

Instytut Energii
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa
Politechnika Gdańska
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny Chomy

pt. „*Hybrydowa sprężarkowa pompa ciepła napełniona czynnikiem chłodniczym R290*”

Recenzję opracowałem na zlecenie prof. dr. hab. inż. Marka Gaworskiego, Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (pismo BON.5100.4.2026 z dnia 13.02.2026). Wydruk rozprawy doktorskiej wraz z pozostałymi dokumentami otrzymałem 23.02.2026.

Rozprawa doktorska została zrealizowana w dyscyplinie inżynieria mechaniczna pod opieką naukową dr. hab. inż. Pawła Obstawskiego, prof. SGGW.

1. Wprowadzenie

Rozprawa doktorska jest poświęcona opracowaniu rozwiązania konstrukcyjnego propanowej pompy ciepła typu powietrze-powietrze, dedykowanej do współpracy z centralą wentylacyjną wyposażoną w rekuperator do odzysku ciepła z powietrza wywiewanego z lokalu mieszkalnego. Dolnym źródłem ciepła dla pompy ciepła jest powietrze wywiewane, schłodzone wcześniej w rekuperatorze centrali. Z kolei moc grzewcza pompy ciepła ma wspólnie z mocą cieplną rekuperatora centrali pokrywać zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania tego lokalu, jak również podgrzewu wody dla jego użytkowników. Należy podkreślić, że problem konstrukcyjno-badawczy zdefiniowano w kontekście potrzeb cieplnych lokalu mieszkalnego w budynku wielorodzinnym.

Podjęty temat jest aktualny i ważny, ponieważ dotyczy ograniczania strat ciepła w budownictwie, jak również implementacji w systemach grzewczych pomp ciepła – technologii uznanej w scenariuszach energetycznych za przyjazną środowisku. Zakres pracy jest odpowiedni w świetle wymagań stawianych pracom doktorskim i mieści się w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

2. Cel i zakres rozprawy doktorskiej

Celem rozprawy doktorskiej było opracowanie sprężarkowej pompy ciepła napełnionej propanem, zintegrowanej z centralą wentylacyjną lokalu mieszkalnego w budownictwie wielorodzinnym. Rozwiązanie ma umożliwić indywidualne ogrzewanie lokalu i przygotowanie ciepłej wody użytkowej.

Rozprawa doktorska została napisana w języku polskim i liczy 310 stron, przy czym strony 179-289 zawierają załączniki dokumentujące wyniki przeprowadzonych analiz i rysunki konstrukcyjne. Zasadnicza część pracy obejmuje kolejno: spis treści, streszczenie w języku polskim, streszczenie w języku angielskim, wykaz oznaczeń oraz trzynastcie numerowanych rozdziałów (strony 11-176). Spis załączników (24 pozycje) zamieszczono na stronie 177, a bibliografię (220 pozycji) na stronach 291-310.

Pierwszy rozdział jest wstępem, w którym przedstawiono rygorystyczne wymagania warunków technicznych WT2021, które od 2021 r. ograniczają wskaźnik energii pierwotnej (EP) dla budynków wielorodzinnych do maksymalnej wartości równej 65 kWh/(m²·rok). Ponadto, podkreślono, że w Unii Europejskiej dążeniu do neutralności klimatycznej często towarzyszy eliminacja kotłów gazowych na rzecz pomp ciepła, w produkcji których rezygnuje się z kolei z fluorowanych gazów cieplarnianych (tzw. F-gazów). W tym kontekście wskazano propan (R290) jako obiecującą alternatywę, ponieważ charakteryzuje się on korzystnymi właściwościami środowiskowymi i termodynamicznymi. Rozdział kończy się ogólnym sformułowaniem celu pracy.

W rozdziale drugim przywołano definicje i poddano dyskusji wskaźniki energii: użytkowej (EU), końcowej (EK) oraz pierwotnej (EP) jako kluczowe parametry oceny charakterystyki energetycznej budynków. Analiza przedmiotowej literatury wykazała, że w warunkach klimatycznych Polski spełnienie norm WT2021 w budownictwie wielorodzinnym jest możliwe wyłącznie poprzez jednoczesne zastosowanie wysokiej izolacyjności przegród, wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła oraz pomp ciepła. Zaakcentowano, że zastosowanie samej pompy ciepła bez rekuperacji w układzie wentylacyjnym często okazuje się niewystarczające do osiągnięcia wymaganego poziomu wskaźnika EP.

