

Prof. dr hab. inż. Robert Sekret
Politechnika Częstochowska
Wydział Infrastruktury i Środowiska
42 – 201 Częstochowa, ul. J.H. Dąbrowskiego 69
E-mail: robert.sekret@pcz.pl

Częstochowa, dn. 22.02.2024 r.

Szanowny Pan
Prof. dr hab. inż. Zbigniew Nadolny
Dziekan
Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki
Politechniki Poznańskiej
ul. Piotrowo 5, 60-965 Poznań

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr. inż. Lawrenca Drojetzkiego
pt. „Wybór energoptymalnego systemu chłodzenia opartego na naturalnych czynnikach chłodniczych dla lodowisk zewnętrznych zadaszonych”

1. Wprowadzenie

Recenzja niniejsza została napisana w odpowiedzi na pismo Nr WISIE.63.07.2024 z dnia 29 stycznia 2024 roku.

2. Ocena rozprawy doktorskiej

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska mgr. inż. Lawrenca Drojetzkiego pt. „Wybór energoptymalnego systemu chłodzenia opartego na naturalnych czynnikach chłodniczych dla lodowisk zewnętrznych zadaszonych” zawiera łącznie 99 strony. Rozprawa została podzielona na 9 głównych rozdziałów i uzupełniona: bibliografią, załącznikami oraz spisem ważniejszych oznaczeń, streszczeniem w języku polskim i angielskim. We wprowadzeniu do rozprawy doktorskiej (rozdział 1 pracy) Doktorant odniósł się do istniejących problemów energochłonności lodowisk wynikających m.in. z obecnej polityki klimatycznej Unii Europejskiej. Doktorant zwrócił również uwagę, że w przypadku hal lodowych oprócz instalacji chłodniczych wymagane są zaawansowane systemy obróbki powietrza zapewniające utrzymanie odpowiedniej

temperatury oraz wilgotności, w tym poprzez: ogrzewanie, chłodzenie, nawilżanie i osuszanie powietrza w hali w zależności od chwilowych warunków zewnętrznych. Stanowi to dodatkowe zapotrzebowanie na nośniki energii pierwotnej. W rozdziale 2 Doktorant zaprezentował stan badań nad systemami wytwarzania i dystrybucji chłodu dla lodowisk. W analizie stanu wiedzy odniósł się do standardów technologii lodowisk, dokonał ich charakterystyki w zależności od przeznaczenia, wyszczególnił struktury systemów wytwarzania i dystrybucji chłodu z uwzględnieniem instalacji wykorzystujących syntetyczne i naturalne czynniki chłodnicze oraz odniósł się do badań dotyczących wdrażania systemów chłodniczych średnio i niskotemperaturowych. W rozdziale 3 Doktorant zaprezentował problem badawczy, cel i zakres pracy. Jako problem badawczy, wskazał brak kompleksowej metody wyznaczania energoptymalnych struktur systemów chłodniczych opartej na funkcji użytkowej, warunkach ograniczających i funkcji celu w aplikacji dla lodowisk, w tym również lodowisk zewnętrznych zadaszonych. W związku z tym zaproponował trzy cele pracy oraz dwie tezy rozprawy. Rozdział 4 rozprawy to rozważania nad zagadnieniem wyboru energoptymalnego systemu chłodniczego. W prezentowanej metodyce punktem wyjścia jest funkcja użytkowa, która opisywana jest przy wykorzystaniu zakresu normowanych parametrów stałych. Kandydat odnosi się kolejno do: metodyki, modelu systemu chłodzenia, warunków brzegowych, algorytmu analizy systemowej wraz z funkcją celu. W rozdziale piątym Kandydat scharakteryzował model technologiczny wybranego lodowiska jako obiektu badawczego, opisał parametry stałe, zmienne decyzyjne i ograniczenia oraz zbiór wszystkich możliwych wariantów systemu chłodniczego. Kolejny rozdział 6 to modele symulacyjne. W rozdziale tym Kandydat zaprezentował algorytm na potrzeby wyznaczenia zapotrzebowania na energię dla każdego z analizowanych systemów chłodniczych w kroku godzinowym. Następnie przedstawił model obciążeń chłodniczych wraz z danymi i założeniami wejściowymi, algorytmem wyznaczania obciążeń chłodniczych, wyniki w formie zależności obciążenia chłodniczego od czasu, model systemu chłodniczego wraz z danymi i założeniami wejściowymi oraz wyborem nośnika chłodu. W rozdziale 7 Doktorant przedstawił wyniki obliczeń oraz dyskusję dla wybranych wariantów systemu chłodzenia. Przeprowadzono dwie symulacje. Pierwsza z nich obejmowała symulację zapotrzebowania na energię dla poszczególnych systemów w trakcie roku użytkowania i uwzględniała zarówno zmienność sprawności wytwarzania chłodu, jak również zmienny profil obciążeń chłodniczych. Druga polegała na analizie zmienności sprawności systemów w funkcji zmiany temperatury zewnętrznej, tj. dla zakresów, w których obiekty tego typu są eksploatowane najczęściej. W rozdziale tym Kandydat ujął również analizę wrażliwości po kątem wymaganej temperatury lodu czy rozważania dalszego obniżenia zapotrzebowania na energię elektryczną poprzez zastosowanie algorytmu sterowania. Uzyskane wyniki wskazały istotny potencjał oszczędności energetycznych zarówno przy budowie nowych obiektów, jak i przy modernizacji istniejących instalacji. W rozdziale 8 rozprawy Doktorant przeprowadził walidację wyników badań symulacyjnych. W tym celu wykorzystał oprogramowanie Pack Calculation Pro. W rozdziale tym przedstawił charakterystykę wybranego

