

Warszawa 2.09.2025

Prof. dr hab. inż. Artur Rusowicz
Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa
Politechnika Warszawska
Ul. Nowowiejska 24
00-665 Warszawa

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Sebastiana Śniegowskiego pt.:
„Projekt, wykonanie oraz badanie wytwornicy wody ziębniczej, do zastosowań
gospodarczych i przemysłowych pracującej na ekologicznym czynniku
termodynamicznym”

Recenzję wykonano w oparciu o uchwałę nr RD/76/2025 Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Poznańskiej z dnia 13 maja 2025 r.

Rozprawa doktorska powstała i została zredagowana pod kierunkiem dr hab. inż. Krzysztofa Bieńczaka, prof. PP oraz inż. Grzegorza Wardengi, jako opiekuna.

1. Przedmiot rozprawy

Rozprawę doktorską stanowi monografia. Przedmiotem przedłożonej do oceny rozprawy doktorskiej było opracowanie, zaprojektowanie urządzenia chłodniczego, wytwornicy wody lodowej pracującej z czynnikiem chłodniczym - propanem. Następnie wykonano takie urządzenie i przeprowadzono szereg badań eksperymentalnych. Biorąc pod uwagę zawarte w rozprawie rezultaty w postaci budowy urządzenia i badań eksperymentalnych – stwierdzam, że odpowiadają one sformułowanemu celowi rozprawy. Zakres rzeczowy rozprawy koresponduje ze sformułowaną tezą rozprawy i pozwalają na uzyskanie rezultatów pozwalających na jej udowodnienie.

2. Struktura redakcyjna pracy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska jest w formie monografii, napisana w języku polskim, o objętości 119 stron. Rozprawę Doktorant podzielił na 11 numerowanych rozdziałów, ponadto nienumerowane „Oznaczenia”. Bibliografia z 46 pozycjami literaturowymi.

W pierwszym nienumerowanym rozdziale „Oznaczenia” Doktorant w sposób bardzo wybiórczy przedstawił oznaczenia, którymi posługuje się w rozprawie. Nie wiem jaka jest konwencja przyjęta przy wymienianiu oznaczeń, na pewno nie alfabetyczna. Ponadto niestety znaczna liczba błędów w tym początkowym rozdziale, które w dalszej części recenzji zostaną omówione

W pierwszym numerowanym rozdziale „Wstęp” (str.6-7) w sposób niezwykle skrótowy przedstawiono w zarysie czym będzie się zajmował Doktorant w rozprawie.

Drugi rozdział „Przegląd literatury” (str. 8-48) skupił się w pierwszym rzędzie na aktach prawnych dotyczących czynników chłodniczych z punktu widzenia ich wpływu na środowisko. Następnie drugi znaczący element rozdziału opisuje budowę urządzeń chłodniczych, ograniczając się do głównych elementów (tzn. sprężarek, skraplaczy, parowników i czynników chłodniczych). Za mankamentem tej analizy uważam, zbyt małą wagę przyłożoną do aspektów prawnych dotyczących czynników chłodniczych wybuchowych, a takim się zajmował Doktorant w pracy. A już ostatni akapit w „Przeglądzie literatury” jest zadziwiający: *„Literatura nie przedstawia badań dotyczących wysokotemperaturowych wytwornic wody ziębniczej pracujących na naturalnych czynnikach chłodniczych”*.

W trzecim rozdziale „Cel i zakres pracy” (str.49) Doktorant znowu prezentuje w pierwszym akapicie wątpliwe teorie dotyczące niewielkiej liczby pozycji literaturowych o naturalnych węglowodorowych urządzeniach chłodniczych. Celem pracy jest zbudowanie wytwornicy wody lodowej przyjaznej dla środowiska, o wymaganej efektywności energetycznej. Budowę urządzenia chłodniczego Doktorant zamierza dokonać w oparciu o dostępne na rynku komponenty chłodnicze. Następnie zestawia zadania, które musi wykonać, aby zaplanowany cel uzyskać.

