

Prof. dr hab. inż. Marek PRONOBIS

30 lipca 2022 r.

Katedra Maszyn i Urządzeń Energetycznych  
Politechniki Śląskiej

ADMINISTRACJA  
Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki

Wpłynęło dnia..... 01-08-22

Nr..... 1093 ..... szt. ....

**RECENZJA  
ROZPRAWY DOKTORSKIEJ**

**mgr inż. Krzysztofa PANASIA**

**„MONITOROWANIE PARAMETRÓW CIEPLNO-PRZEPLYWOWYCH  
BLOKU ENERGETYCZNEGO W CELU OKREŚLENIA STOPNIA  
ZANIECZYSZCZENIA KONDENSATORA TURBINY I JEGO  
WPLYWU NA SPRAWNOŚĆ ELEKTROWNI ”**

**1. Uwagi ogólne**

Recenzję opracowano na zlecenie Dziekana Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Krakowskiej z dnia 23.06.2022 r. Recenzowana praca należy do obszaru dyscypliny naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Zasadniczym celem przedłożonej dysertacji było określenie wpływu narastania osadów w kondensatorze turbiny na efekty ekonomiczne działania elektrociepłowni. Praca liczy 127 stron a spis literatury zawiera 42 pozycje.

Rozdział 1 zawiera krótki opis dotychczasowego stanu rozwiązywanego zagadnienia, autor podkreśla wagę problemu w kontekście rozmiarów współczesnych bloków energetycznych oraz dążenia do ograniczenia emisji CO<sub>2</sub>.

W rozdziale 2 doktorant przedstawił cel i zakres badań przeprowadzonych w ramach pracy. Przedstawił szczegółowe zadania pozwalające na zweryfikowanie postawionych tez dysertacji.

Rozdział 3 został poświęcony charakterystyce obiegów cieplnych elektrowni kondensacyjnej i elektrociepłowni. Autor wyprowadził wzory do obliczania sprawności i charakterystycznych wskaźników elektrowni i elektrociepłowni.

W czwartym rozdziale doktorant opisał skraplacze turbin parowych, ich rolę w obiegu cieplnym, stosowane rozwiązania i zasadnicze parametry. Omówił ponadto problem zanieczyszczenia kondensatorów, sposoby jego zmniejszania a także spotykane obiegi wody chłodzącej.

Rozdział 5 jest poświęcony obliczeniom cieplno-przepływowym skraplaczy. Autor wyprowadził wzory na współczynnik przenikania ciepła i jego składniki oraz przeanalizował zmiany wybranych parametrów w funkcji strumienia wody i oporów jej przepływu.

Szósty rozdział rozprawy zawiera analizy bloku elektrociepłowni o mocy 120 MWe z kotłem OP 380. Zbadano zmiany parametrów eksploatacyjnych skraplacza w czasie wykorzystując system DCS bloku. Przeanalizowano trzy dłuższe okresy pracy bloku (38 dni, 48 dni i 3 miesiące). Dla każdego okresu wyznaczono moc cieplną przejętą przez wodę chłodzącą oraz współczynnik przenikania ciepła.

W rozdziale 7 rozpatrywano problem wyznaczenia strumienia wody chłodzącej skraplacza. Przeanalizowano możliwe sposoby takiego pomiaru i wybrano pomiar wykorzystujący różnicę ciśnień na segmentowym kolanie rurociągu. Wykonano model numeryczny rzeczywistego elementu wyznaczając jego stałą (współczynnik) przepływu  $K$  z dokładnością wystarczającą dla pomiarów przemysłowych.

Ósmy rozdział dysertacji poświęcono przedstawieniu modelu matematycznego, którego zadaniem jest wyznaczenie wzrostu strumienia ciepła traconego w kondensatorze w miarę przyrostu zanieczyszczenia. Zostały stworzone dwie wersje modelu, dla układu kondensacyjnego i kogeneracyjnego. Opisano ponadto procedurę wyznaczania sprawności kotła.

Rozdział dziewiąty to modelowanie obiegu rozpatrywanej elektrociepłowni za pomocą programu EBSILON. Wykonano symulację skraplacza o zmiennym zanieczyszczeniu wyznaczając współczynnik  $KAN$  będący iloczynem współczynnika przenikania ciepła i powierzchni ogrzewalnej wymiennika. Dla zmiennego  $KAN$  obliczono strumień ciepła przejmowanego w kondensatorze.

Wykorzystując model EBSILON oraz dane zawarte w DCS autor zaproponował w rozdziale 10 techniczno-ekonomiczny monitoring zanieczyszczenia skraplacza, który umożliwia wyznaczenie optymalnego interwału pomiędzy kolejnymi czyszczeniami wymiennika. Integralną część tego rozwiązania stanowi odpowiedni program w języku PYTHON, którego kod zamieszczono w dysertacji.

