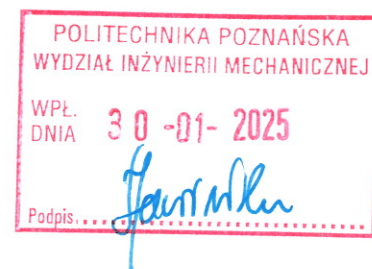


dr hab. inż. Sławomir Obidziński, prof. PB
Politechnika Białostocka
Wydział Budownictwa i Nauk o Środowisku
Katedra Inżynierii Rolno-Spożywczej i Kształtowania Środowiska



RECENZJA

Rozprawy doktorskiej mgr Krzysztofa Gaszka

pt: „Badanie nad procesem zamrażania żywności (produktów pochodzenia odzwierzęcego) w zamrażarkach płytowych z pośrednim układem chłodzenia”.

Niniejsza recenzja została wykonana w związku z wyznaczeniem mnie przez Radę Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Poznańskiej z dnia 2 grudnia 2024 roku (Uchwała nr 5/III/11/2024) na recenzenta rozprawy doktorskiej mgr Krzysztofa Gaszka pt: „**Badanie nad procesem zamrażania żywności (produktów pochodzenia odzwierzęcego) w zamrażarkach płytowych z pośrednim układem chłodzenia**”, na podstawie umowy o dzieło nr 0600/2024/265, zawartej z Politechniką Poznańską, reprezentowaną przez prof. prof. dr hab. inż. Bartosza Gapińskiego, prof. PP, Dziekana Wydziału Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej.

1. Charakterystyka podjętego problemu

Jednym z największych problemów ówczesnego świata jest marnowanie żywności. Przeciwdziałanie marnowaniu żywności w kontekście preferowanej obecnie gospodarki zrównoważonej oraz gospodarki o obiegu zamkniętym to jedno z kluczowych działań, które łączy aspekty ekologiczne, społeczne i ekonomiczne.

Problem marnowania żywności dotyczy każdego etapu łańcucha żywnościowego, od producenta, przez dystrybutora, po odbiorcę końcowego. Potwierdza to również Doktorant, który podaje, że według Komisji do spraw Wyżywienia i Rolnictwa przy Organizacji Narodów Zjednoczonych (FAO) ilość marnotrawionej żywności sięga 1/3 jej całej rocznej globalnej produkcji. W Polsce, według NIK, 60% produktów jest marnotrawionych w indywidualnych gospodarstwach domowych.

Wynika to głównie z niedostosowania wielkości zakupów do potrzeb gospodarstw domowych, a tym samym może powodować przekroczenie ich terminu przydatności do spożycia. W związku z tym stosowane są w tych gospodarstwach różne metody umożliwiające wydłużenie okresu przydatności do spożycia zakupionych produktów i ich długotrwałe przechowywanie.

Jedną z najczęściej wykorzystywanych metod konserwacji żywności powodujących wydłużenie okresu jej przydatności do spożycia jest zamrażanie, realizowane różnymi metodami: owiewową, fluidyzacyjną, kriogeniczną czy kontaktową, która uchodzi za jedną z najbardziej efektywnych.

Realizowana praca doktorska jest przykładem trwających nieustannie w wielu ośrodkach naukowo-badawczych prac związanych z ulepszaniem konstrukcji urządzeń

wykorzystywanych w różnych branżach przemysłu spożywczego, przez innowacje konstrukcyjne, technologiczne lub innowacje w sposobie prowadzenia procesu, które pozwalają na minimalizację zapotrzebowania na energię, zwiększenie efektywności procesu oraz polepszenie jakości wytwarzanego produktu, czy też ograniczenie szkodliwego wpływu na środowisko.

Przedstawiona praca doktorska mgr Krzysztofa Gaszka wpisuje się więc w naukowe działania zmierzające do znalezienia innowacyjnej metody zamrażania w zamrażarce płytowej z pośrednim układem mrożenia, gdzie jako medium w układzie pośrednim wykorzystana została sól potasowa (mrówczan potasu), która posłużyła do faktycznej weryfikacji poprawności założeń konstrukcyjnych oraz do walidacji opracowanych modeli teoretycznych.

2. Ogólna charakterystyka pracy

Rozprawa doktorska mgr Krzysztofa Gaszka została zredagowana na 131 stronach i składa się ze: spisu treści, wykazu załączników, streszczenia w języku polskim, wykazu skrótów i oznaczeń użytych w pracy, wstępu, sześciu rozdziałów, spisu literatury, ośmiu załączników oraz streszczenia w języku angielskim.

We wstępie Doktorant wprowadza Czytelnika w tematykę rozprawy.

Rozdział pierwszy pracy stanowi przegląd literatury dotyczący przebiegu procesu zamrażania produktów spożywczych z wykorzystaniem zamrażarki płytowej z pośrednim układem mrożenia w trzech obszarach:

- efektywne wykorzystanie zamrażarek płytowych w przemyśle,
- charakterystyka czynników chłodniczych użytych w układzie pierwotnym,
- właściwości chłodziwa użytego w układzie pośrednim.

W rozdziale drugim Autor przedstawił cele (główny i praktyczny) pracy oraz hipotezę badawczą przyjętą w pracy. W rozdziale tym Doktorant przedstawił również uzasadnienie podjęcia badań przedstawionych w pracy oraz zakres działań, które należy podjąć, aby zrealizować przyjęty w niej cel.

