

XIII Konferencja
**MŁODZI
W ENERGETYCE**



KSIĄŻKA STRESZCZEŃ



Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej

XIII Conference

YOUNG SCIENTISTS IN POWER ENGINEERING



BOOK OF ABSTRACTS

**XIII Konferencja
„Młodzi w Energetyce”**

KSIĄŻKA STRESZCZEŃ

Praca zbiorowa pod redakcją
Henryka Kudeli, Macieja Cholewińskiego,
Beaty Pytlik i Artura Machalskiego



Oficina Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej
Wrocław 2021

Kolegium redakcyjne:
Henryk Kudela, Maciej Cholewiński, Artur Machalski

Opracowanie redakcyjne i korekta:
Artur Machalski, Maciej Cholewiński, Beata Pytlik

Korekta techniczna:
Stanisław Gancarz

Obsługa konta mailowego:
Beata Pytlik

Opieka nad stroną internetową:
Maciej Cholewiński, Artur Machalski

Złożono na podstawie dostarczonych materiałów

Publikacja elektroniczna dostępna na stronie
Konferencji „Młodzi w Energetyce”
<http://kme.pwr.edu.pl/>

Wszelkie prawa zastrzeżone. Żadna część niniejszej książki, zarówno w całości jak i we fragmentach, nie może być reprodukowana w sposób elektroniczny, fotograficzny i inny bez zgody wydawcy i właścicieli praw autorskich.

© Copyright by Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2021

OFICYNA WYDAWNICZA POLITECHNIKI WROCŁAWSKIEJ
Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
<http://www.oficyna.pwr.edu.pl>, e-mail: oficwyd@pwr.edu.pl
zamawianie.ksiazek@pwr.edu.pl

ISBN 978-83-7493-182-3

Spis treści

Od Organizatorów	7
Sponsorzy i Partnerzy (Our sponsors and partners)	9
<i>PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna</i>	11
<i>Symkom</i>	13
Harmonogram konferencji (Conference Schedule)	15
Wykłady plenarne (Plenary lectures)	21
<i>Stan przygotowań gospodarki polskiej do energetyki wodorowej</i>	23
Halina Pawlak-Kruczek	
<i>Awarie systemowe w energetyce w Polsce i na świecie a bezpieczeństwo państwa</i>	24
Jerzy Łaskawiec	
<i>Innowacja i kreatywność w kontekście wyzwań przemysłu energetycznego</i>	25
Maciej Ginalski	
I SESJA REFERATOWA: Chłodnictwo i kriogenika oraz inżynieria lotnicza (Refrigeration, cryogenics and aerospace engineering)	27
<i>Model koncepcyjny chłodziarki magnetokalorycznej</i>	29
Paweł Marcin Płuszka	
<i>Modelowanie dystrybucji powietrza w płytowych wymiennikach ciepła o wysokiej sprawności</i> <i>stosowanych w systemach klimatyzacyjnych</i>	31
Anna Pacak	
<i>Projekt stanowiska do badania krzywej wrzenia LNG</i>	33
Jakub Kielar	
<i>Analiza porównawcza układów elektrownia konwencjonalna–chłodziarka sprężarkowa, elektrociepłownia</i> <i>gazowo-parowa–chłodziarka sorpcyjna</i>	34
Kacper Karzkowiak	
II SESJA REFERATOWA: Miernictwo energetyczne oraz maszyny i urządzenia przepływowe (Turbomachinery and measurements in power industry)	35
<i>Analiza metrologiczna pomiaru prędkości przepływu metodą ultradźwiękową za elementami</i> <i>zaburzającymi</i>	37
Piotr Piechota	

<i>Analiza wpływu parametrów geometrycznych elementu odprowadzenia cieczy na parametry pracy pompy z wirnikiem rurowym</i>	39
Bartłomiej Chomiuk	
<i>Analiza zjawisk przepływowych zachodzących w pompach wirowych z mikrorowkami</i>	41
Marcin Bieganowski	
<i>Intensyfikacja procesów cieplnych w wymiennikach poprzez modyfikację kształtu powierzchni czynnych</i>	43
Agnieszka Ochman	
<i>Wyniki badań oscylacyjnego przepływu dwufazowego w kanałach kapilarnych w warunkach mikrogravitacji (μCOFfEe)</i>	45
Andrzej Nowak	
<i>Numeryczne modelowanie struktur wirowych w przestrzeni międzyłopatkowej maszyn wirnikowych</i>	47
Dominik Błoński	
<i>Wpływ kąta wlotowego wirnika o skrajnie niskiej szybkoobrotowości na parametry energetyczne pompy wirowej</i>	49
Egor Kolpakov, Janusz Skrzypacz, Przemysław Szulc	
III SESJA REFERATOWA: Spalanie i paliwa (Combustion and fuels)	51
<i>Porównanie suchej i mokrej toryfikacji jako metod waloryzacji browarniczych produktów ubocznych z potencjałem aplikacji w przemyśle</i>	53
Łukasz Niedźwiecki	
<i>Wytwarzanie i wykorzystanie toryfikowanej biomasy w procesie spalania węgla</i>	55
Krzysztof Krochmalny	
<i>Szacowanie reakcji homogenicznych kształtujących specjację rtęci w czasie spalania pyłu węglowego</i>	56
Maciej Cholewiński	
<i>Model nastonecznienia poruszającej się bryły na potrzeby układu odzysku energii ciepła z paneli fotowoltaicznych z wykorzystaniem zjawisk termoelektrycznych</i>	58
Korneliusz Sierpowski, Ziemowit Malecha	
<i>Porównanie poziomu emisji zanieczyszczeń z wybranych źródeł ciepła dla budynku jednorodzinnego</i>	59
Natalia Generowicz	
<i>Toryfikacja materiałów organicznych o różnych ziarnistościach frakcji</i>	61
Bartosz Robert Pałka, Mateusz Jackowski, Krzysztof Mościcki	
IV SESJA REFERATOWA: Systemy energetyczne (Power systems)	63
<i>Modelowanie pracy układu turbiny gazowej z kotłem odzyskowym w programie Epsilon Professional</i>	65
Maciej Bujalski, Paweł Madejski	
<i>Obliczenia termodynamiczne i symulacja pracy bloku parowego na parametry nadkrytyczne z podwójnym przegrzewem pary</i>	67
Karolina Chmiel, Paweł Madejski	
<i>Optymalizacja temperatury ładowania sorpcyjnego akumulatora ciepła</i>	69
Beata Pytlik, Daniel Smykowski, Piotr Szulc	

V SESJA REFERATOWA: Scientific challenges in modern power engineering (Wyzwania naukowe stawiane współczesnej energetyce)	71
<i>CFD simulation of entrained flow coal gasification with an emphasis on char conversion models</i>	73
Jakub Mularski, Norbert Modliński	
<i>Expansion losses in two-phase volumetric expanders</i>	75
Sindu Daniarta, Piotr Kolasiński	
<i>Literature review of frost formation phenomena in an evaporator of a domestic refrigerator</i>	76
Daria Krasota, Piotr Kolasiński	
<i>Thermodynamic analysis of the concept of solar-coal hybrid power plant</i>	78
Navaneethan Subramanian, Paweł Madejski, Peta Sandile	
<i>Expounding the possibility of the use of artificial intelligence for predicting multivariate time series of pulsating heat pipe</i>	80
Parthkumar Parmar, Cezary Czajkowski, Andrzej Nowak, Sławomir Pietrowicz	
VI SESJA REFERATOWA: Technologie przyszłości w energetyce (Technologies of the future in power engineering)	81
<i>Wykorzystanie wybranych testów statystycznych do wykrywania oraz eliminacji obserwacji odstających w pomiarach stanów wody w piezometrach otwartych zapory Tresna w latach 2018–2020</i>	83
Stanisław Lach	
<i>Analiza stanu technicznego wybranych maszyn i urządzeń górniczych w odniesieniu do zagrożenia pożarowego</i>	84
Marta Stempniak	
<i>Wpływ rozwoju technologii przyrostowych na wytwarzanie komponentów statków powietrznych</i>	86
Martyna Jurkiewicz	
<i>Modelowanie zjawisk ciepło-przepływowych w przestrzeni roboczej silnika tłokowego</i>	88
Ewa Świerkosz	
<i>Ogólna identyfikacja zjawisk przepływowych występujących w zaworach bezpieczeństwa</i>	90
Łukasz Zańko	
<i>Transport cieczy w rurociągach pionowych – przegląd zagadnień technologicznych i wyników badań</i>	92
Marcin Polak, Piotr Kolasiński	
<i>Badania reaktywności tlenków złożonych Fe-Mn-Ti metodą analizy termogravimetrycznej</i>	94
Magdalena Szkuta, Rafał Łysowski, Ewelina Ksepko	
VII SESJA REFERATOWA: Odnawialne źródła energii (Renewable energy sources)	95
<i>Instalacje fotowoltaiczne – problemy i wyzwania dla Polski</i>	97
Marcin Michalski	
<i>Wykorzystanie programu TRNSYS 18 do generowania danych pogodowych dla wybranej lokalizacji geograficznej</i>	99
Mateusz Jabłoński, Magdalena Nemś	
<i>Synteza i właściwości CLOU materiałów perowskitowych o wzorze ogólnym $A(Cu_xFe_{1-x})O_3$</i>	101
Rafał Łysowski, Ewelina Ksepko	
<i>Potencjał produkcji biogazu z ciekłej frakcji po HTC odpadów z procesu fermentacji</i>	102
Aleksandra Modzelewska, Mateusz Jackowski, Mateusz Wnukowski, Mateusz Jasiński, Krzysztof Mościcki, Halina Pawlak-Kruczek, Anna Trusek	

<i>Ocena samoczynnego układu zawracania spalin w komorze spalania mikroturbiny gazowej w ujęciu współspalania wodoru</i>	103
Jean-Marc Fąfara	
<i>„Kolory” wodoru i przyszłość technologii wodorowych w Polsce</i>	105
Jakub Flak	
<i>Reaktywność wybranych tlenków żelaza, manganu i cyrkonu badana za pomocą TGA dla zastosowań w procesie spalania</i>	107
Rafał Łysowski, Ewelina Ksepko	
Wystąpienia bez streszczeń	109
<i>Analiza wpływu parametrów czynnika grzewczego na pracę i ryzyko zamarzania w wymienniku ciepła do regazyfikacji cieczy kriogenicznej</i>	111
Arkadiusz Brenk	
<i>Wykorzystanie druku 3D w prototypowaniu bezzałogowych statków powietrznych</i>	111
Marcin Ciopcia	
<i>Wrzenie R245fa podczas przepływu przez mikrokanaty</i>	111
Stanisława Hałon	
<i>Pomiary walidacyjne przyston wirników Vortex zaprojektowanych autorską metodą projektową</i>	111
Artur Machalski	
<i>Modelowanie przepływu wielofazowego wewnątrz pulsacyjnej rurki ciepła – wpływ modeli transportu masy na struktury przepływu</i>	111
Marcin Opalski	



OD ORGANIZATORÓW

Konferencja „Młodzi w Energetyce” ma na celu promowanie działalności naukowej młodego pokolenia naukowców związanych z szeroko rozumianą energetyką oraz zacieśnianie relacji na linii przemysł-nauka. Organizowane przez Wydział Mechaniczno-Energetyczny Politechniki Wrocławskiej coroczne spotkania są doskonałą okazją do zapoznania się ofertą badawczą uczestniczących w nich studentów, kół naukowych, doktorantów, młodych doktorów i doświadczonych pracowników uczelni wyższych oraz nawiązania wieloletnich kontaktów z naukowcami i przedsiębiorcami. Chcielibyśmy, aby nasza oferta była także inkubatorem nowych pomysłów oraz prowadziła do komercjalizacji prac badawczych w ścisłej współpracy z branżą energetyczną. Z tego względu gorąco zachęcam do wzięcia udziału w XIII KME, która odbędzie się już w lipcu 2021 roku. W jej ramach oferujemy także bogatą ofertę promocyjno-reklamową – zapraszam zainteresowane przedsiębiorstwa do dołączenia do grona naszych Sponsorów!

prof. dr hab. inż. Henryk Kudela
Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego
XIII Konferencji „Młodzi w Energetyce”

<http://kme.pwr.edu.pl/>
<https://wme.pwr.edu.pl/>
<https://pwr.edu.pl/>
<https://pgegiek.pl/strona-glowna>
<http://www.oficyna.pwr.edu.pl/>
kme@pwr.edu.pl

Organizatorem Konferencji był
Wydział Mechaniczno-Energetyczny Politechniki Wrocławskiej



Politechnika
Wrocławska



<https://pwr.edu.pl/>
<https://wme.pwr.edu.pl/>

Sponsorzy konferencji:

PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna S.A.



Górnictwo i Energetyka
Konwencjonalna S.A.

<https://pgegiek.pl/>

SYMKOM - ANSYS Channel Partner

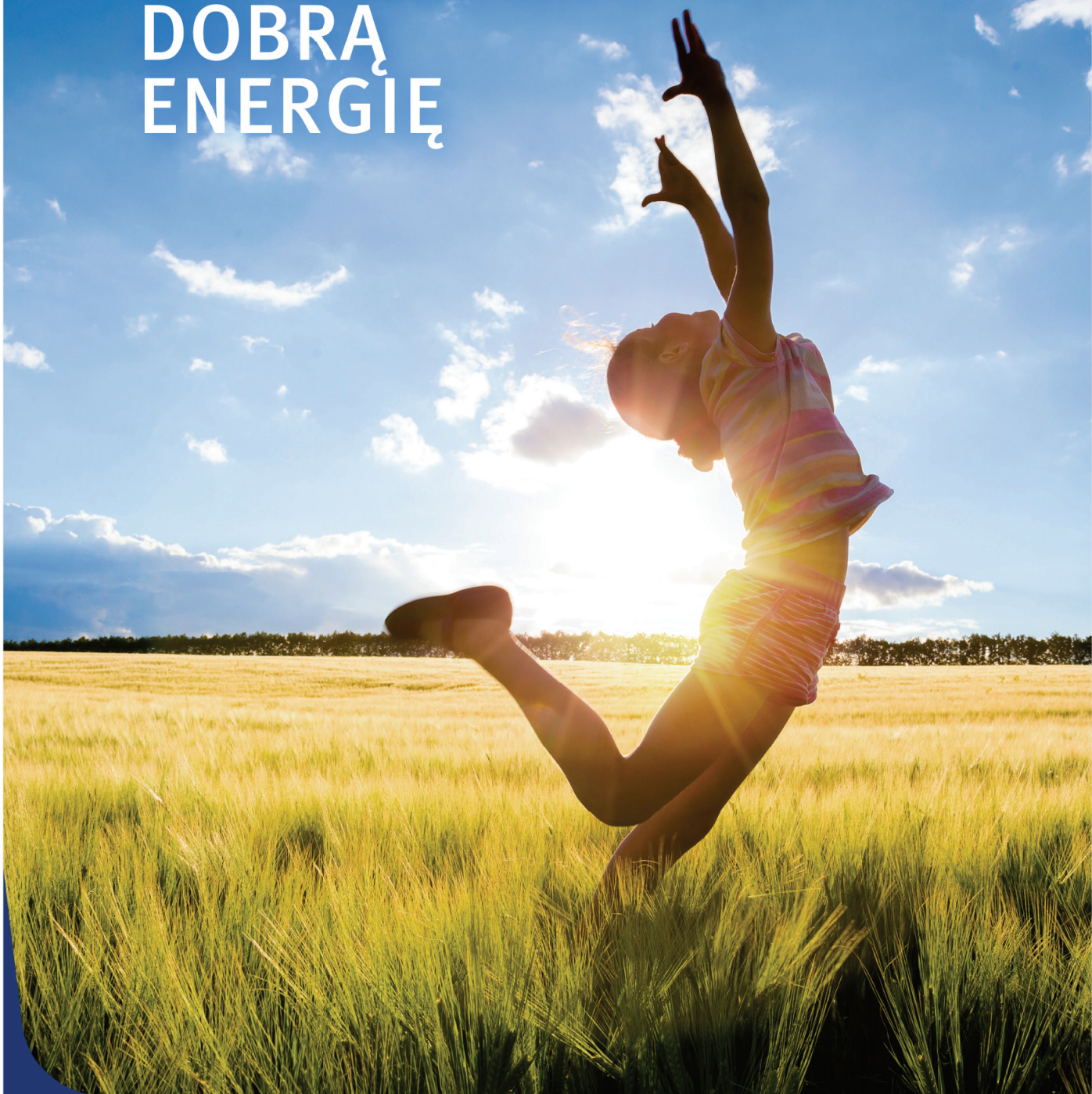


<https://symkom.pl/>

Serdecznie dziękujemy za okazane wsparcie!

SPONSORZY I PARTNERZY
OUR SPONSORS AND PARTNERS

WYTWARZAMY
DOBRA
ENERGIĘ



www.pgegiek.pl

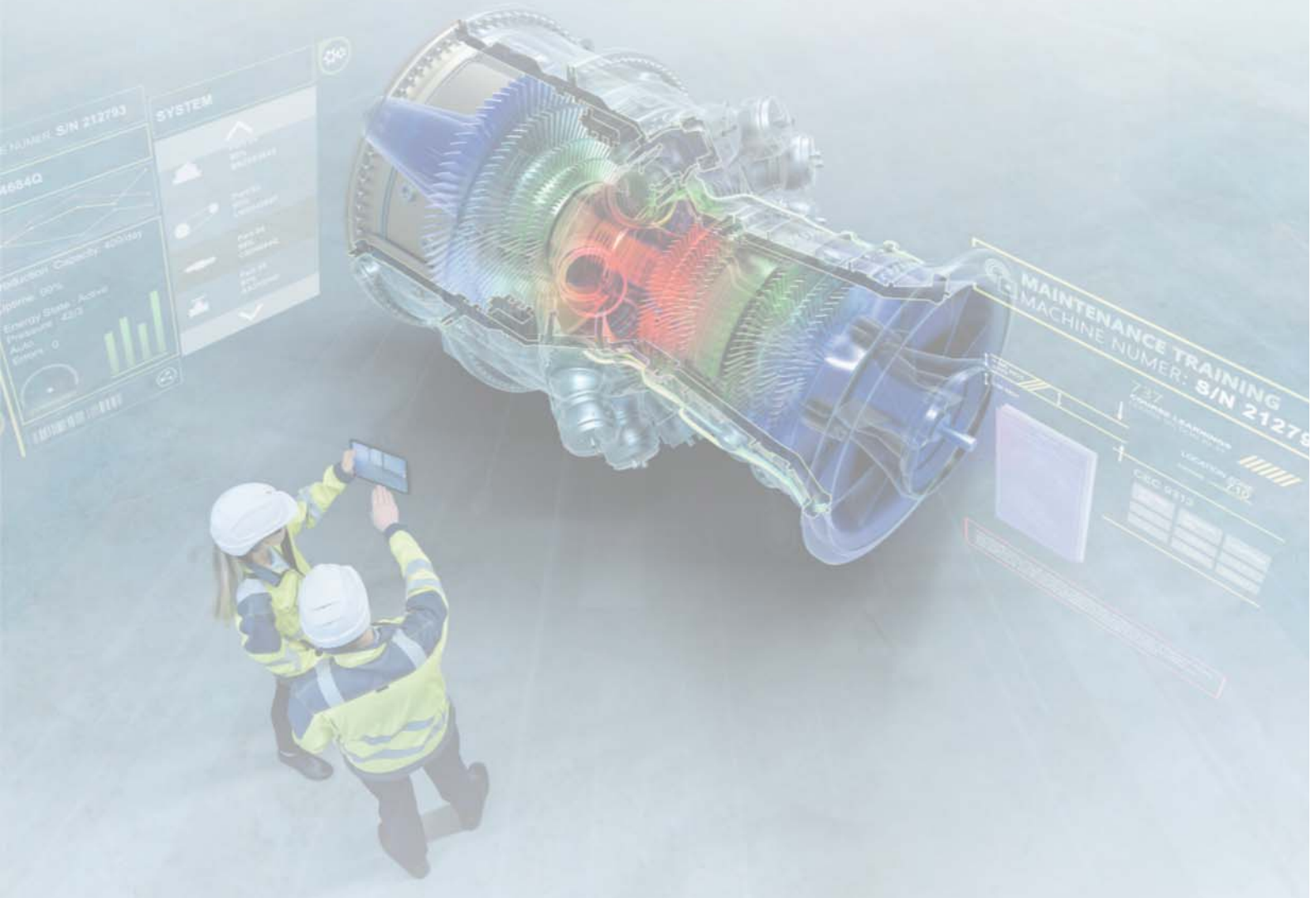


Górnictwo i Energetyka
Konwencjonalna S.A.



SYMULACJE KOMPUTEROWE

Liczymy z Wami od 1997 r.



SKĄD MIEĆ PEWNOŚĆ, ŻE TWÓJ POMYSŁ ZADZIAŁA?

SPRAWDŹ

Symulacja komputerowa to wirtualne środowisko, w którym zweryfikujesz każdy, nawet najbardziej ambitny pomysł. Wszystko w ułamku czasu i kosztów (w porównaniu z tradycyjnymi rozwiązaniami).

SKORZYSTAJ Z
SYMULACJI KOMPUTEROWEJ,
JEŚLI W SWOICH PROJEKTACH
CHCESZ:



Realizować
innowacyjne pomysły



Zarządzać
skomplikowanymi realizacjami



Obniżyć
koszty



Skrócić
czas pracy



Poprawić
jakość



Wyeliminować
ryzyko

WSPÓŁPRACUJ

W Symkom od 23 lat liczymy z Wami. Pomagamy i doradzamy w zastosowaniu symulacji komputerowej w wielu dziedzinach nauki i inżynierii. Już dwukrotnie zostaliśmy uhonorowani przez naszych Klientów nagrodami za wysokiej jakości obsługę klienta i merytoryczne wsparcie techniczne.

DOŁĄCZ

Ansysis Academic Program

- 35 tys. euro na zakup oprogramowania Ansys
- Wsparcie szkoleniowe i marketingowe
- Udział w wydarzeniach organizowanych przez Symkom

Ansysis Student

- Darmowe oprogramowanie do nauki dla studentów
- Dostęp do portalu Ansys Student
- Portfolio obejmujące najważniejsze produkty Ansys

Projekt Krajowego Serwera Licencji

Projekt realizowany z ICM Politechnika Warszawska. Zawiera **pakiet licencji** zawierający najbardziej popularne **solwery**. Otrzymasz również **dostęp do klastra obliczeniowego**, który daje możliwość uruchomienia bardzo dużych zadań obliczeniowych, **nawet do kilku tysięcy rdzeni**. Dodatkowo zapewniamy **pełne wsparcie techniczne Symkom**.

