

Uzasadnienie wniosku o nagrodę naukową Prezesa Rady Ministrów

dla dr Katarzyny Ryszewskiej za wyróżnioną rozprawę doktorską pt. *A semigroup approach to the space-fractional diffusion and the analysis of fractional Stefan model*".

1. Celem rozprawy jest rozwiązanie oryginalnego problemu naukowego o istotnym znaczeniu przynoszącym korzyści gospodarcze i ekonomiczno-społeczne.

Motywacja. Proces topnienia lodu jest opisywany równaniem, które jest znane pod nazwą *klasycznego zagadnienia Stefana*. Istotą problemu jest śledzenie powierzchni ustępującego lodu. Z uwagi na to, że ta powierzchnia rozdziela fazę ciekłą wody od fazy stałej, jest nazywana powierzchnią międzyfazową. Jak widać na tym prostym przykładzie wiedza o zachowaniu się powierzchni międzyfazowej jest kluczowa dla zrozumienia zjawisk, w których się ona pojawia. Jest wiele procesów fizycznych czy przemysłowych, w których pojawiają się powierzchnie międzyfazowe. Są to m.in. wytop stali czy rozchodzenie się zanieczyszczeń roznoszonych przez wody podziemne. Natura takich skażeń może być bardzo różna, mogą to być zanieczyszczenia chemiczne a nawet promieniotwórcze. Właśnie rozchodzenie się skażeń jest jednym z zagadnień, gdzie *klasyczny opis zagadnienia Stefana nie ma zastosowania*. Z opinii prof. M. Yamamoto z University of Tokyo, badającego dyfuzję cezu-137 w środowisku po **wybuchu reaktora w Fukushima** w 2011 r. wynika, że zamiast klasycznego operatora dyfuzji należy rozważać *operator dyfuzji ułamkowej względem przestrzeni*. Równania różniczkowe cząstkowe definiowane za pomocą tego operatora opisują także przepływ ciepła w niejednorodnym ośrodku i mają zastosowania w projektowaniu elektrowni geotermalnych. Uzyskane wyniki można wykorzystać do przewidywania skażenia gruntu lub polityki zrównoważonego rozwoju energii, dlatego będą przynosić korzyści gospodarcze i ekonomiczno-społeczne.

2. Wyniki uzyskane w rozprawie mają wybitnie nowatorski charakter.

Rozprawa Pani dr Ryszewskiej jest poświęcona analizie równań różniczkowych cząstkowych zdefiniowanych za pomocą operatora dyfuzji ułamkowej względem przestrzeni. Z uwagi na wagę procesów, w których występuje dyfuzja ułamkowa i powierzchnie międzyfazowe, pojawiło się do tej pory wiele prac im poświęconych. Jednakże wszystkie one przedstawiały rozwiązania zagadnień częściowych. **Rozprawa dr Ryszewskiej zawiera rozwiązanie całościowe zagadnienia Stefana z dyfuzją ułamkową względem przestrzeni i w tym znaczeniu jest pracą przełomową.** Rozwiązanie samego zagadnienia Stefana dla ułamkowego operatora dyfuzji nie wyczerpuje zagadnienia. W rozprawie udowodniono również istnienie rozwiązań szczególnych. Są one ważne, ponieważ mówią o długoczasowej asymptocie rozwiązań.

3. Rozprawa prezentuje wysoki poziom wiedzy teoretycznej w dyscyplinie matematyka.

Uzyskanie rozwiązania przedstawionego w rozprawie wymagało pomysłowości i szerokiej wiedzy teoretycznej. Etapem wstępnym było wykazanie, że operator przestrzennej ułamkowej dyfuzji generuje półgrupę analityczną. Z opinii prof. Yamamoto wynika, że pytanie o istnienie w.w półgrupy **było problemem otwartym, który rozwiązała dr Ryszewska konstruując odpowiednią teorię.** Jest to bardzo mocny wynik. Dopiero dysponując takim rezultatem dr Ryszewska mogła podjąć próbę konstrukcji powierzchni międzyfazowej. Taki wynik wymagał głębokiej i szerokiej wiedzy teoretycznej z zakresu równań różniczkowych

cząstkowych i równań z pochodnymi ułamkowymi. Przede wszystkim rozprawa dr Ryszewskiej rozwija wspomniane teorie, co zostało podkreślone w recenzjach. Warto podkreślić, że zasadnicze wyniki rozprawy ukazały się w samodzielnie napisanych artykułach dr Ryszewskiej opublikowanych m. in. w renomowanym czasopiśmie *Nonlinear Analysis, Theory and Metody* (2020).

4. Wyróżnienie rozprawy doktorskiej i docenienie uzyskanych w niej wyników przez środowisko naukowe.

Z opinii **prof. Płociniczaka z Politechniki Wrocławskiej** wynika, że wyniki dr Ryszewskiej docenili wiodący światowej klasy matematycy z zakresu równań różniczkowych cząstkowych. Natomiast z opinii **prof. Vollera z University of Minnesota** i **prof. Yamamoto z University of Tokyo** wynika, że wynik został także doceniony przez specjalistów z nauk technicznych wykorzystujących takie modele matematyczne. Należy podkreślić, że rozprawa ma istotny wkład do matematyki i jej zastosowań. Rozprawa z nadmiarem spełnia wymagania stawiane doktoratom, co wyraża się także i w tym, że została ona wyróżniona przez Radę Naukową Dyscypliny Matematyka Politechniki Warszawskiej.