Rozdział czwarty „Dobór naturalnego czynnika chłodniczego do wytwornicy wody lodowej” (str.50-72) rozpoczyna własne prace badawcze Doktoranta. W pierwszej części prezentowane są czynniki chłodnicze i ich właściwości, które charakteryzują się niskim wpływem na środowisko. Następnie dla wybranych pięciu czynników

chłodniczych przeprowadzono analizę wielokryterialną mającą na celu dobór odpowiedniego czynnika chłodniczego dla projektowanego urządzenia chłodniczego – wybrano propan R290.

W rozdziale piątym „Projekt stanowiska badawczego wytwornicy wody ziębniczej, do zastosowań gospodarczych i przemysłowych, pracującej na ekologicznym czynniku termodynamicznym oraz jego wykonanie” (str.73-88). W zasadzie tytuł rozdziału informuje o pracach w nim wykonanych. Doktorant dobrał elementy składowe urządzenia, posługując się programami doborowymi, katalogami i wykonał fizycznie urządzenie przeznaczone do dalszych badań.

Rozdział szósty „Badania na zaprojektowanym stanowisku” (str.89-108) prezentuje wyniki pomiarów uzyskanych na stworzonym urządzeniu chłodniczym. Badania polegały na wykonaniu pomiarów poboru mocy elektrycznej urządzenia dla czterech warunków temperaturowych. Jednocześnie rejestrowano przebieg temperatur sprawdzając warunki pracy urządzenia w stosunku do założeń projektowych.

Rozdział siódmy „Porównanie wyników badań własnych z wytwornicami wody lodowej z czynnikami syntetycznymi i naturalnymi” (str.109-110) prezentuje porównanie produkowanych seryjnie urządzeń z wykonanym przez Doktoranta. Porównanie dosyć trudne ze względu na znacząco różne moce chłodnicze zestawionych urządzeń.

Rozdział ósmy „Wnioski” (str.111-113) zawiera podsumowanie pracy i wskazuje na osiągnięcie zamierzonego celu.

Rozdział dziewiąty „Kierunek dalszych badań”(str.114) zawiera plany dalszych badań mające na celu przede wszystkim poprawienia efektywności energetycznej urządzenia z czynnikiem chłodniczym R290.

Rozdział dziesiąty to „Streszczenie” (str.115-116), a jedenasty „Literatura” (str.117-119). Pozycji literaturowych jest 46. Głównie są to monografie dotyczące ogólnej wiedzy chłodniczej, akty prawne i katalogi urządzeń. Bardzo słabo wygląda zapoznanie się doktoranta z artykułami naukowymi i stąd te (wyżej sygnalizowane) radykalne stwierdzenia o braku literatury dotyczącej urządzeń chłodniczych z propanem.

Uwagi krytyczne redakcyjne i dyskusyjne do pracy.

Praca jest przygotowana redakcyjnie w stopniu dostatecznym, brakuje szeregu ważnych opisów przeprowadzonych prac, przedstawione wyniki również nie są

dogłębnie analizowane, występuje znaczna liczba błędów typowo redakcyjnych. Mam szereg uwag krytycznych do pracy. Generalnie Doktorant używa w sposób nieujednolicony terminologii chłodniczej, jest to bardzo rażące przy odbiorze pracy.

Przykładowo pojawiają się czynniki termodynamiczne (w tytule pracy), czynniki chłodnicze (np. rodz.2.3) i w tym rozdziale ziębiki (str.36), czynniki ziębnicze. W innych częściach pracy występują parowniki i parowacze, woda chłodnicza i woda ziębnicza. Niestety również często występują błędy w opisach nazw grup czynników chłodniczych i ich właściwości:

s.3 w oznaczeniach GWP i opisie HGWP;

s.3 w oznaczeniach opis grupy HFC należałoby opisać hydrofluorowęglowodory lub podać tłumaczenie angielskie HFC – HydroFluoroCarbon, a nie w sposób niewłaściwy je opisywać;

s.3 HFO – grupa związków które są nienasycone – opis mało precyzyjny, a dodatkowo niewłaściwa informacja o ODP dla grupy czynników chłodniczych HFO i HFC;

s.6 węglowodory „charakteryzują się doskonałymi właściwościami termodynamicznymi” nie jest to stwierdzenie prawdziwe.

