

Recenzja pracy doktorskiej mgr inż. Krzysztofa Lesiaka

*Nowe rozwiązanie układu wylotowego silników spalinowych maszyn
górnictw przeznaczonych do prac w strefie zagrożonej wybuchem*

1. Informacje formalne

Niniejszą recenzję wykonałem na podstawie pisma z dnia 01 lipca 2022 roku, otrzymanego z Dziekanatu Wydziału Mechanicznego Politechniki Krakowskiej podpisanego przez Dziekana Prof. dr hab. inż. Jerzego A. Śladka. Wraz z pismem otrzymałem egzemplarz pracy wydanej w postaci monografii.

Zgodnie z Ustawą „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” rozprawa doktorska powinna spełniać następujące warunki:

- „prezentować ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie albo dyscyplinach oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej”.
- temat powinien stanowić „oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej albo oryginalne dokonanie artystyczne”.

Oceny rozprawy dokonywałem pod kątem spełniania przedstawionych wyżej warunków.

2. Wybór tematu i ogólna charakterystyka pracy

Dysertacja dotyczy problematyki zapewnienia bezpiecznych warunków pracy układu wylotowego silników spalinowych stosowanych w maszynach górniczych przeznaczonych do pracy w strefie zagrożonej wybuchem. W mojej ocenie temat bardzo dobrze wpisuje się w potrzeby nowoczesnego przemysłu wydobywczego w kopalniach węgla kamiennego. Po pierwsze zapewnienie bezpieczeństwa załogi pracującej w podziemiach kopalni ze względu na zagrożenie wystąpienia wybuchu metanu i/lub pyłu węglowego, a po drugie zapewnienie dobrej jakości powietrza poprzez ograniczenie emisji substancji szkodliwych w miejscu pracy pozwala na zwiększenie efektywności wydobywania węgla kamiennego i zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego naszego kraju. Z tego względu wybór tematu pracy uważam za bardzo trafny. Praca składa się z dziesięciu rozdziałów, których ogólną charakterystykę zamieszczam poniżej.

W pierwszej części pracy obejmującej rozdziały 1 i 2 znalazły się informacje ogólne na temat specyfiki funkcjonowania podziemnych wyrobisk górniczych oraz prognoz co do uwarunkowań oraz długości szacowanego okresu wydobywania węgla kamiennego w Polsce. Autor dokonał charakterystyki sposobu realizowania transportu podziemnego, wskazując na liczbę eksploatowanych mobilnych urządzeń z napędem spalinowym w polskich kopalniach. Oprócz wskazania zalet tego typu jednostek, w części tej wyartykułowane zostały również niebezpieczeństwa związane z wykorzystaniem silników spalinowych w przestrzeniach wyrobisk podziemnych w których występuje specyficzny rodzaj mikroklimatu. W zakończeniu tej części pracy pojawiły się pierwsze informacje wskazujące na konieczność opracowania nowych

rozwiązań układów odprowadzenia spalin z silników pracujących w kopalniach węgla kamiennego.

Rozdział 3 obejmuje zwięzłą charakterystykę wymagań formalno-prawnych w odniesieniu do górniczych spalinowych układów napędowych. W rozdziale tym uwaga autora została skupiona na wskazaniu dokumentów legislacyjnych oraz normatywnych porządkujących oraz warunkujących dopuszczenie do ruchu silników spalinowych przeznaczonych do stosowania w pracach podziemnych zagrożonych wystąpieniem wybuchu. Cytowane w tej części pracy dokumenty precyzują wymagania w odniesieniu do układów dolotowego i wylotowego, a także do układu samoczynnego wyłączenia silnika spalinowego. Ponadto w rozdziale tym zawarto informacje dotyczące wymogów co do jakości spalin i uzupełnione tabelami z wartościami granicznymi emisji substancji toksycznych z silników spalinowych specjalnego przeznaczenia.

W rozdziale czwartym wymieniono rodzaje urządzeń z napędem spalinowym wykorzystywanych w wyrobiskach górniczych węgla kamiennego wraz z omówieniem typowych rozwiązań konstrukcyjnych układu dolotowego i wylotowego silnika. Najwięcej uwagi poświęcono sposobom chłodzenia spalin celem zachowania bezpiecznego poziomu temperatury spalin wydostających się do otoczenia oraz elementów zewnętrznych silnika (tj. maksymalnie 150°C). Przedstawiono konstrukcję i zasadę działania mokrego i suchego wymiennika ciepła oraz przerywacza płomienia układu dolotowego i wylotowego, a także omówiono słabe strony stosowanych powszechnie rozwiązań. Omówiono sposób przeprowadzenia badań górniczych, których wyniki są decydujące w dopuszczeniu tych urządzeń do użytkowania.

Rozdział piąty przedstawia założenia koncepcyjne nowego układu wylotu spalin z silnika spalinowego górniczego zespołu napędowego. Autor przedstawia propozycję konstrukcji wymiennika ciepła z wykorzystaniem tzw. rurek ciepła. Ponadto w przedmiotowym rozwiązaniu proponuje on zastąpić klasyczny przerywacz płomieni układu wylotowego poprzez zastosowanie utleniającego konwertera katalitycznego. W ocenie Autora, zaproponowane rozwiązanie pozwoli wyeliminować podstawowe wady obecnie stosowanych układów chłodzenia tj. wysoka masa oraz konieczność stałego monitorowania poziomu wody chłodzącej i jej uzupełniania. Z kolei wyposażenie układu w konwerter katalityczny powinno przynieść wymierny efekt ekologiczny poprzez obniżenie niektórych toksycznych składników spalin silnikowych. W rozdziale tym przedstawiono również ogólne informacje na temat rurek ciepła oraz pokazano ich przykładowe charakterystyki.

W rozdziale szóstym określony został naukowy cel badawczy pracy, przedstawiono jej zakres oraz postawiona została teza pracy.

Rozdział siódmy obejmuje metodykę oraz wyniki badań eksperymentalnych silnika o zapłonie samoczynnym na hamowni silnikowej oraz badania rurki ciepła na stanowisku badawczym. Badania silnika realizowane były w zakresie zmiennego obciążenia dla dwóch wartości prędkości obrotowej, tj. prędkości, dla której silnik osiąga maksymalny moment obrotowy oraz dla prędkości obrotowej dla której silnik osiąga maksymalną moc. Na podstawie badań określone zostały: skład spalin, zużycie paliwa oraz temperatura w wybranych punktach układu wylotowego. Z kolei badania rurki ciepła przeprowadzono dla zmiennej wartości temperatury tzw. gorącego końca rurki – sekcji parownika (wartość temperatury stabilizowano przy wykorzystaniu pieca laboratoryjnego). Odbiór strumienia ciepła od tzw. zimnego końca - sekcji skraplacza rurki realizowany był przez jego zanurzenie w naczyniu z wodą. W oparciu o wyniki przeprowadzonych badań eksperymentalnych rurki

ciepła, sporządzone zostały jej charakterystyki dla trzech przedziałów temperatury wody przejmującej ciepło z sekcji parownika rurki.

