

Warszawa 2 wrzesień 2019 roku

Dr hab. inż. Bernard Zawada
Profesor Politechniki Warszawskiej
Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki
i Inżynierii Środowiska

Recenzja
dorobku naukowego, dydaktycznego oraz organizacyjnego
dr inż. Ewy Zender-Świercz
wykonana w związku z postępowaniem habilitacyjnym
w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria Środowiska

1. Podstawy formalne recenzji

Podstawą oceny jest Decyzja Centralnej Komisji ds. Stopni i Tytułów z dnia 10.05.2019 w związku z postępowaniem o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego dr inż. Ewy Zender-Świercz w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska oraz pismo Prodziekana Wydziału Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki Politechniki Świętokrzyskiej, dr Ewy Ozimmy nr ID-002-3/19 z dnia 26.06.2019 roku.

Podstawą recenzji jest dokumentacja przygotowana przez Kandydatkę, przekazana mi przez Wydziału Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki prowadzący postępowanie.

Recenzja została wykonana zgodnie z wymaganiami Rozporządzeniem MNiSW z dnia 01.09.2011 roku w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego (Dz. U. nr 196 poz 1165.) i obejmuje ocenę osiągnięcia naukowego oraz istotnej aktywności naukowej

2. Sylwetka Kandydatki

Dr inż. Ewa Zender - Świercz uzyskała w 2006 roku dyplom magistra inżyniera kierunku Inżynieria Środowiska na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Krakowskiej ze specjalnością Ogrzewnictwo, wentylacja i termiczna utylizacja odpadów. 1 października 2007 roku rozpoczęła pracę na stanowisku asystenta w Katedrze Sieci i Instalacji Sanitarnych na ówczesnym Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Świętokrzyskiej. Na początku swojej drogi naukowej zajmowała się w jakością powietrza, a następnie mikroklimatem w pomieszczeniach z wentylacją naturalną, głównie w ramach uczelnianych prac statutowych, ale także projektu badawczego *Innowacyjne środki i efektywne metody poprawy bezpieczeństwa i trwałości obiektów budowlanych i infrastruktury transportowej w strategii zrównoważonego rozwoju* realizowanego w ramach PO IG Priorytet 1 *Badania i Rozwój nowoczesnych technologii*. Efektem prac badawczych w tym okresie była rozprawa doktorska pt. *„Regulowanie parametrów mikroklimatycznych Indywidualnym Systemem Nawiewnym”*, obroniona w 2012 roku Wydziału Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki Politechniki Świętokrzyskiej oraz 15 publikacji: w tym 4 w czasopiśmie naukowych z listy B wykazu MNiSW i 9 na konferencjach krajowych i międzynarodowych.

Po doktoracie dr inż. Ewa Zender - Świercz rozszerzyła zakres badań o numeryczne modelowanie CFD przepływu powietrza w wentylowanym pomieszczeniu oraz obliczenia symulacyjne zużycia ciepła i wymiany powietrza w budynkach. W tym okresie Habilitantka, wykorzystując modele numeryczne i wcześniejsze pomiary zrealizowała 17 publikacji: 2

SEKRETARIAT DZIEKANA

Wpłynęło dnia 19 09 2019

Podpis G. Adam 103/18

artykuły w czasopismach indeksowanych w bazie JCR, 7 artykułów w czasopismach z listy B MNiSW (nieindeksowanych w bazie JCR), 5 (+1) w materiałach konferencji indeksowanych w bazie WoS, 2 monografie wydanych przez Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej oraz 1 rozdziału w monografii pokonferencyjnej. Ważnym, zastosowanym w praktyce efektem prac badawczych w tym okresie jest współautorski patent PL 228624 B1 z 80% udziałem Habilitantki

Od 1 października 2006 do 30 kwietnia 2013 dr inż. Ewa Zender – Świercz była zatrudniona na stanowisku asystenta: do 30 września 2012 roku w Katedrze Sieci i Instalacji Sanitarnych Ogrzewnictwa na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Śląskiej, a następnie od 1 października 2012, w związku z reorganizacją Wydziału, w Katedrze Fizyki Budowli i Energii Odnawialnej na Wydziale Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki. Od 1 maja 2013 roku do chwili obecnej jest zatrudniona na stanowisku adiunkta w dotychczasowym miejscu pracy (w Katedrze Fizyki Budowli i Energii Odnawialnej na Wydziale Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki Politechniki Świętokrzyskiej).

3. Ocena osiągnięcia naukowego dr inż. Ewy Zender – Świercz p.t. "Zdecentralizowana wentylacja fasadowa sposobem na poprawę jakości powietrza wewnętrznego" Diagnostyka. Analiza. Poprawa,

Habilitantka przedstawiła do recenzji monografię pt. *"Zdecentralizowana wentylacja fasadowa sposobem na poprawę jakości powietrza wewnętrznego"* napisanej w języku polskim, wydanym przez Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 2018, (ISBN 978-83-65719-41-6). Temat i zakres merytoryczny monografii mieści się w zakresie dziedziny nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska (obecnie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka).