Dalej jest również niezbyt dobrze, pojawiają się liczne błędy:

s.28 literówka „marę korą”,

s.31 sformułowanie „,skraplacze są tańsze jako pierwszy koszt, lecz mają niższą sprawność” – po pierwsze język nieprecyzyjny, a raczej żargon techniczny po drugie co to jest sprawność wymiennika;

s.31 i rys.9 nie sądzę, aby tak wyglądały rozptyły mediów jak w opisie i na rysunku;

s.34 ponownie pojęcie sprawności wymiennika płytowego;

s.35 skąd czerpane są takie informacje o udziale poszczególnych gazów cieplarnianych np. CO₂ odpowiedzialny za powstanie 50% efektu cieplarnianego, a syntetyczne czynniki chłodnicze za 20% ;

s.37 to tylko stężenie chloru jest odpowiedzialne za efekt „dziur ozonowych”?

s.37 ponownie wyszczególnienie gazów cieplarnianych z pominięciem głównego gazu cieplarnianego;

s.38 jaka jest koncepcja tworzenia tabl. 9, jeżeli sięgnięto daleko historycznie do grupy czynników HCFC, to czemu pominięto grupę CFC;

s.41 wymieniony wpływ różnych właściwości termodynamicznych na efektywność urządzenia chłodniczego, bez szerszego komentarza raz wymieniane są parametry bez

przymiotnika, a czasem z przymiotnikami np. co oznacza niska temperatura wrzenia lub niskie ciśnienia skraplania; co oznacza „nie kwasowy” w przypadku mieszanin z wodą;

s.43 co to za opis i czy to prawda ”w dzwonie przemiany fazowej izotermy mają ten sam punkt odniesienia co izobary”;

s.48 kontrowersyjne stwierdzenie i nieprawdziwe „Literatura nie przedstawia badań dotyczących wysokotemperaturowych wytwornic wody ziębniczej pracujących na naturalnych czynnikach chłodniczych”;

s.50 błąd gramatyczny „przed opracowanie czynników”;

s.51 nie znam pojęcia „ciepło utajone parowania”, podobnie nie rozumiem „niska temperatura parowania”;

s.51 w przypadku amoniaku powszechnie stosuje się również sprężarki tłokowe;

s.52 znów błędna nazwa czynników HFC;

s.53 pierwszy akapit zupełnie niezrozumiały i z błędnymi informacjami;

s.53 błędy gramatyczne i logiczne w zdaniach o dwutlenku węgla „spadku z ciśnienie wydostając się z układu..” i „Operatorzy i użytkownicy”;

s.54 wymieniając zastosowanie dwutlenku węgla nie zastosowano jakiegś logicznej systematyki;

s.56 pierwszy akapit o węglowodorach mało czytelny i czym się to różni od innych czynników chłodniczych – może warto było wspomnieć o wymaganiach ATEX;

s.61 tabl.17 nie rozumiem pojęć Rosa min. i max.;

s.67 błąd gramatyczny „decyzyjnymi a aby dokonać”;

s.73 i 83 co to za urządzenie – licznik energii termicznej;

s.74 wartości w tekście i tabeli 28 są różne, podobnie wybór sprężarki moc założona i wybrana moc chłodnicza znacznie się różnią;

s.75 co to jest „temperatura punktu rosy parowania”;

s. 77, 85 zakres pomiarowy -1.0 do 9,4 bar? – ciśnienie ujemne;

s.85 następne nieznanne mi urządzenie „monitor energii elektrycznej”;

s. 89 odwołanie do nieodpowiedniej tabeli 26;

s. 91 tym razem temperatura ziębiwa;

s. 117-119 brak konsekwencji w formacie pozycji literaturowych np. [9], [15], [19], [38].

