

**Prof. dr hab. inż. Krzysztof Tajduś**  
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie  
Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu  
Al. Mickiewicza 30  
Kraków 30-059

Kraków, 01.11.2023

## **RECENZJA**

Rozprawy doktorskiej **mgr inż. Dagmara Perżyło**

p.t.:

### **„MODEL NIEUSTALONYCH DEFORMACJI TERENU GÓRNICZEGO WYKORZYSTUJĄCY NOWĄ FUNKCJĘ WPŁYWÓW UWZGLĘDNIAJĄCĄ JEJ ZMIENNOŚĆ W CZASIE”**

Recenzję niniejszej pracy wykonałem na zlecenie Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka, Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Rada Dyscypliny uchwałą z dnia 13.07.2023 powołała mnie na recenzenta niniejszej pracy doktorskiej.

Promotorem ocenianej rozprawy doktorskiej jest Pan dr hab. inż. Roman Ścigała, prof. PŚ.

#### **Ocena wyboru tematu pracy, opis uzyskanych osiągnięć**

Pani mgr inż. Dagmara Perżyło podjęła się trudnego, a zarazem ciekawego tematu badawczego związanego z problemem skutecznego prognozowania nieustalonych deformacji powierzchni terenu poddanego wpływom podziemnej eksploatacji górniczej. Doktorantka przeprowadziła analizę aktualnego stanu wiedzy w ww. temacie, a następnie zaproponowała dwa rozwiązania (bazowe i rozszerzone), które w założeniu miały pozwolić na lepszy opis osiadań nieustalonych w czasie, zwłaszcza efektów związanych z przerwami w prowadzonej eksploatacji górniczej. Skuteczność zaproponowanych modeli została wykazana porównując uzyskane obliczenia błędów dopasowania z wynikami uzyskanymi dla klasycznego modelu Knothego dla 9 linii obserwacyjnych (należących do 6 kopalń podziemnych).

Zaproponowany pierwszy model - wstępny (w doktoracie określony jako bazowy) wykorzystuje w założeniu jednoparametrową funkcję gęstości rozkładu prawdopodobieństwa Rayleigh'a w celu opisu deformacji nieustalonych w czasie. Wg informacji zawartych w pracy mgr inż. Dagmara Perżyło wykazała, że dla modelu bazowego 64% analizowanych punktów uzyskało lepsze dopasowanie. Natomiast z uwagi, iż w 36% model tradycyjny (Knothego) wykazał się większą skutecznością dopasowania autorka postanowiła zbudować, a następnie przeprowadzić obliczenia dla modelu wykorzystującego dwuczłonową funkcję Rayleigh'a. W pracy nazwano to modelem rozszerzonym. Zastosowanie dwuczłonowej funkcji Rayleigh'a pozwoliło na rozróżnienie opisów wpływów natychmiastowych (ujawniających się w krótkim

czasie po przeprowadzonych pracach wydobywczych) oraz wpływów opóźnionych (pojawiających się po dłuższym czasie). Zastosowanie modelu rozszerzonego znacznie poprawiło uzyskane dopasowania krzywych osiadań do wyników pomiarów.

Należy zauważyć, że uwieńczeniem prowadzonych analiz i badań Doktorantki było opracowanie oprogramowania „Ray-Param” pozwalającego na identyfikację wartości parametrów zastosowanych modeli obliczeniowych wykorzystując w tym celu wyniki obserwacji geodezyjnych w czasie.

Przeprowadzone przez Doktorantkę badania są interesujące. Zastosowane modele (zwłaszcza model rozszerzony) pozwalają na znaczną poprawę jakości opisu zjawiska nieustalonych obniżen terenu górniczego. Słabością modelu jest natomiast ilość dodatkowych parametrów potrzebnych do przeprowadzenia analiz prognostycznych ( $r_{11}$ ,  $r_{12}$ ,  $w_{12}$ ). Zakładając rozwój tej metody, zwiększenia ilości wykonanych w przyszłości obliczeń, przeprowadzenia analiz zależności wartości parametrów  $r_{11}$ ,  $r_{12}$  oraz  $w_{12}$  od m.in.: jakości górotworu, prędkości eksploatacji, głębokości, wielkości pola, umiejscowienia punktu pomiarowego, metoda ta może stanowić dobre uzupełnienia dla stosowanej aktualnie teorii Knothe'go.