Część merytoryczną pracy kończy rozdział 11 zawierający wnioski i uwagi końcowe.

## **2. Szczegółowe uwagi krytyczne**

Praca jest napisana starannie, chociaż autor nie ustrzegł się przed pewną liczbą drobnych błędów np.:

- str. 31 - jest „ $r_w$  - promień zewnętrzny”; ma być „wewnętrzny”
- str. 32 - jest „wodę chłodzącą” ma być „wodę chłodzącą”
- str. 39 - jest „po stornie” ma być „po stronie”
- str. 45 - jest „w oparciu wyłączenie”; ma być „w oparciu wyłącznie”
- str. 60 - jest „ $R_{ij}$  ten”; ma być „ $R_{ij}$ ”
- str. 65 - jest „istotnych cel”; ma być „istotnych cech”
- str. 69 - jest „układu kondensacyjnego”; ma być „układu upustowo-kondensacyjnego”
- str. 76 i 78 - rysunki 9-1 i 9-2 są identyczne - wystarczyłby jeden
- str. 96 - na Rysunku 10-8 brak tytułów osi.

Ponadto poprawy wymagałaby w niektórych miejscach interpunkcja. A słowo „najoptymalniejszy” na str. 119 jest błędem, ponieważ już „optymalny” oznacza najlepszy z możliwych. Dobrze byłoby też ujednoczyć styl zapisu pozycji literatury.

Błędy te nie mają oczywiście znaczenia merytorycznego, podobnie jak różne style zapisu pozycji literatury. Pewne merytoryczne wątpliwości budzą natomiast niektóre sformułowania.

Wartość opałowa jest oznaczona jako  $W_d$ , co nie określa stanu rozpatrywanego węgla. Dlatego dobrze byłoby przynajmniej w zestawieniu na str. 6 napisać, że jest to wartość opałowa w stanie roboczym.

Na str. 25 przy opisie foulingu cząsteczkowego należałoby usunąć słowo „morskiej”, ponieważ problem dotyczy każdej wody.

Rys. 5-7 powinien mieć podane na osiach lub w podpisie jednostki. Także Rys. 5-8 i 5-9 powinny mieć jednostki, a ponadto poszczególne krzywe powinny mieć odnośniki, ponieważ w obecnej wersji są mało czytelne.

Na str. 46 podany jest strumień pary do kondensatora, ale podane wartości nie są prawidłowe: siłownia ma kocioł OP 380, o maksymalnej wydajności 380 t/h, skąd więc 20 000 t/h? To samo jest na str. 48.

W opisie modelu numerycznego np. na str. 58 pojawia się jednostka „atm”. Jednak nawet jeżeli takiej używa program obliczeniowy, to obok powinna być wartość w układzie SI.

Na str. 70 i dalszych przedstawiono algorytm wyliczania sprawności kotła. Jest on formalnie poprawny, ale odbiega od podanego w obowiązującej normie PN-EN 12752-15. Dlatego dobrze byłoby ustosunkować się do tego problemu i np. podać skąd został wzięty wzór 8-38 i jakie daje wyniki w porównaniu ze wzorem w PN-EN.

### 3. Ocena pracy

Recenzowaną pracę oceniam pod względem merytorycznym wysoko. Problem zanieczyszczenia kondensatora jest istotny nie tylko z uwagi na koszty eksploatacyjne siłowni, lecz także ze względu na obniżenie sprawności prowadzące do zwiększonej emisji CO<sub>2</sub>. Uzyskane wyniki przynoszą wiele praktycznych informacji dla projektantów i właścicieli bloków kondensacyjnych i kogeneracyjnych. Autor rozwiązał to zagadnienie kompleksowo, doprowadzając do stworzenia praktycznego narzędzia dla poprawy eksploatacji bloku.

Doktorant rozwiązał ponadto istotny problem braku efektywnego pomiaru strumienia wody chłodzącej kondensator, wykazując przy tym dobrą znajomość nowoczesnych narzędzi CFD a także programowania w języku PYTHON.

Recenzowana rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Kandydat wykazał się właściwą wiedzą teoretyczną w przedmiotowej dyscyplinie naukowej oraz umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Uzyskane rezultaty stanowią postęp w stosunku do istniejącego stanu wiedzy i mają dużą przydatność praktyczną. W tym kontekście praca spełnia wymogi ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”. Spełnia także warunki określone w art. 13 Ustawy z 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach naukowych i tytule w zakresie sztuki.

Biorąc pod uwagę powyższe stwierdzenia, wnioskuję do Rady Dyscypliny o dopuszczenie pana mgr inż. Krzysztofa Panasia do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