W rozdziale trzecim Doktorant zaprezentował swoje autorskie stanowisko badawcze: jego koncepcję, obliczenia bilansu energii niezbędne do projektu stanowiska, szczegółowy opis stanowiska badawczego z dobranymi elementami składowymi i aparaturą pomiarową.

Rozdział czwarty stanowi opis prowadzonych badań na stanowisku badawczym dotyczących:

- rozkładu temperatury na powierzchni płyty mroźniczej,
- podstawowego czasu mrożenia przy założeniu zmiennej grubości wsadu,
- zużycia energii przy wykorzystaniu różnych czynników chłodniczych.

W rozdziale piątym Doktorant przedstawił wnioski końcowe otrzymane na podstawie przeprowadzonej walidacji opracowanych modeli teoretycznych i ich odniesienie do przyjętego celu badań.

W rozdziale szóstym Doktorant zaprezentował proponowane przez siebie kierunki dalszych badań.

W dalszej części Autor prezentuje spis bibliografii wykorzystanej w pracy.

Po zaprezentowaniu spisu literatury Autor przedstawia załączniki wykorzystane w trakcie wykonywania pracy.

Ostatnim elementem pracy jest jej streszczenie w języku angielskim.

3. Ocena pracy

Rozprawa doktorska mgr Krzysztofa Gaszka napisana jest poprawnym i zrozumiałym językiem. Pomimo sporej ilości drobnych uchybień edytorskich, od strony formalnej nie budzi większych zastrzeżeń. Należy uznać, że przedstawia wartościowy wkład naukowy, uzupełniający wiedzę w obszarze inżynierii mechanicznej.

W rozdziale pierwszym pracy zatytułowanym „1. Analiza literaturowa” Doktorant przedstawia dość bogaty przegląd literatury dotyczący przebiegu procesu zamrażania produktów spożywczych z wykorzystaniem zamrażarki płytowej z pośrednim układem mrożenia. Dokonuje w nim również przeglądu i uwarunkowań historyczno-prawnych stosowania czynników chłodniczych. **Uwaga jaką mam do tego rozdziału, dotyczy faktu pojawiania się w nim (w wielu akapitach) wielu informacji, często zawierających wartości liczbowe, jednak brakuje w nich odsyłaczy do literatury. Mam również zastrzeżenia do sposobu odwoływania się przez Doktoranta w tekście rozdziału do literatury.**

W rozdziale drugim Autor przedstawił na jego początku uzasadnienie podjęcia badań, po czym przedstawił cele swojej pracy:

„Celem pracy jest opracowanie praktycznych procedur obliczeniowych procesu zamrażania produktów spożywczych w zamrażarkach płytowych z pośrednim układem chłodzenia płyt zamrażalniczych, w szczególności opracowanie metod obliczeniowych wyznaczania czasu zamrażania w zamrażarce płytowej dla dowolnych wymiarów oraz oceny możliwości zmiany czynnika chłodniczego na pracę układu chłodniczego.”

oraz przyjętą w pracy hipotezę badawczą:

„... istnieje możliwość oszacowania czasu mrożenia wsadu przy wykorzystaniu prostych procedur obliczeniowych i oceny wpływu zmiany czynnika chłodniczego w agregacie sprężarkowym na efektywność energetyczną.”

Szkoda, że Doktorant w pracy wyraźnie nie uwypuklił w/w hipotezy np. przez jej pogrubienie, przez co Czytelnik musi wyluskać ją z tekstu. W rozdziale tym Doktorant przedstawił również dość szczegółowo zakres działań jakie muszą być podjęte w pracy pozwalających na realizację celu pracy.

W rozdziale trzecim Doktorant zaprezentował swoje autorskie stanowisko badawcze, rozpoczynając od zaprezentowania koncepcji stanowiska. **Prezentując koncepcję stanowiska Autor zamieszcza wiele informacji czysto teoretycznych (klasyfikacje zamrażarek płytowych oraz najczęściej stosowane czynniki chłodnicze), które bardziej pasują do rozdziału pierwszego niż do rozdziału, gdzie prezentowana jest koncepcja stanowiska.**

W rozdziale tym Doktorant przedstawia również bardzo szczegółowe obliczenia bilansu energii niezbędne do projektu stanowiska (dla potencjalnego surowca wykorzystywanego do zamrażania), które pozwoliły na dobór układu zasilającego z jednostopniowym obiegiem chłodniczym. **Przedstawione na koniec podrozdziału „3.2. Bilans energii – metoda obliczeniowa”, na rysunku 3.2 stanowisko badawcze z zamrażarką płytową bardziej pasuje do kolejnego podrozdziału „3.3. Szczegółowy opis autorskiego stanowiska badawczego”. Dobierając kolejne elementy składowe stanowiska badawczego i ich dane techniczne, zaprezentowane w rozdziałach 3.3 -3.4 Doktorant powinien powołać się na pozycje literaturowe, z których te elementy zostały dobrane.**

W rozdziale czwartym Doktorant przedstawia dokładny opis prowadzonych badań oraz ich wyniki. W mojej opinii część informacji przedstawionych w podrozdziale „4.1. Badanie rozkładu temperatury na powierzchni płyty mroźniczej” (na str. 63-65) to informacje związane z przebiegiem prowadzonych badań i powinny być przedstawione w jednym rozdziale „Metodyka badań”. Podobne uwagi mam do podrozdziału „4.2. Badanie

podstawowego czasu mrożenia przy założeniu zmiennej grubości wsadu”, gdzie pierwsze trzy akapity podrozdziału na stronie 69 oraz pierwszy na stronie 70, to tekst, który powinien się znaleźć w rozdziale „Metodyka badań”.

