powszechne i dostępne dla większego grona użytkowników.

Proszę wyjaśnić, dlaczego wymiary fizyczne, szczegóły konstrukcyjne warstwy stropodachu poddanej analizie w okresie zimowym (rozdział 2) i letnim (rozdział 3) różnią się znacznie? Czy Autorka nie mogła znaleźć w literaturze opisu wyników obliczeń ciepłoprzepływowości dla takiej samej fizycznie i materiałowo przegrody wentylowanej?

W rozdziale 4 przy opisie pomiarów przeprowadzonych na strychu muzeum w Kielcach, Autorka napisała: „Metalowy dach jest praktycznie bezinercyjną częścią konstrukcji, dlatego przy obliczeniach można wykorzystać model matematyczny, który charakteryzuje stacjonarny proces przenikania ciepła” (str.116 pracy). Proszę wyjaśnić stwierdzenie? Proszę opisać konstrukcję strychu, co oznacza średnica zastępcza strychu, gdzie znajdują się otwory wentylacyjne?

Interesującą częścią rozdziału 4 jest przedstawienie wyników badań eksperymentalnych, pomiarów przeprowadzonych na półprzełazowym strychu budynku dydaktycznego PŚ, które Autorka porównała z wynikami własnego modelu. Należy zauważyć, że przy podanych wymiarach strychu i prędkości przepływu powietrza 0,003 m/s trudno jest nazwać strych wentylowanym, jest on infiltrowany.

W rozdziale 5 Autorka stwierdziła, że istniejące źródła literaturowe wykazują „brak modeli matematycznych, za pomocą których można określić stopień wpływu emisyjności i chropowatości powierzchni, obecności „występów” (co to znaczy?) i innych czynników na procesy wymiany ciepła przez konwekcję i promieniowanie, które zachodzą w otwartej warstwie powietrznej”. Takie stwierdzenie jest co najmniej mocno przesadzone. Modele takie istnieją, a tak sformułowanych wniosków Dyplomantka nie powinna wysnuwać na podstawie przeprowadzonego przeglądu literatury, który stanowią (tylko 64 publikacje naukowe, w tym) zaledwie 32 publikacje z ostatnich 10 lat (nie wliczając publikacji Autorki). W dalszej części rozdziału 5 Autorka pisze o różnej emisyjności powierzchni warstwy powietrznej, a cóż to takiego?, proszę o wyjaśnienie. Co oznacza maksymalna emisyjność powierzchni warstwy powietrznej? Poza tymi niefortunnymi sformułowaniami, które jak można sądzić wynikają z nieodpowiedniej znajomości języka polskiego, rozdział 5 zawiera dobrze sformułowane wnioski na podstawie przeprowadzonych obliczeń i właściwą ocenę wpływu czynników klimatycznych na wymianę ciepła w szczelinie. Wnioski dotyczą rozmiarów szczeliny powietrznej i emisyjności jej powierzchni w celu zmniejszenia strat ciepła zimą, a następnie ograniczenia zysków ciepła latem. Wnioski te są dobrze opracowane i odpowiednio oddają charakter zachodzących zjawisk. Rozdział 5 jest istotny dla oceny jakości merytorycznej rozprawy i jej wartości aplikacyjnych. W tej części rozprawy Autorka przedstawiła bowiem rozważania ważne dla działań mających na celu zmniejszenie energochłonności budynków.

Proszę wyjaśnić co oznacza sformułowanie w rozdziale 5, że wpływ czynników klimatycznych i konstrukcyjnych na strumień wymienianego ciepła można opisać przy wykorzystaniu „dwupoziomowego planu kompletnego eksperymentu czynnikowego” (str. 144). Proszę wyjaśnić co oznacza tytuł 5.3 „Zmniejszenie strat energii na formowanie się mikroklimatu w pomieszczeniach z elementami pasywnego ogrzewania słonecznego”. W punkcie 5.3 Autorka opisując wyniki obliczeń opracowanego przez siebie modelu zjawisk cieplnych zachodzących w przegrodzie wentylowanej, którą jest ściana Trombe’a - Mitchel’a, stwierdza, że „trudno wyznaczyć, jaka część powietrza napływającego do warstwy powietrznej będzie nagrzewać się w pobliżu ściany masywnej, a jaka schładzać przy przeszkleniu”. Rzeczywiście model uproszczony zaproponowany przez Autorkę nie pozwala oszacować takiego udziału, ale dynamiczne badania symulacyjne prowadzone przy stosowaniu własnych kodów autorskich, czy też gotowych narzędzi numerycznych (TRNSYS, DOE, itp.) jak najbardziej to

umożliwiają. Na stronie 153 zaproponowano rozwiązanie powodujące zwiększenie zysków słonecznych zimą i zwiększenie latem, polegające na stosowaniu obrotowych rolet, czy żaluzji. Proszę wyjaśnić ilościowo, czy rzeczywiście wysoka absorpcyjność powierzchni zewnętrznej żaluzji dla promieniowania słonecznego powoduje zwiększenie zysków słonecznych? Czy można stosować inne prostsze rozwiązania?