Trzeci rozdział pracy doktorskiej poświęcono omówieniu działania urządzenia realizującego lewobieżny termodynamiczny obieg Lindego. Wskazano kluczowe komponenty takiego urządzenia i zdefiniowano współczynnik efektywności jego pracy w trybie pompy ciepła. Rozdział zawiera ponadto informacje związane z klasyfikacją pomp ciepła oraz dane rynkowe pokazujące znaczący udział pomp ciepła w sprzedaży urządzeń grzewczych w Polsce, a w ostatnich latach dominację pomp ciepła typu powietrze-woda.

W czwartym rozdziale pracy, w pierwszej kolejności przedstawiono problematykę negatywnego oddziaływania syntetycznych czynników chłodniczych na środowisko. Przywołano w tym celu obowiązujące rozporządzenia, których zapisy eliminują z użycia wiele czynników roboczych, dotychczas powszechnie stosowanych w pompach ciepła. W tym świetle ponownie wyeksponowano dobre właściwości fizyko-ciepłne i przyjazność ekologiczną propanu jako czynnika alternatywnego, pomimo zaszeregowania go do czynników palnych, co ogranicza napełnianie nim instalacji w pomieszczeniach mieszkalnych. Kluczowym problemem staje się zmniejszenie ilości propanu w urządzeniach chłodniczo-grzewczych, co jest możliwe dzięki zastosowaniu w nich mikrokanałowych wymienników ciepła. Przegląd literatury w tym zakresie zawarto w podrozdziale 4.3.

Zasadność stosowania systemów wentylacji mechanicznej w budownictwie wykazano w rozdziale piątym. Do tego celu wykorzystano przywołane z literatury wyniki badań nad jakością powietrza (stężeniem CO₂) w pomieszczeniach mieszkalnych. Podjęto też wątek odzysku ciepła z powietrza wywiewanego, co pozwala obniżyć sezonowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania nawet do ok. 40%.

Cel pracy wraz z hipotezami i zakresem prac badawczych szczegółowo przedstawiono w rozdziale szóstym. Podano, że autorska pompa ciepła ma współpracować z rekuperatorem centrali wentylacyjnej indywidualnego lokalu w budynku wielorodzinnym. Implikuje to zastąpienie w nim wodnej instalacji centralnego ogrzewania instalacją powietrzną. **Zgodnie z wiodącą hipotezą, zaproponowane rozwiązanie może pokryć obciążenie cieplne (ogrzewanie, przygotowanie ciepłej wody użytkowej) mieszkania w budynku wielorodzinnym.** W zakresie pracy wyszczególniono między innymi następujące działania: wykonanie audytu energetycznego dla lokalu referencyjnego, opracowanie modelu matematycznego układu chłodniczego opracowywanej pompy ciepła, zaprojektowania nowatorskich wymienników ciepła (parownika i skraplacza), budowę prototypowej pompy ciepła i jej testy w komorze klimatycznej.

W rozdziale siódmym ogólnie przedstawiono metodykę badań, które realizowano wieloetapowo, zaczynając od audytu lokalu. Energetyczny audyt wykonano w programie Audytor OZC. Do modelowania układu chłodniczego wykorzystano środowisko Matlab&Simulink z biblioteką Thermolib, pobierając właściwości fizyko-cieplne propanu z bazy danych RefProp. Analizy CFD parownika/skraplacza pompy ciepła przeprowadzono w programie SolidWorks Flow Simulation. Końcowe etapy prac objęły budowę prototypu pompy ciepła i jego testy w komorze klimatycznej, celem weryfikacji funkcjonalności i zakładanej wydajności grzewczej.

W ósmym rozdziale zawarto opis referencyjnego obiektu mieszkalnego, dla którego oszacowano projektowe obciążenie cieplne. Wyniki analizy porównawczej 10 wariantów grzewczych dla tego lokalu przedstawiono w podrozdziale 8.1. Wykazano, że wariant łączący pompę ciepła, rekuperację i ogrzewanie powietrzne pozwoli osiągnąć najniższą wartość wskaźnika EP, co stanowi przesłankę do podjęcia prac nad dedykowanym rozwiązaniem propanowej pompy ciepła.