Moim zadaniem „Metodyka badań” jest na tyle ważnym elementem pracy, który pozwala uznać, że praca ma klasyczny charakter pracy badawczej. W związku z tym Doktorant po zaprezentowaniu celów pracy oraz hipotezy badawczej powinien w kolejnym odrębnym rozdziale (trzecim) przedstawić właśnie metodykę badawczą dotyczącą badanego surowca, opisu autorskiego stanowiska badawczego, opis prowadzonych badań. Taki rozdział mógłby powstać z połączenia rozdziału „3. Opis autorskiego stanowiska badawczego” oraz z w/w informacji z podrozdziału 4.1 i podrozdziału 4.2.

Po przedstawieniu wyników badań wstępnych (rys. 4.2 - 4.4), wyników badań podstawowego czasu mrożenia przy zmiennej grubości mrożonego wsadu (rys. 4.5 - 4.9) Doktorant przedstawia w podrozdziale 4.2.1 kolejne kroki prowadzące do opracowania modelu matematycznego procesu zamrażania w zamrażarce płytowej. Bardzo ciekawym i przydatnym dla Czytelnika podrozdziałem jest również podrozdział „4.2.2. Przykład obliczeniowy”, przedstawiający kolejne kroki pozwalające na wyznaczenie czasu zamrażania wkładu o określonej grubości przy założonej temperaturze początkowej i końcowej produktu po zamrożeniu. Takie podejście, opracowanie i zestawienie, zasługuje na szczególne podkreślenie.

Jednakże w podrozdziałach tych pojawia się dość dużo nieprecyzyjnych określeń, drobnych pomyłek Autora i skrótów myślowych. Brakuje również wyjaśnień symboli pod wzorami w nich występującymi oraz brakuje informacji skąd pochodzą (skąd zostały dobrane) wartości niektórych parametrów. Zastrzeżenia te szczegółowo wskazałem w uwagach w kolejnym rozdziale.

Mam również sporo zastrzeżeń do formy prezentacji wyników w przedstawionych w tym rozdziale (rysunki 4.2 - 4.9). Przedstawione rysunki są usytuowane do poziomego układu strony, podczas gdy podpis rysunku jest usytuowany do układu pionowego strony. Przedstawione rysunki są zbyt duże w stosunku do czcionki tekstu w rozdziale (wielkość czcionki używanej na rysunkach, do opisu osi, do podpisów osi poziomych i pionowych jest o wiele za duża w stosunku do czcionki tekstu w rozdziale). Zmniejszenie rysunku spowodowałoby, że zarówno rysunek jak i podpis rysunku byłyby usytuowane w układzie pionowym strony. Na rysunkach występują również drobne błędy redakcyjne wskazane w uwagach w kolejnym rozdziale.

Czy uzyskana duża zgodność wyników czasu mrożenia skwarki wieprzowej (przedstawiona w rozdziale 4.2.3), wynosząca tylko 8 min, uzyskana z jednej strony w wyniku obliczeń według modelu (przedstawionego w rozdziale 4.2.1), dla przyjętych dla tej skwarki parametrów cieplnych, a z drugiej strony uzyskana z pomiarów eksperymentalnych czasu mrożenia tejże skwarki na stanowisku badawczym (dla parametrów zamrażania takich jak w przyjętych do obliczeń) jest możliwa do uzyskania dla innych surowców spożywczych, czy tylko dla mięsnych?

W rozdziale piątym Doktorant przedstawia wnioski końcowe otrzymane na podstawie przeprowadzonej walidacji powstałych modeli teoretycznych i ich odniesienie do przyjętego celu badań. Według Doktoranta, co należy potwierdzić, przedstawione w tym rozdziale wnioski, potwierdzone wcześniej przedstawionymi badaniami i ich walidacją, pozwalają na stwierdzenie, że przyjęte cele badawcze zostały osiągnięte.

Dodatkowo Doktorant prezentuje w tym rozdziale swoje dodatkowe spostrzeżenia praktyczne z przeprowadzonych badań i analizy pracy zamrażarki płytowej z pośrednim układem chłodzenia, które mogą być wykorzystane w przyszłości do ulepszenia konstrukcji

nowych stanowisk badawczych lub do wykorzystania w nowych konstrukcjach komercyjnych zamrażarek płytowych z pośrednim układem chłodzenia.