SKONTAKTUJ SIĘ Z NAMI



Politechnika
Wroclawska



XIII Konferencja „Młodzi w Energetyce”

5–7.07.2021, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Politechnika Wroclawska, Wrocław
konferencja zdalna w aplikacji Microsoft Teams

— HARMONOGRAM KONFERENCJI —

5 lipca 2021 (poniedziałek)



PANEL INAUGURUJĄCY I DZIEŃ KONFERENCJI

poniedziałek, 5.07.2021, 8:45–10:00

- 08:45 **OTWARCIE POKOJU KONFERENCYJNEGO, LOGOWANIE SIĘ UCZESTNIKÓW**
- 09:00 **UROCZYSTE OTWARCIE II EDYCJA XII KONFERENCJI „MŁODZI W ENERGETYCE”**
dr hab. inż. Piotr Szulc, prof. uczelni — Dziekan Wydziału Mechaniczno-Energetycznego Politechniki Wrocławskiej
prof. dr hab. inż. Henryk Kudela — Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego
- 09:15 *prof. dr hab. inż. Halina Pawlak-Kruczek* — **Technologie wodorowe w transformacji polskiej gospodarki**
(wykład plenarny w j. polskim)
Politechnika Wroclawska, Katedra Inżynierii Konwersji Energii



I SESJA REFERATOWA

Chłodnictwo i kriogenika oraz inżynieria lotnicza

poniedziałek, 5.07.2021, 10:00–12:20

Przewodniczący Komisji: prof. dr hab. inż. Henryk Kudela, dr hab. inż. Ziemowit Malecha, prof. uczelni

Wsparcie techniczne: mgr inż. Maciej Cholewiński

- 10:00 Paweł Płuszka — **Model koncepcyjny chłodziarki magnetokalorycznej**
Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Kriogeniki i Inżynierii Lotniczej
- 10:20 Anna Pacak — **Modelowanie dystrybucji powietrza w płytowych wymiennikach ciepła o wysokiej sprawności stosowanych w systemach klimatyzacyjnych**
Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny
- 10:40 Stanisława Hałon — **Wrzenie R245fa podczas przepływu przez mikrokanaly**
Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Techniki Ciepłej
- 11:00 Arkadiusz Brenk — **Analiza wpływu parametrów czynnika grzewczego na pracę i ryzyko zamrażania w wymienniku ciepła do regazyfikacji cieczy kriogenicznej**
Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Kriogeniki i Inżynierii Lotniczej
- 11:20 Jakub Kielar — **Projekt stanowiska do badania krzywej wrzenia LNG**
Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Kriogeniki i Inżynierii Lotniczej
- 11:40 Marcin Ciopcia — **Wykorzystanie druku 3D w prototypowaniu bezzałogowych statków powietrznych**
Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Kriogeniki i Inżynierii Lotniczej
- 12:00 Kacper Karzkowiak — **Analiza porównawcza układów elektrownia konwencjonalna – chłodziarka sprężarkowa, elektrociepłownia gazowo-parowa – chłodziarka sorpcyjna**
Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Kriogeniki i Inżynierii Lotniczej

12:20 **PRZERWA**



II SESJA REFERATOWA

Miernictwo energetyczne oraz maszyny i urządzenia przepływowe

poniedziałek, 5.07.2021, 12:40–15:20

Przewodniczący Komisji: prof. dr hab. inż. Henryk Kudela, dr hab. inż. Janusz Skrzypacz, prof. uczelni

Wsparcie techniczne: mgr inż. Jean-Marc Fąfara



Górnictwo i Energetyka
Konwencjonalna S.A.



Symkom





Politechnika
Wroclawska



- 12:40 Piotr Piechota — *Analiza metrologiczna pomiaru prędkości przepływu metodą ultradźwiękową za elementami zaburzającymi*
Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Techniki Ciepłej
- 13:00 Bartłomiej Chomiuk — *Analiza wpływu parametrów geometrycznych elementu odprowadzenia cieczy na parametry pracy pompy z wirnikiem rurowym*
Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Inżynierii Konwersji Energii
- 13:20 Marcin Bieganowski — *Pompy wirowe z mikrorowkami – analiza zjawisk przepływowych*
Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Inżynierii Konwersji Energii
- 13:40 Artur Machalski — *Pomiary walidacyjne przysłon wirników Vortex zaprojektowanych autorską metodą projektową*
Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Inżynierii Konwersji Energii
- 14:00 Agnieszka Ochman — *Intensyfikacja procesów cieplnych w wymiennikach poprzez modyfikację kształtu powierzchni czynnych*
Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Termodynamiki i Odnawialnych Źródeł Energii
- 14:20 Andrzej Nowak — *Wyniki badań oscylacyjnego przepływu dwufazowego w kanałach kapilarnych w warunkach mikrogravitacji (μ COF f_e)*
Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny
- 14:40 Dominik Błoński — *Numeryczne modelowanie struktur wirowych w przestrzeni międzyłopatkowej maszyn wirnikowych*
Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Inżynierii Konwersji Energii
- 15:00 Egor Kolpakov, Janusz Skrzypacz, Przemysław Szulc — *Wpływ kąta wlotowego wirnika o skrajnie niskiej szybkości na parametry energetyczne pompy wirowej*
Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Inżynierii Konwersji Energii
- 15:20 **ZAMKNIĘCIE PIERWSZEGO DNIA XIII KONFERENCJI „MŁODZI W ENERGETYCE”**
prof. dr hab. inż. Henryk Kudela — Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego

Uwaga! Zamknięcie I dnia konferencji odbędzie się na końcu II sesji referatowej – osoby zainteresowane prosimy o pozostanie na wydarzeniu związanym z ww. panelem dyskusyjnym lub dołączenie do niego w okolicach godziny 15:15.

6 lipca 2021 (wtorek)



PANEL INAUGURUJĄCY II DZIEŃ KONFERENCJI

wtorek, 6.07.2021, 8:45–10:00

- 08:45 **OTWARCIE POKOJU KONFERENCYJNEGO, LOGOWANIE SIĘ UCZESTNIKÓW**
- 09:00 **OTWARCIE 2. DNIA XIII KONFERENCJI „MŁODZI W ENERGETYCE”**
prof. dr hab. inż. Henryk Kudela — Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego
- 09:15 dr inż. Jerzy Łaskawiec — *Awarie systemowe w energetyce w Polsce i na świecie a bezpieczeństwo państwa*
(wykład plenarny w j. polskim)
Południowo-Zachodnia Grupa Energetyczna Sp. z o.o.



III SESJA REFERATOWA

Spalanie i paliwa

wtorek, 6.07.2021, 10:00–12:00

Przewodniczący Komisji: prof. dr hab. inż. Henryk Kudela, dr hab. inż. Norbert Modliński, prof. uczelni
Wsparcie techniczne: mgr inż. Jean-Marc Fafara

- 10:00 Łukasz Niedźwiecki — *Porównanie suchej i mokrej torfikacji jako metod waloryzacji browarniczych produktów ubocznych z potencjałem aplikacji w przemyśle*
Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Inżynierii Konwersji Energii
- 10:20 Krystian Krochmalny — *Wytwarzanie i wykorzystanie torfikowanej biomasy w procesie spalania węgla*
Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Inżynierii Konwersji Energii



Górnictwo i Energetyka
Konwencjonalna S.A.



Symkom

Ansysis



Politechnika
Wroclawska



- 10:40 Maciej Cholewiński — *Szacowanie reakcji homogenicznych kształtujących specjację rtęci w czasie spalania pyłu węglowego*
Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Technologii Energetycznych, Turbin i Modelowania Procesów Ciepłno-Przepływowych
- 11:00 Korneliusz Sierpowski, Ziemowit Malecha — *Model nastłonecznienia poruszającej się bryły na potrzeby układu odzysku egzergii ciepła z paneli fotowoltaicznych z wykorzystaniem zjawisk termoelektrycznych*
Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Kriogeniki i Inżynierii Lotniczej
- 11:20 Natalia Generowicz — *Porównanie poziomu emisji zanieczyszczeń z wybranych źródeł ciepła dla budynku jednorodzinne*
Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk
- 11:40 Bartosz Pałka¹, Mateusz Jackowski², Krzysztof Mościcki¹ — *Toryfikacja materiałów organicznych o różnych ziarnistościach frakcji*
¹Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, ²Politechnika Wroclawska, Wydział Chemiczny
- 12:00 **PRZERWA**



IV SESJA REFERATOWA

Systemy energetyczne

wtorek, 6.07.2021, 12:20–13:20

Przewodniczący Komisji: dr hab. inż. Sławomir Pietrowicz, prof. uczelni, dr hab. inż. Piotr Szulc, prof. uczelni
Wsparcie techniczne: mgr inż. Maciej Cholewiński

- 12:20 Maciej Bujalski^{1,2}, Paweł Madejski² — *Modelowanie pracy układu turbiny gazowej z kotłem odzyskowym w programie Epsilon Professional*
¹AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, ²PGE Energia Ciepła S.A.
- 12:40 Karolina Chmiel, Paweł Madejski — *Obliczenia termodynamiczne i symulacja pracy bloku parowego na parametry nadkrytyczne z podwójnym przegrzewem pary*
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki
- 13:00 Beata Pytlík, Daniel Smykowski, Piotr Szulc — *Optymalizacja temperatury ładowania sorpcyjnego akumulatora ciepła*
Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Inżynierii Konwersji Energii

13:20 **PRZERWA**



V SESJA REFERATOWA

Scientific challenges in modern power engineering

wtorek, 6.07.2021, 13:40–15:20

Przewodniczący Komisji: dr hab. inż. Bartosz Zajączkowski, prof. uczelni, dr hab. inż. Norbert Modliński, prof. uczelni
Wsparcie techniczne: mgr inż. Artur Machalski

- 13:40 Jakub Mularski, Norbert Modliński — *CFD simulation of entrained flow coal gasification with an emphasis on char conversion models*
Wroclaw University of Science and Technology, Faculty of Mechanical and Power Engineering, Department of Energy Conversion Engineering
- 14:00 Sindu Daniarta, Piotr Kolasiński — *Expansion losses in two-phase volumetric expanders*
Wroclaw University of Science and Technology, Faculty of Mechanical and Power Engineering, Department of Thermodynamics and Renewable Energy Sources
- 14:20 Daria Krasota, Piotr Kolasiński — *Literature review of frost formation phenomena in an evaporator of a domestic refrigerator*
Wroclaw University of Science and Technology, Faculty of Mechanical and Power Engineering, Department of Thermodynamics and Renewable Energy Sources
- 14:40 Paweł Madejski¹, Navaneethan Subramanian¹, Peta Sandile² — *Thermodynamic analysis of the concept of solar-coal hybrid power plant*
¹AGH University of Science and Technology, Faculty of Mechanical Engineering and Robotics, ²University of the Witwatersrand



Górnictwo i Energetyka
Konwencjonalna S.A.



Symkom

Ansysis



Politechnika
Wroclawska



15:00 Parthkumar Parmar, Cezary Czajkowski, Andrzej Nowak, Sławomir Pietrowicz — *Expounding the possibility of the use of artificial intelligence for predicting multivariate time series of pulsating heat pipe*
Wrocław University of Science and Technology, Faculty of Mechanical and Power Engineering, Department of Thermodynamics and Renewable Energy Sources

15:20 **ZAMKNIĘCIE DRUGIEGO DNIA XIII KONFERENCJI „MŁODZI W ENERGETYCE”**
prof. dr hab. inż. Henryk Kudela — Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego

Uwaga! Zamknięcie II dnia konferencji odbędzie się na końcu V sesji referatowej – osoby zainteresowane prosimy o pozostanie na wydarzeniu związanym z ww. panelem dyskusyjnym lub dołączenie do niego w okolicach godziny 15:15.

7 lipca 2021 (środa)



PANEL INAUGURUJĄCY III DZIEŃ KONFERENCJI

środa, 7.07.2021, 8:45–10:00

08:45 **OTWARCIE POKOJU KONFERENCYJNEGO, LOGOWANIE SIĘ UCZESTNIKÓW**

09:00 **OTWARCIE 3. DNIA XIII KONFERENCJI „MŁODZI W ENERGETYCE”**

prof. dr hab. inż. Henryk Kudela — Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego

09:15 dr inż. Maciej Ginalski — *Innowacja i kreatywność w kontekście wyzwań przemysłu energetycznego*
(wykład plenarny w j. polskim)
Symkom – ANSYS Channel Partner



VI SESJA REFERATOWA

środa, 7.07.2021, 10:00–12:40

Techniki badawcze stosowane we współczesnej energetyce

Przewodniczący Komisji: dr hab. inż. Ziemowit Malecha, prof. uczelni, dr hab. inż. Piotr Szulc, prof. uczelni

Wsparcie techniczne: mgr inż. Jean-Marc Fafara

10:00 Stanisław Lach — *Wykorzystanie wybranych testów statystycznych do wykrywania oraz eliminacji obserwacji odstających w pomiarach stanów wody w piezometrach otwartych zapory Tresna w latach 2018–2020*
AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, Katedra Kształtowania i Ochrony Środowiska

10:20 Marta Stempniak — *Analiza stanu technicznego wybranych maszyn i urządzeń górniczych w odniesieniu do zagrożenia pożarowego*
Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Koło Naukowe PWr Solar Boat Team

10:40 Martyna Jurkiewicz — *Wpływ rozwoju technologii przyrostowych na wytwarzanie komponentów statków powietrznych*
Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Akademicki Klub Lotniczy

11:00 Ewa Świerkosz — *Modelowanie zjawisk cieplno-przepływowych w przestrzeni roboczej silnika tłokowego*
Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Koło Naukowe PWr Solar Boat Team

11:20 Łukasz Zańko — *Ogólna identyfikacja zjawisk przepływowych występujących w zaworach bezpieczeństwa*
Politechnika Wroclawska, Katedra Inżynierii Konwersji Energii

11:40 Marcin Opalski — *Modelowanie przepływu wielofazowego wewnątrz pulsacyjnej rurki ciepła – wpływ modeli transportu masy na struktury przepływu*
Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny

12:00 Marcin Polak, Piotr Kolasiński — *Transport cieczy w rurociągach pionowych – przegląd zagadnień technologicznych i wyników badań*
Politechnika Wroclawska, Katedra Termodynamiki i Odnawialnych Źródeł Energii

12:20 Magdalena Szkuta, Rafał Lysowski, Ewelina Ksepko — *Badania reaktywności tlenków złożonych Fe-Mn-Ti metodą analizy termogravimetrycznej*
Politechnika Wroclawska, Wydział Chemiczny

12:40 **PRZERWA**



Górnictwo i Energetyka
Konwencjonalna S.A.



Symkom





Politechnika
Wroclawska



VII SESJA REFERATOWA

środa, 7.07.2021, 13:00–15:20

Odnawialne źródła energii i czyste technologie energetyczne

Przewodniczący Komisji: dr hab. inż. Sławomir Pietrowicz, prof. uczelni, dr hab. inż. Bartosz Zajączkowski, prof. uczelni
Wsparcie techniczne: mgr inż. Maciej Cholewiński

- 13:00 Marcin Michalski — **Instalacje fotowoltaiczne – problemy i wyzwania dla Polski**
Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Termodynamiki i Odnawialnych Źródeł Energii
- 13:20 Mateusz Jabłoński¹, Magdalena Nems² — **Wykorzystanie programu TRNSYS 18 do generowania danych pogodowych dla wybranej lokalizacji geograficznej**
¹Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Koło Naukowe ThermoRES, ²Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Termodynamiki i Odnawialnych Źródeł Energii
- 13:40 Rafał Łysowski, Ewelina Ksepko — **Synteza i właściwości CLOU materiałów perowskitowych o wzorze ogólnym $A(\text{Cu}_x\text{Fe}_{1-x})\text{O}_3$**
Politechnika Wroclawska, Wydział Chemiczny, Katedra Chemii i Technologii Paliw
- 14:00 Aleksandra Modzelewska¹, Mateusz Jackowski², Mateusz Wnukowski³, Mateusz Jasiński⁴, Krzysztof Mościcki³, Halina Pawlak-Kruczek³, Anna Trusek² — **Potencjał produkcji biogazu z ciekłej frakcji po HTC odpadów z procesu fermentacji**
¹Politechnika Wroclawska, Wydział Chemiczny, ²Politechnika Wroclawska, Wydział Chemiczny, Katedra Inżynierii Bioprocessowej, Mikro i Nanoinżynierii, ³Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Inżynierii Konwersji Energii, ⁴Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny
- 14:20 Jean-Marc Fąfara — **Ocena samoczynnego układu zawracania spalin w komorze spalania mikroturbiny gazowej w ujęciu współspalania wodoru**
Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Inżynierii Konwersji Energii
- 14:40 Jakub Flak — **„Kolory” wodoru i przyszłość technologii wodorowych w Polsce**
Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Koło Naukowe ThermoRES
- 15:00 Rafał Łysowski, Ewelina Ksepko — **Reaktywność wybranych tlenków żelaza, manganu i cyrkonu badana za pomocą TGA dla zastosowań w procesie spalania**
Politechnika Wroclawska, Wydział Chemiczny, Katedra Chemii i Technologii Paliw
- 15:20 – **OFICJALNE ZAMKNIĘCIE XIII KONFERENCJI „MŁODZI W ENERGETYCE”**
prof. dr hab. inż. Henryk Kudela — Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego

Uwaga! Oficjalne zamknięcie Konferencji odbędzie się na końcu VII sesji referatowej – osoby zainteresowane prosimy o pozostanie na wydarzeniu związanym z ww. panelem dyskusyjnym lub dołączenie do niego w okolicach godziny 15:15.



Górnictwo i Energetyka
Konwencjonalna S.A.



Symkom

Ansysis

WYKŁADY PLENARNE
PLENNARY LECTURES

TECHNOLOGIE WODOROWE W TRANSFORMACJI POLSKIEJ GOSPODARKI

HYDROGEN TECHNOLOGIES AS A PART OF TRANSFORMATION OF THE POLISH POWER SECTOR

Halina Pawlak-Kruczek
Politechnika Wroclawska, Katedra Inżynierii Komwersji Energii

Adres do korespondencji: halina.pawlak@pwr.edu.pl

Wodór ma napędzić energetykę przyszłości – od transportu, przez magazynowanie energii i sieci gazowe, aż po ciężki przemysł. Stąd obecnie w większości krajów Unii Europejskiej (UE) intensywnie opracowuje się technologie neutralne dla klimatu – tzw. zeroemisyjne – w zastosowaniu do transportu, produkcji energii (w skali od „nano” do „mega”), w przemyśle stalowniczym, chemicznym itd.

Podstawą takich technologii ma być wspomniany wodór, a więc także rozwijane intensywnie tzw. technologie wodorowe – związane z jego produkcją, transportem i magazynowaniem oraz z urządzeniami i maszynami wykorzystującymi go jako paliwo lub jeden z substratów (np. jako składnik mieszanki z metanem).

Wodór ma stanowić jedno z kluczowych paliw transformacji energetycznej zachodzącej w UE. Szczegóły tych planów zawarte są w opublikowanym 8. lipca 2020 r. Komunikacie Komisji pn. *Strategia w zakresie wodoru na rzecz Europy neutralnej dla klimatu*. Z tego też względu wiele krajów opracowuje albo opracowało już tzw. *strategie wodorowe*, a więc dokumenty uwzględniając specyfikę poszczególnych sektorów gospodarki w poszczególnych częściach Europy.

Wspomniana strategia rozwijana jest obecnie także w Polsce. Równoległe do niej, z inicjatywy Ministerstwa Klimatu RP, w fazie opracowywania znajduje się ponadto *Umowa sektorowa na rzecz budowy gospodarki wodorowej w Polsce pomiędzy różnymi gałęziami przemysłu i nauki*. Prace z nią związane są realizowane przez wielu przedstawicieli praktycznie wszystkich branż i instytucji tworzących system szkolnictwa wyższego i nauki.

Technologie wodorowe w systemie elektroenergetycznym Polski mogą mieć znaczenie w pierwszej kolejności dla elektrociepłowni oraz w skali energetyki rozproszonej i prosumenckiej. Wynika to z intensywnie rozwijającego się sektora fotowoltaiki, głównie dzięki przyrastającej liczby prosumentów oraz z ogłoszonych planów budowy morskich farm wiatrowych i bloków jądrowych. Tak zintegrowany międzysektorowo system energetyczny przyszłości, oparty o odnawialne źródła energii, stwarza przestrzeń do wykorzystania właśnie technologii wodorowych.

Istotnymi elementami rozwoju technologii wodorowych jest opracowanie tanich metod jego produkcji. Gospodarkę wodorową należy bowiem rozpatrywać łącznie, jako jeden nierozrywalny łańcuch: wytwarzania, magazynowania, dystrybucji oraz wykorzystania wodoru, obejmujący zarówno systemy scentralizowane, jak i rozproszone.

W prezentacji przedstawia się podstawowe problemy, w tym także badawcze, technologii wodorowych, wynikające z właściwości paliwa. Omawia się także różne technologie produkcji wodoru (zielonego, niebieskiego, szarego) oraz metody jego magazynowania i zastosowania w różnych układach.

AWARIE SYSTEMOWE W ENERGETYCE W POLSCE I NA ŚWIECIE A BEZPIECZEŃSTWO PAŃSTWA

POLISH AND GLOBAL POWER SYSTEM FAILURES AND THEIR IMPACT ON NATIONAL SECURITY

Jerzy Łaskawiec

Południowo-Zachodnia Grupa Energetyczna Sp. z o.o.

Adres do korespondencji: *jerzy.laskawiec@pzge.pl*

Awarie systemowe w elektroenergetyce, powodujące wyłączenie – całkowite i niespodziewane – dużych obszarów kraju, zwane z języka angielskiego „blackoutami”, są dla niemal zawsze nieprzygotowanego przemysłu, usług produkcyjnych, służb dla ludności (w tym szpitali, wodociągów, systemów ogrzewania, komunikacji, łączności, a nawet wojska i szkolnictwa) katastrofalne w skutkach. Niosą one ze sobą ogromne straty także w rolnictwie – vide fermy zwierząt hodowlanych, gdzie następuje masowe wymieranie. Jednocześnie, jeśli zdarzają się one rzadko i na ograniczonym obszarze, przypominają inżynierom, służbom odpowiedzialnym za bezpieczeństwo państw oraz politykom (choć nie na długo...), co to jest infrastruktura wrażliwa. Ludzkość w obszarach cywilizowanych jak nasz jest bowiem całkowicie zależna od energii elektrycznej.

W Polsce w ostatnim miesiącu (w maju 2021 roku) zdarzyły się dwie awarie, które mogły przemienić się w koszmar energetyka. Obie awarie miały miejsce w Elektrowni Bełchatów.

Pierwsza z nich polegała na wyłączeniu, przez zabezpieczenia rozdzielni poza Elektrownią, jej 10 bloków – na raz! Skutkowało to koniecznością awaryjnego zwiększenia importu oraz uruchomienia wszystkich polskich gorących rezerw – tak, aby pokryć nagły brak prawie 4000 MW mocy. Obniżyła się częstotliwość w sieci, co dało się odczuć aż w Turcji. Kołysania mocy oraz gwałtowne przepływy międzywęzłowe były bliskim zwiastunem prawdziwego blackoutu.

Drugi bełchatowski incydent to niewyjaśniony pożar galerii nawęglania bloku nr 14 (w Bełchatowie nie ma bloku nr 13 ze względu na ewentualnego pecha). Doprowadziło to do wyłączenia, na kilka dni, 843 MW mocy.

Wydarzenia takie skutkują wielokrotnie większymi konsekwencjami dla systemu. Jest to proces reakcji łańcuchowej (swoista „energetyczna bomba atomowa”).

Podczas konferencji zostaną przedstawione światowe doświadczenia związane z awariami systemowymi w energetyce z ostatnich kilkunastu lat.

INNOWACJA I KREATYWNOŚĆ W KONTEKŚCIE WYZWAŃ PRZEMYSŁU ENERGETYCZNEGO

INNOVATION AND CREATIVITY AS THE KEY ASPECTS OF CHALLENGES FACING POLISH POWER SECTOR

Maciej Ginalski

Symkom – ANSYS Channel Partner

Adres do korespondencji: mginalski@symkom.pl

Przed inżynierami, którzy chcą tworzyć i uczestniczyć w ważnych oraz ciekawych projektach branży energetycznej, stoi wiele wyzwań. Dotyczą one zarówno zwiększenia innowacyjności technologii, jak i spełnienia norm emisyjnych czy też podniesienia sprawności urządzeń. Nie mniej istotne pozostaje zwiększanie efektywności pracy w zespołach działających w różnych miejscach w Polsce i na świecie oraz dotrzymanie szybkich terminów realizacji projektów. Czas poświęcany na badania i rozwój jest coraz częściej ograniczany, stale zwiększa się konkurencja, a zmiany technologiczne czy legislacyjne, za którymi trzeba nadążyć, pojawiają się coraz szybciej.