Rozdział ósmy obejmuje główną część realizacji naukowego celu pracy. W pierwszej części tego rozdziału przedstawione zostały założenia modelu matematycznego oraz wyniki badań symulacyjnych wymiennika typu rura w rurze stanowiącego element układu wylotu spalin silnika spalinowego, który podlegał badaniom eksperymentalnym w rozdziale siódmym. Druga część tego rozdziału zawiera opis modelu wymiany ciepła dla wymiennika wykorzystującego rurki ciepła i służącego do schłodzenia spalin wylotowych silnika spalinowego. W obu przypadkach jest to jednowymiarowy model przepływu ciepła zaimplementowany w oprogramowaniu EES (Engineering Equation Solver). W modelu wymiennika z rurkami ciepła uwzględniono ich ożebrowanie w sekcji parownika odbierającej ciepło od spalin. Biorąc pod uwagę rozmieszczenie rurek ciepła w wymienniku, rozpatrywane były dwie konfiguracje. W konfiguracji pierwszej rozpatrywano wariant, w którym przekrój poprzeczny całej sekcji z rurkami ciepła posiada kształt zbliżony do kwadratu. W konfiguracji drugiej założono, że przekrój poprzeczny każdej z sekcji z rurkami ciepła, zarówno gdzie płyną wyłącznie spaliny oraz gdzie płynie woda posiadają kształt zbliżony do kwadratu. Na podstawie opracowanego modelu Autor dokonał obliczeń temperatury spalin opuszczających wymiennik ciepła. Obliczenia zostały przeprowadzone dla dwóch trybów pracy silnika scharakteryzowanych poprzez punkty pracy z charakterystyki zewnętrznej, pierwszy punkt odpowiadający najwyższej mocy natomiast drugi odpowiadający najwyższemu momentowi obrotowemu. Ponadto w obliczeniach dla wariantu drugiego brano pod uwagę dwie wartości podziałki ożebrowania. Jako wyniki obliczeń podane zostały: liczba sekcji z rurkami ciepła pozwalająca na schłodzenie spalin poniżej 150°C oraz główne wymiary zewnętrzne wymiennika. W końcowej części rozdziału ósmego Autor dokonał analizy części spalinowej wymiennika z ożebrowanymi rurkami ciepła przy wykorzystaniu modelowania CFD w środowisku Ansys-Fluent. Przedstawione wyniki obrazują pole temperatury na powierzchniach rurek ciepła i żeber, wartości lokalnego strumienia ciepła oraz pole prędkości spalin. Wartość średniej temperatury spalin na wylocie z analizowanej sekcji wymiennika została porównana z wartościami uzyskanymi z modelu analitycznego. Różnice w obliczeniach dla kolejnych sekcji wymiennika pomiędzy wynikami z modelu CFD a wynikami z modelu analitycznego wyniosły poniżej 5%. Końcowa część rozdziału przedstawia w formie tabeli zestawienie podstawowych parametrów konwencjonalnego wymiennika ciepła z opracowaną w pracy koncepcją wymiennika z rurkami ciepła.

W omówionych wyżej rozdziałach znajduje się sporo niedociągnięć językowych oraz niekonsekwencja w oznaczeniach wielkości fizycznych. Przykłady tych niedociągnięć zawarłem w dalszej części recenzji.

Dziewiąty rozdział to podsumowanie i wnioski końcowe. Rozdział ten stanowi głównie podsumowanie, a przedstawione wnioski są zapisane w sposób ogólny. W moim odczuciu brakuje bardziej szczegółowych wniosków wskazujących słabe i mocne strony zaproponowanego podejścia obliczeniowego wymiennika ciepła oraz przyjętego sposobu wyznaczania charakterystyki rurki ciepła. Praca jest wartościowa pod względem zaproponowanego nowego utylitarnego rozwiązania sposobu chłodzenia spalin silników pracujących w strefie zagrożonej wybuchem. Problem naukowy uwypuklony jest właściwie jednak jego rozwiązanie mogło być scharakteryzowane dogłębniej w szczególności poprzez zapisanie wniosków szczegółowych w odniesieniu do uzyskanych wyników i przyjętych założeń wejściowych.

Ostatni rozdział pracy dotyczy propozycji dalszych badań. Autor wskazuje, że kolejnym etapem powinno być zbudowanie prototypu oraz jego badania na stanowisku z silnikiem spalinowym połączone z badaniami wytrzymałościowymi obejmujące również badania związane z dopuszczeniem układu do pracy w przestrzeniach zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego. Biorąc pod uwagę rezultaty obliczeń przedstawionych w pracy ten kierunek wydaje się być właściwy.

3. Zalety pracy

Główną zaletą pracy jest podjęcie ważnej tematyki jaką jest zapewnienie bezpieczeństwa personelu pracującego w podziemnych wyrobiskach kopalni węgla kamiennego oraz wskazanie utylitarnego rozwiązania. W swojej dysertacji Autor zajmuje się istotnym elementem układu napędowego z silnikiem spalinowym jakim jest układ wylotowy, podejmując próbę wskazania rozwiązania charakteryzującego się: ograniczeniem codziennych czynności obsługowych oraz mniejszymi gabarytami w odniesieniu do rozwiązań obecnie istniejących.

Drugą zaletą jest kompleksowość podejścia do rozwiązania problemu badawczego poprzez wskazanie możliwości zintegrowania utleniającego konwertera katalitycznego z układem chłodzenia spalin w taki sposób, aby pełnił on jednocześnie rolę wygaszacza płomieni. Ta zaleta jest szczególnie ważna w kontekście możliwości ograniczenia emisji substancji szkodliwych bezpośrednio w przestrzeni, gdzie pracują ludzie, ponieważ dotychczasowe rozwiązania układów wylotowych silników przystosowanych do pracy w wyrobiskach górniczych pozbawione są stosowania tego typu urządzeń.

Kolejną zaletą jest podejście do obliczeń wymiennika jako układu modułowego, co sprawia, że opracowane narzędzie może być pomocne przy doborze geometrii urządzenia do konkretnego silnika spalinowego wykorzystywanego np. w różnych kopalniach węgla kamiennego, a nie tylko jako studium przypadku dla odbiorców świata nauki.

Niewątpliwą zaletą pracy jest to, że w obliczeniach analitycznych wymiennika wykorzystana jest rzeczywista charakterystyka rurki ciepła. Autor wykazał się umiejętnością przygotowania i przeprowadzenia eksperymentu, opracowując metodykę i konfigurując stanowisko do wyznaczania charakterystyk rurek ciepła.

Istotną zaletą pracy jest również to, że łączy ona ze sobą naukowe podejście do problemu badawczego z jednoznaczną aplikacyjnością uzyskanych wyników.

4. Ogólne uwagi krytyczne

Celem pracy jest opracowanie koncepcji nowego systemu wylotowego silników spalinowych stosowanych w maszynach górniczych charakteryzującego się względem układów obecnie stosowanych następującymi właściwościami:

- wyższy poziom bezpieczeństwa,
- niższa masa oraz wymiary zewnętrzne,
- bezobsługowość i kompaktowa budowa,
- oczyszczanie spalin ze związków toksycznych,
- przejęcie roli wygaszacza płomieni przez katalityczny konwerter utleniający.

W mojej ocenie Autor nie zdefiniował jednoznacznie niektórych kryteriów względem jakich ocenione zostanie osiągnięcie celu. Chodzi na przykład o „bezobsługowość” jako jedyne kryterium podano brak konieczności uzupełniania wody w układzie nowego rozwiązania natomiast nie zwrócono uwagi np. na aspekt trwałości rurek ciepła (czy jest on istotny czy nie), ewentualną konieczność oczyszczania

ożebrowanych elementów mających kontakt ze spalinami (czy np. nie będzie konieczne cykliczne oczyszczanie tej części wymiennika). Brak jest również ilościowego odniesienia się do kwestii oczyszczania spalin ze związków szkodliwych. Wyniki udziałów molowych substancji szkodliwych zmierzone bezpośrednio na wyjściu silnika w trakcie badań identyfikacyjnych nie zostały w żaden sposób powiązane z dostępnymi chociażby z literatury naukowej charakterystykami dostępnych utleniających konwerterów katalitycznych. Przyjmując na podstawie literatury sprawność konwersji konwertera katalitycznego oraz można było wyznaczyć ilościowo szacowane ograniczenie emisji substancji szkodliwych jako wskaźniki jednostkowe np. w g/kWh. W pracy znalazły się jedynie lakoniczne informacje na temat jakościowego ograniczenia substancji szkodliwych.