Podczas czytania doktoratu Pani mgr inż. Dagmary Perżyło nasunęły mi się następujące uwagi do pracy:

#### **Pytania i uwagi:**

- [1]. Str. 7, wzór 2.8: Wzór ten przypisany został prof. Sałustowiczowi, który profil niecki porównał do ugięcia niecki na sprężystym podłożu. Natomiast rozwiązanie 2.8, jest całką równania  $\frac{dw}{dt} = c(h - w)$ , dla warunków początkowych eksploatacji, autorstwa Knothe'go. Dodatkowo Doktorantka parametr  $c$  opisuje jako „stałą”, brak jest natomiast informacji co ona charakteryzuje i w jakim zakresie? Czy jest to wg Doktorantki ten sam parametr co został podany we wzorze 2.5?
- [2]. W rozdziale 2, Doktorantka przedstawia przegląd modeli teoretycznych prognozowania nieustalonych deformacji powierzchni terenu. Istotnym problemem w analizie tego rozdziału są przyjmowane oznaczenia stosowanych parametrów oznaczających tę samą wielkość (różne oznaczenia) lub różne wielkości (te same oznaczenia). Przykład stanowią wzory 2.1, 2.9 i 2.11 (parametr  $g$ ), 2.2 i 2.7 (parametr  $V$ ), 2.9, 2.8 i 2.10 ( $h$  lub  $w_k$ ), oznaczenia parametru prędkości osiadań, itp.
- [3]. Str. 17: wzór 2.46 został zastosowany do prognozowania wartości osiadań resztkowych dla 7 kopalń Zagłębia Ruhry, a nie jednej kopalni (<https://doi.org/10.3390/en15228711>, <https://doi.org/10.3390/min11111187>).
- [4]. Ogólnie rozdział 2.2 został przez Doktorantkę słabo udokumentowany opublikowanymi pracami z kraju i ze świata. W ostatnich latach dużo prac w tym zakresie jest autorstwa naukowców z Chin, natomiast Doktorantka nie przedstawiła opisu tych doświadczeń w swojej pracy.
- [5]. Str. 22, wzór 3.1: co oznacza  $s$  we wzorze?

- [6]. Str. 52, rys. 6.1: Wykres sugeruje, że wartość funkcji wpływu po prawej stronie rośnie wraz ze wzrostem współrzędnej  $z$ , natomiast w tekście Autorka posługuje się głębokością  $H$ . Sugeruję, aby wartość funkcji wpływu dotyczyła powierzchni terenu, a zmianie ulegać powinna wartość  $\tau$ . Czy funkcja wpływów Knothe po dodaniu elementu czasu nie daje podobnych wyników?
- [7]. Str. 52, rys. 6.1: sugeruję używać nazwy funkcji wpływów Knothe. Prof. Budryk dodał do teorii możliwość wyznaczania przemieszczeń poziomych natomiast Doktorantka analizuje jedynie przemieszczenia pionowe, których opis funkcji wpływu przedstawił prof. Knothe.
- [8]. Str. 53, wzór 6.1: co to jest  $q$ ? Jaki ma wpływ na uzyskane wyniki obliczeń z punktu widzenia „całkowania” po  $dx dy d\tau$ ?
- [9]. Koncepcja modelu bazowego (wzór 6.6 złożony z 6.4 i 6.5) jest bardzo bliska funkcji przedstawionej przez Trojanowskiego  $f(t) = 1 - \exp[-c(t - t_0)^2]$ , gdy  $\frac{\partial f}{\partial t}$ . Czy założenie i podobieństwo to było przez Doktorantkę analizowane?
- [10]. Brak przedstawienia wzorów określających błędy dopasowania przebiegu obniżenia w czasie:  $M_s, M_k, M_p$ .
- [11]. W rozdziale 7.3 Doktorantka dokonuje obliczeń teoretycznej prognozy osiadania punktu powierzchni terenu przy założeniu przerw weekendowych w prowadzonej ciągłej eksploatacji. Biorąc pod uwagę rozrzut wartości parametrów  $r_{11}$ ,  $r_{12}$  i  $w_{12}$  przedstawiony przez Autorkę w rozdziale 7.2 i tabelach 7.1-7.9 ( $r_{11}$ : 1÷57;  $r_{12}$ : 7,7 ÷ 118;  $w_{12}$ : 0,31 ÷ 0,96), proszę o informację w jaki sposób wartości zaproponowane do prognozy zostały dobrane ( $r_{11} = 0,5$ ;  $r_{12} = 15$ ;  $w_{12} = 0,75$ )?