Wiedza i umiejętności to niezmiennie kluczowe atuty w ręku młodego inżyniera, choć niestety nie jedyne wymagane przez współczesny przemysł energetyczny. W prezentowanej pracy przedstawione będą nieraz zaskakujące trendy w rozwoju światowej energetyki i najważniejsze wyzwania stojące obecnie przed branżą. Omówione zostanie także to, w jaki sposób prowadzenie symulacji komputerowych odpowiada na potrzeby energetyki, nie tylko pozwalając na szybką weryfikację pomysłów i założeń, ale także wspierając kreatywne, śmiałe rozwiązania. Wystąpienie zakończy się przedstawieniem optymalnych rozwiązań dla osób rozpoczynających prace z modelowaniem numerycznym oraz zaawansowanych sposobów prowadzenia prac inżynierskich, dedykowanych dla tych, którzy wysoko ustawiają poprzeczkę w rozwoju swojej kariery.

I SESJA REFERATOWA
CHŁODNICTWO I KRIOGENIKA
ORAZ INŻYNIERIA LOTNICZA
REFRIGERATION,
CRYOGENICS AND AEROSPACE
ENGINEERING

MODEL KONCEPCYJNY CHŁODZIARKI MAGNETOKALORYCZNEJ

CONCEPTUAL MODEL OF MAGNETOCALORIC REFRIGERATOR

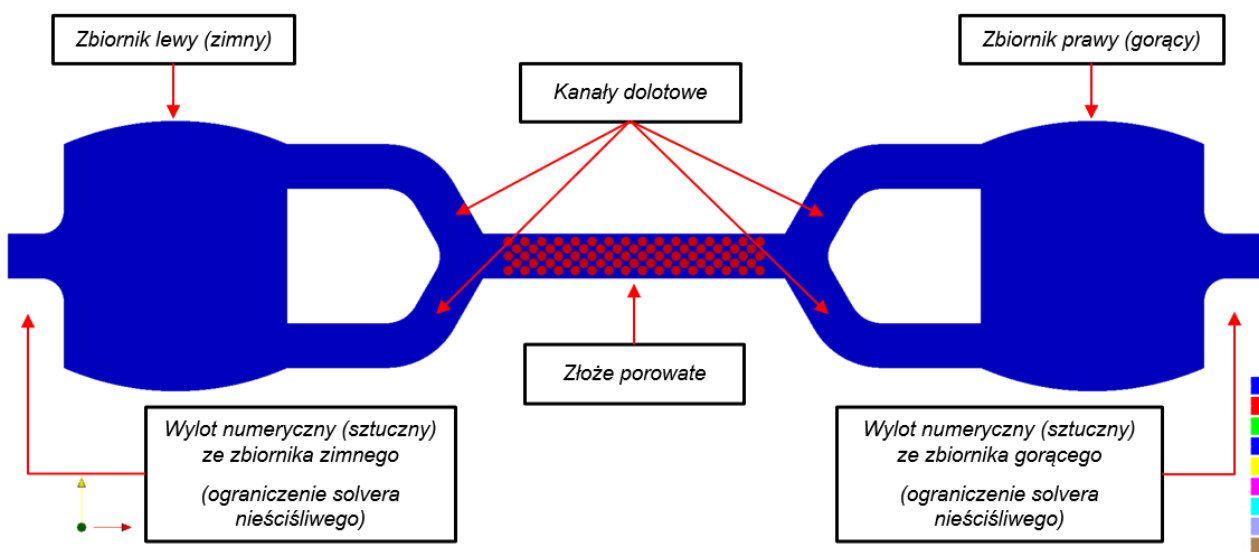
Paweł Pluszka

Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Kriogeniki i Inżynierii Lotniczej

Adres do korespondencji: *pawel.pluszka@pwr.edu.pl*

Efekt magnetokaloryczny, własność materiałowa pierwiastków ziem rzadkich, to zjawisko termodynamiczne polegające na zmianie entropii magnetycznej materiału pod wpływem zmian oddziałującego na niego pola magnetycznego [1]. Gdy magnetokaloryk zostaje namagnesowany polem jednorodnym, dipole magnetyczne zostają uporządkowane równoległe do kierunku oddziaływania pola magnetycznego, co powoduje spadek entropii magnetycznej materiału. Ponieważ entropia całkowita materiały pozostaje stała, zmiana entropii magnetycznej powoduje zmianę entropii sieci o tej samej wartości, ale przeciwnym znaku. W warunkach adyabatycznych (szybkiej zmiany pola magnetycznego) zjawisko to można zaobserwować i zmierzyć jako zmianę temperatury próbki. Skala efektu magnetokalorycznego zależy głównie od temperatury otoczenia oraz zmiany wartości pola magnetycznego (natężenia). Maksimum efektu osiągane jest dla temperatury Curie – temperatury przejścia fazowego ferromagnetyka w paramagnetyk. Największe szanse aplikacji w chłodnictwie magnetokalorycznym mają te materiały, które charakteryzują się występowaniem temperatury Curie w zakresie typowych temperatur otoczenia.

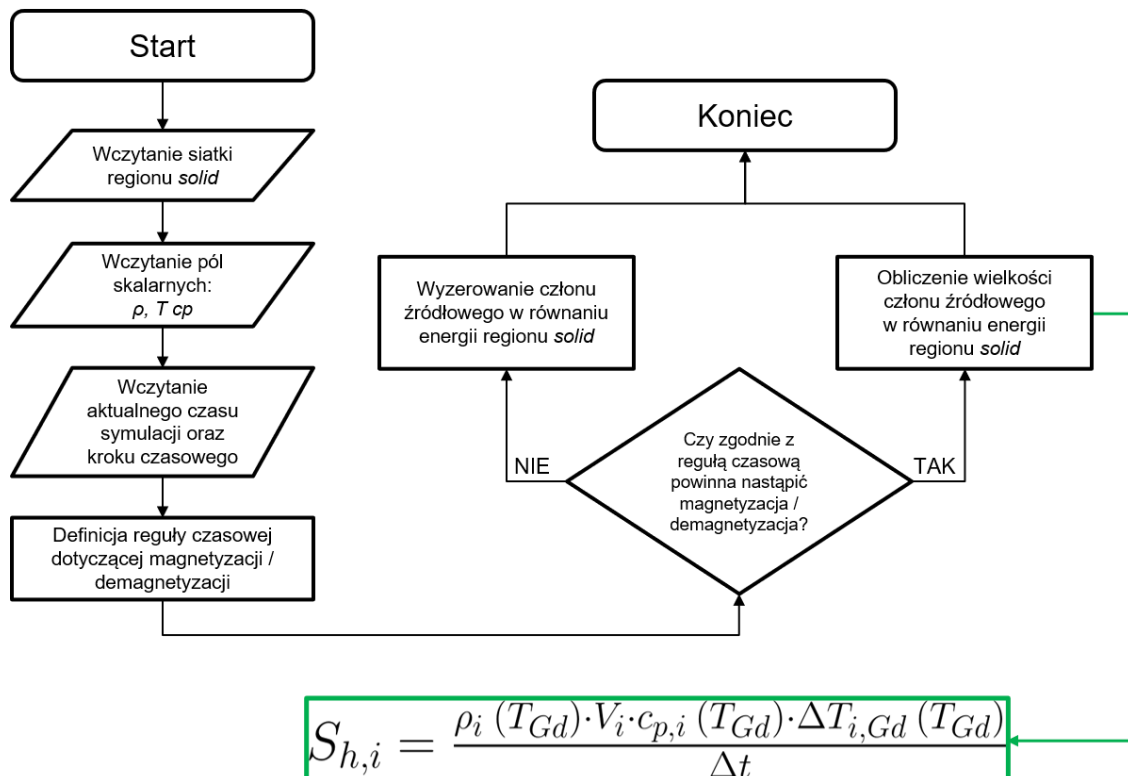
Chłodziarka magnetokaloryczna jest zamkniętym systemem przepływowym składającym się z dwóch zbiorników cieczy oraz łoża magnetycznego AMR (ang. *Active Magnetic Regenerator*), znajdującego się pomiędzy nimi. Łoże magnetyczne wypełnione jest materiałem magnetokalorycznym w formie złoża porowatego, przez które pompa cyrkulacyjna naprzemiennie przetłacza ciecz pomiędzy zbiornikami. Materiał magnetyczny okresowo poddawany jest magnetyzacji i demagnetyzacji, a ponieważ czas trwania obu procesów jest krótki, wywołuje to efekt skokowego wzrostu temperatury materiału. Zasada działania układu opiera się na wymianie ciepła pomiędzy złożem porowatym magnetokaloryczna a płynem roboczym. Cyrkulacja medium powoduje spadek temperatury w jednym ze zbiorników oraz wzrost temperatury w drugim. Obniżona temperatura w zbiorniku zimnym jest wykorzystywana do osiągnięcia użytecznej wydajności chłodniczej.



Rys. 1. Proponowana domena obliczeniowa chłodziarki magnetokalorycznej

Punktem odniesienia rozpatrywanego modelu jest stanowisko eksperymentalne, zbudowane na Wydziale Mechanicznym [2]. W referacie zaprezentowano propozycję odwzorowania funkcjonalności stanowiska jako dwuwymiarowego modelu wykorzystującego metody obliczeniowe z zakresu numerycznej mechaniki płynów (rys. 1). Nowymi elementami układu, które występują w modelu, a nie stanowią części stanowiska eksperymentalnego, są cztery zawory zwrotne. Nacisk położono na szczegółowość opisu wymiany ciepła pomiędzy złożem porowatym a omywającym je płynem. Część modelu związana ze zjawiskami magnetycznymi została oparta o charakterystyki eksperymentalne. Na potrzeby opisu specyficznego sposobu pracy chłodziarki magnetokalorycznej stworzono zestaw niestacjonarnych warunków brzegowych, zarówno dla domeny płynu jak również dla regionu fazy stałej (rys. 2). Budowa odpowiednich warunków brzegowych oraz ich wpływ na weryfikację i walidację modelu jest głównym zadaniem przedstawionym w niniejszej pracy.

Model numeryczny chłodziarki magnetokalorycznej, cechujący się wiarygodnością i spójnością z wynikami eksperymentalnymi, stanowi znaczące wsparcie projektowania układów chłodniczych opartych na magnetokalorykach. Zastosowanie wyników modeli obliczeniowych w procesie rozwoju systemu może potencjalnie zredukować ilość eksperymentów oraz kontrolować najważniejsze parametry pracy: różnicę temperatur pomiędzy zbiornikami zimnym i gorącym oraz wydajności chłodniczej.



Rys. 2. Algorytm warunku brzegowego efektu magnetokalorycznego

Literatura

- [1] De Oliveira N., von Ranke P., *Theoretical aspects of the magnetocaloric effect*, “Physics Reports” 2010, Vol. 4, No. 489, pp. 89–159.
- [2] Czernuszewicz A., Kaleta J., Kołosowski D., Lewandowski D., *Experimental study of the effect of regenerator bed length on the performance of a magnetic cooling system*, “International Journal of Refrigeration” 2019, No. 97, pp. 49–55.

MODELOWANIE DYSTRYBUCJI POWIETRZA W PŁYTOWYCH WYMIENNIKACH CIEPŁA O WYSOKIEJ SPRAWNOŚCI STOSOWANYCH W SYSTEMACH KLIMATYZACYJNYCH

MODELING OF AIR DISTRIBUTION IN HIGH-EFFICIENCY PLATE HEAT EXCHANGERS USED IN AIR CONDITIONING SYSTEMS

Anna Pacak

Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny

Adres do korespondencji: anna.pacak@pwr.edu.pl

Celem badań jest opracowanie prototypu pośredniego wymiennika wyparnego punktu rosy dedykowanego dla WJWK – Wysokoefektywnej Jednostki Wentylacyjno-Klimatyzacyjnej. WJWK jest systemem przeznaczonym do pracy w klimatach wilgotnych i umiarkowanych, ponieważ jest wyposażony m.in. w rotor sorpcyjny. Główną innowacją proponowanego systemu jest wysoki termiczny współczynnik wydajności systemu COP (*Coefficient of Performance*, definiowany jako iloraz otrzymanej mocy chłodniczej do wymaganej mocy cieplnej wymaganej do regeneracji sorbentu – równanie (1)) oraz pompa ciepła jako źródło ciepła do regeneracji sorbentu [1]. Kluczowymi urządzeniami, które umożliwiają osiągnięcie wysokiej efektywności systemu oraz zastosowanie niskotemperaturowego źródła ciepła takiego jak pompa ciepła, są odpowiednio zaprojektowane pośrednie wymienniki wyparne. Proponowana struktura wymienników uwzględnia efektywną wymianę ciepła i masy, równomierną dystrybucję wody oraz odpowiednią geometrię umożliwiającą zminimalizowanie strat ciśnienia. W WJWK skraplacz pompy ciepła pracuje jako nagrzewnica powietrza, a parowacz jako dodatkowa chłodnica powietrza. Pompa ciepła jest napędzana energią elektryczną, dlatego efektywność WJWK można odnieść do mocy jaką musi być zasilany układ pompy ciepła. Efektywność typowych sprężarkowych systemów klimatyzacyjnych również jest odnoszona do zużytej energii elektrycznej do wygenerowania chłodu.

Równanie (2) opisuje współczynnik efektywności energetycznej typowych systemów klimatyzacyjnych dla których teoretyczne EER (*Energy Efficiency Ratio*, równanie (2)) wynosi około 6. Współczynnik EER dla WJWK jest iloczynem termicznego COP oraz COP pompy ciepła, a jego wartości mogą być równe $EER = 15$. Termiczny współczynnik COP_T dla systemu sorpcyjnego definiowany jest jako:

$$COP_T = \frac{Q_{ch}}{Q_N} \quad (1)$$

gdzie: Q_{ch} – moc chłodnicza systemu, Q_N – moc źródła ciepła. Uproszczony współczynnik efektywności energetycznej EER z kolei:

$$EER = \frac{Q_{ch}}{N_{PC}} = \frac{Q_{ch}}{Q_N / COP_{PC}} = COP_T \cdot COP_{PC} \quad (2)$$

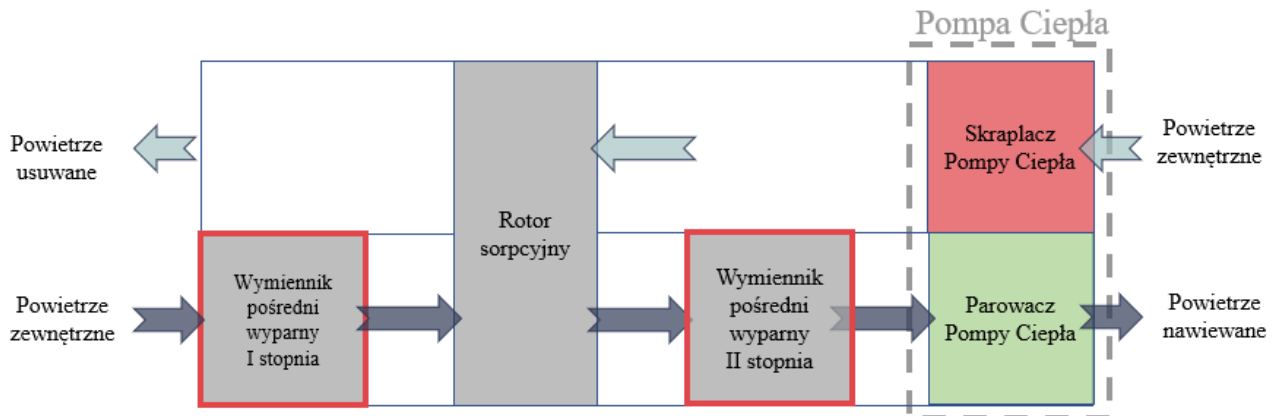
gdzie: N_{PC} – moc pobrana przez pompę ciepła, COP_{PC} – współczynnik efektywności pompy ciepła. Ogólny współczynnik efektywności energetycznej systemu klimatyzacyjnego określa relacja (3):

$$EER_T = \frac{Q_{ch}}{(N_{PC} + \sum N_{went})} \quad (3)$$

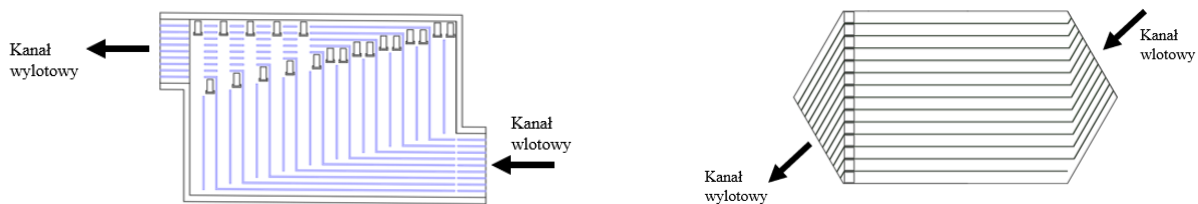
Do wyznaczenia mocy pobranej przez wentylator zastosować można wzór (4):

$$N_{went} = \frac{V \cdot \Delta P}{\eta} \quad (4)$$

gdzie: V – strumień objętości przetłaczanego powietrza przez instalację, Δp – strata ciśnienia w instalacji (przewody oraz urządzenia), η – sprawność rzeczywista wentylatora.



Rys. 1. Schemat Wysokoefektywnej Jednostki Wentylacyjno-Klimatyzacyjnej (WJWK)



Rys. 2. Wybrane geometrie wymienników wyparnych – widok na płytę składającą się z kanałów suchych wymiennika, w której znajdują się otwory wlotowe do kanałów mokrych

Celem prac jest zaproponowanie ostatecznej geometrii wymiennika pośredniego wyparnego oraz jego wymiarów charakterystycznych wykorzystując metody numerycznej mechaniki płynów. Pozwoli to na zmaksymalizowanie rzeczywistego współczynnika EER systemu klimatyzacyjnego. W celu stworzenia modelu numerycznego zaproponowano dwie geometrie dla których przeprowadzono wstępne obliczenia analityczne oraz numeryczne. Rozwiązanie analityczne określające spadek ciśnienia w wymienniku oparto na metodzie Hagen – Poiseuille’a. Model numeryczny przygotowano z wykorzystaniem oprogramowania OpenFoam. Zaimplementowano solver wykorzystujący algorytm SIMPLE do rozwiązania równania ciągłości i równania momentu dla badanego przypadku [2]. Założenia, warunki brzegowe oraz wyniki będą przedstawione w prezentacji.

Literatura

- [1] Pandelidis D. et al., *Multi-stage desiccant cooling system for moderate climate*, “Energy Conversion and Management” 2018, Vol. 177, pp. 77–90, doi: 10.1016/j.enconman.2018.09.061.
- [2] OpenFoam documentation: <https://www.openfoam.com>

PROJEKT STANOWISKA DO BADANIA KRZYWEJ WRZENIA LNG

PROJECT OF A LNG POOL BOILING TEST RIG

Jakub Kielar

Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Kriogeniki i Inżynierii Lotniczej

Adres do korespondencji: jakub.kielar@pwr.edu.pl

Od lat bardzo zauważalny jest wzrost znaczenia skroplonego gazu ziemnego (LNG) na międzynarodowym rynku energetycznym. Ze względów klimatycznych wprowadza się coraz bardziej restrykcyjne wymagania stawiane w szczególności transportowi drogowemu oraz morskemu. Międzynarodowa Organizacja Morska zakłada ograniczenie o połowę emisji gazów cieplarnianych w transporcie morskim do 2050r. w porównaniu z emisją z roku 2008. LNG jest jedynym relatywnie czystym i dobrze poznanym źródłem energii charakteryzującym się wystarczającą dojrzałością technologiczną, które może posłużyć za główne źródło energii w procesie przejściowym zmierzającym w stronę zeroemisyjności [1].

Obecnie prowadzone są liczne badania, zarówno teoretyczne jak i eksperymentalne, dotyczące procesu regazyfikacji LNG. Podczas badań teoretycznych nad ryzykiem zamarzania czynnika grzewczego w regazyfikatorach LNG wykorzystuje się modele matematyczne spajające zakres wrzenia konwekcyjnego z zakresem wrzenia błonowego w taki sposób, aby zachować ciągłość i różniczkowalność funkcji opisującej krzywą wrzenia LNG [2]. Mimo licznych badań poświęconych przemianom fazowym LNG, zakres wrzenia przejściowego nie jest wystarczająco dobrze zbadany, co uniemożliwia efektywną walidację zastosowanych modeli matematycznych z danymi eksperymentalnymi.

Projektowane stanowisko badawcze ma na celu dokładne przebadanie charakterystyki wrzenia LNG. Kompleksowa analiza procesu wrzenia, szczególnie w zakresie wrzenia przejściowego, będzie pomocna w prowadzonych badaniach numerycznych, stanowiąc uzupełnienie istniejących modeli teoretycznych i umożliwiając ich walidację. Uzyskane wyniki zostaną zestawione z modelami wykorzystanymi w analizie procesu regazyfikacji LNG w testowych wymiennikach dedykowanych aplikacjom morskim oraz samochodowym, które zostały przebadane w ramach projektu z funduszu NCBiR o numerze POIR.01.01.01-00-0842/16-00, 2016–2022 „Optymalizacja systemów zasilających napędy pracujące w transporcie morskim, drogowym i kolejowym, które wykorzystują gaz naturalny w postaci skroplonej” dla Remontowa LNG Systems.

Literatura

- [1] Banaszkiwicz T. et al., *Liquefied Natural Gas in Mobile Applications – Opportunities and Challenges*, “Energies” 2020, Vol. 13, 5673.
- [2] Brenk A. et al., *The effect of geometrical modifications to a shell and tube heat exchanger on performance and freezing risk during LNG regasification*, “International Journal of Heat and Mass Transfer” 2020, Vol. 161, 120247.

ANALIZA PORÓWNAWCZA UKŁADÓW ELEKTROWNIA KONWENCJONALNA –CHŁODZIARKA SPRĘŻARKOWA, ELEKTROCIEPŁOWNIA GAZOWO-PAROWA –CHŁODZIARKA SORPCYJNA

SYSTEM COMPARATIVE ANALYSIS: POWER PLANT–CONVENTIONAL COMPRESSOR CHILLER, GAS-STEAM COMBINED HEAT AND POWER PLANT–SORPTION CHILLER

Kacper Karzkowiak

Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Kriogeniki i Inżynierii Lotniczej

Adres do korespondencji: *kacper.karzkowiak@pwr.edu.pl*

Referat podejmuje temat chłodnictwa uwzględniając polskie uwarunkowania klimatyczne. Na wstępie przedstawiono możliwości Krajowego Systemu Energetycznego i obciążenia w okresie letnim związane z zapotrzebowaniem na klimatyzację. Bardzo korzystnym rozwiązaniem jest wykorzystanie chłodziarek sorpcyjnych zasilanych z miejskich sieci ciepłowniczych. Badania przeprowadzono wykorzystując wodę sieciową o temperaturze 65°C oraz agregaty adsorpcyjne i absorpcyjne. Ciepło sieciowe w okresie letnim nie jest wykorzystywane do celów bytowych, a może z powodzeniem, poprzez odpowiednie układy zostać użyte do produkcji chłodu. W szczególnym przypadku może zwiększyć to minimum technologiczne elektrociepłowni. Przeanalizowano technologię i opłacalność poszczególnych instalacji, zwrócono szczególną uwagę na aspekty środowiskowe i pojawiające się nowe ograniczenia i standardy emisyjne.

Literatura

- [1] Konwar D. et al., *Performance of double effect H₂O–LiCl absorption refrigeration systems and comparison with H₂O–LiBr systems*, “Beverages” 2019, Vol. 5, No. 1, pp. 12, doi: 10.3390/beverages5010012.
- [2] Materiały własne otrzymane od przedsiębiorstwa Elektrociepłownia „Zielona Góra” S.A.
- [3] Sapienza A. et al., *Adsorption chilling driven by low temperature heat: New adsorbent and cycle optimization*, “Applied Thermal Engineering” 2012, Vol. 32, pp. 141–146.
- [4] Lichota J., Kołodziejak P., *Elektrociepłownia na rynku energii*, „Nowa Energia” 2018.