Aproksymacja punktów pomiarowych tworzących charakterystykę rurki ciepła, czyli zależność pomiędzy strumieniem ciepła a temperaturą sekcji parownika została przeprowadzona wielomianem trzeciego stopnia. Autor nie wskazał kryterium jakim kierował się podczas aproksymacji, brak jest podania jakości dopasowania funkcji np. poprzez ujawnienie współczynnika determinacji. W części dotyczącej badań eksperymentalnych rurki ciepła brakuje analizy niepewności przeprowadzonych pomiarów. Zasadność pominięcia strat ciepła do otoczenia mogła zostać potwierdzona przeprowadzeniem chociażby zgrubnej analizy warunków wymiany ciepła pomiędzy sekcjami stanowiska a otoczeniem.

Pewną niedoskonałością pracy jest jej strona redakcyjna, ponieważ w tekście znajduje się sporo niezręcznych lub błędnych gramatycznie sformułowań, a także niedopowiedzeń w efekcie czego czytelnik musi się miejscami domyślać co Autor miał na myśli. Przede wszystkim zaś brakuje uporządkowania w nazewnictwie stosowanej nomenklatury np. wielkości fizyczne jak temperatura czy strumień ciepła dotyczące konkretnego miejsca analizowanej instalacji mają różne oznaczenie w różnych miejscach pracy. Autor przyjmuje jednakowe oznaczenie dla udziału gramowego i molowego oraz nie precyzuje co ma na myśli pisząc „stężenie”, określenie to pojawia się wielokrotnie w pracy i jest stawiane na równi z emisją jednostkową oraz udziałem molowym.

Autor przeprowadził ciekawe badania eksperymentalne oraz symulacyjne, z których można wyciągnąć wartościowe wnioski. Niestety słabą stroną pracy jest sposób opisu uzyskanych rezultatów, zarówno w rozdziałach, w których przeprowadzane są badania eksperymentalne i symulacyjne jak również w rozdziale dziewiątym stanowiącym podsumowanie i wnioski końcowe.

5. Szczegółowe uwagi krytyczne

Jak wspominałem wcześniej praca ma liczne niedociągnięcia redakcyjne, szczególnie w odniesieniu stosowanego nazewnictwa i nieuporządkowanej nomenklatury. Ponadto, niektóre zdania sformułowane są w sposób bardzo ogólny. Dla zobrazowania problemu, poniżej przytaczam wybrane nieścisłości znajdujące się w pracy.

Strona 6. W dziewiątej linii tekstu po słowie „kamiennego” wpisano dwa razy przecinek

Strona 7. Linia 5 oraz 8 pod tabelą, kropka powinna być na końcu zdania tj. po wskazanej pozycji literaturowej

Strona 7. *„Badania pokazują również, że wraz z wydłużaniem się czasu eksploatacji jednostki napędowej, dochodzi do znaczącego wzrostu emisji węglowodorów, cząstek stałych oraz CO, przy jednoczesnym nieznacznym wzroście NOx.”* – zdanie

jest nieprecyzyjne, nie wiadomo, czy chodzi o emisję jednostkową oraz jakiego punktu pracy silnika ta sytuacja dotyczy

Strona 8. „Faktem jest, że ze względu na istnienie również innych zagrożeń w kopalniach węgla kamiennego (np. zagrożenie wystąpienia wybuchu metanu i/lub pyłu węglowego) wymagania, w zakresie emisji spalin, dla urządzeń eksploatowanych w strefie zagrożonej wybuchem, są dużo łagodniejsze.” – są dużo łagodniejsze w odniesieniu do czego?

Strona 8. „W celu osiągnięcia efektu proekologicznego.... – powinno raczej być „efektu ekologicznego”

Strona 11. „Dopuszczalne stężenia emitowane przez silniki spalinowe pracujące w podziemnych wyrobiskach definiuje również Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/1628 z dnia 14 września 2016 r.” Przywołana pozycja literaturowa podaje graniczne wartości emisji wyrażone w g/kWh a nie stężenia

Strona 12. „W myśl §142 ww. Rozporządzenia wszystkie wyrobiska powinny być przewietrzane w taki sposób, aby ilość tlenu w powietrzu wynosiła minimum 19% a stężenie gazów w powietrzu było nie większe niż dla:....” Czy przywołane wartości na pewno dotyczą „stężenia gazów” czy są to udziały objętościowe?

Strona 12. „Natomiast §635 ww. Rozporządzenia odnoszący się wprost do spalin wyrzucanych przez układ wydechowy silnika, **ogranicza emisję tlenku węgla do 500 ppm w przypadku atmosfery pozbawionej metanu oraz 1800 ppm w przypadku, gdy stężenie metanu wynosi do 1,5%.**” – powinno być „...wprowadza ograniczenie emisji tlenku węgla...”. Ponadto czy w tym miejscu na pewno chodzi o stężenie metanu czy jego udział objętościowy?

Strona 14. „Wynika to przede wszystkim z dużej mocy, dużego zasięgu oraz małej masy i objętości zbiornika paliwa, który na dzień dzisiejszy magazynuje dużo więcej energii, niż ekwiwalentny akumulator elektryczny lub zbiornik ze sprężonym powietrzem.” Zdanie zapisane zbyt ogólnie, można było podać orientacyjne wartości w odniesieniu do znanych obecnie technologii magazynowania energii elektrycznej

Strona 19. „Na badania typu składają się:..” Raczej powinno być „Na badania tego typu składają się:..”

Strona 20. „W badaniu osłon przeciwwybuchowych o spiętrzeniu ciśnienia mówimy w przypadku, gdy [51]:

- uzyskane wartości ciśnienia w serii badań tej samej konfiguracji różnią się między sobą o więcej jak 1,5 lub

- czas narastania ciśnienia jest krótszy niż 5 ms.”? Zdanie jest zapisane w sposób nieprecyzyjny, np. co oznacza między sobą o 1,5? Czy chodzi o czas narastania od wartości początkowej do maksymalnej?

Strona 20. „Znana jest np. wartość ciśnienia wybuchu, stężenie stechiometryczne, wpływ temperatury mieszaniny itd. poszczególnych mieszanin gazowych.” Co Autor ma na myśli pisząc „stężenie stechiometryczne”?

Strona 20. „• tlenków węgla, formując dwutlenek węgla, • tlenku azotu, formując tlenki azotu” Powinno być „tlenku węgla”, a dalej „formując dwutlenek azotu”

Strona 22. „Dzięki wykorzystaniu przemiany dwufazowej przy transporcie ciepła...” Powinno być „przemiany fazowej”

Strona 24. „Proponowany w niniejszej pracy, nowy układ wylotowy górnego spalinowego układu napędowego poza wykorzystaniem reaktora DOC dla oczyszczania spalin zakłada, że jego zastosowanie pozwoli również zrezygnować z wygaszacza płomienia, jako osobnego elementu układu wylotowego”. Raczej

powinno być „Proponowana w niniejszej pracy, konstrukcja nowego układu wylotowego.....zakłada.....”