Na wstępie należy podkreślić, że klasyczna wentylacja naturalna pomieszczeń, realizowana przy wykorzystaniu nieszczelności przegród budowlanych, jest mało efektywna zarówno z punktu widzenia jakości powietrza wewnętrznego jak i zużycia energii. Z tego powodu od lat poszukiwane są inne bardziej efektywne metody wentylacji. Nowe metody i rozwiązania techniczne obejmują bardzo szeroki zakres, poczynając od wspomaganie wentylacji naturalnej, poprzez centralną wentylację mechaniczną, aż do systemów wentylacji na żądanie (DCV demand-controlled ventilation). Wentylacja rozumiana jest jako planowany nawiew i usuwanie powietrza z obsługiwanego pomieszczenia (PN-EN 12792:2006), w ilości zapewniającej utrzymanie stężenia znanych zanieczyszczeń poniżej wartości uznanych za szkodliwe. Wobec rosnących oczekiwań użytkowników w zakresie jakości powietrza i komfortu cieplnego w pomieszczeniach, wprowadzane są systemy klimatyzacji, które łączą w sobie utrzymanie zarówno komfortu cieplnego jak i odpowiedniej jakości powietrza, są to rozwiązania typu „dwa w jednym”. Oczywiście, systemy klimatyzacji charakteryzują się większymi kosztami inwestycyjnymi i eksploatacyjnymi oraz konkretnymi wymaganiami dotyczącymi przestrzeni potrzebnej do prowadzenia przewodów, jak również zapewnienia (analizy) odpowiedniego ukształtowania strumienia powietrza nawiewanego. Wobec znanego faktu, że w budynkach biurowych koszty utrzymania komfortu cieplnego stanowią ok. 5 % kosztów pracy, a pogorszenie komfortu cieplnego powoduje obniżenie wydajności pracy, powszechne stało się stosowanie klimatyzacji w nowobudowanych budynkach biurowych także w Polsce. W coraz większym stopniu dotyczy to także budynków użyteczności publicznej. Szczególnie intensywnie rozwijają się systemy klimatyzacji VAV, które są jednym z najbardziej ekonomicznych narzędzi utrzymania odpowiednich dla człowieka warunków środowiskowych (komfortu cieplnego) oraz jakości powietrza w pomieszczeniach.

Jest jednak duża grupa budynków mieszkalnych, gdzie ze względów ekonomicznych, powszechnie stosowana jest wentylacja naturalna. Realizowana obecnie termomodernizacja budynków i zwiększanie szczelności przegród powoduje ograniczenie strumienia powietrza wentylacyjnego i znaczne pogorszenie jakości powietrza w pomieszczeniach budynków mieszkalnych. Ponadto, w okresie letnim, gdy temperatura powietrza zewnętrznego jest wyższa od temperatury w pomieszczeniu, nawet w pełni otwarte okna nie poprawiają sytuacji, gdyż zwiększony wtedy strumień powietrza zewnętrznego powoduje wzrost temperatury powietrza w pomieszczeniu, pogarszając komfort cieplny użytkowników. Użytkownicy zazwyczaj akceptują gorszą jakość powietrza w pomieszczeniu, nie chcąc dopuścić do wzrostu temperatury powietrza powyżej 28 °C. Nocne chłodzenie pomaga na 1÷2 godziny, ale zwiększa ryzyko przeziębień spowodowanych niekontrolowanym przepływem powietrza w tym okresie.

Monografia habilitacyjna dr inż. Ewy Zender – Świercz koncentruje się na zagadnieniu wspomagania wentylacji naturalnej w systemie wentylacji indywidualnej. Składa z 6 rozdziałów i zawiera łącznie 152 strony, w tym 128 stron tekstu, 131 (+11) pozycji literatury i aktów prawnych oraz 4 załączniki. Autorka nie podaje celu swojego osiągnięcia naukowego. Píše jedynie że „*Do analizy parametrów powietrza wybrano opatentowane [Zender – Świercz, Piotrowski, 2017] urządzenie do wentylowania pomieszczeń. Jego zadaniem jest poprawa warunków mikroklimatycznych w pomieszczeniach*”. Biorąc pod uwagę treść rozprawy można w niej wyróżnić 4 części merytoryczne:

1. Wybrane problemy jakości powietrza wewnętrznego oraz sposoby jej poprawy
2. Badanie parametrów powietrza wewnętrznego kreowanych przez zdecentralizowane fasadowe urządzenie do wentylowania pomieszczeń
3. Symulacja CFD przepływu powietrza w pomieszczeniu
4. Analiza statystyczna wpływu cyklu pracy urządzenia do wentylowania na wielkość i czas redukcji CO₂ oraz wartość temperatury w pomieszczeniu

Część 1 treści merytorycznych monografii (rozd. 1: *Wybrane problemy jakości powietrza wewnętrznego* oraz rozdz. 2: *Sposoby poprawy jakości powietrza wewnętrznego i ocena ich skuteczności*) zawiera omówienie podstawowych zanieczyszczeń powietrza wewnętrznego, metod oceny ich wpływu na jakość powietrza wewnętrznego, w tym kontekście również na zdrowie i wydajność pracy użytkowników pomieszczeń, a także omówienie metod oceny efektywności (skuteczności) różnych systemów wentylacji. Zagadnienia te zaprezentowano na podstawie przeglądu literatury, obowiązujących norm i standardów oraz raportów WHO. Główną uwagę zwrócono na jakość powietrza, mniej na mikroklimat w pomieszczeniach. Konkluzją tych rozważań było stwierdzenie, że zdecentralizowany system wentylacji jest najbardziej efektywny energetycznie. Niestety porównywano go tylko ze scentralizowanym systemem wentylacji mechanicznej ze stałym strumieniem powietrza (CAV); nie rozważano systemu ze zmiennym strumieniem powietrza (VAV), czy też systemu wentylacji na żądanie DCV. Ponadto, ocenę energetyczną zaprezentowano na podstawie zużycia energii przez wentylator; nie analizowano możliwości dotrzymania komfortu cieplnego przez poszczególne systemy. Takie podejście uzasadnione jest jedynie w przypadku systemów wentylacji, których zadaniem jest wymiana powietrza. Z uwagi na ograniczenia zawarte w tytule rozdziału („*Wybrane problemy ...* „), podejście takie jest merytorycznie poprawne, choć budzi pewien niedosyt z uwagi na brak porównania z nowoczesnymi rozwiązaniami wentylacji w tym zakresie.