### Uwagi drobne:

- [1]. Str. 6, wzór 2.5: brak domknięcia nawiasu kwadratowego.
- [2]. Parametr  $r$  podawany jako promień rozproszenia wpływów lub jako promień zasięgu wpływów. Dobrze jest trzymać się jednego określenia.
- [3]. Str. 18, wzór 2.48: podano, że  $k$  jest to bezwymiarowa wartość charakteryzująca górotwór natomiast stosując wzór 2.23 można uzyskać informację, że  $k = \frac{1}{u}$ , gdzie  $u$  jest to zmienna dynamiczna wpływająca na kształt fali deformacji powierzchni terenu.
- [4]. Str. 23: błąd powołania się na wzór 3.12.
- [5]. Str. 23: błąd numeracji rysunku.
- [6]. Str. 24: w pracach z lat 70-tych Sroka zastosował model zdyskretyzowany, należałoby te prace dodać również do przytoczonej literatury.
- [7]. Str. 52, rys. 6.1: brak powołania się na rysunek w tekście.
- [8]. Str. 114 i 115: Autorka wielokrotnie przywołuje w opisie analiz określenie „model bazowy”, najprawdopodobniej chodzi jednak o „model rozszerzony”.

### Wniosek końcowy

Podjęty przez Panią mgr inż. Dagmarę Perżyło temat „Model nieustalonych deformacji terenu górniczego wykorzystujący nową funkcję wpływów uwzględniającą jej zmienność w czasie” jest problemem ciekawym i pomimo wielu prac dokonanych w tym zakresie, nadal

w pełni nierozwiązanym. Doktorantka przeprowadziła rzeczową analizę problemu dla bazy 9 linii pomiarowych osiadań punktów powierzchni terenu w czasie. Obliczenia prowadziła zarówno przy użyciu programów stosowanych na Wydziale Górnictwa, Inżynierii Bezpieczeństwa i Automatyki Przemysłowej, jak i również zbudowała swój autorski program pozwalający na identyfikację wartości parametrów zastosowanych modeli obliczeniowych wykorzystując w tym celu wyniki obserwacji geodezyjnych w czasie.

Przeprowadzone analizy oraz opisy uzyskanych wyników obliczeń świadczą o umiejętności stosowania narzędzi badawczych naukowca, oraz właściwego wnioskowania.

Praca doktorska Pani mgr inż. Dagmary Perżyło cechuje się prawidłową konstrukcją, układ tekstu jest przejrzysty, a większość ilustracji, wykresów i tabel w sposób właściwy prezentuje wyniki przeprowadzonych obliczeń i analiz.

Ostatecznie stwierdzam, że przedstawiona mi do recenzji praca doktorska, pomimo kilku uwag, jest oryginalnym rozwiązaniem zaprezentowanego w niej ciekawego zagadnienia naukowego w ramach dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwa i energetyki.

W podsumowaniu stwierdzam, że przedstawiona mi do recenzji praca doktorska **Pani mgr inż. Dagmary Perżyło** w pełni spełnia wymagania obowiązującej ustawy z dnia 20 lipca 2018.

Wnioskuje do Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka, Politechniki Śląskiej w Gliwicach o przyjęcie tej pracy jako pracy doktorskiej i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Prof. dr hab. inż. Krzysztof Tajduś