II SESJA REFERATOWA

**MIERNICTWO ENERGETYCZNE
ORAZ MASZyny I URZĄDZENIA
PRZEPLYWOWE**

**TURBOMACHINERY AND MEASUREMENTS
IN POWER INDUSTRY**

ANALIZA METROLOGICZNA POMIARU PRĘDKOŚCI PRZEPIYWU METODĄ ULTRADŹWIĘKOWĄ ZA ELEMENTAMI ZABURZAJĄCYMI

METROLOGICAL ANALYSIS OF FLOW VELOCITY MEASUREMENT WITH THE ULTRASONIC METHOD BEHIND DISTURBING ELEMENTS

Piotr Piechota

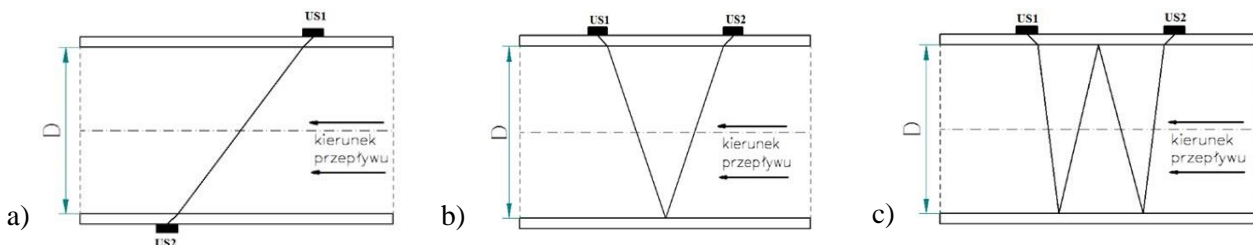
Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Techniki Ciepłej

Adres do korespondencji: piotr.piechota@pwr.edu.pl

Pomiary prędkości przepływu płynów stanowią istotny element w rozwiązywaniu zagadnień ciepłno-przepływowych. Pomiar prędkości przepływu jest podstawą do wyznaczenia strumienia (masy lub objętości) przepływu, co z kolei jest fundamentalnym elementem w bilansowaniu urządzeń i układów. Ważne jest zatem dokonanie pomiaru prędkości przepływu płynu z możliwie największą dokładnością, co pozwala na osiągnięcie z dużym prawdopodobieństwem wyniku pomiaru zbliżonego do rzeczywistej wartości wielkości mierzonej.

Ultradźwiękowa technika pomiaru prędkości przepływu jest metodą bezinwazyjną i bezkontaktową - pomiar odbywa się bez ingerencji w geometrię i pracę instalacji. Wyróżnia się różne typy przepływomierzy ultradźwiękowych. Z uwagi na sposób przetwarzania sygnału możemy podzielić przepływomierze ultradźwiękowe na przepływomierze serii Dopplera oraz typu Transit Time. Metoda ultradźwiękowa pomiaru prędkości bazująca na efekcie Dopplera znajduje zastosowanie przy pomiarach przepływów dwufazowych. Wymaga istnienia w mierzonych cieczach cząstek stałych lub bąbelków powietrza od których może odbić się sygnał. Metoda typu transit-time dedykowana jest przepływowi jednofazowemu, a podstawą fizyczną działania przepływomierzy tego typu jest różnica czasów przejścia fali ultradźwiękowej w kierunku zgodnym z przepływem („z prądem”) i w kierunku przeciwnym („pod prąd”). Możliwe jest rozmieszczenie głowic nakładanych na rurociąg w różnych konfiguracjach:

- „Z” – pojedyncza ścieżka przejścia fali ultradźwiękowej; preferowana do zastosowania w rurociągach o dużej średnicy,
- „V” – podwójna ścieżka przejścia fali ultradźwiękowej; wydłużona droga fali ultradźwiękowej dla zwiększenia dokładności pomiaru w rurociągach o małych średnicach,
- „W” – poczwórna ścieżka przejścia fali ultradźwiękowej; wydłużona droga fali ultradźwiękowej dla zwiększenia dokładności pomiaru; w rurociągach o małych średnicach.



Rys. 1. Schemat przedstawiający zmiany kąta ustawienia głowic przepływomierza ultradźwiękowego (a – ustawienie typu „Z”, b – ustawienie typu „V”, c – ustawienie typu „W”)

Prędkość przepływu dla podstawowego sposobu ustawienia głowic przepływomierza typu „Z” (rys. 1a) wyraża się wzorem (3), który otrzymujemy po przekształceniu równań (1) i (2), opisujących czas przejścia fali ultradźwiękowej „z prądem” t_1 i „pod prąd” przepływu t_2 .

$$t_1 = \frac{l}{c+v \cdot \sin \alpha} + \sum_{i=1}^n \frac{l_1}{c_1} \quad (1)$$

$$t_2 = \frac{l}{c-v \cdot \sin \alpha} + \sum_{i=1}^n \frac{l_1}{c_1} \quad (2)$$

$$\Delta t = \frac{2 \cdot l \cdot \sin \alpha}{(v \cdot \sin \alpha - c) \cdot (v \cdot \sin \alpha + c)} \quad (3)$$

Przepływomierze ultradźwiękowe z głowicami nakładanymi na rurociąg pozwalają na bezinwazyjny pomiar przepływu z dużą dokładnością. Producenci przepływomierzy ultradźwiękowych deklarują dokładność urządzenia na poziomie 2% wartości mierzonej. Osiągnięcie dokładności urządzenia poniżej 1% wartości mierzonej jest możliwe wyłącznie dla przepływomierzy wielodrogowych. [1]. Dokumentacja techniczna [2] użytych podczas przeprowadzania badań przepływomierzy ultradźwiękowych Endress+Hauser Prosonic Flow 92 i 93T opisuje maksymalny błąd pomiaru w punkcie pomiarowym jako sumę błędu urządzenia pomiarowego δ_{dev} i błędu instalacji głowic ultradźwiękowych δ_{inst} . Całkowity maksymalny błąd pomiarowy w dowolnym punkcie zakresu pomiarowego, czyli błąd graniczny, dany jest więc wzorem (4):

$$\delta_{mes} = \delta_{dev} + \delta_{inst} = 0,5\% \cdot v_{mes} \pm 7,5 \frac{\text{mm}}{\text{s}} + 1,5\% \cdot v_{mes} = 2\% \cdot v_{mes} + 7,5 \frac{\text{mm}}{\text{s}} \quad (4)$$

Osiągnięcie deklarowanej dokładności pomiaru wymaga zachowania określonych w normach i zaleceniach producentów prostych odcinków rurociągu za i przed przeszkodą zaburzającą przepływ. Elementami mogącymi zaburzyć przepływ i tym samym znacząco wpłynąć na wynik pomiaru są takie elementy armatury, jak: kolana i łuki hydrauliczne, przepustnice, zasuw, zawory, zwężki. Niejednokrotnie dużym utrudnieniem w zastosowaniu metody ultradźwiękowej może być zachowanie wymaganych w normach odcinków prostych rurociągu, przed i za przeszkodą. Sytuacja taka zachodzi najczęściej w rurociągach o dużych średnicach, powyżej 1 m. Wymagane odcinki proste wynoszą najczęściej 15D–20D w zależności od przeszkody.

W instalacjach przemysłowych czy energetycznych, mających duże średnice, trudno znaleźć proste odcinki rurociągu o długości 15–20D, dlatego celowe jest przeprowadzenie badań pozwalających na analizę wpływu zaburzeń spowodowanych przez przeszkody (kolana, zasuw, przepustnice) na wskazania przepływomierzy ultradźwiękowych [3],[4]. Wykonane pomiary miały na celu określenie wielkości błędów generowanych przez zainstalowanie przepływomierza ultradźwiękowego za przeszkodą bez zachowania wymaganych w normach odległości. Otrzymane wyniki badań wykonywanych za przeszkodą w postaci przepustnicy pozwoliły wyciągnąć wnioski dotyczące wpływu odległości miejsca pomiarowego od przeszkody na dokładność otrzymanych wyników. W artykule przytoczono powszechnie stosowane równania opisujące rozkład prędkości w zniekształconym przepływie turbulentnym. Dokonano analizy porównawczej wyników pomiarów z poszczególnymi modelami rozkładów prędkości, w celu znalezienia równania najlepiej opisującego badany przepływ.

Literatura

- [1] Waluś S., *Przepływomierze ultradźwiękowe. Metodyka stosowania*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1997, ISBN 83-85718-43-5.
- [2] *Brief Operating Instructions Proline Prosonic Flow 93T Portable*, Endress+Hauser.
- [3] Synowiec P. i in., *Analiza dokładności wskazań przepływomierza ultradźwiękowego w pomiarze za kolaniem rurociągu*, „Przegląd Elektrotechniczny” 2017, No. 9, 134–138.
- [4] Piechota P. et al., *Selection of the Relevant Turbulence Model in a CFD Simulation of a Flow Disturbed by Hydraulic Elbow – Comparative Analysis of the Simulation with Measurements Results Obtained by the Ultrasonic Flowmeter*, “Journal of Thermal Science” 2018, Vol. 27, pp. 413–420.

ANALIZA WPŁYWU PARAMETRÓW GEOMETRYCZNYCH ELEMENTU ODPROWADZENIA CIECZY NA PARAMETRY PRACY POMPY Z WIRNIKIEM RUROWYM

ANALYSIS OF INFLUENCE OF THE STATOR TYPE ONE THE PERFORMANCE OF A PUMP WITH MULTI-PIPED IMPELLER

Bartłomiej Chomiuk

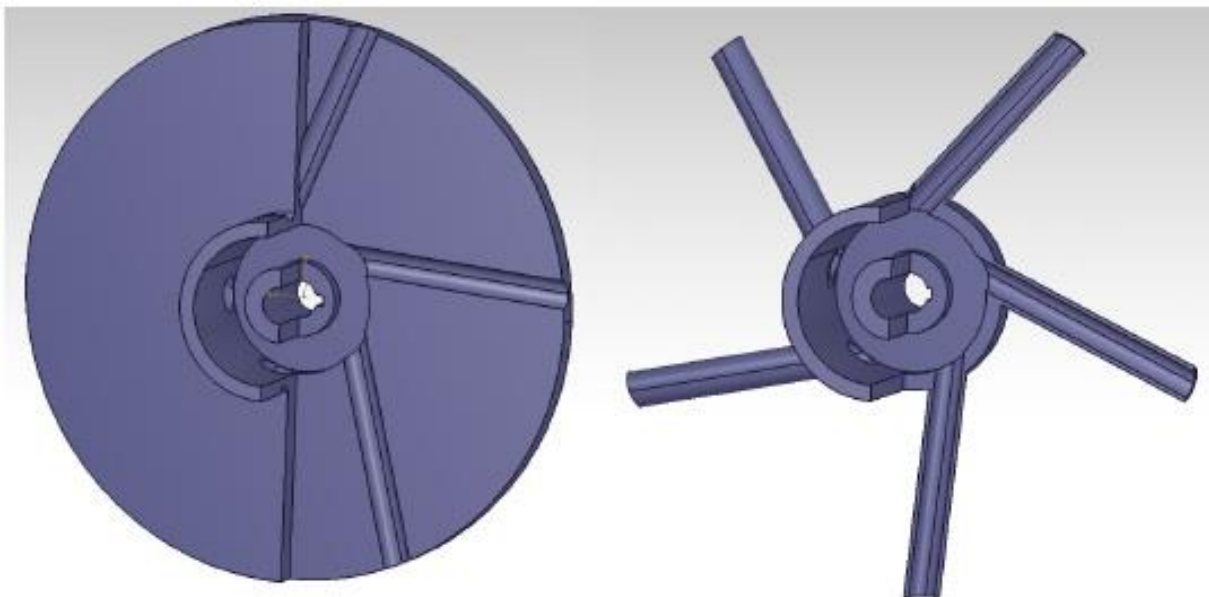
Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Inżynierii Konwersji Energii

Adres do korespondencji: bartlomiej.chomiuk@pwr.edu.pl

Pompy wirowe są jednymi z najczęściej użytkowanych urządzeń energochłonnych, które stosowane są w większości sektorów przemysłu oraz energetyki. Ustępują one liczebnością jedynie silnikom elektrycznym (konsumpcja energii na poziomie około 45%). Szacuje się, że transport cieczy w gospodarce pochłania blisko 27% produkcji energii elektrycznej na świecie, z tendencją zwyżkową o prawie 7% do roku 2026 [1].

Z hydraulicznego punktu widzenia, pompa wirowa, odśrodkowa składa się z dwóch głównych elementów: wirnika, który odpowiada za przemianę energii mechanicznej silnika w energię hydrauliczną płynu oraz z elementu odprowadzenia cieczy zza wirnika. Jego głównym zadaniem jest zebranie cieczy wypływającej z wirnika i skierowanie jej do króćca tłocznego pompy przy jednoczesnej dalszej konwersji energii kinetycznej strugi w energię potencjalną [2]. Element wylotowy pompy jest więc niezwykle ważnym komponentem, którego typ i konstrukcja w dużej mierze wpływa na kształt charakterystyki przepływu oraz poziom sprawności hydraulicznej i całkowitej. W przypadku jednostopniowych pomp odśrodkowych można rozróżnić jego dwa podstawowe typy: kanał koncentryczny oraz kanał spiralny.

Rola elementu odprowadzenia nabiera szczególnego znaczenia w przypadku nietypowych rozwiązań konstrukcyjnych wirnika. Przykładem takiego rozwiązania jest wirnik rurowy (powstał w wyniku modyfikacji wirnika otworowego), pracujący w zakresie ultra niskich wyróżników szybkoobrotowości ($n_q < 10$), którego szczegóły konstrukcyjne, istotę działania oraz wstępne badania przedstawiono w publikacji [3] oraz na rys. 1.

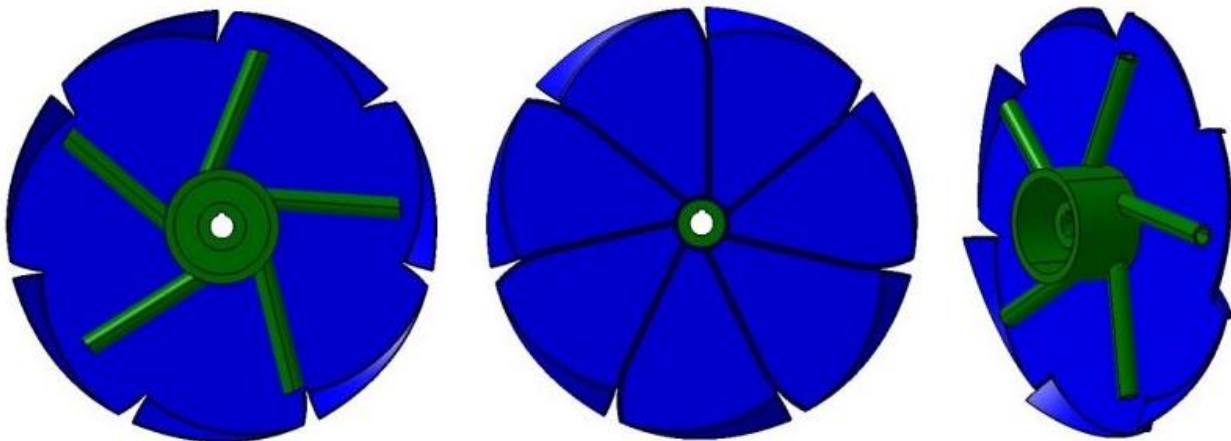


Rys. 1. Prezentacja wirnika otworowego (z lewej strony) i wirnikiem rurowym (z prawej strony)

Jest to konstrukcja wykorzystująca do transferu energii zarówno klasyczny przepływ odśrodkowy cieczy przez kanały wewnętrzne wirnika jak i dodatkowe zjawisko związane z opływem zewnętrznym rurek. Główną zaletą omawianego wirnika jest praktycznie całkowite wyeliminowanie strat tarcia tarcz wirujących dzięki zmniejszeniu masy wirnika – w porównaniu do klasycznych wirników łopatkowych czy otworowych.

Coraz wyższe wymagania stawiane jednostkom pompowym zmuszają konstruktorów do wielopłaszczyznowego poszukiwania nowych rozwiązań konstrukcyjnych osiągających wyższe – w porównaniu z obecnie znanymi rozwiązaniami – parametry przepływowe. Wymusza to ciągłe poszukiwanie innowacyjnych konstrukcji poszczególnych części składowych jednostki pompowej – uszczelnień, wirników i elementów odprowadzenia cieczy zza wirnika. Jak pokazały dotychczasowe badania eksperymentalne i numeryczne optymalizacja geometrii przepływowej elementu odprowadzenia cieczy powoduje znaczny wzrost parametrów pracy jednostopniowej pompy odśrodkowej z wirnikiem rurowym [4].

Po przeprowadzonej analizie literatury naukowej nie znaleziono żadnych badań związanych ze współpracą wirnika rurowego i wielostopniowej pompy wirowej. W związku z zainteresowaniem przemysłu taką konstrukcją autor, postanowił przeprowadzić wstępne badania numeryczne jednostki pompowej z wirnikiem rurowym współpracującym z kierownicą odśrodkowo-dośrodkową. Innowacją było zamodelowanie przejścia między częścią odśrodkową a dośrodkową jako skośna powierzchnia sferyczna przewału (rys. 2). Zaletą takiego rozwiązania jest zmniejszenie wymiarów promieniowych jednostki pompowej przy jednoczesnym zachowaniu niskiej wartości szybkoobrotowości stopnia pompy.



Rys. 2. Model 3D wirnika rurowego i kierownicy z przewalem sferycznym oraz łopatkową częścią dośrodkową

Literatura

- [1] Markets and Markets™ Inc., *Electric Motor Market by Type, End User, Power Rating, Rotor Type, Output Power, and Region – Global Forecast to 2026*, Market Research Report, Report ID: 3882, USA 2020.
- [2] Gülich J.F., *Centrifugal Pumps*, Second edition, Springer-Verlag, Berlin 2010.
- [3] Skrzypacz J., *Numerical modelling of flow phenomena in a pump with a multi-piped impeller*, “Chemical Engineering and Processing” 2014, Vol. 75, p. 58–66.
- [4] Chomiuk B., Skrzypacz J., *Comparison of Energy parameters of a centrifugal pump with a multi-piped impeller in cooperation with an annular channel and spiral channel*, “Open Engineering” 2018, Vol. 8, No. 1, pp. 513–522, doi.org/10.1515/eng-2018-0063

POMPY WIROWE Z MIKROROWKAMI – ANALIZA ZJAWISK PRZEPLYWOWYCH

CENTRIFUGAL PUMPS WITH MICROGROOVES – ANALYSIS OF FLOW PHENOMENA

Marcin Bieganowski

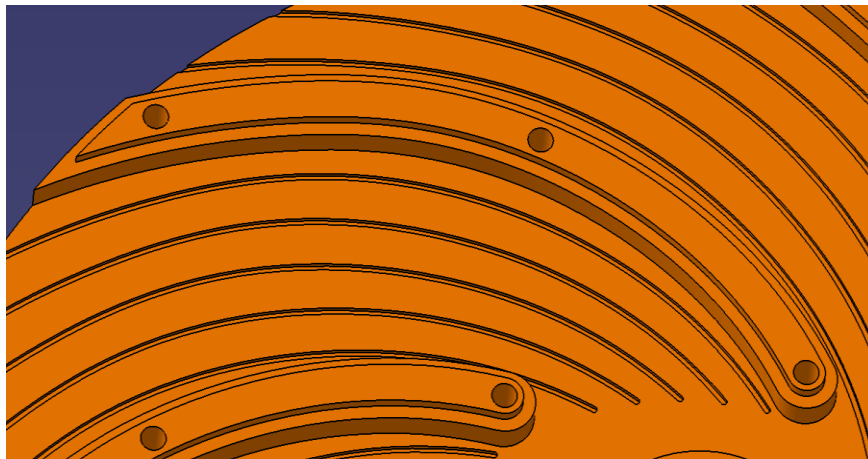
Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Inżynierii Konwersji Energii

Adres do korespondencji: *marcin.bieganowski@pwr.edu.pl*

Pompy wirowe wolnobieżne są to pompy niskich wartościach wyróżnika szybkobieżności ($n_q < 10$). Charakteryzującą się stosunkowo małą wydajnością oraz wysoką wysokością podnoszenia, wykorzystywane są na szeroką skalę w przemyśle maszynowym, petrochemicznym, farmaceutycznym, w lotnictwie. Niestety tego rodzaju pompy charakteryzują się niską sprawnością, zwłaszcza w zakresie małych wydajności. Głównym powodem drastycznego spadku sprawności w zakresie niskich wartości wyróżnika szybkobieżności są gwałtownie zwiększające się straty objętościowe, straty tarcia tarcz wirujących oraz straty spowodowane tworzeniem się stref wirowych wywołanych oderwaniem się strug [1],[3].

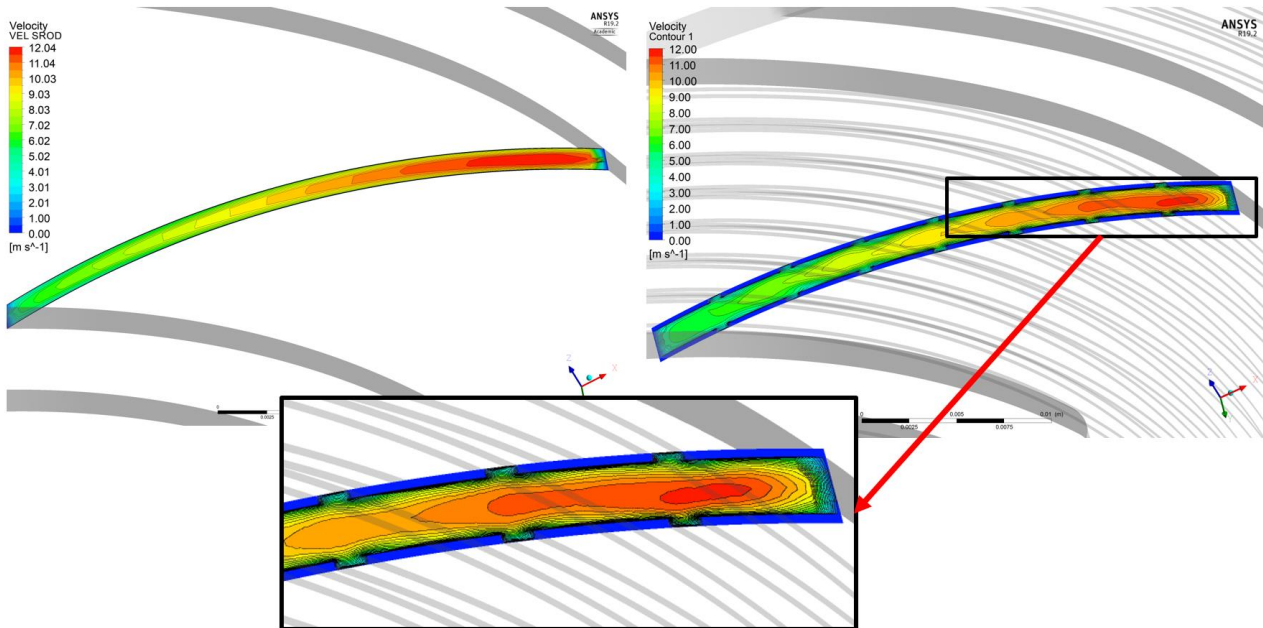
Z tego powodu, pomimo szerokiej możliwości zastosowania wolnobieżnych pomp wirowych w przemyśle do dnia dzisiejszego nie opracowano satysfakcjonującego algorytmu projektowania zapewniającego uzyskanie zadowalających sprawności. Projektowanie pomp wirowych o wartościach wyróżnika szybkobieżności $n_q < 15$ przy użyciu jednowymiarowej teorii przepływu przez wirnik nie przynosi akceptowalnych rezultatów [3].