Należy stwierdzić, że niezależnie od przedstawionych uwag krytycznych, Autorka rozprawy zrealizowała postawione cele, chociaż zostały one na wstępie sformułowane zbyt mało precyzyjnie w stosunku do rzeczywistego zakresu przeprowadzonych badań.

Istotnym elementem pracy jest przeprowadzenie obszernych rozważań dotyczących bardzo zróżnicowanych zagadnień cieplnych i przepływowych zachodzących w wybranych otwartych i zamkniętych warstwach, szczelinach i przestrzeniach powietrznych w przegrodach budowlanych o bardzo zróżnicowanej geometrii i różnie usytuowanych. Na podstawie tych rozważań Autorka zaproponowała opisanie zachodzących zjawisk fizycznych odpowiednimi modelami matematycznymi, charakterystycznymi dla różnych rozważanych form budowlanych przy wykorzystaniu zbliżonej metodyki obliczeniowej. Stworzone modele dotyczą opisu stacjonarnych stanów termicznych przegród z uwzględnieniem jednowymiarowego przepływu ciepła. Choć są one modelami uproszczonymi to zastosowane do konkretnych przypadków konstrukcji przegród i warunków otoczenia pozwalają na wysnuć prawidłowych wniosków ilościowych i jakościowych, co stanowi istotną wartość poznawczą, jak i aplikacyjną pracy. Opisane wyniki obliczeń i ich interpretacja wnoszą wkład w badania z zakresu pasywnych rozwiązań budynków z wentylowaną obudową, jak i energooszczędnych rozwiązań w standardowych budynkach.

Ważnym osiągnięciem Autorki jest podjęcie bardzo aktualnej tematyki uwzględniającej wykorzystanie elementów obudowy budynku do pasywnego wykorzystania energii znajdującej się w środowisku, w celu zmniejszenia zapotrzebowania na energię do ogrzewania zimą i chłodzenia latem. Stosowanie pasywnych rozwiązań obudowy budynku może znacznie ograniczyć jego energochłonność. Przedstawiony problem i metody jego rozwiązania są ważne nie tylko ze względów naukowych, poznawczych, ale i czysto aplikacyjnych istotnych dla sektora budownictwa.

Rozprawa dotyczy istotnego problemu zmniejszenia zużycia energii do celów grzewczych i chłodzenia w nowoczesnym budownictwie, dzięki stosowaniu odpowiednich rozwiązań struktury obudowy, w tym rozwiązań pasywnej architektury słonecznej. Poszerza ona wiedzę w zakresie uproszczonego modelowania zjawisk cieplnych i przepływowych zachodzących w wentylowanych warstwach powietrznych przegród i przestrzeniach powietrznych budynku. Wyrażam opinię, że w świetle rozpoznanego przez doktorantkę stanu wiedzy, decyzja o napisaniu niniejszej monografii była przemyślana i słuszna, postawiony cel rozprawy można uznać za osiągnięty.

Jak już wcześniej zaznaczyłam, sformułowane modele matematyczne są uproszczone i dotyczą jedynie uśrednionych stanów ustalonych. Dlatego też powinny być traktowane jako przyczynek do dalszych prac teoretycznych, symulacyjnych i doświadczalnych służących stworzeniu bardziej zaawansowanych modeli matematycznych opisujących dynamikę procesów cieplno – przepływowych w wentylowanych warstwach powietrznych w skali całego roku.

### 2.3. Uwagi szczegółowe

Część uwag szczegółowych istotnych dla oceny jakości pracy została już sformułowana w poprzednich punktach. Jak już wspomniano praca zawiera szereg błędów językowych. W konsekwencji niektóre zdania, czy fragmenty tekstu są niejasne. Poniższe uwagi szczegółowe dotyczą kilku wybranych kwestii, których wyjaśnienie uznałam za wskazane. Z góry zaznaczam, że nie umniejszają one wartości recenzowanej rozprawy i nie mają wpływu na jej generalnie pozytywną ocenę merytoryczną.

Po pierwsze poniżej zacytowano jedynie same tytuły rozdziałów i podrozdziałów roz-

prawy, które są sformułowane w sposób niejasny i wymagają wyjaśnienia.

