

Prof. dr hab. inż. Tadeusz Uhl
Katedra Robotyki i Mechatroniki
Akademia Górniczo – Hutnicza
Al. Mickiewicza 30
30-059 Kraków

Kraków 15.04 .2019

Opinia o pracy doktorskiej pt. “ Projektowe i organizacyjne uwarunkowania diagnostyki procesów powstawania i rozwoju pęknięć w rurociągach energetycznych ” autorstwa mgr inż. Filip Klepacki.

1. Zagadnienie naukowe rozważone w rozprawie

W pracy doktorskiej autor podjął bardzo ważny z punktu widzenia praktycznego problem oceny diagnostycznej stanu rurociągów energetycznych, w szczególności projektowe i organizacyjne uwarunkowania diagnostyki. W pracy zawarty jest też, dobrze dobrany i szczegółowo przeanalizowany materiał ilustrujący analizowany problem.

Autor opisał bardzo szczegółowo podstawowe zagadnienia związane z eksploatacją rurociągów wodnych. Rurociągi wodne w praktyce eksploatacji bloków energetycznych są traktowane z mniejszą uwagą jak rurociągi parowe, jednak ulegają one dość częstym awariom. Podstawową przyczyną tych awarii, nie występującą w rurociągach parowych jest zmęczenie korozyjne. Kandydat przedstawił również w bardzo szczegółowy sposób zagadnienia pęknięcia korozyjnego. Znaczną część pracy stanowi przegląd zagadnień związanych z teorią korozji, zmęczenia korozyjnego oraz procedur projektowania i badań diagnostycznych rurociągów. W podsumowaniu przeglądu literatury Autor zauważył, że do badania i obliczeń rurociągów wodnych stosuje się procedury zatwierdzone dla rurociągów parowych, co nie jest w zupełności prawidłowe ponieważ w rurociągach wodnych nie występuje pełzanie, które stanowi jedno z podstawowych zjawisk degradacji rurociągów parowych (str. 24). Brak jest natomiast w tych instrukcjach uwzględnienia zjawisk pęknięcia korozyjnego, co powoduje, że procedury ograniczają się do analiz jakościowych, a brak jest

BIURO DEJEKANA
Wpłynęło dnia 21.05.2019
Nr 334 Zakt.....



zupelnie analiz ilościowych, które powinny być podstawą decyzji projektowych i diagnostycznych. Połączenie, wydawałoby by się bardzo odległych; zagadnień mechaniki pęknięcia i korozyjnej degradacji materiałów doprowadziło do sformułowania ciekawego interdyscyplinarnego zagadnienia badawczego związanego z poprawieniem procedur projektowania i diagnostyki rurociągów wodnych. Zagadnienie to Doktorant rozwiązał przez opisanie wielu przykładów praktycznych występujących zjawisk pęknięcia korozyjnego. Praca ma charakter badań porównawczych, różnych metod projektowania i diagnostyki rurociągów wodnych. Praca ma charakter badań stosowanych, a jej tematyka wpisuje się w obszar dyscypliny Inżynieria Produkcji. Praca stanowi dobrze zdefiniowane zadanie badawcze, polegające na wykazaniu, że konieczne jest uwzględnienie, w procedurach projektowania i badań diagnostycznych rurociągów wodnych, zjawiska pęknięcia zmęczeniowego. Tak postawione zadanie badawcze Autor rozwiązał w ramach prezentowanej pracy.

2. Cel pracy i teza naukowa

W rozdziale 4 zatytułowanym „Cel i zakres pracy” Autor definiuje cel pracy jako (str. 39) określenie wytycznych do korekty procedur projektowych i diagnostycznych rurociągów wodnych przeznaczonych do pracy w energetyce. Celem tych korekt według Autora jest zmniejszenie prawdopodobieństwa powstawania uszkodzeń powodowanych pęknięciami korozyjnymi oraz zapewnienie odpowiedniej profilaktyki zapobiegającej uszkodzeniom tego typu rurociągów. Cel jest bardzo szeroki został osiągnięty poprzez zrealizowanie następujących zadań badawczych; analiza uszkodzeń powstających w elementach poddanych oddziaływaniom mechanicznym i cieplnym, opracowaną na podstawie badań w warunkach przemysłowych, badania własności warstwy wierzchniej z powierzchni wewnętrznej próbek pobranych z elementów po wieloletniej eksploatacji, w tym próbę określenia własności mechanicznych pasywnej warstwy tlenków, analizę wytrzymałościową wybranej instalacji w połączeniu z jej badaniami w warunkach przemysłowych, opracowanie wskazówek i charakterystyk niezbędnych do oceny wpływu cech geometrycznych kolan rurociągów, w tym ich owalności na zjawisko spiętrzenia naprężeń, próbę oceny przyczyn powstania awarii w warunkach przemysłowych na podstawie charakterystyk opracowanych w rozprawie, opracowanie wytycznych do procedury oceny stanu technicznego i do