W prezentacji opisano nowatorskie podejście do konstrukcji wirników wolnobieżnych, polegające na zastosowaniu mikrorowków (rys. 1) wykonanych wewnątrz kanałów przepływowych wirnika mających na celu zmniejszenie strat w warstwie przyściennej [2]. Zakres badań przeprowadzonych w trakcie pracy nad wirnikami obejmował m.in. przeprowadzenie analizy wymiarowej, zaprojektowanie i wykonanie pompy modelowej, opracowanie planu badań, budowę modelu numerycznego oraz jego walidację.



Rys. 1. Widok na mikrorowki wykonane na tylnej ścianie wirnika

W pracy podjęto próbę analizy zjawisk przepływowych zachodzących podczas przepływu w pompach wirowych z dodaną mikrogeometrią z wykorzystaniem metod numerycznej mechaniki płynów (CFD) dla różnych geometrii rowków (rys. 2). Geometrie zostały przygotowane na drodze analizy wymiarowej, określono trzy parametry wpływające na proces konwersji energii mechanicznej w hydrauliczną. W celu przeprowadzenia eksperymentu rzeczywistego zaprojektowano wirniki od średnicy 130 mm, które zostały zbadane stanowisku badawczym. Zrealizowane badania rzeczywiste i numeryczne umożliwiły określenie wpływu mikrogeometrii na parametry pracy pompy.



Rys. 2. Porównanie rozkładów prędkości w przekroju poprzecznym wirnika (wirnik gładki i wirnik z mikrorówkami)

Literatura

- [1] Jędral W., *Pompy wirowe*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2014.
- [2] Skrzypacz J., Bieganski M., *The influence of micro grooves on the parameters of the centrifugal pump impeller*, “International Journal of Mechanical Sciences” 2018, Vol. 144, pp. 827-835.
- [3] Gülich J.F., *Centrifugal Pumps Second edition*, Springer-Verlag, Berlin 2010.

INTENSYFIKACJA PROCESÓW CIEPLNYCH W WYMIENNIKACH POPRZEZ MODYFIKACJĘ KSZTAŁTU POWIERZCHNI CZYNNYCH

ENHANCEMENT OF THERMAL PROCESSES IN THE HEAT EXCHANGERS BY MODIFICATION OF THE ACTIVE SURFACE SHAPES

Agnieszka Ochman

*Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny,
 Katedra Termodynamiki i Odnawialnych Źródeł Energii*

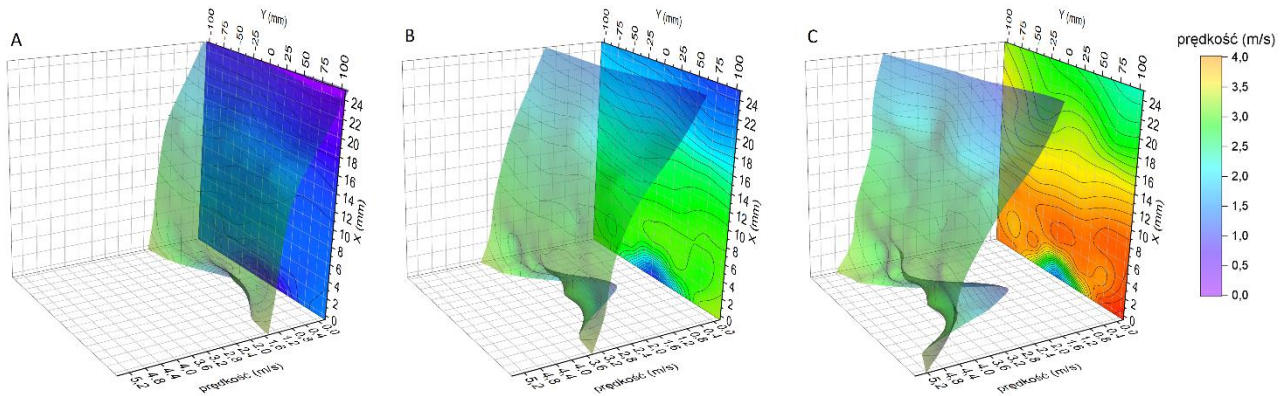
Adres do korespondencji: agnieszka.ochman@pwr.edu.pl

Podczas wymuszonego przepływu czynnika np. w wymiennikach ciepła, procesy wymiany ciepła przy warstwie przyściennej zależą od charakteru przepływu oraz parametrów czynnika roboczego. Powszechnie wiadomo, że współczynnik wymiany ciepła jest wyższy dla przepływów turbulentnych niż laminarnych. Jest to związane z zerwaniem warstwy przyściennej i intensyfikacją wymiany ciepła [1],[2]. Dla przepływów laminarnych przy powierzchni płaskiej współczynnik przenikania ciepła od ściany do otaczającego go płynu jest mniejszy niż dla przepływu turbulentnego [3]. Współczynnik ten można zwiększyć np. montując na powierzchniach płyt elementy, które lokalnie zmieniają charakter przepływu. Ze względu na pełnioną funkcję tzn. formowanie się miejscowych zaburzeń nazwane zostały turbulizatorami. W celu analizy wpływu turbulizatorów na wymianę ciepła zbudowano stanowisko badawcze, które pozwala na analizę procesów ciepło-przepływowych zachodzących dla różnych elementów. Na rysunku 1 zaprezentowano najważniejsze elementy stanowiska.

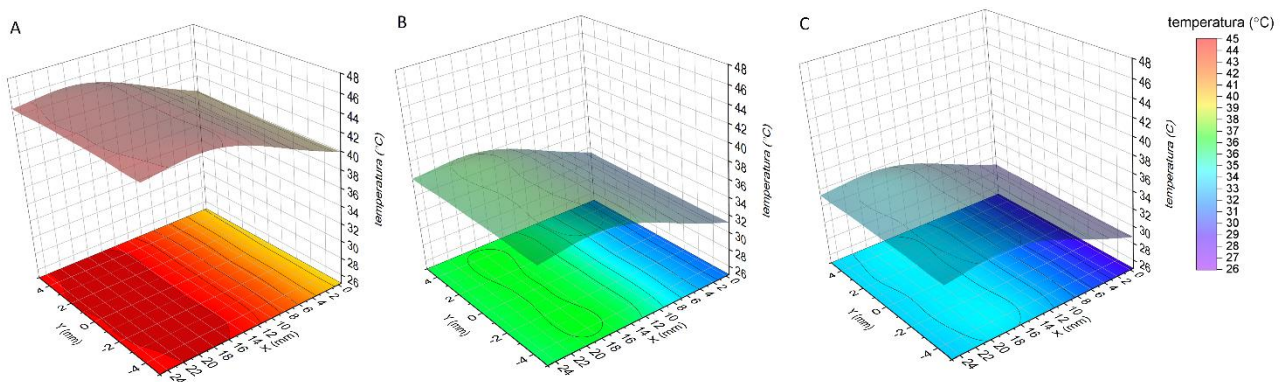


Rys. 1. Stanowisko badawcze „Tunel powietrzny do badania procesów ciepło-przepływowych”

Podczas referatu zaprezentowano zasadę działania stanowiska, wyniki z pomiarów profilu prędkości w sekcji badawczej dla różnych przekrojów i przypadków oraz pierwsze wyniki z przeprowadzonej testowej kampanii pomiarowej z wykorzystaniem kamery termowizyjnej. Na rysunku 2 zaprezentowano przykładowe wyniki pomiarów profilu prędkości nad analizowaną powierzchnią, natomiast na rys. 3 – profile temperatury analizowanej powierzchni.



Rys. 2. Profile prędkości nad analizowaną powierzchnią w zależności od prędkości przepływu powietrza dla $L = 12$ cm (A: 1,08 m/s, B: 2,60 m/s, C: 3,64 m/s)



Rys. 3. Profile temperatury analizowanej powierzchni w zależności od prędkości przepływu powietrza dla mocy grzałki 72 W (A: 1,08 m/s, B: 2,60 m/s, C: 3,64 m/s)

Literatura

- [1] Fiebig M., *Vortices, generators and heat transfer*, “Chemical Engineering Research and Design” 1998.
- [2] Gentry M.C., Jacobi A.M., *Heat Transfer Enhancement by Delta-Wing Vortex Generators on a Flat Plate: Vortex Interactions with the Boundary Layer*, “Experimental Thermal and Fluid Science” 1997.
- [3] Çengel Y.A., *Heat Transfer*, Mcgraw- Hill Book Company, 2002.

WYNIKI BADAŃ OSCYLACYJNEGO PRZEPEŁYWU DWUFAZOWEGO W KANAŁACH KAPILARNYCH W WARUNKACH MIKROGRAWITACJI (μ COFFEE) RESULTS OF THE MICROGRAVITY CAPILLARY OSCILLATING FLOW EXPERIMENT (μ COFFEE)

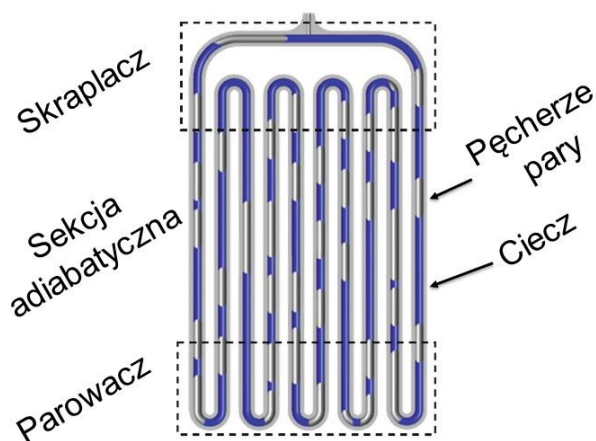
Andrzej Nowak

Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny

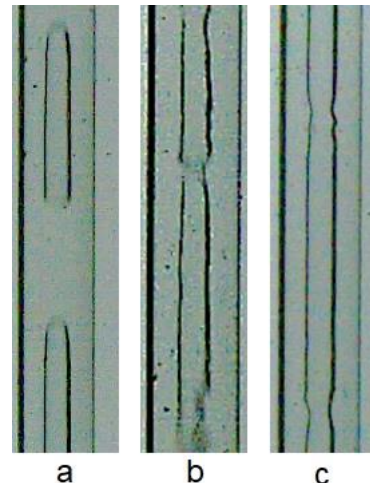
Adres do korespondencji: *an.nowak@pwr.edu.pl*

Powrót do szybkiego rozwoju technologii kosmicznych powoduje również zwiększenie tempa rozwoju technologii ściśle z nimi powiązanych. Do takich technologii można zaliczyć systemy pozycjonowania satelitów kosmicznych czy satelitów, dokładne określanie pozycji w przestrzeni kosmicznej czy technologie chłodzenia coraz bardziej wydajnych układów elektronicznych.

Technologie chłodzenia stosowane w technologiach kosmicznych często mają inne wymagania niż te stosowane w warunkach ziemskich, ponadto należy rozwiązać dodatkowe problemy wynikające z braku przyspieszenia ziemskiego mogące całkowicie zmienić zachowanie układu fizycznego. Pierwszym układem pasywnym stosowanym w satelitach była rurka ciepła, która zapewnia znaczne wartości zastępczego współczynnika przewodzenia ciepła. Zalety stosowania rurki ciepła to na czele z wydajnością cieplną, kompaktowość i niezawodność. Jednak konstrukcja rurki ciepła nie pozwala na zastosowanie jej w części z elementów satelitów, dlatego obecnie bada się nową konstrukcję czyli pulsacyjne rurki ciepła (PHP). Co prawda wymienniki bazujące na PHP nie osiągają tak dużych wydajności jak poprzedzające je rurki ciepła, ale możliwość układania skomplikowanych geometrii a przy tym jeszcze większa kompaktowość sprawiła, że w miejscach gdzie nie jest możliwe wykorzystanie rurek ciepła planuje się wykorzystać pulsacyjne rurki ciepła.



Rys. 1. Pulsacyjne rurki ciepła



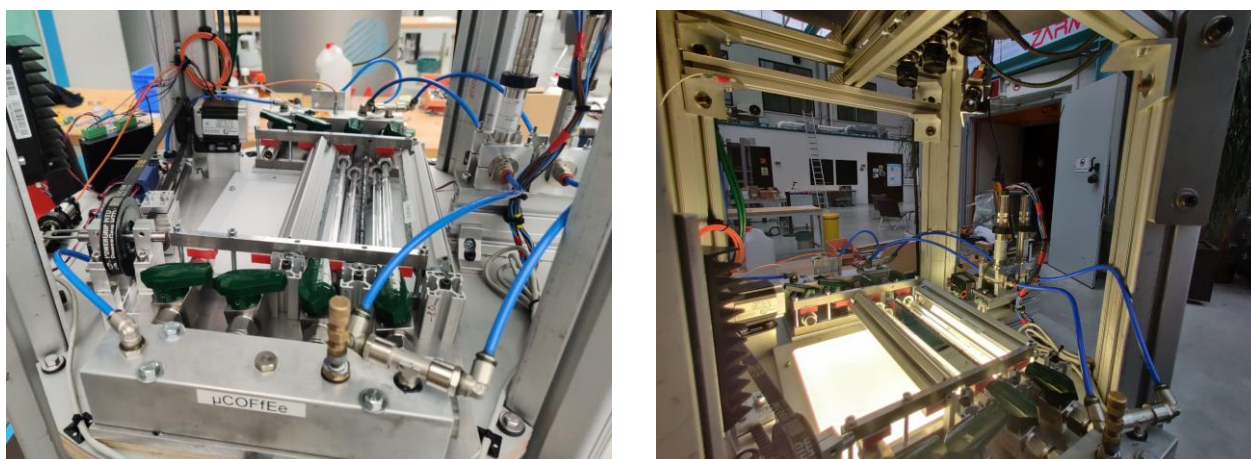
Rys. 2. Podstawowe struktury przepływowe

Problemem który należy rozwiązać przed zastosowaniem pulsacyjnej rurki ciepła i który obecnie jest najbardziej badany wśród naukowców zajmujących się pulsacyjnymi rurkami ciepła jest struktura przepływowa w kanałach kapilarnych. Dość dokładnie opisane zjawisko w warunkach ziemskich, w warunkach zerowej grawitacji zmienia swoje zachowanie. Jak wskazują badania mikrogravitacja może pozwolić na większy zakres stosowanych średnic kapilarnych, ale również w źle zaprojektowanym układzie może spowodować gwałtowne zatrzymanie pracy wymiennika bazującego na pulsacyjnej rurce ciepła.

Jednym z największych wyzwań czekającym przed naukowcami jest znalezienie zależności pomiędzy warunkami w jakich pracuje pulsacyjna rurka ciepła a strukturami przepływowymi. Z tego powodu na Wydziale Mechaniczno-Energetycznym powstało stanowisko badawcze pozwalające na przebadanie zachowania przepływów w kanałach kapilarnych:

- w warunkach mikrogravitacji,
- w warunkach izotermicznych,
- w przepływie z prędkością będącą funkcją sinusoidalną.

Na rysunku 3 przedstawiono stanowisko badawcze spełniające te założenia dzięki zastosowaniu mechanicznego wymuszenia przepływu oraz rejestracji obrazu za pomocą kamer szybkoobrotowych.



Rys. 3. Stanowisko badawcze w centrum mikrogravitacji ZARM, Brema, Niemcy

W trakcie badań wykorzystano trzy czynniki robocze: etanol, wodę i FC-72, przy zastosowaniu średnic o wielkości mniejszej i większej od średnicy kapilarnej w warunkach ziemskich. Przepływem czynnika sterowano z wykorzystaniem elektrycznego silnika krokowego zadając prędkość będącą funkcją sinusoidalną o znanej amplitudzie i częstotliwości.

Literatura

- [1] Khandekar S., Gupta A., *Embedded pulsating heat pipe radiators*, Proceedings of the 14th International Heat Pipe Conference, 2007, pp. 22–27.
- [2] Khandekar S., Dollinger N., Groll M., *Understanding operational regimes of closed loop pulsating heat pipes: an experimental study*, “Applied Thermal Engineering” 2003, Vol. 23, pp. 707–719.
- [3] Ayel V., Romestant C., Bertin Y., Manno V., Filippeschi S., *Visualisation of flow patterns in flat plate pulsating heat pipe: influence of hydraulic behaviour on thermal performances*, “Heat Pipe Science and Technology, An International Journal” 2014, Vol. 5, pp. 1–4.
- [4] Gu J., Kawaji M., Futamata R., *Microgravity performance of micro pulsating heat pipes*, “Microgravity-Science and Technology” 2005, Vol. 16, pp. 181–185.
- [5] Ayel V. et al., *Experimental study of a closed loop flat plate pulsating heat pipe under a varying gravity force*, “International Journal of Thermal Sciences” 2015, Vol. 96, p. 23–34.

NUMERYCZNE MODELOWANIE STRUKTUR WIROWYCH W PRZESTRZENI MIĘDZYŁOPATKOWEJ MASZYN WIRNIKOWYCH

NUMERICAL SIMULATION OF VORTEX STRUCTURES IN FLUID FLOW MACHINERY

Dominik Błoński

*Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny,
Katedra Technologii Energetycznych, Turbin i Modelowania Procesów Ciepłno-Przepływowych*

Adres do korespondencji: *dominik.blonski@pwr.edu.pl*

Możliwość badania zmian zachowania się płynu poprzez śledzenie ewolucji pola wirowego jest bardzo atrakcyjną i pożądaną metodą badawczą. W związku z powyższym faktem w metodach cząstek wirowych równania ruchu płynu wyrażane są w formie wirowości, czyli przy użyciu równań Helmholtza:

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + (\nabla \omega) \cdot \underline{u} = \vartheta \Delta \omega \quad (1)$$

$$\Delta \psi = -\omega, \quad \underline{u} = (u, v) = \partial_y \psi - \partial_x \psi \quad (2)$$

Powyższe równania można z powodzeniem rozwiązać przy użyciu metody VIC, która łączy w sobie podejścia Eulerowskie i Lagrangowskie i jest zaliczana do metod wirowych. Do obliczeń wprowadza się Lagrangowskie cząstki wirowe unoszone przez przepływ. Pole prędkości \underline{u} służące po rozwiązaniu Eulera wyznacza się z rozkładu wirowości.

W algorytmie metody VIC pierwszym etapem jest wyznaczenie wartości potencjału wektorowego z rozkładu wirowości poprzez rozwiązanie równania Poissona. W przypadku dwuwymiarowym równanie Poissona sprowadza się do wyznaczenia funkcji prądu ψ . Gdy rozkład funkcji prądu jest już znany, może zostać określona prędkość w poszczególnych węzłach. Następnie, posługując się metodą dekompozycji lepkościowej, równanie Helmholtza rozdzielane jest na nielepki krok konwekcyjny i uwzględniający lepkość płynu krok dyfuzyjny. W pierwszym kroku równanie konwekcji zostaje zastąpione równaniem ruchu cząstek materialnych transportujących wirowość. Przetransportowana wirowość cząstek jest następnie zwracana do węzłów siatki poprzez procedurę redystrybucji. Drugim krokiem jest wyznaczenie wartości wirowości na ściankach sztywnych oraz rozwiązanie równania dyfuzji.

O ile przy regularnych i nieskomplikowanych obszarach obliczeniowych takie klasyczne podejście [1] jest stosunkowo łatwe do implementacji, o tyle dla trudnych geometrii jak np. przepływu przez kanał międzyłopatkowy realizacja obliczeń jest mocno utrudniona. W wystąpieniu przedstawiono sposób przystosowania dotychczas stosowanej metody obliczeniowej do prowadzenia symulacji trudnych geometrii. Proponowana metoda opiera się na dodaniu do równania (1) członu penalizującego/korygującego prędkość w obszarach ograniczonych ścianami.

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + (\nabla \omega) \cdot \underline{u} = \vartheta \Delta \omega + \nabla \times \left(\lambda \chi (\underline{u}_s - \underline{u}) \right) \quad (3)$$

gdzie: λ – współczynnik przenikalności, χ – funkcja odległości węzła od ściany sztywnej, u_s – prędkość ciała stałego, u – prędkość płynu.

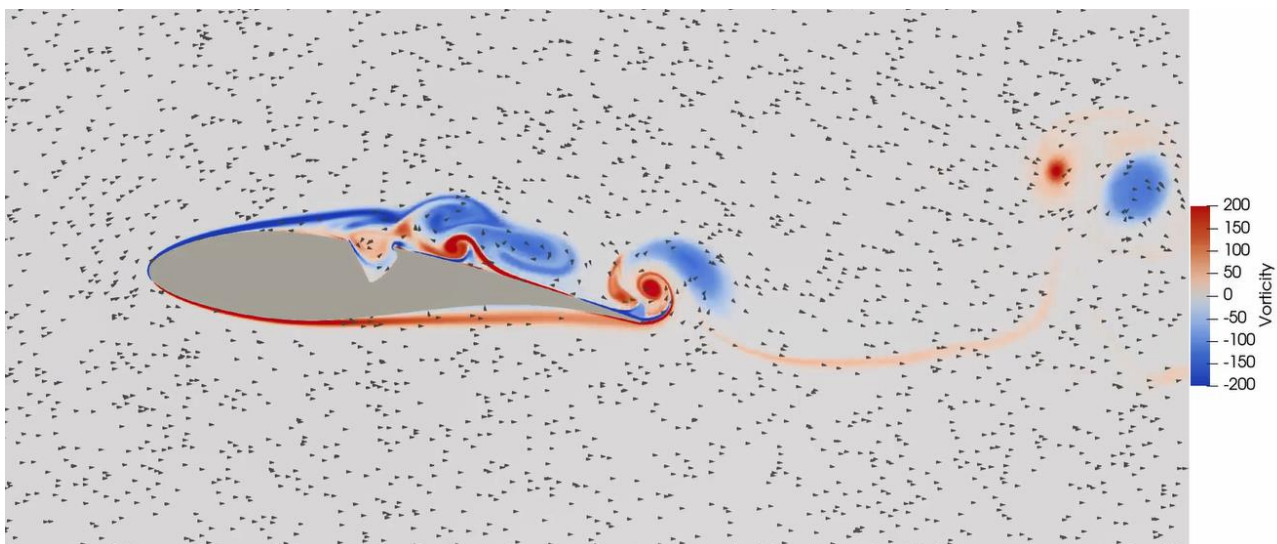
Analogicznie do metody klasycznej dokonywana jest dekompozycja, jednak ilość kroków zostaje powiększona o krok korygujący wartość wirowości [2]. Zaletą tej metody jest kontynuacja obliczeń na regularnym obszarze kwadratu, bądź prostokąta, co pozwala zachować wysoką prędkość rozwiązywania układu równań liniowych

i łatwość formułowania macierzy. Po przekształceniu i zdyskretyzowania zdekomponowanego równania (3) równanie korygujące prędkość, a następnie wirowość przyjmują postać (4) i (5):

$$\underline{\mathbf{u}}^{n+1} = \frac{\underline{\mathbf{u}}^n}{1 + \lambda \chi \Delta t} \quad (4)$$

$$\omega^{n+1} = \omega^n - \nabla \times \frac{\lambda \chi \Delta t \underline{\mathbf{u}}^n}{1 + \lambda \chi \Delta t} \quad (5)$$

Do rozwiązania powyższych równań konieczna jest znajomość współczynnika przenikalności oraz funkcji odległości węzła od ściany. Pierwsza jest określana empirycznie na podstawie znanych przypadków przepływowych mechaniki płynów. Funkcja odległości węzła od ściany wymaga dyskretyzacji geometrii przygotowanej w programie CAD. Stworzony według przedstawionego powyżej algorytmu program posłużył do wykonania badań nad wpływem wykonania wnęki po stronie grzbietowej profilu łopatk turbiny na zachowanie się pobliskiego pola wirowego. Głównym zadaniem wnęki zmniejszenie oddziaływania strefy recyrkulacji i ograniczenie intensywności wirów w tej strefie. Badania numeryczne zostały uzupełnione o wizualizacje przepływu z wykorzystaniem barwników fluorescencyjnych.