Koncepcje współpracy pompy ciepła z centralą wentylacyjną omówiono w rozdziale dziewiątym. Najpierw scharakteryzowano przypadek, w którym powietrze nawiewane do lokalu ma pokryć w nim wyłącznie zapotrzebowanie na ciepło z tytułu ogrzewania i dlatego za rekuperatorem jest dogrzewane pompą ciepła. W drugiej kolejności przedstawiono przypadek udziału pompy ciepła zarówno w dogrzewie powietrza, jak i przygotowaniu ciepłej wody użytkowej. W rozdziale zamieszczono też wyniki symulacji wykonanych w Matlabie dla rekuperatora centrali oraz współpracującej z nim pompy ciepła. Na wykresach zaprezentowano moce cieplne rekuperatora centrali i parownika/skraplacza pompy ciepła oraz współczynnik efektywności grzewczej pompy ciepła w funkcji temperatury powietrza zewnętrznego.

Rozdział dziesiąty poświęcono analizom CFD wymienników ciepła rozpatrywanych w kontekście parownika i skraplacza pompy ciepła. Do analiz wybrano wymienniki o konstrukcji: lamelowej (klasycznie stosowanej w tzw. powietrznych pompach ciepła), mikrokanałowej i tzw. grzebieniowej. Parametry termiczne i wydajność cieplną lamelowego wymiennika ciepła, jako wymiennika referencyjnego, analizowano przy dwóch czynnikach roboczych, tj. propanu i R410A. Zgodnie z oczekiwaniami, zastosowanie propanu implikuje wyższą moc cieplną wymiennika. Pozostałe konstrukcje wymienników ciepła rozpatrzono w poszukiwaniu sposobu intensyfikacji transportu ciepła, a przez to redukcji napełnienia wymiennika ciepła propanem. Efektem tych rozważań było opracowanie wymiennika ciepła o konstrukcji grzebieniowej, dostosowanej do zabudowy w instalacji wentylacyjnej. Dodatkowo, w podrozdziale 10.4, pokrótce omówiono schemat ideowy układu chłodniczego opracowywanej pompy ciepła.

W rozdziale jedenastym zamieszczono informacje dotyczące stanowiska badawczego, na którym testowano prototypową pompę ciepła współpracującą z rekuperatorem centrali wentylacyjnej. Podano specyfikację techniczną dobranej centrali, jak również kluczowe informacje związane z opomiarowaniem i sterowaniem pompy ciepła. W podrozdziale 11.3 zaprezentowano wyniki przeprowadzonych badań eksperymentalnych. Potwierdzono nimi funkcjonalność zintegrowanego urządzenia i zdolność do pokrycia potrzeb cieplnych lokalu mieszkalnego, pomimo odnotowanych znacznie niższych wartości współczynnika efektywności grzewczej pompy ciepła w porównaniu z wynikami wcześniejszych symulacji.

W 2-stronicowym rozdziale dwunastym przedstawiono wizualizację opracowanego urządzenia wraz z jego integracją z systemem kanałów wentylacyjnych wewnątrz referencyjnego lokalu mieszkalnego.

Główną część rozprawy doktorskiej kończy podsumowanie (rozdział 13). Zamieszczono w nim wnioski, jak również zaakcentowano udowodnienie hipotezy badawczej.

W mojej ocenie układ pracy jest logiczny. Zaskakujące jest jedynie zamieszczenie w rozdziale dotyczącym klasyfikacji czynników chłodniczych (rozdz. 4) podrozdziałów dotyczących wymienników ciepła oraz warunków prowadzenia badań sprężarkowych pomp ciepła. Dobór literatury źródłowej jest odpowiedni, choć w niektórych przypadkach brakuje informacji bibliograficznych (pozycje: [141], [146], [153], [170], [186], [206], [210], [219]).

3. Ocena rozprawy

Rozprawa doktorska dotyczy badań istotnych dla budownictwa wielorodzinnego. Choć rozwiązanie konstrukcyjne pompy ciepła, zaproponowane do współpracy z rekuperatorem centrali wentylacyjnej pojedynczego lokalu mieszkalnego, wymaga dalszych prac optymalizacyjnych, potwierdzono badaniami jego funkcjonalność w zakresie pokrycia zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń.