Drugą część merytorycznych treści monografii stanowi rozdział 4: *Badania parametrów powietrza wewnętrznego kreowanych przez zdecentralizowane fasadowe urządzenie do wentylowania pomieszczeń*. Moim zdaniem jest to najważniejsza część pracy, zarówno z punktu widzenia uzyskanych wyników jak i wykazania się przez Habilitantkę umiejętnością samodzielnego prowadzenia badań. W pierwszej części rozdziału, Autorka opisała autorskie urządzenie proponowane do wentylowania pomieszczeń oraz stosowane urządzenia pomiarowe. Urządzenie objęte jest patentem ~~objęte patentem~~ nr PL 228624 B1 z 80% udziałem Habilitantki. Opis działania urządzenia i zasad sterowania jego pracą jest bardzo lakoniczny. Nie podano czy siłowniki, które za pośrednictwem przepustnic odwracają kierunek przepływu powietrza, są sterowane sygnałem dwustanowym, trójstanowym czy też sygnałem ciągłym. Nie podano też czasu przestawienia przepustnic od jednego do drugiego położenia krańcowego czy też czasu przejścia siłowników. Czas przestawienia urządzenia ma istotne znaczenie z punktu widzenia właściwości urządzenia, szczególnie w 2-minutowym cyklu jego pracy. Ponadto niezsynchronizowane przestawianie przepustnic może powodować niekontrolowany przepływ (przepływ przez bypass lub blokadę przepływu).

Przy opisie urządzeń pomiarowych nie podano niepewności pomiarów charakteryzujących poszczególne urządzenia pomiarowe (dokładności czujników i przetworników pomiarowych), a tylko rozdzielczość ich wyświetlaczy cyfrowych. Ponadto w autoreferacie przy opisie badań błędnie utożsamiono rozdzielczość wskazań urządzeń pomiarowych z ich dokładnością. Przy charakterystyce urządzeń pomiarowych nie podano też właściwości dynamicznych czujników pomiarowych (stałych czasowych czy czasów odpowiedzi), a przecież prowadzono pomiary zmian wielkości fizycznych w czasie, spowodowanych cykliczną pracą urządzenia wentylacyjnego. Określenie na str. 52 „miniaturowy czujnik półprzewodnikowy” nie zawiera informacji w tym zakresie. Nie zamieszczono też opisu sposobu utrzymania temperatury powietrza w badanym pomieszczeniu. Czy było to tradycyjne centralne wodne ogrzewanie z grzejnikami konwekcyjnymi usytuowanymi pod oknem i przygrzejnikowymi regulatorami temperatury, czy też ogrzewanie powietrzne? Sposób ogrzewania pomieszczenia ma istotny wpływ na utrzymanie i zmiany jego temperatury wewnętrznej.

Analizę wyników pomiaru tej części merytorycznych treści monografii Autorka podzieliła na kolejne 3 części (podrozdziały), grupując je ze względu na rodzaj mierzonych parametrów:

- Analiza wpływu urządzenia na temperaturę i wilgotność powietrza wewnątrz pomieszczeń
- Analiza prędkości powietrza nawiewanego i usuwanego
- Analiza prędkości rozcieńczania zanieczyszczeń

Pomiary temperatury i wilgotności powietrza wewnątrz i na zewnątrz pomieszczenia przeprowadzono w okresie jesień-zima-wiosna, w dwutygodniowych seriach z rejestracją ciągłą w odstępach pięciominutowych. Wykonano 13 serii pomiarowych: po 4 serie dla 2- i 4-ro minutowego cyklu pracy oraz 5 serii dla cyklu pracy 10 min. Autorka nie wyjaśnia co oznacza sformułowanie „rejestracja ciągła w odstępach pięciominutowych”. Czy oznacza to częste (z jakim krokiem?) pomiary i rejestrację wartości średnich z okresu 5 min; czy też są to chwilowe wartości odczytywane i rejestrowane co 5 min? W załącznikach nr 1 i 2 wyniki pomiarów podane są z jeszcze dłuższym z krokiem - 15 min; ponadto nie podano w jakim dniu zostały zarejestrowane?, w której serii? i dla jakiej długości cyklu pracy urządzenia ~~zostały one zarejestrowane?~~ Z punktu widzenia prawidłowości pomiarów sygnałów zmieniających się w sposób okresowy (cykliczny) istotny jest tzw. krok próbkowania (pomiaru) sygnału. Powinien on być na tyle krótki, aby nie wystąpiło tzw. zjawisko *aliasing'u*. Dobór kroku próbkowania sygnału jest istotnym problemem przy pomiarach sygnałów harmonicznym oraz w układach sterowaniu przy wykorzystaniu sterowników

cyfrowych. Wystąpienie tego zjawiska oznacza brak możliwości odtworzenia rzeczywistego przebiegu sygnału.

Czas próbkowania sygnału harmonicznego musi być o połowę mniejszy od jego okresu; można wówczas określić częstotliwość zmian sygnału, chociaż dokładność odtworzenia jego wartości może być niewielka. Jeżeli czas próbkowania przekroczy połowę okresu zmian mierzonego sygnału, w wyniku odtworzenia sygnału uzyskuje się sygnał o zupełnie innej częstotliwości i amplitudzie. Przy sygnałach sinusoidalnie zmiennym do szacowania czasu próbkowania można wykorzystać przybliżone zależności:

- do oceny niepewności pomiaru Δy sygnału próbkowanego z czasem τ_p
$$\Delta y = \frac{2\pi A \tau_p}{T}$$

- do obliczenia czasu próbkowania τ_p z niepewnością względną pomiaru ε
$$\tau_p = \frac{\varepsilon T}{\pi}$$

Oznacza to że do odtworzenia wahania temperatury w cyklu pracy urządzenia wentylacyjnego równego 2 min (okres $T = 240$ sek), próbkowanie i rejestracja powinna być realizowana częściej niż 120 sek. Do pomiaru sygnału z niepewnością równą 0.05A (A jest amplitudą sygnału sinusoidalnego), wymagane jest próbkowanie i rejestracja sygnału co 3.8 s. Przy próbkowaniu co 30 s uzyskuje się niepewność pomiaru wynoszącą 0.78A jego amplitudy. W cyklu pracy urządzenia wentylacyjnego równym 10 min wskaźniki znacznie się poprawiają. Do pomiaru sygnału z niepewnością równą 0.05A, wymagane jest próbkowanie sygnału co 19.0 s, a przy próbkowaniu co 30 s uzyskuje się niepewność pomiaru równą 0.157A.