projektowania rurociągów energetycznych wraz z analizą ekonomiczną efektów ich zastosowania.

Definiując powyższe zadania badawcze Autor uściślił kierunki badań reprezentowane w pracy.

Autor sformułował w sposób jawny tezę pracy, która brzmi następująco; „ Proces powstawania uszkodzeń podczas eksploatacji w rurociągach energetycznych uwarunkowany jest współdziałaniem niedoskonałości geometrycznych oraz korozji w ich elementach poddanych zmiennym obciążeniom, a ujęcie ilościowe czynników odpowiedzialnych za ten proces umożliwia sformułowanie wytycznych do algorytmów i procedur projektowania oraz oceny stanu technicznego instalacji energetycznych stosowanych w celu zapewnienia bezpieczeństwa ich użytkowania.

Cała treść pracy podporządkowana jest realizacji celu oraz udowodnienie postawionej tezy, choć dowód ten jest wykonany tylko poprzez przedstawienie przykładów w postaci rozważań na konkretnych rurociągach.

3. Ważność i aktualność zagadnienia naukowego rozpatrywanego w pracy

Praca dotyczy istotnego, z punktu widzenia eksploatacji rurociągów parowo – wodnych w energetyce, problemu opracowania wytycznych dla projektowania i diagnozowania tych obiektów. Jak wynika z przeglądu literatury oraz moich doświadczeń w diagnostyce obiektów energetycznych problem jest bardzo aktualny, gdyż zmienił się w ostatnim czasie profil obciążeń bloków energetycznych, z pracy pod stałym obciążeniem, na pracę z wieloma zmianami mocy bloku, jak również z częstymi odstawieniami i rozruchami. Obowiązujące do dnia dzisiejszego instrukcje są przygotowywane w latach 80tych i 90tych poprzedniego stulecia, gdzie założenia co do profilu obciążeń eksploatacyjnych były zupełnie inne jak obecnie występujące. Z powyższego wynika aktualność zagadnienia rozważanego w pracy. Jego ważność związana jest przede wszystkim z koniecznością rozróżniania rurociągów wodnych i parowych jako obiektów pracujących w zupełnie innych warunkach eksploatacyjnych. Stosowanie tych samych kryteriów w obu przypadkach może prowadzić do nieoptymalnych rozwiązań z punktu widzenia eksploatacyjnego i ekonomicznego.



4. Naukowość i oryginalność pracy

Zaproponowana przez Autora metodologia zawiera elementy procesu badawczego. Jest w niej proces krytycznej analizy literatury oraz raportów związanych z diagnostyką oraz analizą awarii rurociągów wodnych w instalacjach energetycznych. Jest też zastosowanie modeli numerycznych instalacji oraz rurociągów z uwzględnieniem warstwy tlenków na powierzchni styku materiału rurociągu i medium, oraz badania eksperymentalne własności mechanicznych oraz badania metalograficzne zdegradowanych komponentów rurociągu. Bardzo szczegółowo Autor odnosi się do metody badań rurociągów oraz formułuje, do tej pory nie istniejące zalecenia do obliczeń oraz badań diagnostycznych rurociągów wodnych instalacji energetycznych. Odnosi je do stosowanych w chwili obecnej instrukcji eksploatacyjnych, a adoptowanych ze stosunkowo starych instrukcji dotyczących rurociągów parowych, pracujących z zupełnie innych warunkach eksploatacyjnych niż rurociągi wodne. Jak Autor słusznie zauważył w rurociągach wodnych dominują zupełnie inne zjawiska degradujące ich materiał (zmęczenie korozyjne) niż w rurociągach parowych (gdzie dominuje pęcznienie). Z punktu widzenia naukowości prace można ocenić jako próbę opracowania na podstawie doświadczeń w badaniu i projektowaniu rurociągów podstaw naukowych do opracowania instrukcji dla inżynierów zajmujących się projektowaniem i eksploatacją rurociągów wodnych w energetyce.