Do osiągnięć Doktorantki zaliczam:

- podjęcie zadania badawczego ważnego w kontekście poprawy efektywności energetycznej w budownictwie i nacechowanego pozytywnym oddziaływaniem środowiskowym,

- próbę holistycznego podejścia do rozwiązania sformułowanego problemu (audyt energetyczny referencyjnego lokalu mieszkalnego, projekt i budowa propanowej pompy ciepła, oprzyrządowanie stanowiska badawczego, opracowanie procedury badawczej, przeprowadzenie badań eksperymentalnych i analiza uzyskanych wyników),
- opracowanie grzebieniowej konstrukcji wymiennika ciepła dla pompy ciepła, ze zredukowaną ilością propanu jako czynnika ogrzewanego (przypadek parownika) lub jako czynnika grzewczego (przypadek skraplacza), przy zachowaniu wymaganej wydajności cieplnej tych wymienników. Za osiągnięcie uznałbym też opracowanie modeli numerycznych wymienników ciepła i przeprowadzenie symulacji, ale braki w zakresie ich opisu oraz niefizyczne wartości temperatury czy współczynników przenikania ciepła, powodują, że tego nie robię.

Wątpliwości dotyczące modeli numerycznych wymienników ciepła wynikają z braku podstawowych informacji dot. założeń upraszczających, warunków brzegowych, parametrów siatki obliczeniowej, czy konfiguracji sposobu rozwiązywania równań. Ponadto, modelując zróżnicowane konstrukcje wymienników ciepła, nie wykazano metodycznego podejścia w tworzeniu „ramy” porównawczej dla dyskusji uzyskanych wyników. Każdy z wymienników przebadano w diametralnie różnych zakresach zmian wydatków objętościowych powietrza (rozbieżności do dwóch rzędów wielkości). W moim przekonaniu każdorazowo należało dochować spójności z zakresem wydatków przyjętym do obliczeń w środowisku Matlab i realizowanym w badaniach eksperymentalnych.

W pracy zabrakło krytycznej oceny otrzymanych wyników symulacji, które przeprowadzono z udziałem parownika/skraplacza pompy ciepła. Zaprezentowano nierealne (wielokrotnie przeszacowane) wartości współczynników przenikania ciepła dla tych wymienników ciepła, co z kolei implikuje błędne wartości iloczynów UA .

W pracy bezkrytycznie zaprezentowano również niefizyczne wartości temperatury w obszarze skraplacza pompy ciepła (widoczne na rysunkach 9.3 i 9.11). Wg obliczeń, powietrze staje się w skraplaczu czynnikiem grzewczym dla propanu. Jest to w sprzeczności z ideą podgrzewu powietrza w skraplaczu pompy ciepła i budzi wątpliwości dot. modeli pompy ciepła i rekuperatora centrali wentylacyjnej wprowadzonych do programu Matlab.

W pracy brakuje informacji nt. badań eksperymentalnych w zakresie przygotowania ciepłej wody użytkowej przy udziale opracowanej pompy ciepła. Należało ten brak skomentować, tym bardziej, że w rozdz. 6 pracy sformułowano następującą hipotezę badawczą: *„Jest możliwe opracowanie konstrukcji hybrydowego urządzenia grzewczego bazującego na współpracy sprężarkowej pompy ciepła z centralą wentylacyjną – rekuperatorem, które zapewni pokrycie obciążenia cieplnego z tytułu centralnego ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej w indywidualnym lokalu budynku wielorodzinnego”*. Co więcej, w podsumowaniu napisano *„Przeprowadzona analiza teoretyczna oraz wyniki badań doświadczalnych w pełni realizują cele pracy i potwierdzają postawioną hipotezę badawczą”*, a tak nie jest.

