

prof. dr hab. inż. Władysław Szaflik
Katedra Ogrzewnictwa, Wentylacji i Ciepłownictwa
Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego
70-310 Szczecin, Al. Piastów 50
e-mail: wladyslaw.szaflik@zut.edu.pl

Szczecin, dn. 30 września 2022 r.

R E C E N Z J A

Pracy doktorskiej **mgr inż. Macieja Kotuła**

pt. „*Badanie zawilgocenia gazu ziemnego pod kątem sprawności i ekologiczności jego wykorzystania*”

1. Podstawa opracowania recenzji

Recenzję opracowano na zlecenie Rektora Politechniki Koszalińskiej w Koszalinie dr hab. Danuty Zawadzkiej, prof. PK (pismo z dnia 9 września 2022 r.). Podstawą zlecenia była uchwała Komisji do przeprowadzenia czynności w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka z dnia 6 września 2022 roku w sprawie wyznaczenia prof. dr hab. inż. Władysława Szaflika w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora mgr. inż. Maciejowi Kotuła. Podstawą opracowania jest egzemplarz pracy doktorskiej, literatura naukowa dotycząca zakresu pracy oraz wyniki badań własnych.

2. Tematyka rozprawy

Tytuł rozprawy ma postać: „*Badanie zawilgocenia gazu ziemnego pod kątem sprawności i ekologiczności jego wykorzystania*”. W rozprawie przedstawiono i przeanalizowano zagadnienie pojawiania się w gazociągach transportujących gaz ziemny wody w postaci cieczy. Gaz w złożu przed wydobyciem jest nasycony parą wodną, aby zapewnić w transportowanym rurociągami gazie ziemnym odpowiednio niską zawartość wilgoci uniemożliwiającą wykraplanie się w nich pary wodnej gaz jest osuszany. Operatorzy sieci przesyłowych na swoich oficjalnych stronach podają deklaracje dotyczące zawartości wilgoci w przesyłanym paliwie. Dopuszczalną zawartość wilgoci określa się poprzez podanie nieprzekraczalnej temperatury punktu rosy dla gazu, osobno dla lata i dla

zimy. Zdarzają się przypadki, że w gazociągach średniego i niskiego ciśnienia występują problemy eksploatacyjne wywołane znajdującą się w nich wodą w postaci cieczy. Doktorant po przeprowadzonej analizie stwierdza, że woda ta nie dopływa do rurociągu przez nieszczelności powstające w rurach wskutek uszkodzenia mechanicznego lub korozji, ponieważ w gazociągach panuje zawsze nadciśnienie, stwierdza on, że woda wykrapla się z przepływającego gazu.

Tytuł recenzowanej rozprawy nie odpowiada zawartej w niej treści. Uważam, że powinien on być inny, np. mieć postać: „*Wykorzystanie wyników badania zawilgocenia gazu ziemnego do podwyższenia niezawodności jego dostawy*”

Uważam, że tematyka rozprawy jest interesująca oraz ważna i ma duże znaczenie w praktyce inżynierskiej ze względu na zwiększenie niezawodności eksploatacji sieci gazowych. Wykraplanie się pary wodnej w gazociągach z jednej strony może spowodować zablokowanie przepływu gazu w przewodach wykroploną z gazu wodą, zaś z drugiej niewłaściwe działanie urządzeń stacji redukcyjnych gazu zabezpieczających je przed wzrostem ciśnienia. Znajomość możliwości wystąpienia zagrożenia wywołanego wykropleniem się pary wodnej w gazociągach umożliwi odpowiednie wyposażenie sieci gazowych i stosowne postępowanie przy pojawieniu się w nich tego zjawiska.

3. Opis rozprawy

Rozprawa ogółem liczy 143 strony, nie wydzielono z niej załączników. Bibliografia zawiera 31 pozycji. W pracy umieszczono 13 rysunków, 5 fotografii i 6 tabel oraz dwa zestawienia z wynikami obliczeń - pierwsze liczące 23 strony, drugie 16 stron. Literatura liczy 31 pozycji.