- Rozdział 2.2. „Równanie różniczkowe, charakteryzujące nagrzewanie powietrza, które porusza się w pobliżu powierzchni warstwy powietrznej”
- Rozdział 3.2. Analiza stosowności wykorzystania temperatury równorzędnej (słonecznej) do obliczenia dopływu ciepła od promieniowania słonecznego. ...”
- Rozdział 3.6.1. Obliczanie otwartej warstwy powietrznej z nieprzezroczystą zewnętrzną częścią ...
- Rozdział 3.6.2. Obliczanie otwartej warstwy powietrznej z nieprzezroczystą zewnętrzną częścią ...
- Rozdział 5. Opracowanie inżynierskich rekomendacji w celu zmniejszenia strat ciepła w okresie zimowym oraz zmniejszenia dopływu ciepła w okresie letnim
- Rozdział 5.3. Zmniejszenie strat energii na formowanie się mikroklimatu w pomieszczeniach z elementami pasywnego ogrzewania słonecznego

W tej części zestawiono niektóre z uwag związanych z nieodpowiednimi sformułowaniami:

- Str.18 – Zastonę zaleca się używać z materiału ... o wysokim współczynniku odbicia promieniowania słonecznego – to nie jest współczynnik odbicia, to jest refleksyjność, a to jest co innego. ten błąd powtarza się kilka razy w pracy.
- Str.42 – Proszę wyjaśnić drugą część pierwszego akapitu na tej stronie. Stwierdzenie, że wprowadzenie  $\lambda/\delta$  oznacza zastąpienie zjawiska konwekcji przewodzeniem jest nieprawdziwe. Jak wyraża się standardowo współczynnik konwekcyjnej wymiany ciepła przy wykorzystaniu liczb kryterialnych? Jak się go interpretuje fizycznie? Szkoda, że w części 2.4.2 nie zapisała Pani odpowiedniej zależności i nie przeprowadziła jej analizy!
- Str.43 – Opis pod rysunkiem 1.17 jest co najmniej dziwny i wydaje się, że Autorka nie zrozumiała intencji autora publikacji [3], który zapewne nie pisał o entalpii powierzchni, a o entalpii poruszającego się powietrza. Poza tym entalpia  $J$  jest wyrażana w  $[J]$ , natomiast entalpia odniesiona do jednostki masy to  $[J/kg]$ .
- Str.44 – ciąg dalszy opisu pod rysunkiem 1.17 w odniesieniu do cytowanej literatury [3] jest nadal niewłaściwy. Jest standardem w analizach wymiany ciepła zapis radiacyjnej wymiany ciepła pomiędzy jedną powierzchnią a powierzchniami w otoczeniu zewnętrznym przy założeniu, że wszystkie obiekty w otoczeniu mają temperaturę odpowiadającą temperaturze powietrza otoczenia.
- Str. 57 – w drugiej linii napisano: Zawiera cztery funkcje niewiadome  $T_1(x)$ ,  $T_2(x)$ ,  $T_{a1}(x)$ ,  $T_{a2}(x)$ . Proszę napisać co to za funkcje i podać ich zapis matematyczny?
- Str.57 – co oznacza stwierdzenie: Temperatura powierzchni warstwy powietrznej nie zależy od współrzędnej  $x$ . ...Co oznacza fizycznie powierzchnia warstwy powietrznej???
- Str. 62 – proszę wyjaśnić punkt 8, dokładność wartości gęstości powietrza nie okazuje znacznego wpływu na równość ciśnień, to jej pierwotną wartość uściślamy po określeniu prędkości.
- Str. 79, tekst pod rysunkiem 2.7 jest niezrozumiały w szczególności: temperaturę strumieni powietrznych w pobliżu tych powierzchni możemy uważać za jednakowe. Proszę wyjaśnić to stwierdzenie.
- Str.84 – co oznacza stwierdzenie, że: Przy zmniejszeniu strumienia ciepła można ... zachować optymalne parametry mikroklimatu w pomieszczeniu.
- Str.85 – zdanie pod koniec pierwszego akapitu, że dla masywnych obudów budynku z dość dużym oporem przewodzenia ciepła  $\alpha_e$  ma nieznaczny wpływ na współczynnik przenikania ciepła jest nieprawdziwe, proszę skomentować.
- Str.99. Tytuł Tabeli 3.3. – to nie są dane wyjściowe, ale wejściowe. Ten błąd często się

powtarza.

- Str 144 - co oznacza wpływ liniowy?
- Str 152 - co oznacza sformułowanie: *przy poniżeniu natężenia*?

### 3. Uwagi redakcyjne

W pracy pojawiają się sformułowania kolokwialne, np. „a co za tym idzie”, „optymalne” (które nie ma nic wspólnego z analizą optymalizacyjną). Czasami brakuje przecinków. W wielu miejscach pojawia się niepoprawna nazwa *rozprawa doktorancka*, jak i inne nie polskie sformułowania.

### 4. Wniosek końcowy

Rozprawa doktorska mgr inż. Marianny Olenets wnosi wkład do rozwoju dyscypliny naukowej „Inżynieria Środowiska”. Tym samym spełnione są wymagania ustawy z 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65 poz. 595). Na tej podstawie wnioskuję o dopuszczenie Pani mgr inż. Marianny Olenets do publicznej obrony pracy doktorskiej.

Chwiedate Dovo te  