oprogramowania, analizę porównawczą wyników uzyskanych z wykorzystaniem Pack Calculation Pro oraz wyniki obliczeń z rozdziału 7.1. Rozdział 9 pracy to podsumowanie i wnioski końcowe.

Po zapoznaniu się z rozprawą doktorską nie wnoszę uwag krytycznych do jej układu. Zwróciłbym jedynie uwagę na brak czytelności, co może nieco utrudniać zrozumienie intencji Doktoranta, w tytułach rozdziałów 4 i 5, tj. zagadnienie wyboru a wybór energooptymalnego systemu. Poza tym struktura pracy jest czytelna, logicznie ułożona. Uważam, że Doktorant nabył umiejętności poprawnej organizacji rozprawy doktorskiej.

Doktorant przeprowadził analizę obecnego stanu wiedzy w zakresie systemów wytwarzania i dystrybucji chłodu dla lodowisk w oparciu o 59 pozycji bibliograficznych, z czego zdecydowana większość to publikacje z ostatnich 10 lat. Wykorzystane źródła literaturowe odnoszą się do tematu pracy. W rozdziałach 1 i 2 wskazał czytelnie argumenty za koniecznością podjęcia się badań w zakresie poprawy efektywności energetycznej systemów chłodzenia lodowisk zadaszonych z wykorzystaniem naturalnych czynników chłodniczych. Uważam, że zarówno z punktu widzenia poznawczego, jak również aplikacyjnego przedstawiony stan wiedzy zawiera wystarczające informacje uzasadniające wybór tematu i problemu naukowego rozprawy doktorskiej.

Problematyka poprawy efektywności chłodzenia lodowisk obejmuje m.in. optymalizację konfiguracji systemu w zależności od przeznaczenia i użytkowania obiektu. Ma to istotne znaczenie nie tylko z punktu widzenia aspektów ekonomicznych, ale również z punktu widzenia zrównoważonego rozwoju i ochrony środowiska. Celem sprostania tym wymogom konieczne jest podejmowanie indywidualnych decyzji o wyborze optymalnego systemu chłodzenia z uwzględnieniem coraz wyższych temperatur powietrza zewnętrznego w tzw. okresie zimowym czy letnim. Wymaga to wykorzystania zaawansowanych procedur optymalizacyjnych jako narzędzi analitycznych. Dlatego też, wskazanie celu naukowego przez Doktoranta jako „Opracowanie procedury optymalizacyjnej wyznaczania energooptymalnego systemu chłodzenia opartego na naturalnych czynnikach chłodniczych dla lodowisk zewnętrznych zadaszonych z wykorzystaniem analizy systemowej i metod symulacyjnych jako narzędzi badawczych”, jest trafne i w pełni uzasadnione zarówno z poznawczego i aplikacyjnego punktu widzenia. Przedstawione cele utylitarne i tezy rozprawy są poprawne. Uważam, że Doktorant wykazał się umiejętnością poprawnego formułowania celu i zakresu rozprawy doktorskiej, w tym formułowania tezy naukowej.