Na początku rozprawy Autor umieścił zestawienie stosowanych symboli, następnie streszczenie pracy oraz słowa kluczowe w języku polskim i angielskim, słowo wstępne, siedem rozdziałów samej pracy oraz spis tabel, rysunków i literatury.

Rozprawa napisana jest poprawną polszczyzną, styl pracy nie budzi większych zastrzeżeń, struktura pracy poprawna, kolejność rozdziałów właściwa, rozprawa opracowana starannie, strona edytorska na dobrym poziomie. Podczas czytania pracy zauważyłem drobną liczbę błędów literowych i stylistycznych.

4. Charakterystyka rozprawy

Tytuł pierwszego rozdziału nosi nazwę „*Część teoretyczna – studium*”. W dwóch pierwszych podrozdziałach Doktorant opisuje sposoby oczyszczania oraz zasady osuszania

gazu ziemnego i doboru metody jego oczyszczania i osuszania. W trzecim podrozdziale noszącym tytuł „*Kontrola jakości gazu narzędziem oszczędzania energii*” omawia wpływ wilgotności paliwa gazowego na wartość opałową i podaje metodykę określania wilgotności dla punktu rosy gazu (para nasycona). W dalszej kolejności charakteryzuje własności gazu ziemnego, które powodują zmiany charakterystyk pracy palników. Podpis pod rysunkiem nr 6, zawartym w tym podrozdziale jest niepełny, cytowana tu literatura nie jest skoordynowana z jej spisem w rozprawie. Autor w niniejszym podrozdziale podkreśla wpływ zawartości wilgoci na procesy spalania. Podrozdział ten jest kopią artykułu Promotora rozprawy prof. dr hab. inż. A. Szkarowskiego i jego współpracowników o takim samym tytule jak artykuł, opublikowanym w *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* (Nr 4/2013, str. 146 – 150). Tytuł podrozdziału 1.3 „*Kontrola jakości gazu narzędziem oszczędzania energii*” nie za bardzo odpowiada jego treści, zmieniłbym go na inny np. „*Własności gazu ziemnego wpływające na efektywność jego spalania*”

Następnie Doktorant przedstawił opis i analizę dwóch awarii. Pierwsza awaria (podrozdział 1.4) dotyczyła sieci gazowej w Kołobrzegu. Wykazał, że spowodowana ona była przez wykroploną z gazu wodę. Druga awaria (podrozdział 1.5) dotyczyła stacji redukcyjnej w Zielonej Górze, przyczyniła się do niej woda. Doktorant stwierdził, że spowodowała ją woda zawarta w gazie.

W rozdziale 2 o tytule „*Cel i zakres pracy*” Autor przedstawił cel i zakres rozprawy. Podstawowym celem Autora jest wykazanie, że „*obowiązkowa analiza parametrów fizyko – chemicznych gazu ziemnego w zakresie wilgoci, oraz warunków atmosferycznych zapewni dokładną przewidywalność momentów występowania nadmiernego wykraplania wilgoci w sieci gazowej co umożliwi szybsze jej usuwanie w celu zwiększenia bezpieczeństwa transportu gazu, bezpieczeństwa eksploatacji sieci gazowych, oraz podniesienie sprawności i ekologiczności spalania*”.

W rozdziale 3 o nazwie „*Metodyka badań*” na wstępie Doktorant uzasadnił wybór miejsca i pory pobierania próbek gazu do analizy zawartości wilgoci. Pobieranie próbek z sieci odbywało się w godzinach porannych w miejscowości Grzybowo tj. w tzw. strefie „520 – Kołobrzeg” zasilanej dwustronnie z dwóch stacji I^o jednej zlokalizowanej w Kołobrzegu przy ul. Koszalińskiej, a drugiej w Zieleniewie. Punkt poboru próbek do analizy znajdował się u odbiorcy domowego. Następnie scharakteryzował pomiar punktu rosy wody w gazie i opisał pozyskiwanie danych dotyczących parametrów pracy stacji redukcyjno – pomiarowej. Pomiar punktu rosy wykonywany był przenośnym analizatorem amerykańskiej firmy XENTAUR typu HPDM. Dane pomiarowe operator sieci na bieżąco archiwizuje poprzez