Porównując cykl pracy urządzenia wentylacyjnego wymuszającego okresowe zmiany wartości sygnałów z krokiem rejestracji, należy stwierdzić, że w przypadku pomiarów temperatury powietrza w pomieszczeniu, zjawisko *aliasing'u* wystąpiło. Potwierdzają to wyniki symulacji CFD zamieszczone na rys. 5.3 oraz 5.7 dla cyklu nawiewu 2 min oraz rys. 5.10 dla cyklu nawiewu 10 min. Zmiany temperatury prezentowane na tych rysunkach są zdecydowanie większe od zmian podanych na rys. 4.13 czy w tabelicy w załączniku nr 1. Oznacza to, że wnioski podane w tej części pracy nie znajdują potwierdzenia w pomiarach. Podane na rys. 4.13 oraz w załączniku nr 1 wahania temperatury wewnętrznej są spowodowane wahaniami temperatury zewnętrznej, co potwierdza rys.4.14; natomiast układ pomiarowy prawdopodobnie „nie widzi” wahań temperatury spowodowanej pracą urządzenia wentylacyjnego - właśnie z powodu zjawiska *aliasing'u*. Z rysunku 5.3 wynika, że już po 20 sek od rozpoczęcia nawiewu do środka przekroju pomieszczenia w strefie pracy dopływa powietrze o temperaturze ok. 10 °C, a po 97 sek w całym przekroju do wysokości ok. 30 cm od podłogi zalega powietrze o temperaturze ok. 15 °C. Niestety, w pracy nie zamieszczono symulacji zmiany temperatury powietrza wewnętrznego w z czasem cyklu nawiewu 10 min. Moim zdaniem obniżenie temperatury wewnętrznej spowodowane pracą urządzenia wentylacyjnego jest więc znacznie większe niż pokazują to dane pomiarowe. Wartość obniżenia będzie zależeć od położenia punktu pomiarowego, długości cyklu pracy urządzenia oraz aktualnej różnicy temperatury między powietrzem wewnętrznym i zewnętrznym. Podane na rysunku 5.10 obniżenie temperatury wewnętrznej przy cyklu pracy 10 min wynosi ok. 5K, a warto podkreślić, że czas trwania obniżonej temperatury przy powtarzających się cyklach nawiew/wywiew wynosi prawie 50% czasu działania urządzenia wentylacyjnego. Z tego względu urządzenie wentylacyjne bezwzględnie powinno być wyposażone w akumulacyjny wymiennik odzysku ciepła lub też dodatkowo - w nagrzewnicę powietrza (grzałkę elektryczną). Tak zmodyfikowane urządzenie, prawdopodobnie spełni już wymagania komfortu cieplnego w czasie kolejnych cykli pracy. Powinno to jednak znaleźć potwierdzenie w prawidłowo zaplanowanych i przeprowadzonych pomiarach.

Pomiary wilgotności względnej powietrza w pomieszczeniu obarczona jest tym samym błędem pomiarowym. Ponadto, przy analizie zmian wilgotności powietrza wewnętrznego, nie należy szukać zależności wilgotności względnej powietrza wewnętrznego od wilgotności

względnej powietrza zewnętrznego, bo wilgotność względna powietrza zależy w dużym stopniu od jego temperatury. To samo powietrze po zmianie temperatury będzie miało inną wilgotność względną. Wyraźnie widać to na odpowiadających sobie wykresach temperatury (rys. 4.13) i wilgotności względnej (4.15) powietrza zewnętrznego. Wilgotność względna powietrza zewnętrznego w okresach nocnych, szczególnie nad ranem jest największa, bo najniższa jest jego temperatura. W okresie dnia, gdy temperatura powietrza zewnętrznego wzrasta, maleje też jego wilgotność względna. Zarejestrowane zmiany wartości wilgotności względnej powietrza wewnętrznego były więc efektem zmian jego temperatury, a nie zmian wilgotności względnej powietrza zewnętrznego. Zależności należało szukać między zawartością wilgoci w pomieszczeniu, a zawartością wilgoci w powietrzu zewnętrznym ($x_p = x_z + \Delta x$); gdzie Δx jest przyrostem zawartości wilgoci spowodowanej zyskami wilgoci w pomieszczeniu. Niestety w pracy nie przeprowadzono analizy zmiany zawartości wilgoci w powietrzu wewnętrznym.

Pomiary prędkości powietrza nawiewanego prowadzone były z krokiem 1 sek, zatem spełniony był warunek maksymalnego kroku rejestracji (minimalnej częstości próbkowania). Przeprowadzono po 22 serie pomiarowe dla cyklu nawiewu i 22 serie dla cyklu wywiewu dla każdego z trzech okresów trwania cyklu. Nie podano, w jakim okresie je przeprowadzono (w tym samym dniu?) oraz przy jakim kierunku i prędkości wiatru. Pomiary wykazują dużą powtarzalność, co sugeruje, że przeprowadzone zostały jednego dnia, przy podobnych warunkach meteorologicznych.

Analizę zmian prędkości należy uznać za prawidłową, a wyniki - za poprawne i wiarygodne. Wnioski wysunięte na podstawie tych pomiarów są też zdecydowanie inne niż w przypadku temperatury. W podsumowaniu analizy na str. 70 stwierdza się, że „Zasadnym staje się zastosowanie w układzie nagrzewnicy powietrza lub grzałki elektrycznej” i dalej „takie modyfikacje wyeliminują negatywne odczuwanie ruchu powietrza”.