4. Uwagi do pracy

- Wykaz oznaczeń (s.9): Q opisano jako „wymiana ciepła”, co wskazuje na proces, a nie parametr opisujący transport ciepła.
- s.10: Współczynnikowi przewodności cieplnej przypisano błędną jednostkę.
- s.62: W akapicie pod Rys. 5.4 jest błędne odwołanie do tego rysunku.
- s.66/67: Niezrozumiała jest informacja o modelowaniu matematycznym wymiany masy w kontekście rekuperatorów.
- s.73: Wątpliwość budzi wyznaczona wartość projektowego obciążenia cieplnego (3.102 kW), jeśli całkowita powierzchnia mieszkalna wynosi 56.44 m², a obciążenie cieplne odniesione do powierzchni 49.9 W/m² (informacje ze strony 72).
- s.79: Niezrozumiały jest zapis zakresu sprawności temperaturowej „0<0,1”.
- s.81: Interpretacja K_{env} w r-niu (9.9) jest błędna – to jest współczynnik przejmowania ciepła a nie przenikania ciepła. Brakuje równocześnie informacji o wartościach tego współczynnika przyjmowanych do obliczeń.
- s.82: Sformułowanie „współczynnik przenikania ciepła materiału” jest niepoprawne.
- s.84: Schemat i opisy zastosowane na Rys. 9.1 są nieczytelne.
- s.87: Schemat blokowy (Rys. 9.3) zawiera niefizyczne wartości temperatury dla skraplacza pompy ciepła. Na wylocie propanu ze skraplacza wartość temperatury jest niższa o 28 K od wartości temperatury powietrza nawiewanego na wlocie do skraplacza – powietrze staje się zatem czynnikiem grzewczym dla propanu, co jest w sprzeczności z ideą podgrzewu powietrza w skraplaczu pompy ciepła. Wartości temperatury prezentowane na schemacie wymagają weryfikacji.
- s.89: Niezrozumiały jest zapis: „Zawór rozprężany został zamodelowany za pomocą funkcji właściwej przemianie izentropowej...”, ponieważ izentropa nie jest realizowana w zaworze. Dławienie w zaworze uznaje się za izentalpowe. Funkcja wykorzystana w modelu powinna być ujawniona i opisana w pracy.
- s.99: Schemat blokowy (Rys. 9.11) zawiera niefizyczne wartości temperatury dla skraplacza pompy ciepła chłodzonej powietrzem. Wartość temperatury powietrza nawiewanego na wlocie do skraplacza jest wyższa od wartości temperatury propanu opuszczającego skraplacz – powietrze staje się zatem czynnikiem grzewczym dla propanu, co jest w sprzeczności z ideą podgrzewu powietrza w skraplaczu pompy ciepła.
- s.101: Na Rys. 9.13 nie ma wyników dla powietrza o wydatku objętościowym 70 m³/h, o czym informuje akapit poprzedzający ten rysunek. Zbyt duży skrót myślowy zastosowano też w podpisie rysunku – sformułowanie „wartości temperatur nawiewanych...” jest niewłaściwe, ponieważ temperatura nie ma formy substancjalnej. Analogiczny skrót myślowy zastosowano w podpisie Rys. 9.14 na stronie 102.
- s.102: Sformułowanie: „Podobnie jak w przypadku wymiennika w rekuperatorze...” jest niezrozumiałe, ponieważ wszystkie wymienniki ciepła rozważane w pracy są wymiennikami przeponowymi, czyli rekuperatorami.

- s.104: Podano, że „Przy niskich przepływach objętościowych strumieni powietrza $75 \text{ m}^3/\text{h} \div 90 \text{ m}^3/\text{h}$ niskotemperaturowa sekcja skraplacza dysponuje większą mocą grzewczą (...) kosztem redukcji mocy dostępnej w wysokotemperaturowej sekcji skraplacza”, nie prezentując wyjaśnienia tej sytuacji.
- s.108: Zapis „...gradient między temperaturą wlotową a wylotową CWU...” wydaje się niewłaściwy – jest to różnica temperatury wody w wymienniku ciepła.
- s.114: Podanie informacji o temperaturze czynnika chłodniczego R410A na wlocie do parownika jest niewystarczające, ponieważ jest on w stanie nasycenia (wcześniej przepływa przez zawór rozprężny).
- s.114: Niezrozumiałe jest prowadzenie symulacji dla wymiennika ciepła o konstrukcji lamelowej przy przepływie powietrza z wydatkiem objętościowym w zakresie $1\text{-}4 \text{ m}^3/\text{s}$ ($3600\text{-}14400 \text{ m}^3/\text{h}$), jeśli wcześniejsze analizy (rozd. 9), jak również badania eksperymentalne przeprowadzono dla wydatku o maksymalnej wartości $150 \text{ m}^3/\text{h}$.
- s.126: Zapis „...temperatura wylotowa powietrza ogrzała się ...” jest niewłaściwy.
- s.126: Niezrozumiałe jest prowadzenie rozważań z udziałem wymiennika ciepła z mikrokanalami, dla którego wydatek powietrza mieści się w zakresie $5\text{-}55 \text{ m}^3/\text{h}$. Symulacje z jego udziałem przeprowadzono dla wydatku powietrza $1 \text{ m}^3/\text{h}$, co tym bardziej jest rozbieżne z symulacjami z rozdz. 9 i badaniami eksperymentalnymi.
- W przypadku wymiennika z mikrokanalami nie ujawniono wymiarów geometrycznych kanałów przepływowych propanu. Nie pokazano też organizacji mikrokanalów w „belkach”. Nie zdefiniowano powierzchni wymiany ciepła w wymienniku, przez co niezrozumiała jest informacja ze strony 128 – „W przypadku kanałów o kwadratowym przekroju poprzecznym, mimo wzrostu powierzchni aż o $42,50 \%$, moc wymiennika wzrosła jedynie o $9,11 \%$ ”.
- s.137: Omawiając wyniki symulacji z udziałem wymiennika ciepła o konstrukcji grzebieniowej, Doktorantka operuje prędkościami powietrza, bez informacji o wydatkach objętościowych (jak w przypadku konstrukcji lamelowej i mikrokanalowej).
- s.138: Informacja o treści „masa propanu w układzie wyniosła 104 g ” jest niepełna, jeśli nie ma porównania z masą propanu w 2 wcześniej omawianych konstrukcjach wymienników ciepła. Nasuwa się też pytanie w jaki sposób tę masę wyznaczono (brakuje informacji o wartościach stopnia suchości pary propanu na wlocie parownika, przegrzewach pary w parowniku, stanie termodynamicznym pary przegrzanej na wlocie skraplacza, czy dochłodzeniu kondensatu na wylocie skraplacza).
- s.138: Brakuje komentarza do temperatury na poziomie ok. 68°C odnotowanej w parowniku (Tab. 10.14). Powietrze wywiewane z lokalu nie osiąga przed parownikiem takiego poziomu temperatury, a należy pamiętać, że w pracy jest dodatkowo rozważane wcześniejsze schłodzenie tego powietrza w rekuperatorze centrali wentylacyjnej.
- s.139 i s.143: Zamieszczone w tabelach 10.15 i 10.18 wartości współczynników przenikania ciepła dla parownika i skraplacza są nierealne (wielokrotnie przeszacowane) i wymagają weryfikacji. Należy mieć na uwadze, że w pompie ciepła typu powietrze-