aplikację „Telexus”, zarchiwizowane dane dla zasilających stacji Doktorant pobierał równoległe z serwera Operatora. Dodatkowo otrzymywał od Spółki PSG w formie papierowej Protokoły inspekcji odwadniaczy z ilościami odpompowywanego kondensatu na sieci gazowej wysokiego ciśnienia.

Kolejny 4 rozdział nosi tytuł „*Wyniki badań*”, prezentuje w nim wyniki badań i przedstawia sposób rejestracji otrzymanych wyników. Doktorant analizowane dane zapisywał w tabeli. Na początku rozdziału pokazuje przykład zapisu uzyskanych danych i podaje opisy poszczególnych kolumn tabeli. Następnie przedstawia na 23 stronach tabelę z zestawionymi danymi dla poszczególnych miejsc poboru i dni.

Rozdział 5 nosi tytuł „*Analiza wyników badań*”. Na początku tego rozdziału, w pierwszym podrozdziale Doktorant stwierdza, że we wszystkich zbadanych i zarejestrowanych próbkach:

- stwierdzono w gazie zawartość pary wodnej o różnym stężeniu,
- określone dla próbek wartości temperatury punktu rosy dla występującego jednocześnie ciśnienia i temperatury w sieci gazowej niskiego ciśnienia i w atmosferze nie spowodują wykrapłania się wody z gazu w gazociągach.

Nasunęło Mu się pytanie, czy zaistnieją takie warunki dla parametrów temperatury i ciśnienia gazu przed zredukowaniem ciśnienia do poziomu średniego ciśnienia, dla których by stwierdzono możliwość wykrapłania się wody z gazu. Przeanalizował to w dalszej części rozdziału.

W drugim podrozdziale Doktorant zamieścił opis użytkowania zastosowanej przez Niego do przeliczeń wilgotności i określenia punktu rosy komputerowej aplikacji rosyjskiej firmy EKSIS (producenta środowiskowych urządzeń i systemów kontrolno-pomiarowych). Dobrze by było, gdyby w tym podrozdziale Doktorant przedstawił porównanie wyników przeliczeń wilgotności uzyskanych z aplikacji z określonymi innymi sposobami. W trzecim podrozdziale Doktorant zajął się problemem wykrapłania się pary wodnej z gazu w przewodach gazowych wysokiego ciśnienia sieci, dla której prowadził badanie określenia wilgotności gazu. Przeanalizował zebrane dane i wyselekcjonował z nich potrzebne do wykonania obliczenia temperatury punktu rosy w przewodach gazowych wysokiego ciśnienia. Do przeliczenia wykorzystał scharakteryzowaną powyżej aplikację firmy „Eksis”. Z przeliczenia kompletów danych z 924 dni wynikało, że w ciągu 11 dni, temperatura punktu rosy w gazociągach była wyższa od temperatury zewnętrznej i w tych dniach wystąpi wykrapłanie pary wodnej z gazu, a dla 14 dni ze względu na bardzo zbliżone wartości temperatury punktu rosy i wartości temperatury zewnętrznej występuje według niego duże