Pomiary szybkości rozcieńczania zanieczyszczeń przeprowadzono na podstawie pomiaru stężenia CO₂ doprowadzonego punktowo do pomieszczenia. Przeprowadzono 9 serii pomiarowych dla każdego z 3 okresów trwania cyklu. Krok rejestracji wynosił 30 sek. W tym przypadku także spełniony był warunek minimalnej częstości próbkowania. Na wykresach zamieszczonych na rys. 4.24 wyraźnie widać wahania stężenia CO₂ wywołane cyklami pracy urządzenia wentylacyjnego. Pomiary i analizę wyników przeprowadzoną w zakresie szybkości zmian stężenia CO₂ można uznać za prawidłową. Natomiast w podsumowaniu analizy (str. 77) powielony został nieprawidłowy wniosek wynikający z błędów popełnionych przy pomiarze temperatury powietrza wewnętrznego. Z kolei stwierdzenie „Przedmiotem dalszych badań będzie poszukiwanie optymalnego sposobu odzysku ciepła dla zdecentralizowanych urządzeń wentylacyjnych” jest krokiem w dobrym kierunku.

Część 3 merytorycznych treści monografii zawiera badanie zmian parametrów powietrza wewnętrznego przy wykorzystaniu modeli numerycznych CFD (rozdziały 3 i 5). W rozdziale 3 *Projektowanie instalacji wentylacji – wybrane problemy i ich rozwiązanie*, omówiono w sposób ogólny zasady numerycznego modelowania przepływu powietrza w przestrzeni ograniczonej, wykorzystywane modele oraz problemy występujące w tym zagadnieniu. Omówiono też zasady oceny przydatności różnych modeli do symulacji przepływu w konkretnych warunkach tzn. weryfikacji i walidacji modeli z punktu widzenia użytkownika a nie twórcy programu. Oczywiście Habilitantka korzystała przy modelowaniu z dostępnego oprogramowania, a nie tworzyła nowego, więc takie podejście jest uzasadnione. Szkoda tylko, że nie podała z jakiego konkretnie programu korzystała (FLUENT?, która wersja?). Z uwagi na ogólnikowość podejścia, rozdział ten jest bardzo krótki (zaledwie 6 stron) i znacznie

odbiega swą objętością od innych. Moim zdaniem rozdział 3 powinien zostać włączony do rozdziału 5 jako pierwszy jego podrozdział.

Wyniki symulacji CFD procesu kształtowania parametrów powietrza pomieszczeniu zaprezentowano w rozdziale 5: *Funkcjonowanie zdecentralizowanego fasadowego urządzenia do wentylowania pomieszczeń – symulacja*. Na rys. 5.2 ÷ 5.6 zaprezentowano wyniki symulacji wykonane dla jednego przekroju pionowego pomieszczenia przechodzącego przez oś otworu nawiewno-wywiewnego. Symulacje przeprowadzono dla jednego cyklu nawiewu 2 min (rys. 5.2 ÷ 5.4) oraz jednego cyklu wywiewu 2 min (rys. 5.4 i 5.5). Nie była to więc symulacja cyklicznej pracy urządzenia. Na rysunku 5.3 wyraźnie widać duże zróżnicowanie wartości temperatury powietrza w strefie pracy. Wizualizację zmiany temperatury powietrza omówiono już szczegółowo na str. 5 niniejszej recenzji. Niestety, w pracy nie zamieszczono wizualizacji symulacji zmiany temperatury powietrza wewnętrznego w cyklu pracy 10 min, w którym obszary obniżonej temperatury byłyby zdecydowanie większe. Przy symulacji wielu cykli pracy, należy oczekiwać, że temperatura powietrza w pomieszczeniu będzie obniżyła się „więcej” w każdym kolejnym cyklu pracy (w stosunku do cyklu poprzedniego), analogicznie jak w przypadku stężenia CO₂. Szybkość i końcowa wartość obniżania zależna będzie od rodzaju instalacji c.o. zapewniającej utrzymanie temperatury powietrza w pomieszczeniu. Niestety w pracy nie ma żadnych informacji na ten temat, a rodzaj instalacji c.o. i sposób regulacji temperatury ma także wpływ na wahania temperatury powietrza w pomieszczeniu. Istotne znaczenie dla odczucia komfortu cieplnego użytkowników oraz temperatury powietrza wewnętrznego ma też temperatura wewnętrznych powierzchni przegród pomieszczenia. Zagadnienie to zostało w pracy zupełnie pominięte.

W cyklu wywiewu, przy założeniu równomiernej i stałej wartości temperatury powietrza w pomieszczeniu i stałej temperaturze powietrza napływającego przez szczelinę w drzwiach pomieszczenia, temperatura w pomieszczeniu nie zmienia się; zmienia się tylko prędkość przepływu powietrza oraz stężenie CO₂ w powietrzu pomieszczenia, co pokazują rys. 5.4 i 5.5

Na rys. 5.7 ÷ 5.12 pokazano wykresy zmian parametrów powietrza wyznaczone na podstawie symulacji CFD. Wykres 5.7 pokazuje, że już w pierwszym cyklu nawiewu równym 2 min temperatura wewnętrzna w miejscu pracy obniża się o 2.5 K, a przy pierwszym cyklu nawiewu równym 10 min - prawie o 5K. W kolejnych symulacjach obniżenia byłyby jeszcze większe. Warto zaznaczyć, że zmian tych nie pokazują wyniki pomiarów temperatury.

Moim zdaniem mankamentem przeprowadzonych badań symulacyjnych jest ich ograniczenie tylko do jednego, pierwszego cyklu pracy: nawiewu i wywiewu. W warunkach rzeczywistych urządzenie pracuje w powtarzających się cyklach nawiew/wywiew, a to wpływa na obniżenie wartości stężenia CO₂ (co uwidoczniły wyniki pomiarów), a także na obniżenie temperatury powietrza, (czego nie wykazały pomiary z powodu zbyt długiego kroku rejestracji). Teoretycznie możliwe, choć mało prawdopodobne, było silne kompensacyjne działanie instalacji c.o. i jej układu regulacji. Niestety, jak już wcześniej wspomniano, w monografii nie ma żadnych informacji na temat instalacji c.o.