powietrze w obydwu wymiennikach ciepła zachodzi konwekcja jednofazowa z udziałem powietrza. Strona powietrzna stanowi w takim przypadku wiodący opór cieplny w mechanizmie przenikania ciepła. Współczynniki przenikania ciepła będą zatem ograniczane – nie przyjmą wartości wyższej od wartości współczynników przejmowania ciepła po stronie powietrznej, a te są w rzeczywistości w zupełnie innym rzędzie wartości niż wartości współczynników przenikania ciepła z w/w tabel. Weryfikacji należy też poddać zamieszczone w tych tabelach wartości iloczynów „UA” (określanych w pracy *całkowitą przewodnością cieplną*).

- s.139 i s.143: Posługiwanie się pojęciem sprawności parownika/skraplacza w akapitach pod tabelami 10.15 i 10.18 jest niewskazane, jeśli sprawności nie były obliczane.
- s.145-148: Porównując opis układu chłodniczego i oznaczenia zastosowane na schemacie (Rys. 10.27) oraz w Tabeli 10.20 dostrzega się drobną niespójność w oznaczeniach zaworów rozprężnych – ZR_1 powinien być opatrzony numerem 25, a ZR_2 numerem 4.
- s.289: Na rysunku pompy ciepła błędnie wskazano zbiornik cieczy.
- W pracy brakuje informacji nt. badań eksperymentalnych w zakresie przygotowania ciepłej wody użytkowej.

Podczas redakcji rozprawy Doktorantka nie ustrzegła się potknięć językowych, głównie tzw. literówek. Nie mają one wpływu na merytoryczną stronę rozprawy doktorskiej.

5. Wniosek końcowy

Rozprawa doktorska dotyczy badań nad rozwiązaniem konstrukcyjnym pompy ciepła istotnym dla budownictwa wielorodzinnego, ale zawiera błędy merytoryczne i nie wykazuje metodycznego podejścia w analizach wymienników ciepła (kluczowych elementów w proponowanym rozwiązaniu), co wpływa na brak możliwości ich porównania i miarodajnej dyskusji uzyskanych wyników. Brakuje również krytycznej analizy osiągniętych rezultatów prac własnych.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Anny Chomy pt. „*Hybrydowa sprężarkowa pompa ciepła napelniona czynnikiem chłodniczym R290*” nie spełnia warunków określonych w ustawie „*Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce*” z dnia 20 lipca 2018 roku. Wnoszę do Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie o niedopuszczenie niniejszej rozprawy doktorskiej do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora.



PODPIS ZAUFANY

Jan
WAJS

23.04.2026 23:54:18 GMT+0200
Dokument podpisany elektronicznie
podpisem zaufanym