prawdopodobieństwo jej wykraplania. Na tej podstawie Doktorant obliczył strumień wykroplonej pary wodnej. Początkowo przeprowadził obliczenia tylko dla zasilanej gazem ziemnym Ls strefy „Kołobrzeg”, a po udostępnieniu przez Operatora danych o poborze gazu dla strefy dystrybucyjnej gazu ziemnego Ls – Pomorza Zachodniego - dla całej tej strefy. W czwartym podrozdziale dla potwierdzenia tezy o wykraplaniu się pary wodnej w gazociągach wysokiego ciśnienia przeprowadził analizę danych zawartych w Protokołach inspekcji odwadniaczy wysokiego ciśnienia. Dołączył do rozprawy 31 protokołów z konserwacji armatury dotyczących ilości odpompowywanych skroplin z odwadniaczy sieciowych i w tabeli zbiorczej przedstawił zestawienie dotyczące ilości odpompowanego w latach 2016 – 2021 kondensatu z poszczególnych odwadniaczy sieci wysokiego ciśnienia strefy dystrybucyjnej gazu ziemnego Ls – Pomorza Zachodniego dla całej tej strefy.

W rozdziale 6. noszącym tytuł „Podsumowanie” Doktorant stwierdza, że dwa główne obowiązujące akty prawne dotyczące zasad projektowania, budowy i eksploatacji sieci gazowych którymi są: „Zasady projektowania gazociągów stalowych niskiego i średniego ciśnienia oraz gazociągów polietylenowych” wprowadzone do stosowania Zarządzeniem Prezesa Polskiej Spółki Gazownictwa w czerwcu 2019 r. oraz Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 26 kwietnia 2013 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać sieci gazowe i ich usytuowanie (Dz.U. 2013 poz.640) nie wprowadzają one żadnych uwarunkowań prawnych co do konieczności lub nawet możliwości stosowania w jednostkowych przypadkach odwadniaczy, a według Doktoranta z Jego badań wynika, że takie elementy powinny być zalecane do montażu w sieciach gazowych. Doktorant stwierdza, że wynikiem jego badań „oprócz stworzenia mechanizmu dokładniejszej i szybszej inspekcji pracy sieci gazowej, będzie szereg wniosków w kierunku zmiany przepisów w zakresie zasad projektowania, budowy i eksploatacji sieci gazowych dystrybucyjnych”, dodatkowo należałoby prowadzić poza badaniem ciepła spalania i wartości opałowej gazu stałą i regularną kontrolę stanów fizyko – chemicznych gazu dystrybuowanego w sieciach średniego i niskiego ciśnienia, a szczególnie w zakresie wilgotności.

Rozdział 7. o tytule „Wnioski” stanowi dalszy ciąg podsumowania pracy. Sprecyzowano w nim szczegółowe wnioski dotyczące przedstawionych w podsumowaniu zagadnień.

5. Ocena rozprawy

Na podstawie części teoretycznej pracy Doktorant określił cele pracy. Głównym celem recenzowanej rozprawy mgr inż. Macieja Kotuła było wykazanie, że systematyczna analiza

parametrów fizycznych i wilgotności gazu ziemnego oraz warunków atmosferycznych zapewni określenie okresów występowania wykraplania pary wodnej w sieci gazowej, pozwoli to na jej usuwanie w czasie występowania tego procesu. Spowoduje to zwiększenia bezpieczeństwa transportu gazu oraz zwiększy bezpieczeństwo eksploatacji sieci gazowych. Doktorant w tym celu przeprowadził kilkuletnie badania zawartości pary wodnej w gazie ziemnym Ls. Część potrzebnych wyników uzyskał od operatora, a pozostałą część określił na podstawie własnych pomiarów i analiz. Stwierdził, że wartości temperatury punktu rosy dla występującego jednocześnie ciśnienia i temperatury w sieci gazowej niskiego ciśnienia i w atmosferze nie spowodują wykraplania się wody gazociągach. Przeanalizował problem wykraplania się pary w gazociągach wysokiego ciśnienia. Z obliczeń wynika, że występują okresy, w których następuje wykraplanie się pary wodnej z gazu. Ciekła woda może prowadzić do zakłóceń w pracy gazociągów. Stwierdził, że aby tego uniknąć należy montować odwadniacze na sieciach i prowadzić bieżącą kontrolę wilgotności gazu.