Strona 25. „Rurka ciepła (rys. 8) lub tzw. termosyfon są urządzeniem pasywnym o potencjalnie bardzo długim czasie życia [77].” Powinno być „ Rurka ciepła (rys. 8) lub tzw. termosyfon jest..”

Strona 26. „Przy transportowaniu ciepła wykorzystują dwufazowy, zamknięty cykl odparowania, a następnie skroplenia cieczy roboczej.” Raczej powinno być „ Przy transporcie ciepła wykorzystują zmianę fazy czynnika roboczego.....”

Strona 26. „W Tabeli 5 przedstawiono temperatury pracy rurek ciepła zależne od zastosowanego płynu roboczego.” Powinno być „W Tabeli 5 przedstawiono zakres temperatury....”

Strona 27. „...ma zdolność transportu 180 W ciepła.” Powinno być „...ma zdolność transportu 180 W strumienia ciepła”

Strona 27. W tekście jest zapisane „...stosuje się rurki ciepła, które w odróżnieniu od termosyfonów...” podczas gdy na stronie 25 w tekście widnieje zapis „Rurka ciepła (rys. 8) lub tzw. termosyfon...”

Strona 29. „Ze względu na fakt, iż rurki ciepła można kształtować, możliwe jest umieszczanie ich w innych strefach wymiennika ciepła, niż górna.” Nie jest jednoznaczne o jaki rodzaj „kształtowania” Autorowi chodzi

Strona 39. „Charakterystykę pracy silnik pokazano na rys. 16, a na rys. 17 ogólny widok stanowiska badawczego.” Powinno być „Charakterystykę pracy silnika....”

Strona 44. Brak odwołania w tekście do rysunku 22

Strona 45. „Z kolei pomiar tlenu oraz tlenków azotu odbywał się z wykorzystaniem metody elektrochemicznej”. Czy to oznacza, że analizatorem mierzono sumę $\text{NO} + \text{NO}_2$?

Strona 47. Tabela 47. W tabeli zamieszczono skład spalin wilgotnych, jaki rodzaj składu spalin mierzono analizatorem? Ponadto suma składników spalin w żadnym z wierszy nie bilansuje się dokładnie do 100% - skąd to wynika?

Strona 50. „...przepływ wody symulowany będzie mieszadłem.” Powinno być „...przepływ wody wymuszony będzie mieszadłem.”

Strona 50. „Na podstawie danych o maksymalnej mocy cieplnej rozpatrywanych rurek ciepła, dobrano objętość naczynia wynoszącą $2,5 \text{ dm}^3$.” Sformułowanie jest niekonkretne

Strona 54. „Do wyznaczenia ciepła przekazanego z pieca do wody, za pośrednictwem rurki ciepła, w danym punkcie pracy, wykorzystano równanie ogólne” Raczej powinno być np. „Do wyznaczenia ciepła przekazanego od sekcji grzewczej pieca do wody, za pośrednictwem rurki ciepła, w danym punkcie pracy, wykorzystano równanie bilansu energii w którym pominięto straty ciepła do otoczenia”

Strona 55. „Dla celów porównawczych wykonano również obliczenia dla innych, wybranych, zakresów temperatury T_1 oraz T_2 .” Raczej wykonano pomiary a następnie obliczenia.

Strona 56. „...gdzie intensywność odbierania ciepła przez powietrze jest dużo gorsze.” Powinno być „.....jest dużo gorsza.” Przy czym, można był doprecyzować co oznacza „dużo gorsza” np. opierając się na przykładowych wartościach współczynnika wymiany ciepła

Strona 61. W równaniu 8.11 powinny być udziały molowe a nie gramowe

Strona 61. Równanie 8.14 – brak pozycji literaturowej skąd zaczerpnięto równanie czy Autor wyprowadził to równanie samodzielnie? Ponadto czy do równania na pewno należy wstawiać udziały gramowe składników spalin? Biorąc pod uwagę, że występujące w równaniu liczby 21 i 79 odnoszą się do udziałów molowych

odpowiednio tlenu i azotu w powietrzu atmosferycznym i są wyrażone w procentach, wydaje się, że składniki spalin również powinny być wyrażone jako udział molowy a nie gramowy.

Strona 62. „Równanie bilansowe 8.2, dla energii spalin opisano zależnością 8.17” Powinno być „Równanie bilansowe 8.2, dla strumienia energii spalin....”

Strona 62. W równaniu 8.17 podano temperaturę w stopniach Celsjusza, natomiast w opisie do równania podano, że c_{sp} oraz c_{sk} – to ciepło właściwe spalin odpowiednio dla temperatury t_{sp} i t_{sk} . Brak informacji o przyjętej temperaturze odniesienia oraz jak liczone wartości ciepła właściwego.

Strona 67. „Jednostkowy udział składników spalin, przypadający na kmol paliwa, wyznaczono z zależności:” Powinno być „Jednostkowa ilość składników spalin.....”

Strona 67. „Ze względu na silną zależność wymiany ciepła od temperatury czynników, niemożliwe jest zastosowanie jednego uśrednionego modelu wymiany ciepła dla całego wymiennika.” Nie wiem co Autor miał na myśli, ale temperatura nie jest jedynym czynnikiem determinującym wymianę ciepła.

Strona 72. Równanie 8.33. Jakim kryterium kierował się Autor przyjmując rodzaj równania aproksymacyjnego?

Strona 73. „Efektywność ożebrowania, definiowana jako stosunek całkowitego strumienia ciepła odebranego przez powierzchnię ożebrowaną do całkowitego strumienia ciepła odebranego z tej samej powierzchni bez ożebrowania [7]”. W zdaniu należy usunąć zwrot „tej samej”

Strona 75. Analogiczna uwaga jak do równania 8.17

Strona 76. Linia 5 - o jakim zapotrzebowaniu na powietrze jest mowa, czy chodzi o wartość dla danego punktu pracy silnika czy chodzi o zapotrzebowanie stechiometryczne?

Strona 77. Tabela 12. Podane wartości zużycia powietrza są w m^3/min a nie jak zapisano w m^3/h . Ponadto nie podano dla jakich warunków podane są te wartości, czy chodzi o warunki normalne?

Strona 82. „Powodem takiej sytuacji jest ograniczone, w stosunku do możliwości rurek ciepła, odbieranie ciepła ze spalin przez ożebrowanie.” Zdanie jest niezrozumiałe

Strona 86. Do czego w obliczeniach CFD wykorzystywano warunek brzegowy $T_{am} = 25^\circ C$? Z jakiego powodu przyjęto $p_{am} = 0 Pa$?

Strona 86 do 87. W mojej ocenie prezentowanie równań od 8.40 do 8.48 jest zbędne, gdyż są one zapisane w formie ogólnej, a nie odnoszącej się bezpośrednio do rozpatrywanego przypadku obliczeniowego.

5. Wniosek końcowy

Praca zrealizowana przez mgr inż. Krzysztofa Lesiaka posiada niewątpliwe zalety i wyraźne niedociągnięcia redakcyjne. Biorąc pod uwagę przytoczone na wstępie warunki jakim powinna odpowiadać praca doktorska uważam, że praca doktorska dokumentuje ogólną wiedzę Kandydata w zakresie dyscypliny Inżynieria Mechaniczna i może być uznana za rozwiązanie problemu naukowego o cechach oryginalności. Za szczególnie oryginalne uważam wyniki zaprezentowane w rozdziałach 7 i 8.

Na powyższej podstawie uważam, że praca spełnia przedstawione na wstępie warunki ustawowe. Wnioskuje do Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna, Politechniki Krakowskiej o dopuszczenie pracy do publicznej obrony.