Po szeregu błędów redakcyjnych można również mieć szersze uwagi krytyczne i dyskusyjne. Prace własne w rozprawie rozpoczynają się od analizy wielokryterialnej doboru czynników chłodniczych do urządzenia. W tej części Doktorant powinien przeprowadzić taką analizę, a nie tylko rozwiązanie i to dosyć dyskusyjne. Doktorant zaproponował tylko 5 kryteriów i wagi tych kryteriów bez żadnej dyskusji, czy analiz. W przypadku urządzenia chłodniczego można, bardzo szybko zaproponować znacznie więcej kryteriów. Nie ma żadnego kryterium dotyczącego efektywności energetycznej np. COP dla teoretycznego obiegu Lindego, wpływ przegrzania lub dochłodzenia na efektywność energetyczną. Natomiast jest kryterium wg. mnie mało ważne jak cena czynnika chłodniczego lub ciśnienie skraplania i wrzenia, a może lepszy byłby spręż. Ciśnienie skraplania i wrzenie jest ważne, ale jeżeli stanowi 2 kryteria spośród 5 i ma łączną wagę 0,4 to bez liczenia można wyeliminować w ten sposób dwutlenek węgla. Nie ma żadnego kryterium dotyczącego napełnienia urządzenia czynnikiem, jego przepływu, ciężaru lub wielkości urządzenia. W mojej opinii w tej części pracy Doktorant mógł wiele więcej dokonać. Drugim elementem budzącym mój niedosyt jest samo projektowanie urządzenia, po pierwsze czemu taka niska moc chłodnicza, na poziomie klimatyzatora typu split, a nie wytwornicy wody lodowej. Przy projektowaniu nie znajduję śladu informacji, jakie jest napełnienie instalacji, jakie są prędkości czynnika chłodniczego w przewodach, jaki jest użyty olej w sprężarce. Nie ma analiz wymiany ciepła, mając pomiary można określić współczynniki wnikania ciepła lub przenikania i odnieść się do wartości literaturowych. Otrzymałby Doktorant informację, czy urządzenia można zaliczyć do nowoczesnych konstrukcji, czy przeciętnych. To jest też uwaga do słabego przeglądu literatury naukowej i błędne stwierdzenia o braku literatury o tego typu urządzeniach.

3. Podsumowanie

Podsumowując, należy stwierdzić, że przedstawiona do recenzji praca doktorska charakteryzuje się dostatecznym przygotowaniem merytorycznym Doktoranta do prowadzenia badań. Doktorat ma charakter wdrożeniowy, a więc główny cel wytworzenia urządzenia chłodniczego, wytwornicy wody lodowej pracującej z czynnikiem chłodniczym – propanem został osiągnięty.

Oceniając pracę pod względem redakcyjnym, stwierdzam jej dostateczny poziom.

4. Ocena pracy i wniosek końcowy

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska jest pracą o charakterze wdrożeniowym. Doktorant zaprojektował i zbudował urządzenie chłodnicze z propanem. Propan jest perspektywnym czynnikiem chłodniczym, ale jeszcze nie należy do popularnych. Doktorant wykazał się umiejętnością formułowania problemów badawczych i rozwiązywania ich przy użyciu metod właściwych dla mechaniki, wymiany ciepła i podstaw konstrukcji maszyn. W moim przekonaniu przedstawiona do recenzji rozprawa spełnia zwyczajowe ramy stawiane pracom doktorskim, zarówno pod względem zakresu rzeczowego, jak poziomowi oryginalności osiągnięć technicznych, konstrukcyjnych oraz metodycznych. Co więcej – istotnym walorem pracy są aspekty aplikacyjne proponowanego rozwiązania. Należy podkreślić, że Doktorant realizując prace badawcze musiał zmierzyć się z koniecznością zdobycia wiedzy o charakterze interdyscyplinarnym, rozwiązywanie wielu problemów natury konstrukcyjnej wymagało znacznego poziomu kreatywności Doktoranta. Zaprezentowana w rozprawie analiza stanowi rozwiązanie zadania naukowego i spełnia w moim przekonaniu minimalne wymagania stawiane rozprawom doktorskim. Biorąc powyższe pod uwagę, stwierdzam, że:

1. Rozprawa doktorska mgr. inż. Sebastiana Śniegowskiego spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim określone w art.13 ust.1 Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki z dn. 14 marca 2003 r. (Dz. U. Nr 65, poz, 595, z późn. zmianami) i wnoszę do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Poznańskiej o dopuszczenie jej do publicznej obrony.
2. Zakres rozważań rozprawy kwalifikuje ją do dyscypliny naukowej: Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport.