W rozdziale szóstym Doktorant zaproponował szereg ciekawych propozycji dalszych badań, tj. przede wszystkim kontynuowanie badań związanych: 1) ze sprawdzeniem zastosowania opracowanego modelu dla kolejnych czynników chłodniczych o niskim potencjale tworzenia efektu cieplarnianego (niskim współczynnikiem GWP), 2) z zastosowaniem w badaniach wsadu o innej charakterystyce niż badane w pracy produkty pochodzenia zwierzęcego, 3) z ograniczeniem zużycia energii elektrycznej w układzie chłodniczym, 4) ze zwiększeniem sprawności układu, 5) z efektywnym wykorzystaniem ciepła odpadowego, jakie powstaje w procesie skraplania par. **Rozdział ten zasługuje na szczególne podkreślenie, ze względu na to iż Doktorant dostrzega potencjał opracowanego modelu, zbudowanego stanowiska i widzi możliwość znacznego rozszerzenia prowadzonych w przyszłości przez siebie badań.**

W kolejnym rozdziale Doktorant prezentuje spis literatury wykorzystanej w pracy. Literatura wykorzystana w rozprawie, składająca się z 66 pozycji zarówno polskojęzycznych jak i zagranicznych (w spisie w pracy występuje 35 pozycji zagranicznych) odpowiada zagadnieniom poruszonym w pracy. W skład pozycji literaturowych wchodzi 8 pozycji w postaci stron internetowych, 4 pozycje w postaci aktów prawnych, a pozostałe pozycje to artykuły naukowe oraz pozycje książkowe. Warty podkreślenia jest fakt, że w jednej z cytowanych w pracy pozycji literaturowych (pozycja [4]) Doktorant jest współautorem. Aby spis literatury był bardziej czytelny Doktorant mógł go podzielić na pozycje w postaci: a) artykułów naukowych i pozycje książkowe, b) pozycje w postaci aktów prawnych, c) pozycje w postaci stron internetowych. Poza tym spis powinien być przygotowany w kolejności alfabetycznej.

Do spisu literatury można mieć nieco zastrzeżeń związanych z tym, iż przy części podanych pozycji (pozycje 3, 4, 5, 27, 63) w spisie brakuje informacji odnośnie np. autorów, nazwy wydawnictwa, nazwy czasopisma, numeru czasopisma, tytułu norm, itp.

W mojej opinii na uwagę i podkreślenie w pracy zasługuje:

1. Opracowanie koncepcji, zaprojektowanie, dokonanie niezbędnych obliczeń oraz doboru niezbędnych elementów składowych oraz aparatury pomiarowej swojego, autorskiego stanowiska badawczego - zamrażarki płytowej z pośrednim układem mrożenia, gdzie jako medium w układzie pośrednim wykorzystana została sól potasowa (mrówczan potasu).
2. Opracowanie modelu teoretycznego pozwalającego na określenie czasu mrożenia wsadu zamrażarki płytowej, zależnie od grubości płyty mroźniczej.
3. Przeprowadzenie walidacji opracowanego modelu poprzez porównanie i uzyskanie dużej zgodności wartości czasu mrożenia wsadu: otrzymanego z jednej strony w wyniku obliczeń według opracowanego modelu (dla przyjętych parametrów cieplnych), i otrzymanego z drugiej strony z pomiarów eksperymentalnych na opracowanym i wykonanym stanowisku badawczym.
4. Przedstawienie swoich praktycznych rekomendacji (na podstawie przeprowadzonych badań i analizy pracy zamrażarki płytowej z pośrednim układem chłodzenia), co do budowy przyszłych stanowisk badawczych i konstrukcji komercyjnych układów chłodzenia zamrażarek płytowych z pośrednim układem chłodzenia.

4. Uwagi krytyczne oraz dyskusyjne

Analizując przedstawioną do recenzji pracę, zauważyłem, że zarówno w części teoretycznej jak i badawczej można dostrzec drobne błędy redakcyjne: brak przecinków (co zmienia czasami sens zdania), występowanie kropek na koniec podpisu rysunków, brak

indeksów przy symbolach i w spisie symboli i często w tekście pracy, zmieniające się i różne odstępki między wierszami itp. W niektórych miejscach pracy np. w tabelach, pojawia się niewyjustowany tekst.

Poniżej przedstawiam swoje uwagi, uchybienia oraz nieścisłości, które przedstawiam, w kolejności w jakiej występują w pracy:

Str. 8-11 – w spisie treści na tej stronie brakuje stron, na których Czytelnik znajdzie poszczególne rozdziały i podrozdziały pracy. Poza tym w spisie brakuje pewnej konsekwencji: najpierw powinny się pojawiać symbole oznaczane literami i literami z indeksami, a dopiero potem symbole oznaczane literami z alfabetu greckiego.

Str. 9-10 – w spisie treści na tej stronie Autor dwoma różnymi symbolami oznacza tę samą wielkość: na str. 8 przedstawia „Cwa – ciepło właściwe płyty aluminiowej [kJ/kgK]”, zaś na str. 10 - „ c_a – ciepło właściwe aluminium, z którego wykonana jest płyta mrożąca [kJ/kgK]”.

Str. 8-11 – w przedstawionym na tych stronach spisie treści brakuje niektórych symboli, które pojawiają się w pracy (np. L do oznaczenia długości – str. 66, symbole pojawiające się na rys. 4.10 - τ , x , δ , ξ , ∞ - str. 77).

Str. 8-11 – w wykazie skrótów i oznaczeń brakuje przecinków na koniec każdego z wierszy.

Str. 14 - w drugim akapicie Autor pisze: „Dodatkowo należy wskazać za ekspertami z firmy Frigoscandia [6] ...”, cytując pozycję [6], jednak pozycja ta nie odnosi się do materiałów firmy Frigoscandia.

Str. 15 – w drugim akapicie Autor cytując pozycję wieloautorską pisze: „W swoim artykule N. Haddat, E. Watts oraz U. Lively [7] podejmują ...”. Znacznie poprawniej i krócej byłoby: „W swoim artykule Haddat i współpracownicy [7] podejmują ...”.