Ostatnia, 4 część merytorycznej treści monografii zawiera analizę statystyczną wpływu czasu trwania cyklu nawiew/wywiew oraz lokalizacji punktu pomiarowego na wartość i czas redukcji stężenia CO₂ oraz wartość temperatury powietrza. Przeprowadzona dwuczynnikowa analiza wariancji potwierdziła intuicyjne oczekiwania. Największa średnia redukcja stężenia CO₂ wystąpiła dla cyklu pracy urządzenia równego 10 min, niezależnie od lokalizacji punktu, a średnia wartość redukcji CO₂ była najwyższa dla lokalizacji „parapet”; przy czym wpływ czasu cyklu na redukcję jest silniejszy niż lokalizacja punktu pomiarowego. W przypadku zmiany temperatury wewnętrznej uzyskano analogiczne wyniki, temperatura w miejscu pracy

była istotnie wyższa niż w pozostałych punktach pomiarowych; podobnie uzyskano najwyższe wartości temperatury dla cyklu pracy 2 min, a najniższe dla cyklu 10 min.

Nie mam zastrzeżeń do tej części pracy; moim zdaniem analiza jest przeprowadzona w sposób prawidłowy, a jej umieszczenie w pracy wzmacnia wartość merytoryczną monografii.

Ocena ogólna osiągnięcia naukowego

Habilitantka przeanalizowała pracę urządzenia wentylacyjnego, w powtarzalnym cyklu nawiew/wywiew. W dużej części analiza jest poprawna. Jednak przy pomiarach zmiany wartości temperatury i wilgotności powietrza w pomieszczeniu Autorka popełniła grubo błąd pomiarowy, przyjmując zbyt długi krok rejestracji. Krok rejestracji przekraczał cykl pracy urządzenia, co spowodowało wystąpienie zjawiska *aliasing'u*. Otrzymane wyniki w tym zakresie są więc niewiarygodne, a postawiony wniosek o braku wpływu zmian temperatury wewnętrznej na odczucia komfortu cieplnego badanego urządzenia jest, moim zdaniem, błędny (rozdz. 4.1). Faktem jest, że wniosek końcowy wynikający z pomiarów i analizy prędkości przepływu i szybkości rozcieńczania zanieczyszczeń jest inny i zaleca modyfikację urządzenia przez wprowadzenie nagrzewnicy powietrza oraz/i odzysku ciepła. Uzasadnia to konieczność poprawy pomiarów, najlepiej ze zmodyfikowanym urządzeniem wentylacyjnym wg. powyższego wniosku.

Innym mankamentem monografii jest brak analizy wpływu „dokładności urządzeń pomiarowych” na niepewność wyników pomiarów analizowanych parametrów. Autorka utożsamia dokładność urządzeń pomiarowych z rozdzielczością ich wskazań, co jest oczywistym błędem. Nie podała też parametrów charakteryzujących właściwości dynamiczne czujników pomiarowych, co w przypadku pomiarów zmiany wielkości fizycznych w czasie ma kluczowe znaczenie.

Badane urządzenie zostało opatentowane, ale trudno tu mówić o innowacyjnym rozwiązaniu. Zasada wykorzystania tych samych otworów w przegrodach budowlanych do cyklicznego nawiewu i wywiewu powietrza zewnętrznego do pomieszczenia znana była od dawna i nie jest pomysłem Autorki. Pomysłem Autorki jest natomiast rozwiązanie techniczne umożliwiające odwracanie nawiewu i wywiewu przy wykorzystaniu zestawu 4 przepustnic powietrza z siłownikami. Właśnie ze względu na konieczność użycia 4 urządzeń wykonawczych (zestawów siłownik-przepustnica) i konieczność synchronizacji ich działania), jest to rozwiązanie dość kosztowne. Zdecydowanie tańszym rozwiązaniem jest rewersyjna praca wentylatora tzn. odwracanie nawiewu i wywiewu przez zmianę kierunku obrotów wentylatora osiowego. Analogiczne rozwiązanie jest z powodzeniem stosowane w węzłach ciepłowniczych w postaci siłowników zaworów regulacyjnych, zbudowanych na bazie silników rewersyjnych, sterowanych sygnałem 3-stanowym.

Natomiast na korzyść Habilitantki przemawia kompleksowość podejścia do zagadnienia badawczego. Monografia zawiera pomiary parametrów fizycznych powietrza, numeryczną symulację kształtowania się tych parametrów oraz analizę zakresu ich zmian, a także analizę statystyczną. Uważam, że analiza statystyczna jest cennym elementem monografii podnosząc jej wartość merytoryczną.

Monografia jest też starannie opracowana redakcyjnie; układ treści jest czytelny, zawiera czytelne wykresy (może z wyjątkiem rys. 4.12 i 4.15) i praktycznie nie zawiera tzw. literówek. Mankamentem natomiast są lakoniczne opisy, a nawet ^{błąd} niektóre informacje związanych z prowadzonymi pomiarami, czy też dotyczącymi rodzaju systemu ogrzewania w pomieszczeniu i zasad jego sterowania.

Uwagi szczegółowe do osiągnięcia naukowego

Niestety, monografia zawiera wiele polemicznych sformułowań, najważniejsze z nich są następujące:

- str 45 „Do analizy parametrów powietrza wewnętrznego wybrano opatentowane [Zender-Świercz, Piotrowski 2017] urządzenie do wentylowania pomieszczeń. Jego zadaniem jest poprawa warunków mikroklimatycznych w pomieszczeniach.” oraz „Analizowane urządzenie, dzięki indywidualnemu montażowi w pomieszczeniach, pozwala na jego uruchomienie w momencie wystąpienia potrzeby dostosowania parametrów mikroklimatu w pomieszczeniu dla potrzeb uzyskania komfortu cieplnego”, w mojej opinii urządzenie zapewnia tylko wymianę powietrza, co zmniejsza zanieczyszczenie powietrza wewnętrznego i poprawia jego jakość, natomiast nie zmienia mikroklimatu, a w szczególności nie zapewnia komfortu cieplnego (raczej pogarsza) bo nie jest to jego zadanie.
- str 79 „Prezentowane wyniki symulacji przedstawiono na rysunku 5.1” – rysunek ten prezentuje jedynie geometrię pomieszczenia dla którego prowadzono symulacje; wizualizację wyników symulacji CFD zamieszczono na rys. 5.2 ÷ 5.6.
- str 97 „Wyniki symulacji potwierdziły wniosek, że urządzenie fasadowe nie powoduje wyziębienia pomieszczeń” i podobne na str. 99 „Jednocześnie nie powoduje wychłodzenia pomieszczeń” - nie jest jasne co Autorka rozumie przez sformułowanie wyziębienie czy wychłodzenie pomieszczenia - jeżeli jest to zrównanie temperatury powietrza wewnętrznego i zewnętrznego to ma rację. Jednak symulacje wyraźnie pokazują istnienie w strefie pracy obszarów powietrza o temperaturze powierza 10 °C, a to znacznie odbiega od komfortu cieplnego.