Doktorant precyzyjnie przedstawił podstawy metodyki (algorytm obliczeń oraz warunki ograniczające) wyboru energooptymalnego systemu chłodzenia i trafnie wybrał podstawowe ograniczenia, tj. technologiczne, higieniczne i środowiskowe, akustyczne, energetyczne, materiałowe, architektoniczno-konstrukcyjne oraz w zakresie bezpieczeństwa i niezawodności, jako funkcje zmiennych decyzyjnych. Opracowana koncepcja rozwiązania zdefiniowanego problemu naukowego, charakterystyka odbiornika chłodu oraz zbiór wariantów dopuszczalnych jest poprawny. Przyjęte założenia co do struktury poszczególnych wariantów zostały

przedstawione przez Doktoranta w sposób szczegółowy, adekwatny do przyjętej metodyki. Należy podkreślić, że stopień szczegółowości przedstawionych schematów dopuszczalnych systemów chłodzenia (rozdział 5 rozprawy) jest w pełni wystarczający. Nie mam uwag do algorytmu wyboru (struktury i założeń modeli symulacyjnych – rozdział 6 rozprawy). Założenie Doktoranta, że wariant o najniższym rocznym zapotrzebowaniu na energię (najwyższym średniorocznym COP) uznawany jest za optymalny jest poprawny z punktu widzenia przyjętego tematu i celu pracy. Dlatego też, pozytywnie oceniam umiejętności Doktoranta w zakresie poprawnego wyboru obiektu i metodyki badań dla przyjętego celu naukowego.

Nie wnoszę uwag do uzyskanych przez Doktoranta wyników badań i wynikających z nich wniosków (rozdział 7 rozprawy). Dla przyjętych założeń oraz algorytmów obliczeniowych przedstawionych w rozprawie ich interpretacja jest poprawna. Należy podkreślić dużą zwięzłość w prezentacji uzyskanych wyników co przyczynia się do przejrzystości prezentowanych wniosków. Bardzo ciekawym i wartościowym elementem rozprawy jest tzw. walidacja wyników symulacyjnych, tj. odniesienie uzyskanych na drodze modelowania rezultatów do danych dostępnych w branżowej literaturze naukowej oraz technicznej (zapotrzebowania na energię) zbliżonych obiektów lub ich składowych do tych poddanych analizie w ocenianej rozprawie. Porównanie modelu zaproponowanego przez Doktoranta z oprogramowaniem Pack Calculation Pro i uzyskanie zbieżnych wyników z danymi literaturowymi potwierdza postawione tezy pracy i stanowi o użyteczności opracowanego narzędzia wyboru energooszczędnego systemu chłodzenia. Przedstawione przez Doktoranta podsumowanie i wnioski odnoszą się do przyjętych celu i zakresu pracy oraz wynikają z przedstawionego materiału w rozprawie. Oceniając tą część pracy doktorskiej uważam, że Doktorant wykazał się umiejętnością prezentacji uzyskanych wyników badań, ich analizy oraz formułowania wniosków.

Po zapoznaniu się z rozprawą doktorską uważam, że uzyskane wyniki badań stanowią wartościowy stan wiedzy wymagany w trakcie prac koncepcyjnych, projektowych instalacji chłodzenia lodowisk oraz koncepcyjnych w transformacji technologicznej istniejących systemów chłodzenia lodowisk.

Uwagi dyskusyjne

1. Jak należy rozumieć albo co jest istotą rozdziału 4 i rozdziału 5 – każdy z nich dotyczy wyboru energooszczędnego systemu chłodzenia?
2. Jakie jest uzasadnienie założenia, że wariant o najniższym rocznym zapotrzebowaniu na energię (najwyższym średniorocznym COP) uznawany jest za optymalny z punktu widzenia energetycznego?

Uwaga szczegółowa

- W rozprawie Doktorant używa pojęcia „Metodologia” – może trafniej byłoby „Metodyka”?

3. Wniosek końcowy

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska mgr. inż. Lawrenca Drojetzkiego pt. „Wybór energoptymalnego systemu chłodzenia opartego na naturalnych czynnikach chłodniczych dla lodowisk zewnętrznych zadaszonych” stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego z obszaru efektywności energetycznej systemów HVAC i wnosi nowy stan wiedzy do dyscypliny naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Elementem nowości ocenianej rozprawy jest istotny wzrost stanu wiedzy z zakresu instalacji chłodzenia lodowisk a w tym opracowanie metody wyznaczania energoptymalnych struktur systemów chłodzenia lodowisk zewnętrznych zadaszonych bazującej na analizie systemowej i metodach symulacyjnych jako narzędziach badawczych. Uważam, że rozprawa doktorska potwierdza ogólną wiedzę teoretyczną Doktoranta w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka oraz umiejętności do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Jej poziom merytoryczny spełnia wymagania obecnych przepisów w tym zakresie.

Wobec powyższego wnioskuję o dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony.

Biorąc pod uwagę istotne osiągnięcia ocenianej rozprawy doktorskiej przedstawione we wniosku końcowym mojej recenzji uważam, że praca doktorska pt. „Wybór energoptymalnego systemu chłodzenia opartego na naturalnych czynnikach chłodniczych dla lodowisk zewnętrznych zadaszonych” autorstwa mgr. inż. Lawrenca Drojetzkiego zasługuje na wyróżnienie.