Str. 15 - w trzecim akapicie Autor cytując pozycję wieloautorską jeszcze bardziej niż w akapicie drugim rozbudowuje swoje sformułowanie: „Podobne analizy przeprowadzone zostały dla makreli. W artykule *Effect of Freezing Time on the Quality on Indian Mackerel (Rastrelliger kanagurta) During Frozen Storage* autorstwa I.P. Lakshimisha, C.N. Rabishankara, G. Ninana, C.O. Mohana oraz T.K.S. Gopala [8] podaje ...”. Znacznie poprawniej i krócej byłoby: „W swoim artykule Lakshimisha i współpracownicy [8] podają ...”. Podobne uwagi mam do podawanego odsyłacza do literatury w akapicie czwartym na tej stronie oraz przy innych odsyłaczach do literatury w tym rozdziale.

Str. 16 – przy wyjaśnieniach symboli znajdujących się pod zależnością (1) na tej stronie powinny pojawić się jednostki wielkości występujących we wzorze.

Str. 16 – na początku drugiego i trzeciego akapitu od dołu Autor używa sformułowań: „Autorzy publikacji akcentują ...” oraz „Badacze zwracają uwagę ...”. Tak naprawdę nie wiadomo o jakich autorów i badaczy chodzi. Zapewne z akapitu przed zależnością (1), dlatego, aby było precyzyjniej należałoby użyć raczej sformułowań: „Backi i Gravdahl [10] akcentują...” oraz „Backi i Gravdahl [10] zwracają uwagę...”. Podobne uwagi mam do innych akapitów w tym rozdziale.

Str. 18 – w pierwszym akapicie podrozdziału 1.2.1 Autor podaje dość dużo informacji, jednak brakuje w nim odsyłacza do literatury. Podobnie sytuacja (brak odsyłacza do literatury) występuje w kolejnych akapitach na tej stronie.

Str. 36 – drugi i trzeci akapit na tej stronie to informacje czysto teoretyczne (klasyfikacje zamrażarek płytowych oraz najczęściej stosowane czynniki chłodnicze), które bardziej pasują do rozdziału pierwszego niż do rozdziału, gdzie prezentowana jest koncepcja stanowiska.

Str. 41 – dwa ostatnie akapity na tej stronie to informacje w większości teoretyczne, które bardziej pasują do rozdziału pierwszego.

Str. 42 – wymieniając parametry przyjęte do obliczeń bilansu energii parametry, Autor podaje w nawiasach obok ich nazwy symbole tych parametrów. Przy niektórych parametrach brakuje indeksów podawanych parametrów (np. czas obsługi stacji), a w przypadku gęstości brakuje jej symbolu. Poza tym podając wartości dobranych parametrów Autor nie powinien stosować

nawiasów podając ich jednostki. Podobne uwagi (w przypadku podawania jednostek dobranych wartości) mam do obliczeń lub wartości obliczonych wielkości w innych takich przypadkach w podrozdziałach 3.2 – 3.3.

Str. 43 – podając szczegółowe dane dotyczące medium pośredniego Doktorant powinien podać odsyłacz do źródła, z którego zostały przyjęte.

Str. 43-54 – przedstawiając kolejne wzory do obliczeń (2) – (21) Doktorant powinien objaśnić pod nimi symbole w nich występujące, aby nie odsyłać Czytelnika do spisu symboli.

Str. 44-54 – Autorowi brakuje konsekwencji przy numeracji kolejnych wzorów do obliczeń (2) – (21). W większości Doktorant numeruje wzory, lecz numeruje również wyniki obliczeń (np. (10) – str. 44, (21) – str. 54), numeruje wzory, przy których wykonuje również obliczenia (np. wzory (18) i (19) – str. 51, (20) – str. 54).

Str. 52 – Doktorant dobierając: „...*rurociąg o minimalnej średnicy nominalnej: DN20*”, powinien podać odsyłacz do źródła, z którego ta średnica została dobrana.

Str. 53 – Doktorant dobierając: „...*pompy LNES 32-160/07 wyposażone w zewnętrzne falowniki LSIS serii IG5 o mocy nominalnej 1kW, połączone z przetwornikiem ciśnienia Danfoss MBS 1600...*”, powinien podać odsyłacz do źródła, z którego zostały przyjęte.

Str. 53 – Doktorant przedstawiając: „*Rys. 3.5 Wykres doborowy pompy chłodziwa*”, powinien podać odsyłacz do źródła, z którego został zaczerpnięty.

Str. 55-62 – Doktorant dobierając elementy aparatury pomiarowej i ich dane techniczne: „...*naczynie wyrównawcze Reflex NG10*”, „*Przepływomierz turbinowy KOBOLD DOT-13 25H*”, „*Licznik przepływu cieczy SPI- 73*”, „*ultradźwiękowy przepływomierz KOBOLD DUC-MF100D00 wraz z sondami pomiarowymi DUC- WF21010*”, „*układ pomiarowy Siemens*”, „*czujniki rezystancyjne Danfoss AKS12 PT1000*”, „*czujnika temperatury PT1000*”, „*termopary typu Fe- Const*”, „*układ pomiarowy firmy Fluke 1730*”, „*manometry TESTO 570*”, powinien podać odsyłacze do źródeł, z których zostały dobrane.