Recenzja pracy doktorskiej mgr inż. Krzysztofa Lesiaka

*Nowe rozwiązanie układu wylotowego silników spalinowych maszyn
górnictw przeznaczonych do prac w strefie zagrożonej wybuchem*

1. Informacje formalne

Niniejszą recenzję wykonałem na podstawie pisma z dnia 01 lipca 2022 roku, otrzymanego z Dziekanatu Wydziału Mechanicznego Politechniki Krakowskiej podpisanego przez Dziekana Prof. dr hab. inż. Jerzego A. Śładka. Wraz z pismem otrzymałem egzemplarz pracy wydanej w postaci monografii.

Zgodnie z Ustawą „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” rozprawa doktorska powinna spełniać następujące warunki:

- „prezentować ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie albo dyscyplinach oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej”.
- temat powinien stanowić *”oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej albo oryginalne dokonanie artystyczne”*.

Oceny rozprawy dokonywałem pod kątem spełniania przedstawionych wyżej warunków.

2. Wybór tematu i ogólna charakterystyka pracy

Dysertacja dotyczy problematyki zapewnienia bezpiecznych warunków pracy układu wylotowego silników spalinowych stosowanych w maszynach górniczych przeznaczonych do pracy w strefie zagrożonej wybuchem. W mojej ocenie temat bardzo dobrze wpisuje się w potrzeby nowoczesnego przemysłu wydobywczego w kopalniach węgla kamiennego. Po pierwsze zapewnienie bezpieczeństwa załogi pracującej w podziemiach kopalni ze względu na zagrożenie wystąpienia wybuchu metanu i/lub pyłu węglowego, a po drugie zapewnienie dobrej jakości powietrza poprzez ograniczenie emisji substancji szkodliwych w miejscu pracy pozwala na zwiększenie efektywności wydobywania węgla kamiennego i zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego naszego kraju. Z tego względu wybór tematu pracy uważam za bardzo trafny. Praca składa się z dziesięciu rozdziałów, których ogólną charakterystykę zamieszczam poniżej.

W pierwszej części pracy obejmującej rozdziały 1 i 2 znalazły się informacje ogólne na temat specyfiki funkcjonowania podziemnych wyrobisk górniczych oraz prognoz co do uwarunkowań oraz długości szacowanego okresu wydobywania węgla kamiennego w Polsce. Autor dokonał charakterystyki sposobu realizowania transportu podziemnego, wskazując na liczbę eksploatowanych mobilnych urządzeń z napędem spalinowym w polskich kopalniach. Oprócz wskazania zalet tego typu jednostek, w części tej wyartykułowane zostały również niebezpieczeństwa związane z wykorzystaniem silników spalinowych w przestrzeniach wyrobisk podziemnych w których występuje specyficzny rodzaj mikroklimatu. W zakończeniu tej części pracy pojawiły się pierwsze informacje wskazujące na konieczność opracowania nowych

rozwiązań układów odprowadzenia spalin z silników pracujących w kopalniach węgla kamiennego.

Rozdział 3 obejmuje zwięzłą charakterystykę wymagań formalno-prawnych w odniesieniu do górniczych spalinowych układów napędowych. W rozdziale tym uwaga autora została skupiona na wskazaniu dokumentów legislacyjnych oraz normatywnych porządkujących oraz warunkujących dopuszczenie do ruchu silników spalinowych przeznaczonych do stosowania w pracach podziemnych zagrożonych wystąpieniem wybuchu. Cytowane w tej części pracy dokumenty precyzują wymagania w odniesieniu do układów dolotowego i wylotowego, a także do układu samoczynnego wyłączenia silnika spalinowego. Ponadto w rozdziale tym zawarto informacje dotyczące wymogów co do jakości spalin i uzupełnione tabelami z wartościami granicznymi emisji substancji toksycznych z silników spalinowych specjalnego przeznaczenia.

W rozdziale czwartym wymieniono rodzaje urządzeń z napędem spalinowym wykorzystywanych w wyrobiskach górniczych węgla kamiennego wraz z omówieniem typowych rozwiązań konstrukcyjnych układu dolotowego i wylotowego silnika. Najwięcej uwagi poświęcono sposobom chłodzenia spalin celem zachowania bezpiecznego poziomu temperatury spalin wydostających się do otoczenia oraz elementów zewnętrznych silnika (tj. maksymalnie 150°C). Przedstawiono konstrukcję i zasadę działania mokrego i suchego wymiennika ciepła oraz przerywacza płomienia układu dolotowego i wylotowego, a także omówiono słabe strony stosowanych powszechnie rozwiązań. Omówiono sposób przeprowadzenia badań górniczych, których wyniki są decydujące w dopuszczeniu tych urządzeń do użytkowania.

Rozdział piąty przedstawia założenia koncepcyjne nowego układu wylotu spalin z silnika spalinowego górniczego zespołu napędowego. Autor przedstawia propozycję konstrukcji wymiennika ciepła z wykorzystaniem tzw. rurek ciepła. Ponadto w przedmiotowym rozwiązaniu proponuje on zastąpić klasyczny przerywacz płomieni układu wylotowego poprzez zastosowanie utleniającego konwertera katalitycznego. W ocenie Autora, zaproponowane rozwiązanie pozwoli wyeliminować podstawowe wady obecnie stosowanych układów chłodzenia tj. wysoka masa oraz konieczność stałego monitorowania poziomu wody chłodzącej i jej uzupełniania. Z kolei wyposażenie układu w konwerter katalityczny powinno przynieść wymierny efekt ekologiczny poprzez obniżenie niektórych toksycznych składników spalin silnikowych. W rozdziale tym przedstawiono również ogólne informacje na temat rurek ciepła oraz pokazano ich przykładowe charakterystyki.

W rozdziale szóstym określony został naukowy cel badawczy pracy, przedstawiono jej zakres oraz postawiona została teza pracy.

Rozdział siódmy obejmuje metodykę oraz wyniki badań eksperymentalnych silnika o zapłonie samoczynnym na hamowni silnikowej oraz badania rurki ciepła na stanowisku badawczym. Badania silnika realizowane były w zakresie zmiennego obciążenia dla dwóch wartości prędkości obrotowej, tj. prędkości, dla której silnik osiąga maksymalny moment obrotowy oraz dla prędkości obrotowej dla której silnik osiąga maksymalną moc. Na podstawie badań określone zostały: skład spalin, zużycie paliwa oraz temperatura w wybranych punktach układu wylotowego. Z kolei badania rurki ciepła przeprowadzono dla zmiennej wartości temperatury tzw. gorącego końca rurki – sekcji parownika (wartość temperatury stabilizowano przy wykorzystaniu pieca laboratoryjnego). Odbiór strumienia ciepła od tzw. zimnego końca - sekcji skraplacza rurki realizowany był przez jego zanurzenie w naczyniu z wodą. W oparciu o wyniki przeprowadzonych badań eksperymentalnych rurki

ciepła, sporządzone zostały jej charakterystyki dla trzech przedziałów temperatury wody przejmującej ciepło z sekcji parownika rurki.