Artykuł 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym (Dz.U. z dnia 30 sierpnia 2018 r. Poz. 1668 z późniejszymi zmianami) w punkcie 2 stwierdza, że „Przedmiotem rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej albo oryginalne dokonanie artystyczne”. Uważam, że przedmiotem recenzowanej rozprawy jest oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej dotyczącej eksploatacji gazociągów.

6. Uwagi o charakterze redakcyjnym

Uwagi o charakterze redakcyjnym zaznaczono w sprawdzonym egzemplarzu pracy. Praca napisana poprawną polszczyzną, nie zauważyłem rzucających się w oczy błędów stylistycznych. Zdarza się, że Doktorant w tekście nie powołuje się na załączone w tekście Rozprawy rysunki (np. Rys. 1, Rys. 2 itd.) . Nie podaje też ich źródeł (Rys.1, Rys. 2, Rys.3 itd.), niektóre z nich przedstawia w formie oryginalnej bez przetłumaczenia czy wyjaśnienia oznaczeń (np. Rys. 1. Rys. 4.) W pracy występują również błędy w odwołaniu do literatury (np. w całym podrozdziale 1.3.) uniemożliwia to ewentualne rozszerzenie wiedzy na ten temat.

Podrozdział 1.3. o tytule „Kontrola jakości gazu narzędziem oszczędzania energii” jest kopią artykułu Promotora dysertacji i jego współpracowników. Rozdział ten należało opracować samodzielnie wykorzystując między innymi ten artykuł. Doktorant zbyt lekko

podchodzi do spraw ochrony własności intelektualnej. Należy podkreślić, że zamieszczony artykuł jest artykułem Promotora i nie ma wpływu na rozwiązanie przedstawionego w pracy problemu.

W przypadku dużej liczby danych pomiarowych, wyników oraz załączników w pracy powinien być dołączony do rozprawy Załącznik, w przypadku rozprawy Doktoranta powinien on zawierać: rejestr analizowanych wyników pomiarów przedstawiony na 23 stronach rozprawy, zestawienie przeliczeń wartości temperatury punktów rosy gazu i zawartości wody w gazie znajdujących się na 16 stronach pracy oraz protokoły z konserwacji armatury dotyczące ilości odpompowywanych skroplin z odwadniaczy sieciowych liczące 31 stron.

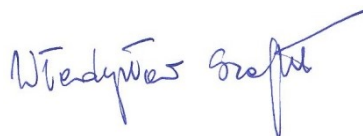
7. Wniosek końcowy

Przedmiotem recenzowanej rozprawy mgra inż. Macieja Kotuła pt. *„Badanie zawilgocenia gazu ziemnego pod kątem sprawności i ekologiczności jego wykorzystania”* jest oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej dotyczącej eksploatacji sieci gazowych.

Umieszczenie przez Doktoranta w tekście rozprawy artykułu Promotora i jego współpracowników jest niewłaściwe. Ze względu na to, że uchybienie to nie wpływa na przedstawione w dysertacji rozwiązanie problemu naukowego, nie wpłynęło ono również na moją ocenę pracy. Ale zwracam uwagę Doktorantowi, że z większym szacunkiem powinien podchodzić do cudzej własności intelektualnej.

Stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska spełnia wszystkie wymagania określone przez Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym (Dz.U. z dnia 30 sierpnia 2018 r. Poz. 1668 z późniejszymi zmianami). Reprezentuje odpowiedni poziom naukowy, ponadto zostały przeprowadzone przez Doktoranta obszernie badania i na obiektach, co dodatkowo podnosi wartość Jego rozprawy. Wyniki pracy mają aspekt praktyczny i mogą być wykorzystane w praktyce inżynierskiej.

Przedkładam Wysokiej Radzie Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Koszalińskiej w Koszalinie niniejszą recenzję z wnioskiem o przyjęcie pracy jako rozprawy doktorskiej oraz o dopuszczenie jej do publicznej obrony.



prof. dr hab. inż. Władysław Szaflik