Str. 57 – Doktorant przedstawiając: „*Rys. 3.6. Konfiguracja trójprzewodowa czujnika temperatury PT1000*”, powinien podać odsyłacz do źródła, z którego został zaczerpnięty.

Str. 62 – Doktorant powinien podać informacje, czy rys. 3.10 jest jego własnym opracowaniem lub podać odsyłacz do źródła, z którego został przyjęty.

Str. 66 – na rysunku 4.2 Doktorant powinien wprowadzić pełne nazwy wielkości przedstawianych na ośiach pionowej i poziomej, gdyż w spisie symboli brakuje oznaczenia „*temperatura płyty*”, a symbolem T jest oznaczona tam ogólnie „*temperatura*”, brakuje również symbolu L do oznaczenia długości. W oznaczeniu jednostki temperatury płyty obok symbolu C brakuje użycia indeksu górnego dla oznaczenia „*stopnia*”. Na rysunku nie ma konieczności podawania podpisu nad rysunkiem, gdyż można go zawrzeć w jego podpisie. Legendę rysunku można było umieścić na wykresie, co pozwoliłoby zmniejszyć rysunek, aby mógłby być umieszczony w układzie pionowym strony. Podobne uwagi mam do rysunków 4.3 – 4.9.

Str. 67 – oprócz w/w uwag wymienionych przy okazji rys. 4.2, na rysunku 4.3 brakuje podpisów osi poziomej i pionowej.

Str. 68 – oprócz w/w uwag wymienionych przy okazji rys. 4.2, na rysunku 4.4 pojawia się raczej niepotrzebnie tekst „*Obszar kreślenia*”.

Str. 70 – oprócz w/w uwag wymienionych przy okazji rys. 4.2, na rysunku 4.5 można dostrzec nieprecyzyjny podpis rysunku postaci: „*Przebieg procesu mrożenia ...*”, podczas gdy rysunek obrazuje: „*Przebieg zmian temperatury mrożenia...*”.

Str. 71 – oprócz w/w uwag wymienionych przy okazji rys. 4.2, oraz 4.5, to na rys. 4.6 widać niekonsekwencję Autora: na rysunku 4.5 podpisuje on oś poziomą używając jej pełnej nazwy: „*czas [min]*”, podczas gdy na rys. 4.6 opisując tę oś używa symbolu oznaczającego czas „*t [min]*”. Poza tym w legendzie rys. 4.6 brakuje opisu poszczególnych przebiegów zmiany temperatury, jak to miało miejsce np. na rys. 4.5, a pojawiają się tylko generowane przez

program Excel oznaczenia kolejnych przebiegów w postaci „*Seria 1, Seria 2, ..., Seria 14*”. Na rysunku ucięta jest również część legendy – nie widać „*Seria 14*”.

Str. 72 – w przypadku rysunku 4.7 - takie same uwagi jak przy okazji rys. 4.2, 4.5 i 4.6. Na rysunku 4.7 brakuje również podpisów osi poziomej i pionowej.

Str. 73 – w przypadku rysunku 4.8 - takie same uwagi jak przy okazji rys. 4.2, 4.5 i 4.6. W legendzie Autor powinien uwzględnić indeksy przy symbolach.

Str. 74 – w przypadku rysunku 4.9 - takie same uwagi jak przy okazji rys. 4.2, 4.5 i 4.6. Poza tym w legendzie brakuje opisu poszczególnych przebiegów zmiany temperatury, jak to miało miejsce np. na rys. 4.8, a pojawiają się tylko generowane przez program Excel oznaczenia kolejnych przebiegów w postaci „*Seria 1, Wielob. (seria 1)*”

Str. 75 – oprócz w/w uwag wymienionych przy okazji rys. 4.2, na rysunku 4.9 można dostrzec nieprecyzyjny podpis rysunku postaci: „*Przebieg procesu mrożenia ...*”, podczas gdy rysunek obrazuje: „*Przebieg zmian temperatury mrożenia...*”.

Str. 77 – wielkość symboli widocznych na rys. 4.10 jest zbyt duża w stosunku do tekstu używanego w pracy. Poza tym w przypadku tego rysunku Doktorant powinien podać informacje, czy jest to jego własne opracowanie lub podać odsyłacz do pozycji literatury, z której został zaczerpnięty.

Str. 77 – w zależności (22) na: „*...pewną ilość ciepła...*”, którą traci element płyty zamrażarki, brakuje drugiej strony równania tj. symbolu, którym Autor powinien oznaczyć tę: „*...pewną ilość ciepła...*”.

Str. 77-79 – pod zależnościami (22)-(31) Autor powinien wyjaśnić symbole w nich występujące. Poza tym Doktorant powinien podać odsyłacze do pozycji literatury, z których zostały zaczerpnięte.

Str. 78 – w zależności (24) Autor oznacza współczynnik przewodzenia ciepła jako U , podczas gdy w spisie symboli współczynnik ten oznacza jako k , natomiast symbolem U oznacza tam współczynnik przenikania ciepła. Jest to oczywista pomyłka Autora, którą popełnił w spisie symboli. Poza tym w zależności (24) brakuje drugiej strony równania. Taki zapis równania czyni je niejasnym, a zdanie poprzedzające („*Przy założeniu stałości współczynnika przewodzenia ciepła U występuje:*”) zależność (24) nie wyjaśnia, co równanie to przedstawia.