Rozdział ósmy obejmuje główną część realizacji naukowego celu pracy. W pierwszej części tego rozdziału przedstawione zostały założenia modelu matematycznego oraz wyniki badań symulacyjnych wymiennika typu rura w rurze stanowiącego element układu wylotu spalin silnika spalinowego, który podlegał badaniom eksperymentalnym w rozdziale siódmym. Druga część tego rozdziału zawiera opis modelu wymiany ciepła dla wymiennika wykorzystującego rurki ciepła i służącego do schłodzenia spalin wylotowych silnika spalinowego. W obu przypadkach jest to jednowymiarowy model przepływu ciepła zaimplementowany w oprogramowaniu EES (Engineering Equation Solver). W modelu wymiennika z rurkami ciepła uwzględniono ich ożebrowanie w sekcji parownika odbierającej ciepło od spalin. Biorąc pod uwagę rozmieszczenie rurek ciepła w wymienniku, rozpatrywane były dwie konfiguracje. W konfiguracji pierwszej rozpatrywano wariant, w którym przekrój poprzeczny całej sekcji z rurkami ciepła posiada kształt zbliżony do kwadratu. W konfiguracji drugiej założono, że przekrój poprzeczny każdej z sekcji z rurkami ciepła, zarówno gdzie płyną wyłącznie spaliny oraz gdzie płynie woda posiadają kształt zbliżony do kwadratu. Na podstawie opracowanego modelu Autor dokonał obliczeń temperatury spalin opuszczających wymiennik ciepła. Obliczenia zostały przeprowadzone dla dwóch trybów pracy silnika scharakteryzowanych poprzez punkty pracy z charakterystyki zewnętrznej, pierwszy punkt odpowiadający najwyższej mocy natomiast drugi odpowiadający najwyższemu momentowi obrotowemu. Ponadto w obliczeniach dla wariantu drugiego brano pod uwagę dwie wartości podziałki ożebrowania. Jako wyniki obliczeń podane zostały: liczba sekcji z rurkami ciepła pozwalająca na schłodzenie spalin poniżej 150°C oraz główne wymiary zewnętrzne wymiennika. W końcowej części rozdziału ósmego Autor dokonał analizy części spalinowej wymiennika z ożebrowanymi rurkami ciepła przy wykorzystaniu modelowania CFD w środowisku Ansys-Fluent. Przedstawione wyniki obrazują pole temperatury na powierzchniach rurek ciepła i żeber, wartości lokalnego strumienia ciepła oraz pole prędkości spalin. Wartość średniej temperatury spalin na wylocie z analizowanej sekcji wymiennika została porównana z wartościami uzyskanymi z modelu analitycznego. Różnice w obliczeniach dla kolejnych sekcji wymiennika pomiędzy wynikami z modelu CFD a wynikami z modelu analitycznego wyniosły poniżej 5%. Końcowa część rozdziału przedstawia w formie tabeli zestawienie podstawowych parametrów konwencjonalnego wymiennika ciepła z opracowaną w pracy koncepcją wymiennika z rurkami ciepła.

W omówionych wyżej rozdziałach znajduje się sporo niedociągnięć językowych oraz niekonsekwencja w oznaczeniach wielkości fizycznych. Przykłady tych niedociągnięć zawarłem w dalszej części recenzji.

Dziewiąty rozdział to podsumowanie i wnioski końcowe. Rozdział ten stanowi głównie podsumowanie, a przedstawione wnioski są zapisane w sposób ogólny. W moim odczuciu brakuje bardziej szczegółowych wniosków wskazujących słabe i mocne strony zaproponowanego podejścia obliczeniowego wymiennika ciepła oraz przyjętego sposobu wyznaczania charakterystyki rurki ciepła. Praca jest wartościowa pod względem zaproponowanego nowego utylitarnego rozwiązania sposobu chłodzenia spalin silników pracujących w strefie zagrożonej wybuchem. Problem naukowy uwypuklony jest właściwie jednak jego rozwiązanie mogło być scharakteryzowane dogłębniej w szczególności poprzez zapisanie wniosków szczegółowych w odniesieniu do uzyskanych wyników i przyjętych założeń wejściowych.

Ostatni rozdział pracy dotyczy propozycji dalszych badań. Autor wskazuje, że kolejnym etapem powinno być zbudowanie prototypu oraz jego badania na stanowisku z silnikiem spalinowym połączone z badaniami wytrzymałościowymi obejmujące również badania związane z dopuszczeniem układu do pracy w przestrzeniach zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego. Biorąc pod uwagę rezultaty obliczeń przedstawionych w pracy ten kierunek wydaje się być właściwy.

3. Zalety pracy

Główną zaletą pracy jest podjęcie ważnej tematyki jaką jest zapewnienie bezpieczeństwa personelu pracującego w podziemnych wyrobiskach kopalni węgla kamiennego oraz wskazanie utylitarnego rozwiązania. W swojej dysertacji Autor zajmuje się istotnym elementem układu napędowego z silnikiem spalinowym jakim jest układ wylotowy, podejmując próbę wskazania rozwiązania charakteryzującego się: ograniczeniem codziennych czynności obsługowych oraz mniejszymi gabarytami w odniesieniu do rozwiązań obecnie istniejących.

Drugą zaletą jest kompleksowość podejścia do rozwiązania problemu badawczego poprzez wskazanie możliwości zintegrowania utleniającego konwertera katalitycznego z układem chłodzenia spalin w taki sposób, aby pełnił on jednocześnie rolę wygaszacza płomieni. Ta zaleta jest szczególnie ważna w kontekście możliwości ograniczenia emisji substancji szkodliwych bezpośrednio w przestrzeni, gdzie pracują ludzie, ponieważ dotychczasowe rozwiązania układów wylotowych silników przystosowanych do pracy w wyrobiskach górniczych pozbawione są stosowania tego typu urządzeń.

Kolejną zaletą jest podejście do obliczeń wymiennika jako układu modułowego, co sprawia, że opracowane narzędzie może być pomocne przy doborze geometrii urządzenia do konkretnego silnika spalinowego wykorzystywanego np. w różnych kopalniach węgla kamiennego, a nie tylko jako studium przypadku dla odbiorców świata nauki.

Niewątpliwą zaletą pracy jest to, że w obliczeniach analitycznych wymiennika wykorzystana jest rzeczywista charakterystyka rurki ciepła. Autor wykazał się umiejętnością przygotowania i przeprowadzenia eksperymentu, opracowując metodykę i konfigurując stanowisko do wyznaczania charakterystyk rurek ciepła.

Istotną zaletą pracy jest również to, że łączy ona ze sobą naukowe podejście do problemu badawczego z jednoznaczną aplikacyjnością uzyskanych wyników.

4. Ogólne uwagi krytyczne

Celem pracy jest opracowanie koncepcji nowego systemu wylotowego silników spalinowych stosowanych w maszynach górniczych charakteryzującego się względem układów obecnie stosowanych następującymi właściwościami:

- wyższy poziom bezpieczeństwa,
- niższa masa oraz wymiary zewnętrzne,
- bezobsługowość i kompaktowa budowa,
- oczyszczanie spalin ze związków toksycznych,
- przejęcie roli wygaszacza płomieni przez katalityczny konwerter utleniający.

W mojej ocenie Autor nie zdefiniował jednoznacznie niektórych kryteriów względem jakich ocenione zostanie osiągnięcie celu. Chodzi na przykład o „bezobsługowość” jako jedyne kryterium podano brak konieczności uzupełniania wody w układzie nowego rozwiązania natomiast nie zwrócono uwagi np. na aspekt trwałości rurek ciepła (czy jest on istotny czy nie), ewentualną konieczność oczyszczania

ożebrowanych elementów mających kontakt ze spalinami (czy np. nie będzie konieczne cykliczne oczyszczanie tej części wymiennika). Brak jest również ilościowego odniesienia się do kwestii oczyszczania spalin ze związków szkodliwych. Wyniki udziałów molowych substancji szkodliwych zmierzone bezpośrednio na wyjściu silnika w trakcie badań identyfikacyjnych nie zostały w żaden sposób powiązane z dostępnymi chociażby z literatury naukowej charakterystykami dostępnych utleniających konwerterów katalitycznych. Przyjmując na podstawie literatury sprawność konwersji konwertera katalitycznego oraz można było wyznaczyć ilościowo szacowane ograniczenie emisji substancji szkodliwych jako wskaźniki jednostkowe np. w g/kWh. W pracy znalazły się jedynie lakoniczne informacje na temat jakościowego ograniczenia substancji szkodliwych.