Rys. 1. Rozkład wirowości wokół profilu wyposażonego we wnękę

Literatura

- [1] Błoński D., *Realizacja metody cząstek wirowych w środowisku wieloprocesorowym z użyciem schematów różnicowych wysokiego rzędu*, „Zeszyty Energetyczne” 2018, Tom 5, s. 25–40.
- [2] Mimeau C., Cottet G.H., Mortazavi I., *Direct numerical simulations of three-dimensional flows past obstacles with a vortex penalization method*, “Computers and Fluids” 2016, Vol. 105, pp. 331–347.

WPLYW KĄTA WLOTOWEGO WIRNIKA O SKRAJNIE NISKIEJ SZYBKOBIEŻNOŚCI NA PARAMETRY ENERGETYCZNE POMPY WIROWEJ

IMPACT OF INLET ANGLE ON THE ENERGY PARAMETERS OF A CENTRIFUGAL PUMP WITH EXTREMELY LOW SPECIFIC SPEED

Egor Kolpakov, Janusz Skrzypacz, Przemysław Szulc

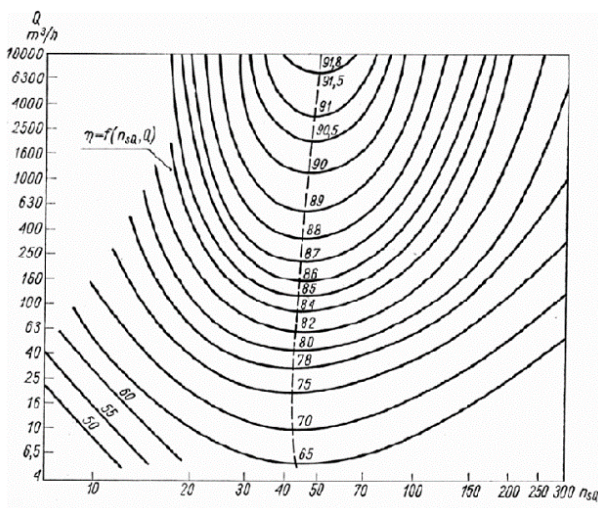
Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Inżynierii Konwersji Energii

Adres do korespondencji: *egor.kolpakov@pwr.edu.pl*

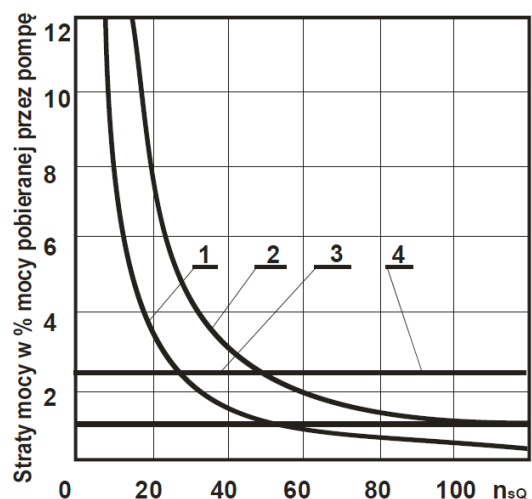
W dzisiejszych czasach coraz częściej występuje potrzeba pompowania relatywnie niewielkich ilości cieczy przy znacznych wysokościach podnoszenia. Takiego typu pompy znajdują zastosowanie w takich dziedzinach jak: systemy gaśnicze, systemy paliwowe, układy smarowania, pompy dozujące, pompy obiegowe oraz w przedsiębiorstwach chemicznych i mikrohydraulicie. Można więc stwierdzić, iż zagadnienia związane z konstrukcją tego typu pomp są niezwykle aktualne.

Używane w tych dziedzinach pompy wyporowe i krążeniowych mają słuszne wady:

- tarcie elementów roboczych o ściany wewnętrzne korpusu, co wpływa na trwałość,
- wytwarzanie pomp wyporowych wymaga często wysokich tolerancji wykonania, co wiąże się z wysokim kosztem wykonania,
- pompy wyporowe często nadają się do pompowania cieczy o dobrych własności smarnych,
- charakteryzują się pulsacją parametrów charakterystycznych,
- pompy krążeniowe nadają się do pompowania tylko płynów czystych albo wymagane jest instalowanie filtra [1].



Rys. 1. Wykres Gradewalda [1]



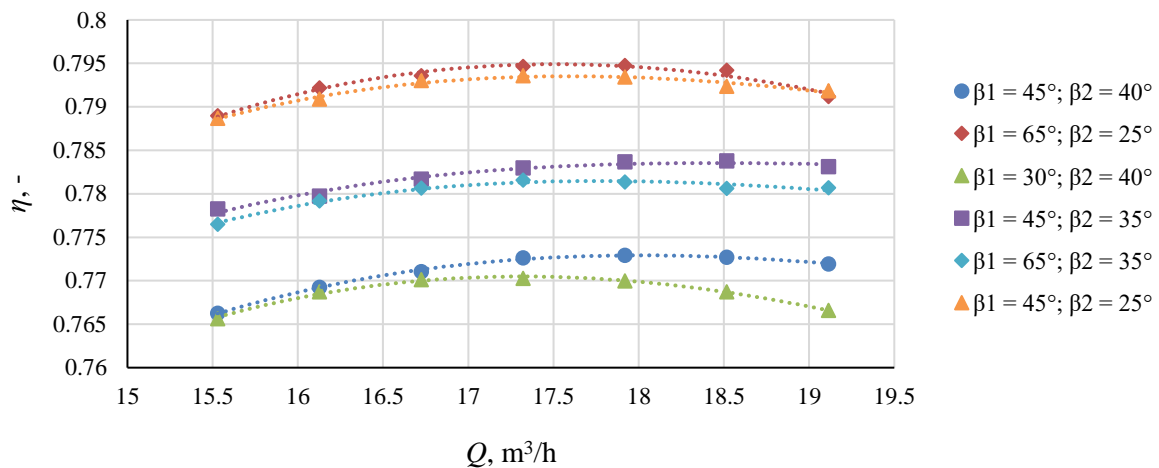
Rys. 2. Straty mocy w pompie wirowej:
 1 – straty tarcz wirujących, 2 – straty wolumetryczne,
 3 – straty hydrauliczne, 4 – straty mechaniczne

Jeżeli kluczowa jest niezawodność to najbardziej rozsądnie byłoby wykorzystanie pomp wirowych, w tym odśrodkowych. Jednak budowa takiego typu maszyn jest problematyczna. Zgodnie z wykresem Gradewalda (rys. 1) przy obniżeniu wyróżnika szybkobieżności i wydajności sprawność pomp znacznie się obniża. Dlatego

pompy o skrajnie niskich wartościach n_{sQ} ($n_{sQ} < 15$) są niewystarczająco zidentyfikowane pod względem konwersji energii.

Główną przyczyną spadku sprawności tych jednostek jest wartość mocy traconej w stosunku do wyróżnika szybkobieżności (rys. 2). Straty mocy związane są z: przepływem cieczy (straty hydrauliczne), przeciekami (straty wolumetryczne), tarcieniem w łożyskach i uszczelnieniach (straty mechaniczne) oraz tarcieniem tarcz wirujących.

Obiecującym rozwiązaniem w sprawie podwyższenia sprawności pomp o skrajnie niskim wyróżniku szybkobieżności może być sterowanie wartością kąta wlotowego oraz kąta wylotowego. Przedstawione na wykresie (rys. 3) wyniki symulacji numerycznych wykazują, że znaczne zwiększenie kąta wlotowego i wykorzystanie niskich wartości kąta wylotowego w znacznym stopniu zwiększa sprawność hydrauliczną pompy, co pozytywnie wpływa na wartość sprawności całkowitej.



Rys. 3. Wpływ kąta wlotowego oraz wylotowego na hydrauliczną sprawność pompy

Literatura

- [1] Jędral W., *Pompy wirowe*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2014.
- [2] Skrzypacz J., *Wpływ paraterów geometrycznych wirnika łopatkowego o skrajnie niskim wyróżniku szybkobieżności na proces przekazywania energii*, "Systems: Journal of Transdisciplinary Systems Science" 2008, Vol. 13, Issue 2/2.
- [3] Misiewicz A., *Wpływ kąta wlotowego łopatki wirnika na parametry energetyczne pompy wolnobieżnej*, praca doktorska, Politechnika Wroclawska, Wrocław 2001.
- [4] Troskoleński A., Łazarkiewicz S., *Pompy wirowe*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1973.

III SESJA REFERATOWA

SPALANIE I PALIWA

COMBUSTION AND FUELS

PORÓWNANIE SUCHEJ I MOKREJ TORYFIKACJI JAKO METODA WALORYZACJI BROWARNICZYCH PRODUKTÓW UBOCZNYCH Z POTENCJAŁEM APLIKACJI W PRZEMYSŁE

COMPARISON OF DRY AND WET TORIFICATION AS A METHOD OF VALORIZATION OF BREWING RESIDUES WITH POTENTIAL APPLICATION IN THE INDUSTRY

Łukasz Niedźwiecki

Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Inżynierii Komwersji Energii

Adres do korespondencji: lukasz.niedzwiecki@pwr.edu.pl

W 2019 roku na terenie Unii Europejskiej wyprodukowano około 34 miliardów litrów piwa [1]. Wsłodyziny browarnicze są głównym produktem ubocznym procesu warzenia. Obecnie ten odpad stosowany jest głównie jako pasza [1]. Jest to jednak ograniczone tylko do farm położonych stosunkowo blisko browaru, ze względu na stosunkowo wysoką zawartość wilgoci, która może wynosić od 70% do 78% [1]. Aktywność biologiczna tych pozostałości utrudnia przechowywanie długoterminowe. Obecnie poszukiwane są nowe możliwości wykorzystania tego produktu ubocznego, pozwalające na zwiększenie wartości dodanej oraz minimalizację kosztów [1].

Toryfikacja jest procesem waloryzacji termicznej paliwa stałego w celu poprawy właściwości paliw stałych. Jest to proces, który może poprawić logistykę paliwową oraz przynieść poprawę dla współspalania, zgazowania, czy pirolizy biomasy. Toryfikacja jest czasami nazywana powolną pirolizą i zazwyczaj odbywa się w temperaturze między 250°C a 300°C [2] z czasami przebywania w typowym zakresie od 10 do 60 minut [2]. Podczas toryfikacji dochodzi do częściowego odgazowania biomasy i powstaje produkt uboczny, torgaz, zawierający część energii chemicznej, zawartej w surowcu. Torgaz można stosować do dostarczania ciepła niezbędnego do procesu toryfikacji. Torgaz składa się z pary wodnej, trwałych związków gazowych, takich jak CO, CO₂ oraz węglodorów, z których niektóre są kondensowalne (są cieczą w warunkach normalnych) [2].

Mokra toryfikacja, znany również hydrotermalną karbonizacją (HTC), jest procesem waloryzacji termicznej, typowo przeprowadzanym w podwyższonych temperaturach (zwykle 200°C do 260°C) przy podwyższonym ciśnieniu, większym niż ciśnienie nasycenia wody w danej temperaturze [3]. W temperaturach 200°C do 280°C, stała jonowa wody znacząco rośnie, a woda zachowuje się jako rozpuszczalnik niepolarny. Proces obejmuje wiele reakcji jednoczesnych, w trakcie których powstaje wiele różnych produktów, zwłaszcza w przypadku złożonych substancji, takich jak różne rodzaje biomasy. Hydroliza jest pierwszym etapem [3], w którym biomasa jest zdegradowana do ogromnej liczby różnych monomerów i oligomerów, które następnie przekształcane są do produktów, takich jak 2-furfural czy 5-hydroksymetylofurfural (5-hmf). Literatura wspomina, że szybkość hydrolizy jest kontrolowana przez dyfuzję, a zatem jest ograniczona przez zjawiska transportu masy w strukturze włóknistej biomasy [3]. Po hydrolizie, w wyższych temperaturach, rośnie znaczenie dehydratacji i dekarboksylacji. Dehydratacja zmniejsza liczbę grup hydroksylowych (OH) [3]. Struktury koloidalne ulegają rozbiciu, w ten sposób zmniejszają liczbę grup funkcyjnych, odpowiedzialnych za hydrofilowy charakter biomasy [3]. Spadek ilości grup OH powoduje również niższy stosunek O/C [3]. Dekarboksylacja zmniejsza ilość grup karboksylowych (COOH) i karbonylowych (C = O), również nieco zmniejszający stosunek O/C produktu stałego (biowęgla) [3]. Po tym następuje polimeryzacja i aromatyzacja [3]. Spadek liczby grup hydroksylowych jest kluczowy dla ułatwienia odwadniania mechanicznego. Ponadto proces węglowania hydrotermalnego może poprawić przemialność przetworzonej biomasy i usunąć część frakcji nieorganicznej. Dzięki temu hydrotermalna karbonizacja wydaje się być procesem waloryzacji dobrze pasującym do niskiej jakości stałych biopaliwo dużej zawartości wilgoci. Płynne produkty uboczne HTC są czasami uważane za potencjalny surowiec dla biorafinerii. Ponadto, potencjalna synergia między HTC i fermentacją metanową jest również bardzo atrakcyjna. Wśród typowych

ciekłych produktów ubocznych HTC wymienić należy związki, takie jak: kwas octowy, kwas mrówkowy, kwas mlekowy. Co więcej, hydrotermalna karbonizacja zwykle wpływa pozytywnie na paliwo stałe poprzez wzrost ciepła spalania biowęgla w stosunku do waloryzowanej biomasy.

Celem niniejszej pracy jest porównanie obydwu procesów pod względem ich wykorzystania do waloryzacji odpadów browarniczych, biorąc pod uwagę ubytek masy, możliwość wykorzystania produktów ubocznych na potrzeby własne procesu oraz parametry paliwowe biowęgla uzyskanego w wyniku waloryzacji.

Literatura

- [1] Jackowski M. et al., *Brewer's Spent Grains – Valuable Beer Industry By-Product*. “Biomolecules” 2020, Vol. 10, <https://doi.org/10.3390/biom10121669>
- [2] Mościcki K. et al., *Commoditization of biomass: Dry torrefaction and pelletization – a review*, “Journal of Power Technologies” 2014, Vol. 94, No. 4, pp. 233–249.
- [3] Aragón-Briceño C.I et al., *Mass and energy integration study of hydrothermal carbonization with anaerobic digestion of sewage sludge*, “Renewable Energy” 2021, Vol. 167, pp. 473–483, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.11.103>

WYTWARZANIE I WYKORZYSTANIE TORYFIKOWANEJ BIOMASY W PROCESIE SPALANIA WĘGLA

PRODUCTION AND UTILIZATION OF TORREFIED BIOMASS DURING COAL COMBUSTION PROCESS

Krzysztof Krochmalny

Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Inżynierii Konwersji Energii

Adres do korespondencji: *krzysztof.krochmalny@pwr.edu.pl*

Proces toryfikacji umożliwia poprawę parametrów fizykochemicznych stałych paliw biomasowych. Zmieniające się właściwości biomasy umożliwiają między innymi efektywniejszy transport (zwiększona gęstość energii) oraz łatwiejszą dalszą obróbkę materiału (zwiększona hydrofobowość oraz przemiałowość materiału). Zwiększona ścieralność toryfikatu daje potencjalne oszczędności zarówno w zużyciu energii potrzebnej do mielenia jak i na kosztach inwestycyjnych w urządzeniach pomocniczych wykorzystywanych w elektrowniach. Hydrofobowy charakter toryfikatu pozwala uniknąć kłopotliwej konieczności przechowywania paliwa pod zadaszeniem. W trakcie procesu grupy -OH zastępowane są grupami niepolarnymi co w rezultacie zmniejsza zdolność pochłaniania wody. W efekcie paliwo jest mniej wrażliwe na biodegradację, samonagrzewanie oraz wchłanianie wilgoci [1]. Jednym z celów toryfikacji jest upodobnienie właściwości fizykochemicznych paliw biomasowych do węgla. Reaktywność toryfikowanej biomasy jest zwykle zwiększona w porównaniu z pierwotnym surowcem, co jest istotne z punktu widzenia późniejszego wykorzystania toryfikatu jako paliwa zarówno w procesach spalania, jak i zgazowania [2]. Uważa się, że toryfikowana biomasa ma potencjał jako substytut węgla [3].

W trakcie pracy położono nacisk na praktyczne aspekty zarówno wytwarzania jak i zastosowanie toryfikatu jako paliwa pomocniczego podczas spalania węgla kamiennego i brunatnego. Badania przedstawione w pracy pokazują w jaki sposób można kontrolować proces toryfikacji oraz co należy uwzględnić w trakcie optymalizacji, tak aby możliwie jak najefektywniej produkować biowęgiel. Toryfikowanym paliwem były próbki drewna o kształcie kuli o średnicy nominalnej 12 mm. Zakres temperaturowy toryfikacji dobrano pod kątem maksymalnej temperatury rozkładu formaldehydu – markera pozwalającego na kontrolę procesu pod względem stałych i gazowych produktów toryfikacji. W drugiej części przedstawione zostały wyniki ze współspalania toryfikatu z węglami, przeprowadzone na izotermicznym reaktorze przepływowym. Celem badań była analiza potencjalnego ryzyka związanego z zanieczyszczeniem powierzchni ogrzewalnych kotła oraz wyznaczenie emisji gazowych powstających ze spalania. W trakcie eksperymentu wykonano szczegółową analizę popiołów oraz pomiary emisji: SO₂, NO_x i CO. Podczas badań sprawdzono również zasadność stosowania palnika przeznaczonego do spalania węgla kamiennego bezpośrednio do mieszanek z toryfikatem poprzez pomiar zawartości niedopalonego węgla w popiele.

Literatura

- [1] Nhuchhen D., Basu P., Acharya B., *A Comprehensive Review on Biomass Torrefaction*, “Int. J. Renew. Energy Biofuels” 2014, Vol. 2014, pp. 1–56, doi: 10.5171/2014.506376.
- [2] Saeed M.A. et al., *Raw and steam exploded pine wood: Possible enhanced reactivity with gasification hydrogen*, “Int. J. Hydrogen Energy” 2016, Vol. 41, No. 37, pp. 16566–16576, doi: 10.1016/j.ijhydene.2016.05.121.
- [3] Tumuluru J.S. et al., *A review on biomass torrefaction process and product properties for energy applications*, “Ind. Biotechnol.” 2011, Vol. 7, No. 5, pp. 384–401, doi: 10.1089/ind.2011.0014.

SZACOWANIE REAKCJI HOMOGENICZNYCH KSZTAŁTUJĄCYCH SPECJACJĘ RTĘCI W CZASIE SPALANIA PYŁU WĘGLOWEGO

THE COURSE OF HOMOGENOUS REACTIONS OF MERCURY IN THE CONTEXT OF ITS CHEMICAL SPECIATION IN PULVERISED COAL-FIRED BOILERS

Maciej Cholewiński

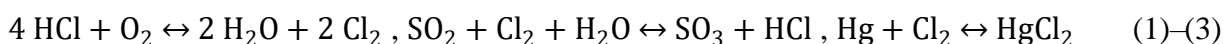
Katedra Technologii Energetycznych, Turbin i Modelowania Procesów Ciepłno-Przepływowych,
Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Politechnika Wroclawska

Adres do korespondencji: maciej.cholewinski@pwr.edu.pl

Przewidywanie intensywności przemian homo- i heterogenicznych rtęci w warunkach pracy kotłów węglowych stanowi podstawę działań związanych z ograniczaniem emisji tego pierwiastka z bloków energetycznych. Specjacja rtęci (udziały i stężenia form: metalicznej gazowej Hg^0 , utlenionej gazowej Hg^{2+} oraz zaadsorbowanej Hg_p) determinuje bowiem zarówno specyfikę wychwytu poprocesowego – ze spalin – tego pierwiastka, jak i kierunki ewentualnych zmian związanych z implementacją tzw. metod pierwotnych (przedprocesowych), w tym także tych związanych z organizacją procesu spalania i doбором paliwa. Między innymi z tego też względu kwestie identyfikacji wpływu warunków spalania oraz rodzaju spalanego paliwa zostały ujęte w opublikowanym dokumencie BAT/BREF dla Dużych Obiektów Energetycznego [1].

W prezentacji przedstawiono wyniki analiz obejmujących ocenę intensywności najważniejszych reakcji homogenicznych związanych z utlenianiem rtęci w warunkach pracy kotła pyłowego (dla różnych współczynników nadmiaru powietrza oraz temperatur spalin), dla przypadku spalania dwóch polskich węgla stosowanych w energetyce zawodowej – jednego kamiennego (WK) oraz jednego brunatnego (WB). Na ten cel wykorzystano metody równowagowe, uznając uzyskane za ich pośrednictwem wyniki za miarodajne w ocenie specyfiki przemian rzeczywistych rtęci w warunkach komory spalania oraz ciągu spalinowego kotła pyłowego.

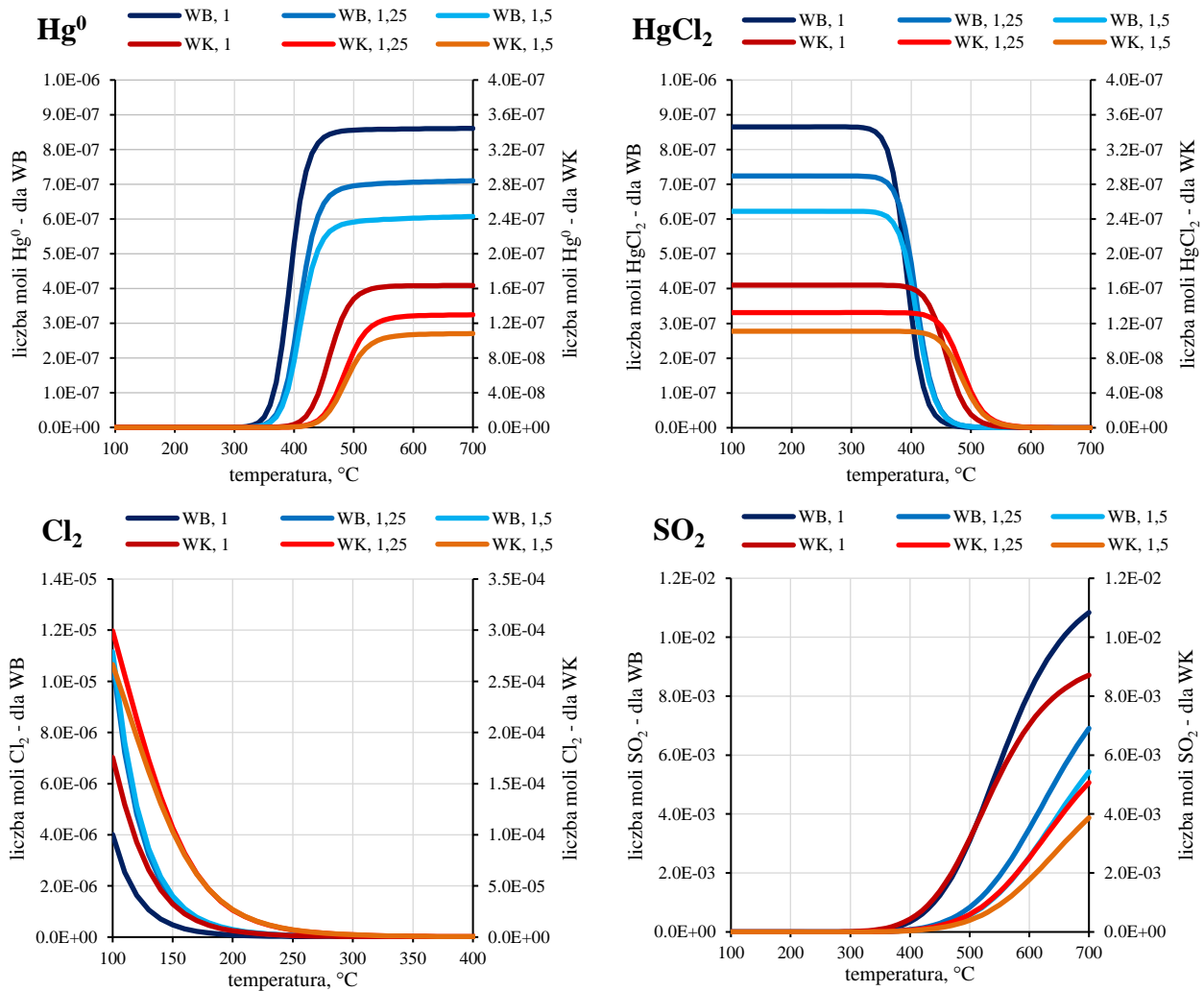
W przypadku reakcji homogenicznych rtęci metalicznej w warunkach kotłowych, o utlenianiu mówi się w kontekście korzystnego wpływu związków chloru (HCl , Cl_2) oraz inhibicyjnego działania tlenków siarki [2]. Fakt ten ujmują 3 główne reakcje chemiczne: Deacona (1), Griffina (2) oraz utleniania Hg^0 przez Cl_2 (3).