Str. 78 – po zaprezentowaniu zależności (26) Autor w tekście pod nią wprowadza zależność na współczynnik wyrównywania temperatury. Taki sposób powoduje, iż wyprowadzenie kolejnych wzorów jest mniej czytelne. Doktorant powinien zależność na współczynnik wyrównywania temperatury przedstawić jako kolejną po zależności (26) i oznaczyć ją jako (27) i wyjaśnić pod nią symbole w niej występujące.

Str. 80-81 – Doktorant powinien podać informacje, czy rys. 4.11 i rys. 4.12 są jego własnym opracowaniem lub podać odsyłacze do pozycji literaturowych, z których zostały zaczerpnięte.

Str. 82 – w ósmym wierszu od góry na tej stronie Autor pisze: „*Wykres Heislera przedstawiony na rysunkach 1 i 2 umożliwia...*”. Zapewne w zdaniu tym chodziło Autorowi o rys. 4.11 i rys. 4.12.

Str. 82 - na stronie tej Doktorant używa nieprecyzyjnych sformułowań pisząc o: „*właściwościach odpadów poubojowych*” lub „*niezbędne właściwości cieplne*”, przedstawiając poniżej wartości współczynnika wyrównywania temperatury oraz współczynnika przewodzenia ciepła (to sugeruje jednostka) tłuszczu, skóry i mięsa wołowego. Nie podaje jednak odsyłaczy do pozycji literatury, z których zostały zaczerpnięte. Podobne uwagi mam do tych samych danych pojawiających się w rozdziale 4.2.3 (str. 84), gdzie również brakuje odsyłacza do literatury.

Str. 82 - prezentując wartości współczynnika przewodzenia ciepła (bo to sugeruje jednostka podawanych wielkości) na tej stronie Doktorant oznacza go symbolem U , podczas gdy w spisie symboli tym symbolem oznaczony jest współczynnik przenikania ciepła.

Str. 83 – w ósmym wierszu od góry Autor pisze: „Wykorzystując powyższe wartości, wyznaczono wartości liczb podobieństwa...”. Należałoby sprecyzować o jakie liczby chodzi.

Str. 83 – w szóstym i siódmym wierszu od dołu pojawiają się wyrażenia: „wykres 1(Bi)” oraz „wykres 2 (1/Bi)”. Zapewne chodziło o: rys. 4.11 – wykres 1 i rys. 4.12 – wykres 2.

Str. 83 - w ósmym wierszu od góry Doktorant w sposób nieprecyzyjny komunikuje, co będzie poniżej obliczał: „Wykorzystując powyższe wartości, wyznaczono wartości liczb podobieństwa...”. Należałoby sprecyzować jakie liczby podobieństwa będą obliczane, aby nie odsyłać Czytelnika do spisu symboli.

Str. 84 – w ostatnim zdaniu podrozdziału 4.2.2 Autor pisze: „Informacje eksploatacyjne oceniają...”. Doktorant powinien sprecyzować przez kogo te informacje są podawane.

Str. 87 – podpis rys. 4.13 jest nieprecyzyjny i powinien brzmieć: „Rys. 4.13. Przebieg zmian temperatury mrożenia skwarki wieprzowej na stanowisku eksperymentalnym”.

Str. 89 – Doktorant powinien podać odsyłacz do pozycji literatury, z której wykres (rys. 4.14) został zaczerpnięty. Na rysunku tym brakuje podpisów osi. Podobną uwagę mam do rysunku 4.15 (str. 90). Poza tym jakość rysunku 4.15 nie jest najlepsza.

Str. 90-96 – przedstawiając kolejne wzory do obliczeń (32) – (36) Doktorant powinien objaśnić pod nimi symbole w nich występujące i podać ich jednostki, aby nie odsyłać Czytelnika do spisu symboli. Poza tym przydałyby się odsyłacze do literatury, z której zależności te zostały zaczerpnięte.

Str. 92 – na rysunku 4.16 brakuje podpisów jego osi poziomej i pionowej oraz ich jednostek.

Str. 92 – w tekście pod rys. 4.16 Autor odsyła Czytelnika do kolejnych rysunków, jednak w pierwszej kolejności odsyła do rysunku 4.18, a dopiero potem do rys. 4.17. Może należałoby zamienić kolejność przedstawiania tych rysunków w pracy.

Str. 94 – jakość rysunku 4.19 nie jest najlepsza. Poza tym rysunek składa się z dwóch elementów. Należałoby je oznaczyć jako a) i b), a w podpisie rysunku wyjaśnić co poszczególne części: a) i b) przedstawiają. Podobne uwagi mam do rys. 4.24 na str. 103.

Str. 96 – pod zależnością (35) Doktorant przedstawia wartości h_1 , h_2 , h_3 , h_4 odczytane z wykresu (rys. 4.23), który jednak znajduje się kilka stron dalej (str. 102), a na tych kolejnych stronach (str. 97-101) pojawiają się wcześniej jeszcze kolejne rysunki: 4.20, 4.21, 4.22. Podobne uwagi mam do obliczeń wskaźnika sprawności energetycznej na str. 104.