Aproksymacja punktów pomiarowych tworzących charakterystykę rurki ciepła, czyli zależność pomiędzy strumieniem ciepła a temperaturą sekcji parownika została przeprowadzona wielomianem trzeciego stopnia. Autor nie wskazał kryterium jakim kierował się podczas aproksymacji, brak jest podania jakości dopasowania funkcji np. poprzez ujawnienie współczynnika determinacji. W części dotyczącej badań eksperymentalnych rurki ciepła brakuje analizy niepewności przeprowadzonych pomiarów. Zasadność pominięcia strat ciepła do otoczenia mogła zostać potwierdzona przeprowadzeniem chociażby zgrubej analizy warunków wymiany ciepła pomiędzy sekcjami stanowiska a otoczeniem.

Pewną niedoskonałością pracy jest jej strona redakcyjna, ponieważ w tekście znajduje się sporo niezręcznych lub błędnych gramatycznie sformułowań, a także niedopowiedzeń w efekcie czego czytelnik musi się miejscami domyślać co Autor miał na myśli. Przede wszystkim zaś brakuje uporządkowania w nazewnictwie stosowanej nomenklatury np. wielkości fizyczne jak temperatura czy strumień ciepła dotyczące konkretnego miejsca analizowanej instalacji mają różne oznaczenie w różnych miejscach pracy. Autor przyjmuje jednakowe oznaczenie dla udziału gramowego i molowego oraz nie precyzuje co ma na myśli pisząc „stężenie”, określenie to pojawia się wielokrotnie w pracy i jest stawiane na równi z emisją jednostkową oraz udziałem molowym.

Autor przeprowadził ciekawe badania eksperymentalne oraz symulacyjne, z których można wyciągnąć wartościowe wnioski. Niestety słabą stroną pracy jest sposób opisu uzyskanych rezultatów, zarówno w rozdziałach, w których przeprowadzane są badania eksperymentalne i symulacyjne jak również w rozdziale dziewiątym stanowiącym podsumowanie i wnioski końcowe.

5. Szczegółowe uwagi krytyczne

Jak wspomniałem wcześniej praca ma liczne niedociągnięcia redakcyjne, szczególnie w odniesieniu stosowanego nazewnictwa i nieuporządkowanej nomenklatury. Ponadto, niektóre zdania sformułowane są w sposób bardzo ogólny. Dla zobrazowania problemu, poniżej przytaczam wybrane nieścisłości znajdujące się w pracy.

Strona 6. W dziewiątej linii tekstu po słowie „kamiennego” wpisano dwa razy przecinek

Strona 7. Linia 5 oraz 8 pod tabelą, kropka powinna być na końcu zdania tj. po wskazanej pozycji literaturowej

Strona 7. *„Badania pokazują również, że wraz z wydłużaniem się czasu eksploatacji jednostki napędowej, dochodzi do znaczącego wzrostu emisji węglowodorów, cząstek stałych oraz CO, przy jednoczesnym nieznacznym wzroście NOx.”* – zdanie

jest nieprecyzyjne, nie wiadomo, czy chodzi o emisję jednostkową oraz jakiego punktu pracy silnika ta sytuacja dotyczy

Strona 8. „*Faktem jest, że ze względu na istnienie również innych zagrożeń w kopalniach węgla kamiennego (np. zagrożenie wystąpienia wybuchu metanu i/lub pyłu węglowego) wymagania, w zakresie emisji spalin, dla urządzeń eksploatowanych w strefie zagrożonej wybuchem, są dużo łagodniejsze.*” – są dużo łagodniejsze w odniesieniu do czego?

Strona 8. „W celu osiągnięcia efektu proekologicznego.... – powinno raczej być „efektu ekologicznego”

Strona 11. „Dopuszczalne stężenia emitowane przez silniki spalinowe pracujące w podziemnych wyrobiskach definiuje również Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/1628 z dnia 14 września 2016 r.” Przywołana pozycja literaturowa podaje graniczne wartości emisji wyrażone w g/kWh a nie stężenia

Strona 12. „W myśl §142 ww. Rozporządzenia wszystkie wyrobiska powinny być przewietrzane w taki sposób, aby ilość tlenu w powietrzu wynosiła minimum 19% a stężenie gazów w powietrzu było nie większe niż dla:....” Czy przywołane wartości na pewno dotyczą „stężenia gazów” czy są to udziały objętościowe?

Strona 12. „Natomiast §635 ww. Rozporządzenia odnoszący się wprost do spalin wyrzucanych przez układ wydechowy silnika, **ogranicza emisję tlenku węgla do 500 ppm w przypadku atmosfery pozbawionej metanu oraz 1800 ppm w przypadku, gdy stężenie metanu wynosi do 1,5%.**” – powinno być „...wprowadza ograniczenie emisji tlenku węgla...”. Ponadto czy w tym miejscu na pewno chodzi o stężenie metanu czy jego udział objętościowy?

Strona 14. „Wynika to przede wszystkim z dużej mocy, dużego zasięgu oraz małej masy i objętości zbiornika paliwa, który na dzień dzisiejszy magazynuje dużo więcej energii, niż ekwiwalentny akumulator elektryczny lub zbiornik ze sprężonym powietrzem.” Zdanie zapisane zbyt ogólnie, można było podać orientacyjne wartości w odniesieniu do znanych obecnie technologii magazynowania energii elektrycznej

Strona 19. „Na badania typu składają się:...” Raczej powinno być „Na badania tego typu składają się:...”

Strona 20. „W badaniu osłon przeciwwybuchowych o spiętrzeniu ciśnienia mówimy w przypadku, gdy [51]:

- uzyskane wartości ciśnienia w serii badań tej samej konfiguracji różnią się między sobą o więcej jak 1,5 lub

- czas narastania ciśnienia jest krótszy niż 5 ms.”? Zdanie jest zapisane w sposób nieprecyzyjny, np. co oznacza między sobą o 1,5? Czy chodzi o czas narastania od wartości początkowej do maksymalnej?

Strona 20. „Znana jest np. wartość ciśnienia wybuchu, stężenie stechiometryczne, wpływ temperatury mieszaniny itd. poszczególnych mieszanin gazowych.” Co Autor ma na myśli pisząc „stężenie stechiometryczne”?

Strona 20. „• tlenków węgla, formując dwutlenek węgla, • tlenku azotu, formując tlenki azotu” Powinno być „tlenku węgla”, a dalej „formując dwutlenek azotu”

Strona 22. „Dzięki wykorzystaniu przemiany dwufazowej przy transporcie ciepła...” Powinno być „przemiany fazowej”

Strona 24. „Proponowany w niniejszej pracy, nowy układ wylotowy górniczego spalinowego układu napędowego poza wykorzystaniem reaktora DOC dla oczyszczania spalin zakłada, że jego zastosowanie pozwoli również zrezygnować z wygaszacza płomienia, jako osobnego elementu układu wylotowego”. Raczej

powinno być „Proponowana w niniejszej pracy, konstrukcja nowego układu wylotowego.....zakłada.....”