Podsumowanie oceny osiągnięcia naukowego

W mojej ocenie, przedstawione do recenzji osiągnięcie naukowe zawiera błędy grube pomiarów temperatury powietrza w pomieszczeniu, i z tego względu wymaga poprawy; wskazana byłaby też modyfikacja badanego urządzenia nawiewnego. Zmodyfikowane urządzenie powinno zostać wyposażone w wymiennik odzysku ciepła i/lub nagrzewnicę elektryczną. Wskazane byłoby też opracowanie zasad jego pracy, uwzględniających dotrzymanie komfortu cieplnego przy minimalnym zużyciu energii lub kosztów eksploatacji. Sama Autorka dostrzega również konieczność takich działań.

4. Ocena istotnej aktywności naukowej dr inż. Ewy Zender - Świercz

Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora, Habilitantka była współautorką 6 artykułów naukowych w czasopismach naukowo-technicznych, w tym 4 z listy B MNiSW oraz współautorką 9 publikacji w materiałach konferencyjnych krajowych i zagranicznych konferencji naukowych (w tym renomowanej cyklicznej konferencji Indoor Air).

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora Habilitantka opublikowała 9 artykułów w czasopismach naukowych znajdujących się na liście MNiSW: 2 w części A oraz 7 w części B. 7 z tych artykułów napisanych zostało w języku angielskim. Najbardziej wartościowe 2 artykuły zostały opublikowane w czasopiśmie International Journal of Environmental Science and Technology, indeksowanym w bazie JCR (IF=2.037). Są to artykuły autorskie. Pozostałe 7 artykułów opublikowanych w czasopismach z listy B MNiSW: Structure and Environment oraz Budownictwo i Architektura są, (z wyjątkiem jednego) wieloautorskie: najczęściej 2 autorskie. Habilitantka prezentowała wyniki swoich badań na cyklicznych konferencjach międzynarodowych: zagranicznych (7 referatów) i krajowych (3 referaty), a łączna liczba publikacji w materiałach konferencji międzynarodowych indeksowanych w bazie WoS wynosi 6. Do tego należy dodać 2 autorskie monografie (Wydawnictwo Politechniki

Świętokrzyskiej) i 1 wieloautorski rozdział w monografii (IFB Katarzyna i Piotr Klemm). Łączna liczba publikacji: monografii i artykułów umieszczonych na listach A, B i C MNiSzW wynosi 17+1, a suma punktów uzyskanych za te publikacje wynosi 273.2 w tym za publikacje w czasopismach indeksowanych w JCR – 60 pkt. W artykułach i referatach wieloautorskich, Habilitantka oceniła swój udział na 61,7%. Z uwzględnieniem udziału procentowego: suma IF wszystkich publikacji wynosi 4,016., a suma punktów 191.3 w tym 60 punktów za publikacje w czasopismach z JCR. Liczba cytowań publikacji Habilitantki wg. Web of Science wynosi 5 (3 bez autocytowań), a indeks Hirscha wg. WoS - 2 (1? bez autocytowań). Parametry te są niskie, być może wynikają z krótkiego czasu jaki upłynął od opublikowania najbardziej wartościowych artykułów i materiałów konferencyjnych. Publikacje indeksowane w WoS (z wyjątkiem jednej) ukazały się w okresie ostatnich 3 lat (2016 ÷ 2018). Pozostaje nadzieja, że wraz z upływem czasu liczba cytowań będzie sukcesywnie wzrastać.

Na dorobek Habilitantki składa się też prototyp *urządzenia do wentylowania pomieszczeń* zbudowany przy współpracy z firmą zewnętrzną *Klimatechnika*, który następnie stał się podstawą patentu PL 228624 B1 *Urządzenie do wentylowania pomieszczeń*, z 80% udziałem Habilitantki. Urządzenie to było badane w prezentowanym osiągnięciu naukowym.

Na podkreślenie zasługuje duża aktywność Kandydatki w realizacji projektów badawczych. Habilitantka brała udział łącznie w 5 projektach badawczych:

- w 2 projektach badawczych realizowanych w ramach Programu Operacyjnego *Kapitał Ludzki* Działanie 8.2 *Transfer wiedzy*. Poddziałanie 8.2.2 *Regionalne strategie innowacji*, jako wykonawca,
- w 1 projekcie badawczym realizowanym w ramach Programu Operacyjnego *Innowacyjna Gospodarka* Priorytet 1 *Badania i rozwój nowoczesnych technologii* Działanie 1.1 *Wsparcie badań naukowych dla budowy gospodarki opartej na wiedzy* Poddziałanie 1.1.2 *Strategiczne programy badań naukowych i prac rozwojowych*, jako wykonawca,
- w 2 tematach prac statutowych realizowanych w Politechnice Świętokrzyskiej, jako kierownik

Dr inż. Ewa Zender-Świercz była recenzentem artykułu w czasopiśmie naukowym indeksowanym w JCR oraz 2 publikacji w materiałach konferencyjnych konferencji z listy WoS.