Pokazane przez Autora w pracy wyniki są oryginalne. Mam pewne zastrzeżenia co do spisu literatury wykorzystanej przy realizacji pracy. W moim odczuciu jest ona stosunkowo stara i wykorzystuje głównie osiągnięcia z poprzedniego wieku, aktualnych pozycji jest zaledwie kilka. Analizując powszechnie dostępne bazy danych czasopism i opracowań z zakresu rurociągów wodnych, zmęczenia korozyjnego, czy pęknięć korozyjnych można znaleźć bardzo dużo wyników współczesnych badań w tym zakresie.

Podsumowując merytoryczną ocenę naukowości i aktualności tematyki rozprawy doktorskiej uważam, że ; opracowanie podstaw do stworzenia nowych instrukcji projektowania i eksploatacji rurociągów wodnych oraz ich walidacja na rzeczywistych przypadkach rurociągów eksploatowanych w energetyce stanowią oryginalne elementy zadania naukowego mogącego być podstawą do nadania stopnia naukowego doktora nauk technicznych w dziedzinie Inżynieria Produkcji.



5. Mocne i słabe strony pracy

Mocne strony pracy:

- Sformułowanie problemu badawczego, interdyscyplinarnego obejmującego swoim zakresem takie dziedziny jak inżynieria materiałowa, inżynieria mechaniczna, chemia, ekonomia i to zarówno w obszarze rozważań analitycznych jak i badań eksperymentalnych
- Szczegółowy opis zjawiska zmęczenia korozyjnego oraz analiza wpływu na żywotność rurociągów parowo – wodnych,
- Szczegółowa interdyscyplinarna analiza przemysłowych przypadków uszkodzeń elementów instalacji parowodnych w energetyce, tą część uważam, za najbardziej wartościową część rozprawy,
- zauważenie bardzo ważnej roli warstwy tlenków na powierzchni styku rurociąg i medium transportowane przez rurociąg i analiza zjawisk degradacji tej warstwy,
- Uogólnienie analizy przypadków awarii i uszkodzeń na wytyczne do projektowania i badań diagnostycznych rurociągów,
- Zaproponowanie ciekawych dedykowanych metod badawczych do badania własności materiałowych i mechanicznych eksploatowanych rurociągów (np. Ocena własności warstwy tlenków) oraz krytyczna analiza wyników metod klasycznych.
- Bardzo rzetelnie przeprowadzone badania metalograficzne zdegradowanych elementów rurociągów oraz szczegółowa analiza wyników tych badań,
- ,Bardzo skrupulatnie przygotowana i wzorowa strona edycyjna pracy,
- Poprawne sformułowanie ciekawych wniosków z przeprowadzonych badań,

Słabe strony pracy:

- Przegląd literatury oparty jest na stosunkowo starych publikacjach, natomiast w ogólnodostępnych bazach danych można znaleźć bardzo dużo współczesnych publikacji z tego zakresu,
- Praca w wielu miejscach w szczególności we wstępie ma charakter podręcznikowy i wiele z zamieszczonych opisów jest można by pominąć bez utraty wartości pracy,



autor w sposób bardzo dydaktyczny wprowadza pewne znane pojęcia, zakładając, że czytający nie jest specjalistą w zakresie pracy,