Strona 25. „Rurka ciepła (rys. 8) lub tzw. termosyfon są urządzeniem pasywnym o potencjalnie bardzo długim czasie życia [77].” Powinno być „Rurka ciepła (rys. 8) lub tzw. termosyfon jest..”

Strona 26. „Przy transportowaniu ciepła wykorzystują dwufazowy, zamknięty cykl odparowania, a następnie skroplenia cieczy roboczej.” Raczej powinno być „Przy transporcie ciepła wykorzystują zmianę fazy czynnika roboczego.....”

Strona 26. „W Tabeli 5 przedstawiono temperatury pracy rurek ciepła zależne od zastosowanego płynu roboczego.” Powinno być „W Tabeli 5 przedstawiono zakres temperatury....”

Strona 27. „...ma zdolność transportu 180 W ciepła.” Powinno być „...ma zdolność transportu 180 W strumienia ciepła”

Strona 27. W tekście jest zapisane „...stosuje się rurki ciepła, które w odróżnieniu od termosyfonów...” podczas gdy na stronie 25 w tekście widnieje zapis „Rurka ciepła (rys. 8) lub tzw. termosyfon...”

Strona 29. „Ze względu na fakt, iż rurki ciepła można kształtować, możliwe jest umieszczanie ich w innych strefach wymiennika ciepła, niż górna.” Nie jest jednoznaczne o jaki rodzaj „kształtowania” Autorowi chodzi

Strona 39. „Charakterystykę pracy silnik pokazano na rys. 16, a na rys. 17 ogólny widok stanowiska badawczego.” Powinno być „Charakterystykę pracy silnika....”

Strona 44. Brak odwołania w tekście do rysunku 22

Strona 45. „Z kolei pomiar tlenu oraz tlenków azotu odbywał się z wykorzystaniem metody elektrochemicznej”. Czy to oznacza, że analizatorem mierzono sumę $\text{NO} + \text{NO}_2$?

Strona 47. Tabela 47. W tabeli zamieszczono skład spalin wilgotnych, jaki rodzaj składu spalin mierzono analizatorem? Ponadto suma składników spalin w żadnym z wierszy nie bilansuje się dokładnie do 100% - skąd to wynika?

Strona 50. „...przepływ wody symulowany będzie mieszadłem.” Powinno być „...przepływ wody wymuszony będzie mieszadłem.”

Strona 50. „Na podstawie danych o maksymalnej mocy cieplnej rozpatrywanych rurek ciepła, dobrano objętość naczynia wynoszącą $2,5 \text{ dm}^3$.” Sformułowanie jest niekonkretne

Strona 54. „Do wyznaczenia ciepła przekazanego z pieca do wody, za pośrednictwem rurki ciepła, w danym punkcie pracy, wykorzystano równanie ogólne” Raczej powinno być np. „Do wyznaczenia ciepła przekazanego od sekcji grzewczej pieca do wody, za pośrednictwem rurki ciepła, w danym punkcie pracy, wykorzystano równanie bilansu energii w którym pominięto straty ciepła do otoczenia”

Strona 55. „Dla celów porównawczych wykonano również obliczenia dla innych, wybranych, zakresów temperatury T_1 oraz T_2 .” Raczej wykonano pomiary a następnie obliczenia.

Strona 56. „...gdzie intensywność odbierania ciepła przez powietrze jest dużo gorsze.” Powinno być „.....jest dużo gorsza.” Przy czym, można był doprecyzować co oznacza „dużo gorsza” np. opierając się na przykładowych wartościach współczynnika wymiany ciepła

Strona 61. W równaniu 8.11 powinny być udziały molowe a nie gramowe

Strona 61. Równanie 8.14 – brak pozycji literaturowej skąd zaczerpnięto równanie czy Autor wyprowadził to równanie samodzielnie? Ponadto czy do równania na pewno należy wstawiać udziały gramowe składników spalin? Biorąc pod uwagę, że występujące w równaniu liczby 21 i 79 odnoszą się do udziałów molowych

odpowiednio tlenu i azotu w powietrzu atmosferycznym i są wyrażone w procentach, wydaje się, że składniki spalin również powinny być wyrażone jako udział molowy a nie gramowy.

Strona 62. „Równanie bilansowe 8.2, dla energii spalin opisano zależnością 8.17” Powinno być „Równanie bilansowe 8.2, dla strumienia energii spalin....”

Strona 62. W równaniu 8.17 podano temperaturę w stopniach Celsjusza, natomiast w opisie do równania podano, że c_{sp} oraz c_{sk} – to ciepło właściwe spalin odpowiednio dla temperatury t_{sp} i t_{sk} . Brak informacji o przyjętej temperaturze odniesienia oraz jak liczonego ciepła właściwego.

Strona 67. „Jednostkowy udział składników spalin, przypadający na kmol paliwa, wyznaczono z zależności:” Powinno być „Jednostkowa ilość składników spalin.....”

Strona 67. „Ze względu na silną zależność wymiany ciepła od temperatury czynników, niemożliwe jest zastosowanie jednego uśrednionego modelu wymiany ciepła dla całego wymiennika.” Nie wiem co Autor miał na myśli, ale temperatura nie jest jedynym czynnikiem determinującym wymianę ciepła.

Strona 72. Równanie 8.33. Jakim kryterium kierował się Autor przyjmując rodzaj równania aproksymacyjnego?

Strona 73. „Efektywność ożebrowania, definiowana jako stosunek całkowitego strumienia ciepła odebranego przez powierzchnię ożebrowaną do całkowitego strumienia ciepła odebranego z tej samej powierzchni bez ożebrowania [7]”. W zdaniu należy usunąć zwrot „tej samej”

Strona 75. Analogiczna uwaga jak do równania 8.17

Strona 76. Linia 5 - o jakim zapotrzebowaniu na powietrze jest mowa, czy chodzi o wartość dla danego punktu pracy silnika czy chodzi o zapotrzebowanie stechiometryczne?

Strona 77. Tabela 12. Podane wartości zużycia powietrza są w m^3/min a nie jak zapisano w m^3/h . Ponadto nie podano dla jakich warunków podane są te wartości, czy chodzi o warunki normalne?

Strona 82. „Powodem takiej sytuacji jest ograniczone, w stosunku do możliwości rurek ciepła, odbieranie ciepła ze spalin przez ożebrowanie.” Zdanie jest niezrozumiałe

Strona 86. Do czego w obliczeniach CFD wykorzystywano warunek brzegowy $T_{am} = 25^\circ C$? Z jakiego powodu przyjęto $p_{am} = 0 Pa$?

Strona 86 do 87. W mojej ocenie prezentowanie równań od 8.40 do 8.48 jest zbędne, gdyż są one zapisane w formie ogólnej, a nie odnoszącej się bezpośrednio do rozpatrywanego przypadku obliczeniowego.

5. Wniosek końcowy

Praca zrealizowana przez mgr inż. Krzysztofa Lesiaka posiada niewątpliwe zalety i wyraźne niedociągnięcia redakcyjne. Biorąc pod uwagę przytoczone na wstępie warunki jakim powinna odpowiadać praca doktorska uważam, że praca doktorska dokumentuje ogólną wiedzę Kandydata w zakresie dyscypliny Inżynieria Mechaniczna i może być uznana za rozwiązanie problemu naukowego o cechach oryginalności. Za szczególnie oryginalne uważam wyniki zaprezentowane w rozdziałach 7 i 8.

Na powyższej podstawie uważam, że praca spełnia przedstawione na wstępie warunki ustawowe. Wnioskuje do Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna, Politechniki Krakowskiej o dopuszczenie pracy do publicznej obrony.