Biorąc pod uwagę daty realizacji grantów oraz daty poszczególnych publikacji można stwierdzić, że Kandydatka jest aktywną badaczką. Najważniejsze 2 publikacje są autorskie, w pozostałych jej udział wynosi ponad 60%. Projekty badawcze realizowane są zazwyczaj w wieloosobowych zespołach, co dowodzi, że Habilitantka potrafi pracować w wieloosobowych zespołach naukowych.

Podsumowanie oceny aktywności naukowej

Moja ocena aktywności naukowej dr inż. Ewy Zender - Świercz jest pozytywna. Liczbę publikacji w czasopismach z IF, po uwzględnieniu ich autorskiego charakteru można uznać za małą ale wystarczającą. Jednak bardzo mała liczba cytowań (3 cytowania wg WOS, bez autocytowań) może budzić podejrzenie, że jest to spowodowane niską wartością naukową tych publikacji. Podejrzenie jest następstwem błędów popełnionych w przedstawionym do recenzji osiągnięciu naukowym. Uważam jednak, że przedstawiony obecnie dorobek naukowy jest wystarczający ilościowo do uzyskania stopnia naukowego doktora habilitowanego, choć jego wartość naukowa powinna zostać potwierdzona zdecydowanie większą liczbą cytowań.

5. Ocena dorobku dydaktycznego, organizacyjnego i współpracy międzynarodowej

Dr inż. Ewa Zender - Świercz jest pracownikiem Uczelni – Politechniki Świętokrzyskiej na stanowisku naukowo-dydaktycznym (obecnie, w następstwie wejścia w życie Ustawy 2.0 - na stanowisku badawczo-dydaktycznym). Prowadzi liczne zajęcia dydaktyczne na:

- studiach stacjonarnych i niestacjonarnych I i II stopnia Wydziału Inżynierii Środowiska Geomatyki i Energetyki. Zakres tematyczny, którym się zajmuje, obejmuje zagadnienia związane z ogrzewnictwem, wentylacją i klimatyzacją oraz zagadnienia związane z wytworzeniem i efektywnym wykorzystaniem energii w tych instalacjach i w całych budynkach (23 przedmioty).
- studiach stacjonarnych II stopnia Wydziału Budownictwa i Architektury (3 przedmioty)
- studiach podyplomowych Wydziału IŚGiE (3 przedmioty)
- kursach specjalistycznych dla podmiotów zewnętrznych i studentów PŚk
- kursach dla uczniów szkół średnich
- kursach szkoleniowych dla nauczycieli szkół średnich
- kursach szkoleniowych dla pracowników i kadry zarządzającej mikro-małych-średnich przedsiębiorstw woj. świętokrzyskiego

Ponadto Habilitantka:

- uczestniczyła w tworzeniu programu studiów I stopnia na kierunku Odnawialne źródła energii na wydziale IŚGiE
- opracowała matrycę pokrycia efektów kształcenia dla kierunku IŚ i OZE
- opracowała programy modułu i karty kształcenia do 3 przedmiotów:
- opracowała instrukcje do kilku stanowisk laboratoryjnych
- sprawowała opiekę nad studentami (opiekun roku studiów w okresie 4 lat)
- pełni funkcji promotora pomocniczego w 1 przewodzie doktorskim

Dr inż. Ewa Zender-Świercz jest promotorem 34 prac inżynierskich i 31 prac magisterskich; a wyniki 2 prac magisterskich zostały opublikowane w czasopiśmie z listy B MNiSW. Bierze też czynny udział w rozbudowie laboratoryjnych stanowisk dydaktycznych. Tematyka ćwiczeń laboratoryjnych pokrywa się z tematyką badawczą, którą się zajmuje, co oznacza, że wdraża Ona do procesu dydaktycznego wyniki swoich badań. Postępowanie takie jest formą popularyzacji nauki.

Dr inż. Ewa Zender - Świercz czynnie angażuje się w sprawy organizacyjne na Wydziale. W latach 2012 – 2016 była członkiem Wydziałowej Komisji Wyborczej. Została też powołana na członka Zespołu Wydziałowego ds. Systemu Zapewnienia Jakości Kształcenia na latach 2012 – 2020. Elementem osiągnięć Habilitantki jest współpraca międzynarodowa. W ramach programu Erasmus+ dr inż. Ewa Zender - Świercz odbyła tygodniowy staż na uczelni zagranicznej - Uniwersytecie w Żylinie. W czasie stażu prowadziła wykłady dla studentów i uczestniczyła w badaniach prowadzonych na tej Uczelni.

Biorąc pod uwagę powyższe osiągnięcia, z pełnym przekonaniem stwierdzam, że dorobek dydaktyczny, organizacyjny i popularyzatorski dr inż. Ewy Zender - Świercz jest w pełni wystarczający do uzyskania stopnia naukowego doktora habilitowanego.

6. Wniosek końcowy

Stwierdzam, że popełnione błędy pomiarowe znacznie obniżają wartość merytoryczną osiągnięcia naukowego dr inż. Ewy Zender – Świercz pt. *„Zdecentralizowana wentylacja fasadowa sposobem na poprawę jakości powietrza wewnętrznego”*. W mojej ocenie wymagane jest powtórzenie pomiarów i analizy wyników w zakresie pomiarów temperatury powietrza w pomieszczeniu. W obecnej wersji przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe nie wypełnia wymagania Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku *o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki*, Dz. Ust. nr 65 poz. 595 z późniejszymi zmianami, stawiane Kandydatom ubiegającym się o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk technicznych.

Natomiast całokształt Jej dorobku oceniam pozytywnie, gdyż relatywnie małą liczbę cytowań jej publikacji równoważy bogaty dorobek dydaktyczny i organizacyjny. Uważam, że w tym zakresie dr inż. Ewa Zender – Świercz wypełnia wymagania Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku *o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki*, Dz. Ust. nr 65 poz. 595 z późniejszymi zmianami, stawiane Kandydatom ubiegającym się o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk technicznych.

Podpisano:



Dr hab. inż. Bernard Zawada, profesor PW