- Cytowanie wzorów podawanych w normach nie wnosi żadnych wartości naukowych i moim zdaniem może być pominięte,
- Proces badania własności mechanicznych próbek (badania własności warstwy tlenków) jest zasadniczą częścią pracy o charakterze naukowym, jest on przeprowadzony moim zdaniem w sposób uniemożliwiający ocenę poprawności wyników, ponieważ badania ograniczono do kilku, w szczególnych przypadkach dwóch próbek, co dla oceny jakości wyników jest zbyt małą liczbą. Brak jest jakichkolwiek ilościowych ocen poprawności uzyskanych rezultatów oraz brak jest badań statystycznych wyników,
- Metoda wyznaczania własności materiałowych na podstawie porównania wyników analiz numerycznych i badań eksperymentalnych choć jest koncepcyjnie ciekawa i nowoczesna, to jej implementacja jest opisana w sposób niewystarczająco obszerny. Brakuje opisu metod dostrajania parametrów modeli, analizy wrażliwości, analizy niepewności metody. Na podstawie zamieszczonego opisu, nie można ocenić poprawności przeprowadzonej identyfikacji parametrów.
- W opisie wyników wyznaczania własności mechanicznych stwierdzono, że rozrzut wyników jest bardzo duży. Wyniki te wykorzystano jako dane wejściowe do wyznaczania własności mechanicznych warstwy tlenków. Autor nie odpowiedział na pytanie jakie błędy popełnia się przy wyznaczaniu własności warstwy tlenków na skutek niedokładności przyjętych własności materiału rurociągu.
- Na str. 84 powołano się błędnie na rys.1
- Na str. 90 przedstawiono wnioski z badań metalograficznych, których wyników nie przedstawiono w pracy.
- Na str. 95 i następnych przedstawiono wyniki obliczeń MES rurociągów bez uwzględnienia warstwy tlenków (dlaczego?)
- Brak jest w wielu miejscach opisu metody badań zastosowanych do oceny stanu rurociągu (np. Badania ultradźwiękowe, badania pęknięcia warstwy tlenków, pomiar geometrii warstwy tlenków), co również uniemożliwia ocenę wiarygodności osiągniętych rezultatów.



- W wielu przypadkach Autor odnosi wyniki rozważań do stosowanych w praktyce norm, które przyjmuje bezkrytycznie. Moim zdaniem, aby odnosić wyniki badań naukowych do norm, trzeba wcześniej udowodnić ich naukową poprawność i aktualność,
- Przedstawiane modele i wyniki obliczeń metodą elementów skończonych są niekompletne, brak jest warunków brzegowych oraz wektora obciążeń co uniemożliwia ocenę ich poprawności, a wnioski wynikające z tych obliczeń są intuicyjne.

6. Aplikacyjność wyników pracy

Autor zauważył, że rurociągi wodne są projektowane i diagnozowane według tych samych instrukcji co rurociągi parowe, pomimo, że w obu przypadkach decydujące znaczenie w degradacji tych obiektów mają inne zjawiska, a stosowanie tych samych kryteriów może doprowadzić do błędnych decyzji eksploatacyjnych w praktyce utrzymania ruchu bloków energetycznych. Praca oparta jest głównie na opisie praktycznych przypadków oceny stanu rurociągu wodnego lub wyjaśnienia przyczyn awarii, tak więc ma charakter aplikacyjny. Przedstawione wnioski odnoszą się bezpośrednio do praktyki eksploatacji rozważanych obiektów.

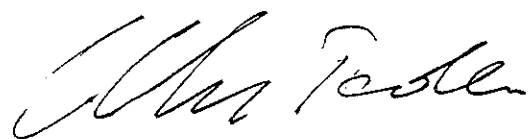
7. Wniosek końcowy

Praca doktorska przedstawiona przez mgr inż. Filipa Klepacki, jej zawartość i forma wskazują na jego wysoką wiedzę merytoryczną w zakresie analizy i opracowania nowych procedur projektowania i diagnostyki rurociągów wodnych eksploatowanych w energetyce. Ponadto, sposób realizacji pracy wskazuje na umiejętność posługiwania się narzędziami pracy współczesnego badacza oraz umiejętność formułowania zadań badawczych i ich skutecznego rozwiązywania. Wszystkie wymienione wyżej zagadnienia rozważane w pracy można zaliczyć do dyscypliny naukowej Inżynieria Produkcji.

Podsumowując, uważam, że Autor w przedłożonej rozprawie poprawnie sformułował, opisał i rozwiązał oryginalne zadanie naukowe, jakim jest opracowanie wytycznych dla procedur projektowania i diagnozowania rurociągów wodnych eksploatowanych w energetyce.



Praca odpowiada warunkom stawianym, w Ustawie o Tytule Naukowym i Stopniach Naukowych, rozprawom doktorskim w zakresie nauk technicznych. Wobec powyższego stawiam wniosek o dopuszczenie przedłożonej, przez mgr inż. Filipa Klepacki, rozprawy do publicznej obrony.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Filip Klepacki', written in a cursive style.