Do wyznaczenia stałych równowagowych ww. reakcji, ujętych teoretycznie prawem Guldberga i Waagego, posłużono się tablicami termochemicznymi zawartymi w programie FactSage 8.0. Analizy przeprowadzono z wykorzystaniem 9 substratów (CO_2 , H_2O , N_2 , O_2 , NO_2 , NO , SO_2 , HCl , Hg^0) oraz 169 możliwych produktów, m.in. składników spalin związanych z kształtowaniem specjacji rtęci w spalinach kotłowych – HCl , Cl_2 i SO_2 – oraz obu form gazowych metalu ciężkiego – rtęci metalicznej (Hg^0) i utlenionej ($HgCl_2$, HgO , $HgCl$). W szacunkach analizowano przy tym wpływ wartości współczynnika nadmiaru powietrza (1,0, 1,25 i 1,5), wartości temperatury (100–700°C) oraz rodzaju spalanego paliwa (2 węgle – tab. 1) na spodziewane stężenia wspomnianych produktów. Do określenia kompozycji mieszaniny substratów na wejściu do strefy reakcji rtęci metalicznej (<700°C) wykorzystano model stechiometryczny opisany przez autora w pracy [3].

Tabela 1. Wybrane parametry fizykochemiczne – w stanie roboczym (obliczeniowym) – analizowanych węgla

Paliwo	C, %	H, %	N, %	S, %	O, %	Cl, %	Hg, ppb	W, %	A, %
WK	74,04	4,41	1,16	1,10	5,49	0,172	119	49,08	9,05
WB	28,77	2,06	0,30	0,63	10,11	0,013	282	6,37	7,44



Rys. 1. Zidentyfikowany wpływ temperatury spalin i współczynnika nadmiaru powietrza na udziały Hg⁰, HgCl₂, Cl₂ i SO₂

Na rysunku 1 przedstawiono wyniki wybranych analiz. Zaobserwować można, iż proces utleniania rtęci dla węgla brunatnego zachodzi przy temperaturach niższych o 150–200°C od anlizowanego węgla kamiennego, co w warunkach rzeczywistych może prowadzić do uzyskiwania zmniejszonych udziałów formy utlenionej pierwiastka w emitowanych spalinach. Niskie udziały Hg²⁺ znajdują przy tym wytłumaczenie w stężeniach HCl, Cl₂ i SO₂ w spalinach, wpisujących się w tezę dotyczącą dominującej roli chloru w procesach utleniania rtęci. Co więcej, na proces utleniania Hg⁰ wpływa także współczynnik nadmiaru powietrza – im mniejsza jego wartość, tym niższa temperatura rozpoczęcia reakcji prowadzących do powstawania formy Hg²⁺. Ilość Cl₂ i HCl w mieszaninie produktów, w temperaturach poniżej 200–250°C, może stanowić z kolei podstawę do oceny intensywności korozji niskotemperaturowej, zachodzącej równolegle do procesów utleniania rtęci.

Literatura

- [1] Lecomte T. et al., *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Large Combustion Plants*, EUR 28836 EN, doi:10.2760/949.
- [2] Vosteen B.W. et al., *Bromine-enhanced Mercury Abatement from Combustion Flue Gases – Recent Industrial Applications and Laboratory Research*, “International Journal for Electricity and Heat Generation” 2006, Vol. 86, No. 3, pp. 70–75.
- [3] Cholewiński M., *Szacowanie unosu rtęci z procesów spalania paliw stałych*, „Zeszyty Energetyczne” 2017, Tom 4, s. 73–87.

MODEL NASŁONECZNIENIA PORUSZAJĄCEJ SIĘ BRYŁY NA POTRZEBY UKŁADU ODZYSKU EGZERGII CIEPŁA Z PANELI FOTOWOLTAICZNYCH Z WYKORZYSTANIEM ZJAWISK TERMOELEKTRYCZNYCH

MATHEMATICAL MODEL OF A MOVING OBJECT INSOLATION FOR PV PANEL WASTE HEAT EXERGY RECOVERY SYSTEM BASED ON THERMOELECTRIC EFFECTS

Korneliusz Sierpowski, Ziemowit Malecha

Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Kriogeniki i Inżynierii Lotniczej

Adres do korespondencji: *korneliusz.sierpowski@pwr.edu.pl*

Dla części obiektów autonomicznych energetycznie, poruszających się w atmosferach planet lub przestrzeni układów słonecznych, istnieją dwa zasadniczo dostępne źródła energii – energia słoneczna oraz energia wydzielana podczas rozpadów jądrowych niektórych radioizotopów.

W tej pracy rozważany jest model nasłonecznienia poruszającego się obiektu w warunkach ziemskiej stratosfery. Jako źródło energii przyjęto energię słoneczną, która jest przetwarzana na energię elektryczną za pomocą hybrydy PV-TEG. Modelowana hybryda PV-TEG składa się z panelu fotowoltaicznego (PV) oraz modułu termoelektrycznego (TEG). Energia cieplna, wynikająca z absorbowania przez panel fotowoltaiczny promieniowania słonecznego, jest częściowo przetwarzana na energię elektryczną z wykorzystaniem zjawisk termoelektrycznych.

Stworzono model nasłonecznienia poruszającej się bryły. Pozwoliło to na określenie potencjalnych uzysków energii z hybrydy PV-TEG w zastosowaniach lotniczych i kosmicznych. W pracy opisano model matematyczny przykładowego obiektu latającego, opracowano opis matematyczno-fizyczny działania hybrydy PV-TEG oraz przedstawiono charakterystyki uzysków energii na przykładzie sterowca stratosferycznego

Literatura

- [1] Sierpowski K., Wróblewski W., Malecha Z.M., *Możliwości odzysku egzergii z modułu fotowoltaicznego umieszczonego na skrzydle statku powietrznego klasy HALE z wykorzystaniem zjawisk termoelektrycznych*, Mechanika w lotnictwie: ML-XIX 2020, Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Polskie Towarzystwo Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej, s. 241–248, Warszawa 2020.
- [2] Rai G.D., *Solar Energy Utilisation*, Khanna Publishers, 1980.
- [3] Arum S.C. et al., *Energy Management of Solar-Powered Aircraft-Dased High Altitude Platform for Wireless Communications*, “Electronics” 2020, Vol. 9, p. 179.

PORÓWNANIE POZIOMU EMISJI ZANIECZYSZCZEŃ Z WYBRANYCH ŹRÓDEŁ CIEPŁA DLA BUDYNKU JEDNORODZINNEGO

COMPARISON OF EMISSIONS FROM SELECTED HEAT SOURCES FOR A SINGLE-FAMILY BUILDING

Natalia Generowicz

Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk

Adres do korespondencji: *ngenerowicz@min-pan.krakow.pl*

Występowanie zjawiska niskiej emisji jest obecnie zagadnieniem powszechnie znanym i bardzo często poruszonym, szczególnie w kontekście ograniczania ilości zanieczyszczeń wytwarzanych podczas spalania paliw w paleniskach domowych. Uwaga skupia się głównie na sektorze produkcji ciepła dla budynków jednorodzinnych [1], ponieważ w głównej mierze to one przyczyniają się do powstawania niskiej emisji w Polsce. Obecnie wprowadzane ograniczenia w stosowaniu paliw stałych są jednym z rozwiązań obniżających postawienie niskiej emisji. Coraz częściej mówi się o zakazie stosowania paliw stałych w całej Polsce, co ma pozwolić na poprawę jakości powietrza oraz dotrzymanie zobowiązań dotyczących poziomów emisji. Pojawia się więc pytanie, które ze stosowanych źródeł ciepła jest najlepszym z rozwiązań dla środowiska i jednocześnie spełniałoby warunki ewentualnych zmian w prawie jakie obecnie są wprowadzane. Spośród wielu możliwości, często mówi się o kotle na gaz ziemny, ale również coraz częściej brane są pod uwagę pompy ciepła jako jedno z odnawialnych źródeł energii [2].

Analizując emisję zanieczyszczeń do powietrza z różnych źródeł ciepła należy wziąć pod uwagę zapotrzebowanie na energię końcową czyli ciepło i energię pomocniczą, którą dostarcza się do granicy systemu grzewczego (budynku) o pewnej sprawności, aby zapewnić zapotrzebowanie na ciepło budynku, ale ponadto należy również uwzględnić zapotrzebowanie na energię pierwotną, czyli energię zawartą w źródłach, w tym paliwach i nośnikach, niezbędną do pokrycia zapotrzebowania na energię końcową, z uwzględnieniem sprawności całego łańcucha procesów pozyskania, konwersji i transportu do końcowego odbiorcy. Tego typu zestawienie dwóch grup wyników umożliwi ocenę sytuacji w dwojaki sposób i pozwala stwierdzić, które z rozwiązań jest najbardziej szkodliwe dla środowiska [3].

Celem artykułu jest przedstawienie i porównanie emisji zanieczyszczeń z wybranych źródeł ciepła, zestawienie wyników emisji zarówno dla zapotrzebowania na energię pierwotną jak i końcową budynku oraz stwierdzenie które z analizowanych rozwiązań jest najbardziej optymalnym dla środowiska. W pracy wybrano porównanie trzech źródeł ciepła:

- kotła na węgiel,
- kotła na gaz ziemny oraz
- pompy ciepła.

Wybór powyższych możliwości był dyktowany chęcią porównania obecnie najczęściej wybieranego paliwa jakim jest węgiel kamienny, który jednak jest jedną z przyczyn powstawania zanieczyszczeń w powietrzu z dwoma innymi wariantami, które są coraz częściej wybierane jako te bardziej ekologiczne rozwiązania. Takie zestawienie wyników emisji pozwoli na pokazanie jaki poziom zanieczyszczeń powstaje w zależności od wyboru danego źródła ciepła i pokaże, które z nich jest najlepszym z rozwiązań pod względem ekologicznym.

Literatura

- [1] Brockway A.M., Delforge P., *Emissions reduction potential from electric heat pumps in California homes*, “The Electricity Journal” 2018, Vol. 31, Issue 9, pp. 44–53.



-
- [2] Litjens G.B.M.A., Worrell E., van Sark W.G.J.H.M., *Lowering greenhouse gas emissions in the built environment by combining ground source heat pumps, photovoltaics and battery storage*, “Energy and Buildings” 2018, Vol. 180, pp. 51–71.
- [3] KOBIZE, *Wskaźniki emisji zanieczyszczeń ze spalania paliw. Kotły o nominalnej mocy cieplnej do 5 MW*, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2015.

TORYFIKACJA MATERIAŁÓW ORGANICZNYCH O RÓŻNYCH ZIARNISTOŚCIACH FRAKCJI

TORREFACTION OF ORGANIC MATERIALS OF DIFFERENT FRACTION SIZE

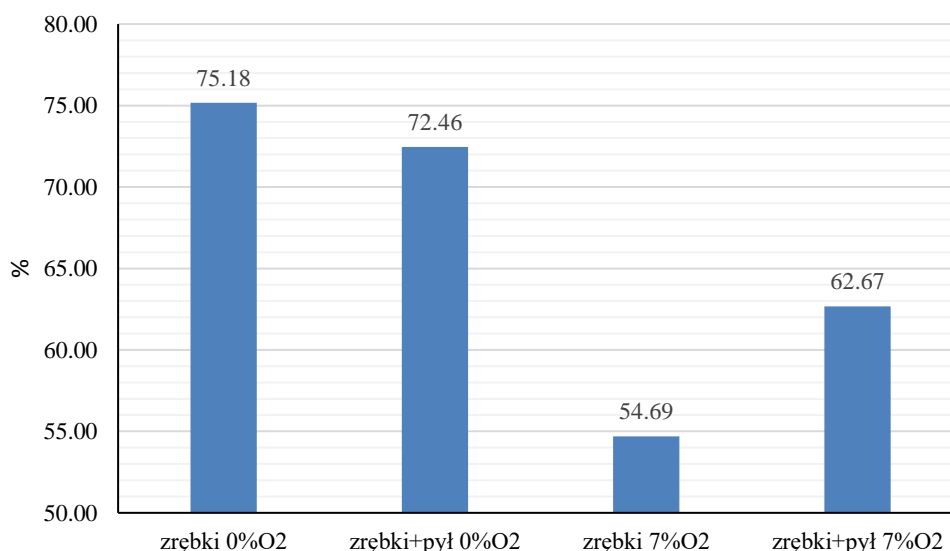
Bartosz Pałka¹, Mateusz Jackowski², Krzysztof Mościcki¹

¹*Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny*

²*Politechnika Wroclawska, Wydział Chemiczny*

Adres do korespondencji: *bartoszrp1@interia.pl*

Toryfikacja jest procesem waloryzacji biomasy, w trakcie którego uzyskuje się poprawę właściwości paliwa stałego, mających istotny wpływ na wykorzystanie w energetyce, takich jak ciepło spalania, zawartość części lotnych, przemiałowość, czy hydrofobowość. Zwykle toryfikację przeprowadza się w temperaturach 250°C do 300°C, przy obniżonym stężeniu tlenu lub jego całkowitym braku. Procesy podobne przy toryfikacji są także wykorzystywane w przemyśle spożywczym. Za przykład może służyć prażenie kawy lub prażenie zboża na potrzeby warzenia ciemnych piw. Dostępne w literaturze wyniki badań wskazują, iż dodatek 10% masowo pyłu drzewnego, pochodzącego ze zmielonych gałęzi drzew owocowych pozyskanych z corocznej przycinki, do prażonej pszenicy, oprócz wpływu na własności organoleptyczne, powoduje jej znacznie głębsze wyprażenie w porównaniu ze zbożem prażonym bez tego dodatku, co stwierdzono po ciemniejszym kolorze i potwierdzono w oparciu o zmniejszenie ubytku masy oraz oznaczeniu zawartości części lotnych w pszenicy odseparowanej już od pyłu [1].

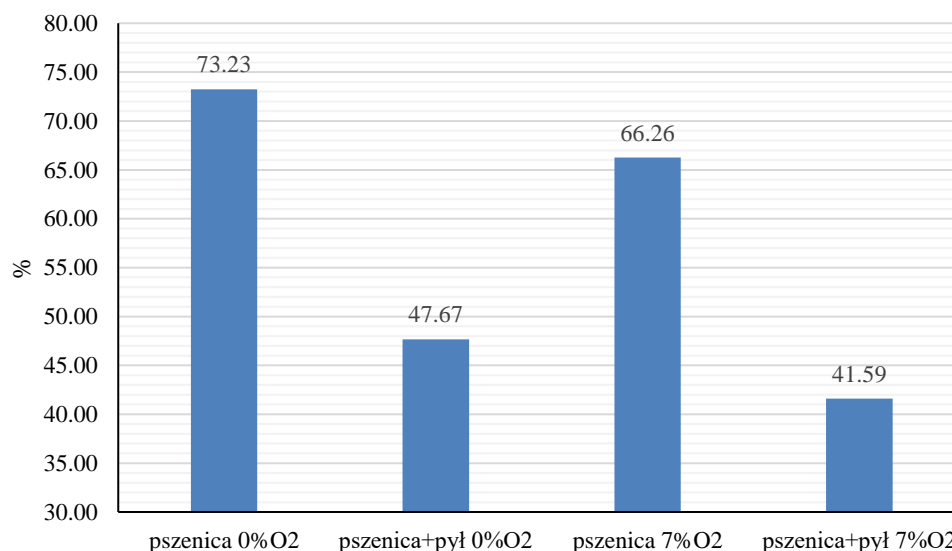


Rys. 1. Zawartość części lotnych w zrębkach toryfikowanych przez 30 minut w temperaturze 270°C. Parametrami zmiennymi była obecność pyłu we wsadzie (0% lub 10% masowo) oraz tlenu w obszarze procesu (0% lub 7% objętościowo)

Postawiono tezę, iż za efekt odpowiada ciepło wydzielające się w egzotermicznych reakcjach utleniania drobnej frakcji pyłu z tlenem obecnym w pewnej ilości w procesie i to właśnie sprawdzenie tej tezy ma na celu bieżąca praca. Ponadto porównano współprażenia z frakcją drobną pszenicy oraz zrębków drzewnych, aby sprawdzić, czy efekt ten może mieć potencjał użytecznego zastosowania również w branży energetycznej, a nie tylko spożywczej, co podyktowane jest planami osiągnięcia przez Unię Europejską neutralności klimatycznej do roku

2050 [2]. W takim przypadku biomasa toryfikowana, posiadająca wiele cech sprawiających, że jest ona znacznie bardziej wartościowym paliwem od biomasy surowej, takich jak podatność przemiałowa, odporność na działanie mikroorganizmów, hydrofobowość, czy większa gęstość energii [3], mogłaby zostać z powodzeniem wykorzystana w niewielkich obiektach takich jak ciepłownie lub kotły centralnego ogrzewania. Ponadto pył drzewny zastąpiono pyłem pochodzącym ze zmielonych wysłodzin browarnych stanowiących odpad z procesu warzenia piwa i będących materiałem znacznie bardziej podatnym na przemiał od stosowanych wcześniej gałęzi z przy-cinki.

Udało się potwierdzić, że efekt głębszego wyprażenia obserwowany dla ziaren pszenicy jest rzeczywisty, jednak może on w sposób niejednoznaczny przekładać się na inne rodzaje biomasy, w tym przypadku zrzębki. W ich przypadku głównym czynnikiem determinującym stopień wyprażenia, okazała się obecność niewielkiej ilości tlenu w procesie, w przypadku pszenicy natomiast, głównym czynnikiem wpływającym na proces okazał się być dodatek pyłu, który z obecnością tlenu w procesie wykazywał jedynie niewielką synergię. Może to sugerować, iż mechanizm poprawiający wyprażenie pszenicy jest bardziej skomplikowany niż wcześniej uważano i w większym stopniu opiera się na zmianie warunków transportu masy i ciepła w obrębie złoża. Dane uzyskane w pomiarach przedstawiono na rys. 1 oraz 2.



Rys. 2. Zawartość części lotnych w pszenicy prażonej przez 30 minut w temperaturze 270°C. Parametrami zmiennymi była obecność pyłu we wsadzie (0% lub 10% masowo) oraz tlenu w obszarze procesu (0% lub 7% objętościowo)

Literatura

- [1] Pałka B., Mościcki K., Jackowski M., *Prażenie i współprażenie zboża na cele browarnicze*, II edycja XII Konferencji Młodzi w Energetyce – Książka Streszczeń, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2020.
- [2] Komisja Europejska, *Communication from the Commission, The European Green Deal*, Bruksela 2019, ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_pl dostęp: 25.02.21.
- [3] Jakubiak M., Kordylewski W., *Toryfikacja Biomasy*, „Archiwum Spalania” 2010, Vol. 10, No. 1–2, s. 11–25.

IV SESJA REFERATOWA
SYSTEMY ENERGETYCZNE
POWER SYSTEMS

MODELOWANIE PRACY UKŁADU TURBINY GAZOWEJ Z KOTŁEM ODZYSKOWYM W PROGRAMIE EBSILON PROFESSIONAL

SIMULATION OF A GAS TURBINE WITH HEAT RECOVERY UNIT IN EBSILON PROFESSIONAL SOFTWARE

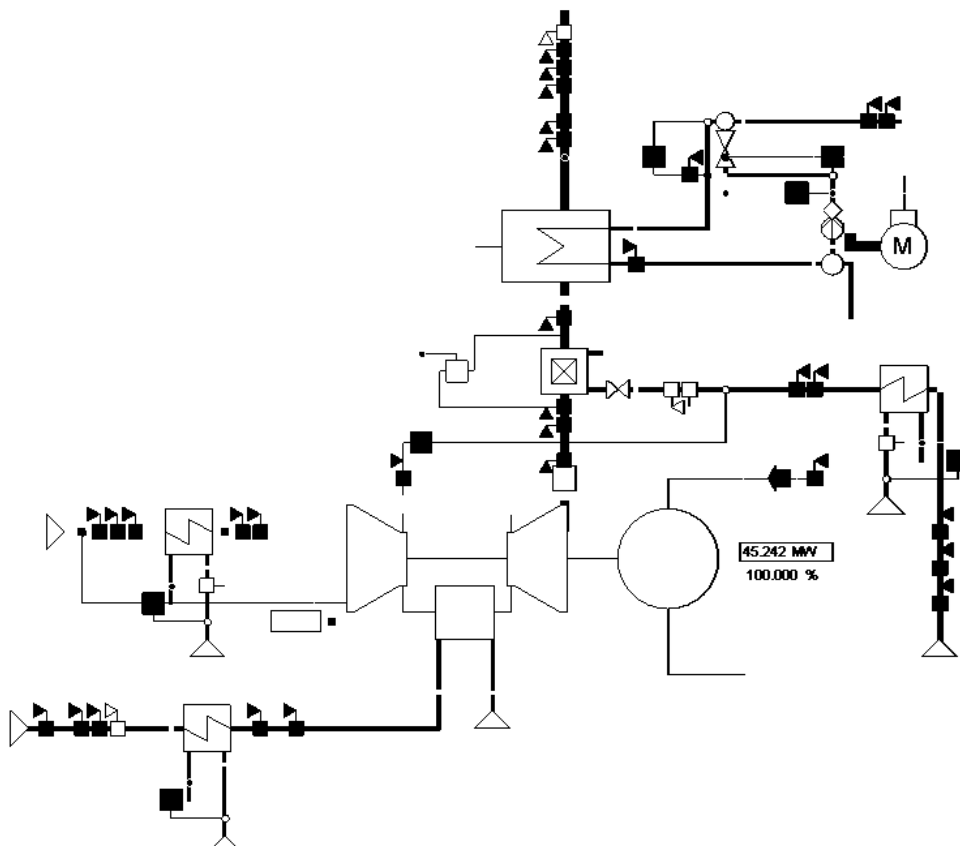
Maciej Bujalski^{1,2}, Paweł Madejski¹

¹Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki

²PGE Energia Ciepła S.A.