Str. 98 – w przypadku prawej osi pionowej rysunku 4.20 brakuje jej podpisu, a pojawiają się za to dwie jednostki ([kWh] i [kW]), a więc jednostki nie takiej samej wielkości. W związku z czym, albo jest to pomyłka i jednostka [kW] jest podana przez pomyłkę lub też brakuje dodatkowej osi pionowej obok. Takiego rozwiązania nie sugeruje jednak podpis rys. 4.20, który również mógłby być bardziej precyzyjny np.: „Przebieg zmian temperatury wewnątrz bloku...”, zamiast: „Wykres temperatury wewnątrz bloku...”. Podobne uwagi mam do rys. 4.25 na str. 105.

Str. 99 – na samym końcu tej strony pojawia się rodzaj zależności, jednak zapisany tekstem: „... (zużycie energii elektrycznej układu – zużycie energii elektrycznej wymrażania)”. Jeżeli Doktorant traktuje to jako zależność to powinna pojawić się druga jej strona, a w tekście powyżej powinien znaleźć się do niej odsyłacz. Lepiej też byłoby zapisać ją wzorem.

Str. 99 – w podpisach tabel 4.1 – 4.15 powinny znaleźć się bardziej precyzyjne sformułowania odnośnie: „mrożonego wsadu”, „mrożonego chłodziwa”, co było konkretnie tym „wsadem” i „chłodziwem”.

Str. 101 – na rys. 4.21 brakuje podpisów jego osi poziomej i pionowej oraz ich jednostek.

Str. 101 – brakuje odsyłacza do rys. 4.21 w tekście pracy zarówno nad jak i pod rysunkiem.

Str. 108 - podpis rys. 4.26 jest mało precyzyjny.

Str. 109-110 – nad tabelą 4.12 Doktorant pisze, że przedstawia wyliczenia: „różnicy energii mrożenia wsadu oraz energii zużytej do wymrożenia chłodziwa do wartości -30°C

przedstawione w tab. 4.12, 4.13:” Natomiast w tabelach tych nie przedstawiono tych różnic. Takie wyliczenia pojawiają się dopiero pod tabelami.

Str. 111 – brakuje odsyłacza do tabeli 4.17 w tekście pracy zarówno przed pojawieniem się tabeli jak i pod tabelą.

Str. 116 – w pozycjach 3 i 5 literatury brakuje informacji o jej autorach.

Str. 116 – w pozycji 4 literatury brakuje informacji o tytule patentu.

Str. 118 – w pozycji 27 literatury brakuje informacji o tym, czy jest to opracowanie, artykuł, materiały informacyjne firmy, itp. Brakuje również informacji o autorach tej pozycji.

Str. 120 – w pozycji 54 literatury brakuje informacji o imieniu jednego z jej autorów. W pozycji tej Doktorant podawał pełne imiona autorów, podczas gdy we wszystkich innych pierwsze litery imion.

Str. 121 – w pozycji 63 literatury brakuje informacji o tytule opracowania. Podane nazwisko jednego z autorów powinno być podane jako pierwszy element pozycji.

Str. 126-129 - na rysunkach obrazujących kolejne załączniki 5, 6, 7 i 8 brakuje podpisów ich osi poziomej i pionowej oraz ich jednostek.

Po przeanalizowaniu zarówno osiągnięć Doktoranta przedstawionych w rozprawie jak i niedociągnięć w niej zauważonych, rozprawę oceniam pozytywnie.

4. Podsumowanie

Mając na uwadze złożony charakter procesu zamrażania w zamrażarce płytowej z pośrednim układem mrożenia, wynikający z dużej ilości różnorodnych czynników (rodzaj zastosowanego czynnika chłodniczego w układzie pierwotnym, rodzaj zastosowanego chłodziwa w układzie wtórnym, rodzaj i jakość komponentów do budowy układu chłodniczego itd.) wpływających na jego przebieg, na czas mrożenia wsadu, na ilości zużywanej energii na kilogram mrożonego produktu, czy też na popularne w ostatnich latach parametry efektywność energetyczną układu oraz jego ślad węglowy, uznaję, że praca doktorska mgr Krzysztofa Gaszka wnosi oryginalny wkład naukowy, szczególnie istotny zarówno pod względem naukowym jak i dla praktyki przemysłowej, w obszarze technologii chłodniczej i technologii utrwalania żywności.

Na podstawie przedłożonej rozprawy doktorskiej stwierdzam, że mgr Krzysztof Gaszek wykazał się dużą wiedzą zarówno naukową jak i techniczną. Opracowanie koncepcji stanowiska badawczego (zamrażarki płytowej z pośrednim układem mrożenia), jego zaprojektowanie, wykonanie i oprzyrządowanie w aparaturę pomiarową, opracowanie modelu teoretycznego pozwalającego na określenie czasu mrożenia wsadu zamrażarki od grubości płyty mroźniczej, przeprowadzenie walidacji opracowanego modelu na stanowisku badawczym, analiza uzyskanych wyników badań, świadczą o umiejętności samodzielnego prowadzenia badań naukowych oraz o dużej wiedzy Doktoranta z obszaru inżynierii mechanicznej oraz procesowej.

Stwierdzam, że praca doktorska mgr Krzysztofa Gaszka pt: „**Badanie nad procesem zamrażania żywności (produktów pochodzenia odzwierzęcego) w zamrażarkach płytowych z pośrednim układem chłodzenia**”, spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim określone w Ustawie „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” z dn. 30 sierpnia 2018 r. (Dz.U. z 2020 r. poz. 85 z późniejszymi zmianami) i wnoszę o dopuszczenie Autora do jej publicznej obrony.