Adres do korespondencji: bujalski@agh.edu.pl

W polskim ciepłownictwie, technologie turbin gazowych zyskują coraz większą popularność zarówno w mało-, jak i wielkoskalowych systemach. Wynika to z nieuchronnej transformacji sektora, zmierzającej do odejścia od spalania węgla. W elektrociepłowniach, turbiny gazowe są integrowane z wodnymi kotłami odzyskowymi lub w układach gazowo-parowych. Turbina gazowa posiada szereg zalet w postaci m.in. wysokiej niezawodności działania, szybkiego rozruchu do pełnego obciążenia i elastyczności pracy. Efektywność turbiny i parametry produkcyjne są jednak ściśle uzależnione są od zmiennych warunków eksploatacyjnych, takich jak parametry termofizyczne powietrza wlotowego do sprężarki i paliwa gazowego. W celu kontroli pracy turbiny podczas eksploatacji lub na etapie tworzenia analiz koncepcyjnych, coraz częściej wykorzystuje się szczegółowe modele bloków energetycznych [1]. Modele symulacyjne znajdują szczególne zastosowanie do bieżącej optymalizacji pracy elektrociepłowni, poprzez krótkoterminowe planowanie produkcji energii [2].



Rys. 1. Model termodynamiczny turbiny gazowej z wodnym kotłem odzyskowym w programie Ebsilon Professional

W referacie przedstawiono model termodynamiczny kogeneracyjnej turbiny gazowej o mocy nominalnej 42,1 MW (dla parametrów ISO), opracowany z wykorzystaniem oprogramowania Epsilon Professional [3]. Turbinę gazową zamodelowano z użyciem krzywych korekcyjnych dostarczonych przez producenta. W modelu uwzględniono układ odzysku ciepła w wodnym kotle odzyskowym, z instalacją dopalania spalin wylotowych z turbiny. Maksymalna moc cieplna układu wynosi 119 MW (moc dopalania wynosi 73 MW). Omówiono sposób budowy modelu termodynamicznego dla stanu nominalnego, w którym odzwierciedlono kompletny układ technologiczny turbiny z systemami antyoblodzeniowym i podgrzewu gazu. W modelu zawarto niezbędne komponenty logiczne umożliwiające sterowanie parametrami i zadawanie wariantów pracy układu. Opracowany model umożliwia symulowanie pracy w określonych warunkach eksploatacyjnych off-design (parametry powietrza wlotowego, spalanego gazu, wody sieciowej). Rezultatem obliczeń turbiny gazowej jest m.in. moc elektryczna, jednostkowe zużycie energii chemicznej paliwa, temperatura, przepływ oraz skład spalin. Na podstawie parametrów spalin wylotowych obliczana jest moc cieplna w kotle odzyskowym.

W pracy przedstawiono wyniki obliczeń z opracowanego modelu termodynamicznego dla różnych stanów eksploatacyjnych związanych z danymi pogodowymi i parametrami paliwa gazowego. Zidentyfikowane zostały czynniki wpływające na efektywność produkcji energii w badanym układzie technologicznym. Zaprezentowano parametry produkcyjne kogeneracyjnej turbiny gazowej, w zależności od czynników wpływających na poszczególne wskaźniki. Opracowane narzędzie może być wykorzystane na potrzeby prognoz parametrów pracy jednostki wytwórczej w horyzoncie planowania produkcji.

Literatura

- [1] Madejski P., Żymełka P., *Wprowadzenie do komputerowych obliczeń i symulacji pracy systemów energetycznych w programie STEAG Epsilon[®] Professional*, Wydawnictwa AGH, Kraków 2020, e-ISBN 978-83-66364-71-4.
- [2] Żymełka P., Szega M., Madejski P., *Techno-Economic Optimization of Electricity and Heat Production in a Gas-Fired Combined Heat and Power Plant With a Heat Accumulator*, "J. Energy Resour. Technol." 2020, Vol. 142, No. 2, 022101.
- [3] *EBSILON[®] Professional, The Planning Tool for the Power Plant Process*, <https://www.ebsilon.com> [dostęp: 25.05.2021].

OBLICZENIA TERMODYNAMICZNE I SYMULACJA PRACY BLOKU PAROWEGO NA PARAMETRY NADKRYTYCZNE Z PODWÓJNYM PRZEGRZEWEM PARY

THERMODYNAMIC CALCULATION AND SIMULATION OF THE SUPERCRITICAL STEAM UNIT WITH DOUBLE REHEAT OPERATION

Karolina Chmiel, Paweł Madejski

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki

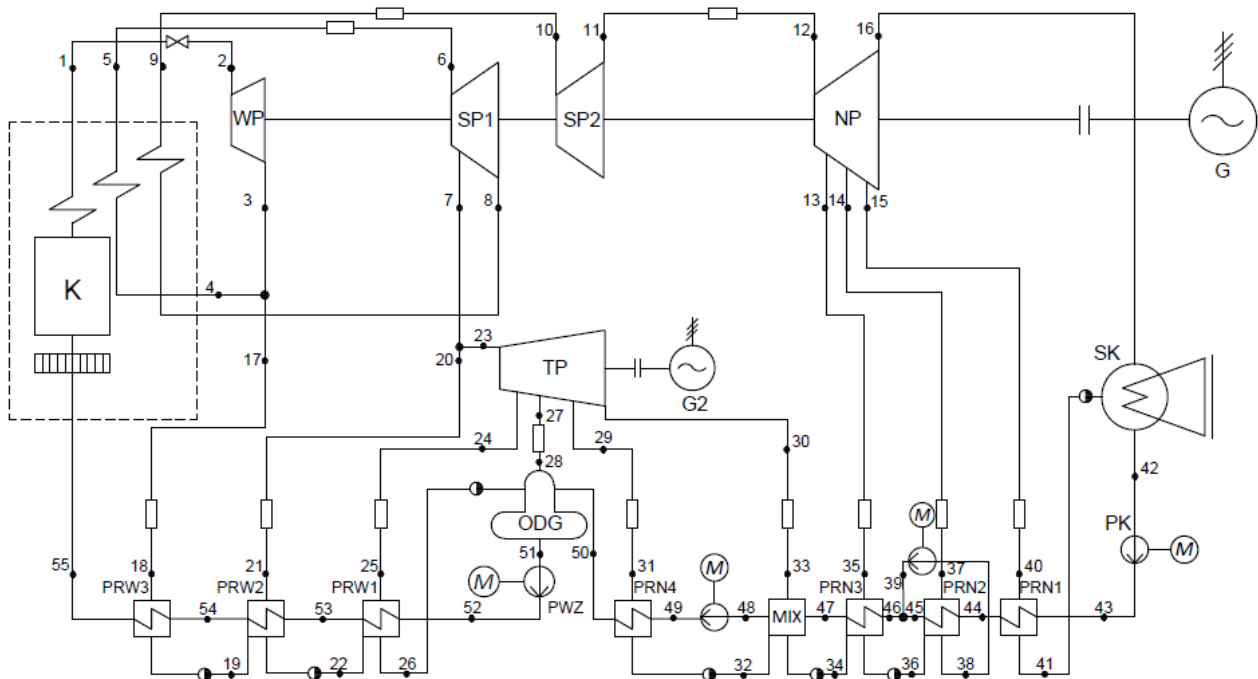
Adres do korespondencji: *kachmiel@student.agh.edu.pl*

W obecnych czasach energia elektryczna i energia ciepła stają się coraz bardziej nieodłącznym elementem ludzkiego życia. Z tego powodu, ważne jest by zapewnić stabilne oraz odpowiednie ich dostawy do odbiorców. Polska energetyka oparta jest w większości na węglu i pomimo istotnego wzrostu udziału w produkcji energii elektrycznej i ciepła technologii odnawialnych źródeł, energia wytwarzana w sposób konwencjonalny ma trwać przynajmniej do 2050 roku [1]. Jednak, aby dalszy rozwój elektrowni węglowych mógł mieć miejsce, konieczne jest zadbanie o spełnienie stosunkowo ostrych wymagań w zakresie emisji zanieczyszczeń do środowiska. Powstające bloki powinny również charakteryzować się wysoką sprawnością wytwarzania energii elektrycznej. Jednym ze sposobów zwiększenia sprawności takiej siłowni, a zarazem redukcji emisji zanieczyszczeń do środowiska jest podnoszenie parametrów pary generowanej w kotle.

W referacie zostały przedstawione obliczenia bloku parowego na parametry nadkrytyczne, a dokładniej na zaawansowane parametry ultranadkrytyczne. Rozważana jednostka, oprócz podstawowych komponentów (takich jak kocioł, turbina parowa, generator, skraplacz, pompa wody zasilającej), posiada również podwójny przegrzew pary wtórnej, regenerację wysokoprężną złożoną z 3 wymienników ciepła, regenerację niskoprężną składającą się z 4 wymienników, odgazowywacz oraz wymiennik mieszkankowy, pompy kondensatu, a także turbinę pomocniczą. Zarówno obieg parowy, jak i podstawowe parametry bloku dobrano na podstawie pozycji [1] i umieszczono w tab. 1 i na rys. 1. Schemat siłowni parowej został zamodelowany w programie Epsilon Professional [2]. Dane do obliczeń zostały zaadaptowane na podstawie omawianych i analizowanych obiegów w pracach [1–3]. Praca skupiła się na obliczeniach bilansowych poszczególnych komponentów, wyznaczeniu głównych parametrów bloku. Dodatkowo zostały wykazane możliwości modelowania punktów pracy elektrowni za pomocą specjalistycznego oprogramowania do symulacji pracy bloków energetycznych Epsilon Professional [2, 3].

Tabela 1. Podstawowe parametry bloku na zaawansowane parametry ultranadkrytyczne [1]

Parametr	Wartość	Jednostka
Moc bloku brutto	900	MW
Strumień pary świeżej	525	kg/s
Temperatura pary świeżej	700	°C
Ciśnienie pary świeżej	375	bar
Temperatura pary I przegrzew	720	°C
Ciśnienie pary I przegrzew	129	bar
Temperatura pary II przegrzew	720	°C
Ciśnienie pary II przegrzew	30	bar
Ciśnienie w kondensatorze	0,05	bar



Rys. 1. Schemat obiegu parowego siłowni na zaawansowane parametry ultranadkrytyczne

Literatura

- [1] Elsner W., Kowalczyk Ł., *Analiza możliwości modyfikacji struktury obiegu bloków węglowych pracujących na parametry ultranadkrytyczne*, „Modelowanie Inżynierskie” 2012, vol. 44, s. 57–64.
- [2] *EBSILON® Professional, The Planning Tool for the Power Plant Process*, <https://www.ebsilon.com> [dostęp: 25.05.2021].
- [3] Madejski P., Żymelka P., *Wprowadzenie do komputerowych obliczeń i symulacji pracy systemów energetycznych w programie STEAG Ebsilon® Professional*, Wydawnictwa AGH, Kraków 2020, e-ISBN 978-83-66364-71-4.

OPTIMALIZACJA TEMPERATURY ŁADOWANIA SORPCYJNEGO AKUMULATORA CIEPŁA

OPTIMIZATION OF THE CHARGING TEMPERATURE FOR THE SORPTION THERMAL ENERGY STORAGE

Beata Pytlik, Daniel Smykowski, Piotr Szulc

Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Inżynierii Konwersji Energii

Adres do korespondencji: *beata.pytlik@pwr.edu.pl*

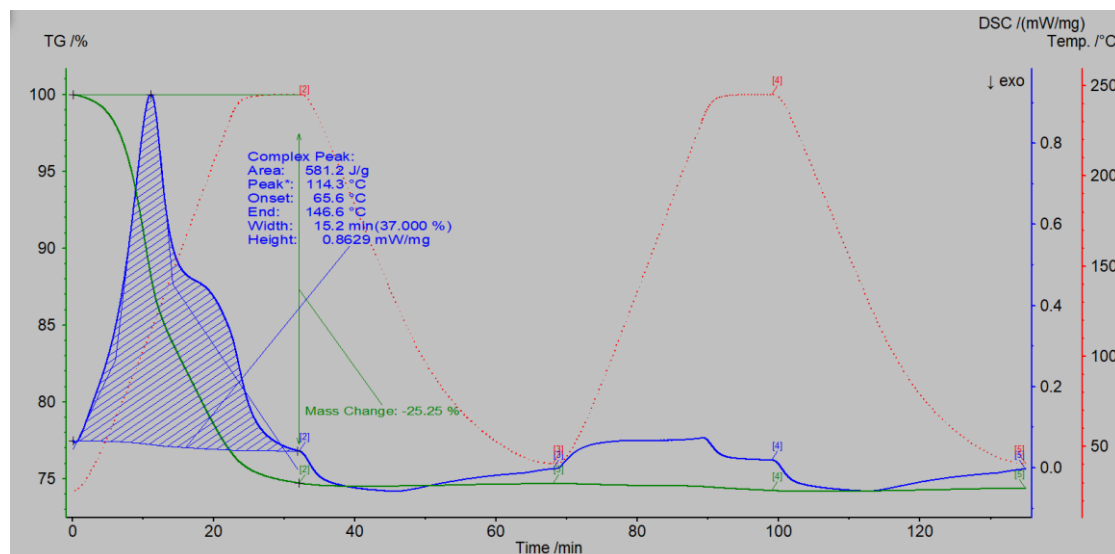
Stale rosnąca emisja CO₂ [1] i wyczerpujące się złoża paliw kopalnych [2] są jedną z przyczyn poszukiwania i wykorzystywania bardziej ekologicznych źródeł energii, w tym OZE. Jednak odnawialne źródła energii cechują się dużą i trudną do predykcji [3] zmiennością mocy wytwórczej. Z tej przyczyny kluczową kwestią staje się magazynowanie energii. Dodatkowo, ponad 50% zużywanej na świecie energii jest tracone w postaci ciepła, stąd też technologie magazynowania ciepła (TES) mają największy potencjał, umożliwiającą odzysk ciepła odpadowego oraz zrównoważenie popytu i podaży na ciepło [4].

Aktualnie, do akumulacji ciepła stosuje się głównie wodę, a w niektórych przypadkach również materiały zmiennofazowe. Obie wymienione grupy materiałów cechują się ograniczeniami w zakresie temperatur pracy oraz względnie niską gęstością magazynowania energii. Inną grupą materiałów nadających się do akumulacji ciepła, są materiały sorpcyjne. W ich przypadku, gęstość magazynowania energii jest 5–10 razy większa w porównaniu do materiałów wykorzystujących zjawisko przemiany fazowej [5]. Ponadto, czas akumulacji ciepła jest teoretycznie nieograniczony [6], co umożliwia sezonową akumulację ciepła.

Gęstość magazynowania energii zależy bezpośrednio od właściwości termofizycznych materiału akumulującego, w szczególności, ciepła adsorpcji i desorpcji. Do pomiarów tego parametru można wykorzystać technikę DSC–TGA, która umożliwia jednoczesny pomiar ciepła procesu desorpcji oraz ubytku masy adsorbentu. Ponadto, możliwe jest także określenie temperatury, w której następuje całkowita desorpcja.

Celem badań było wyznaczenie temperatury, w której następuje rozpoczęcie procesu desorpcji wody z zeolitu, a także temperatury w której następuje całkowita desorpcja wody. Wartości te odpowiadają obszarowi pracy akumulatora.

Pomiary wykonano za pomocą analizatora NETZSCH w atmosferze obojętnej (azotu) i pod ciśnieniem atmosferycznym. Wyniki zaprezentowano na rysunku 1.



Rys. 1. Wykres zależności TGA i DSC w zależności od temperatury i czasu

Na podstawie wyników pomiarów zaobserwowano 25% ubytek masy, przy ogrzewaniu próbki nasyconego wodą zeolitu, do temperatury 250°C. Odpowiada to masie wody, która uległa desorpcji. Entalpia procesu desorpcji wody w takich warunkach wynosi 581,2 J/g. Proces adsorpcji rozpoczyna się w temperaturze 65,6°C, a całkowita desorpcja jest osiągnięta w temperaturze wynoszącej 146,6°C. Maksymalna intensywność procesu obserwowana jest w temperaturze 114,3°C. W drugim cyklu ogrzewania próbki nie zaobserwowano ubytku masy. Oznacza to, że cała woda została zdesorbowana już podczas pierwszego cyklu.

Literatura

- [1] Fleschutz M. et al., *The effect of price-based demand response on carbon emissions in European electricity markets: The importance of adequate carbon prices*, “Applied Energy” 2021, Vol. 295, 117040.
- [2] <https://ourworldindata.org/fossil-fuels>
- [3] Qing X., Niu Y., *Hourly day-ahead solar irradiance prediction using weather forecasts by LSTM*, “Energy” 2018, Vol. 148, pp. 461–468.
- [4] Mahmoudi A., Fazli M., Morad M.R., *A recent review of waste heat recovery by Organic Rankine Cycle*, “Applied Thermal Engineering” 2018, Vol. 143, pp. 660–675.
- [5] Aneke M., Wang M., *Energy storage technologies and real life applications – A state of the art review*, “Applied Energy” 2016, Vol. 179, pp. 350–377.
- [6] Labik L. et al., *Electricity Generation Using a Hybridized Zeolite Adsorption Heat Pump and Heat Engine*, “Applied Physics Research” 2020, Vol. 12, No. 4, 75.

V SESJA REFERATOWA

**SCIENTIFIC CHALLENGES IN MODERN
POWER ENGINEERING**

**WYZWANIA NAUKOWE STAWIANE
WSPÓŁCZESNEJ ENERGETYCE**

CFD SIMULATION OF ENTRAINED FLOW COAL GASIFICATION WITH AN EMPHASIS ON CHAR CONVERSION MODELS

SYMULACJA CFD ZGAZOWANIA STRUMIENIOWEGO WĘGLA Z NACISKIEM NA MODELE KONWERSJI POZOSTAŁOŚCI KOKSOWEJ

Jakub Mularski, Norbert Modliński

*Wroclaw University of Science and Technology, Faculty of Mechanical and Power Engineering,
 Department of Energy Conversion Engineering*

Corresponding author: jakub.mularski@pwr.edu.pl

The presentation regards the computational fluid dynamic (CFD) modeling of coal gasification by focusing on char conversion models. A recent study [1] confirmed a substantial effect of gas-phase modeling on the production rate of the main syngas components (CO, H₂, CO₂, H₂O) in gasification conditions. In [2], the influence of devolatilization was investigated in the accurate prediction of entrained flow coal gasification, by focusing on kinetic parameters of global devolatilization models. The study confirmed a huge impact of the devolatilization process on the gas formation and temperature distribution in the flame region. However, a literature review [3] indicated that the char conversion process is the most important and the most impactful coal gasification sub-process which determines the residence time in the gasifier. Syngas yield was found to be most sensitive to char –CO₂ and char–H₂O reactions.

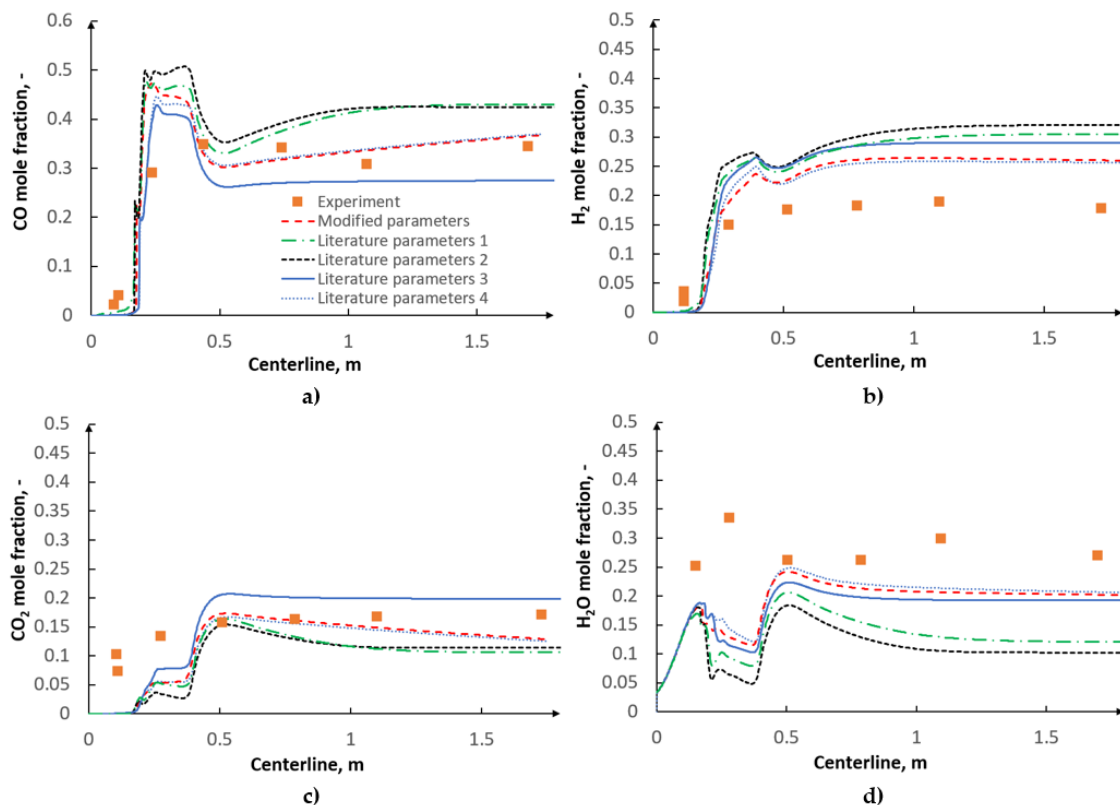


Fig. 1. CFD results: a) CO, b) H₂, c) CO₂ and d) H₂O mole fraction distribution along the centerline for five different sets of kinetic parameters [4]

The most advanced approach that models the phenomena related to char conversion – the carbon burnout kinetic (CBK) model accounts for such effects as pore diffusion phenomena with internal surface area evolution, regime-dependent particle diameter and density evolution, ash inhibition and thermal annealing. However, in order to limit the computational requirements which concern especially 3D cases with large eddy simulation (LES) or direct numerical simulation (DNS), most CFD studies consider simplified global modeling approaches. As regards the char conversion modeling, the surface-based kinetic diffusion model was found to be the most widely applied in the literature. Unfortunately, the literature review indicated that in most of the studies where global models were applied, the kinetic parameters were not adjusted prior to a numerical simulation. For instance, for the char–H₂O and char–CO₂ reactions, the following pre-exponential factors and activation energies ($A_{\text{H}_2\text{O}} = 0.0782$, $E_{\text{H}_2\text{O}} = 1.15 \cdot 10^7$, $A_{\text{CO}_2} = 0.0732$, $E_{\text{CO}_2} = 1.125 \cdot 10^7$) were used for reactors that differ in their operating conditions. Each set of kinetic parameters should be related to the unique operating conditions. Unfortunately, the use of experimental techniques for the determination of kinetic parameters can be very challenging or even inviable, especially in the case of large-scale reactors. The direct use of complex models, such as the detailed CBK model can significantly affect the computational effort. Therefore, following the strategy presented in [2], in the current study the detailed CBK model is used independently of CFD as a stand-alone model. The application of a novel optimization method [2] allows obtaining unique kinetic parameters for global models, valid only for the investigated operating conditions. The results from the study have been already published in [4]. Fig. 1 presents the exemplary results of the main syngas components yield along the centerline of the studied reactor. The impact of the application of different sets of kinetic parameters on the syngas yield is also illustrated.

Literature

- [1] Mularski J., Modliński N., *Impact of Turbulence-Chemistry Interaction Modeling Approach on the CFD Simulations of Entrained Flow Coal Gasification*, “Energies” 2020, Vol. 13, No. 23, 6467, doi: 10.3390/en13236467.
- [2] Mularski J., Modliński N., *Entrained flow coal gasification process simulation with the emphasis on empirical devolatilization models optimization procedure*, “Applied Thermal Engineering” 2020, Vol. 175, 115401, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2020.115401.
- [3] Mularski J., Pawlak-Kruczek H., Modliński N., *A review of recent studies of the CFD modelling of coal gasification in entrained flow gasifiers, covering devolatilization, gas-phase reactions, surface reactions, models and kinetics*, “Fuel” 2020, Vol. 271, 117620, doi:10.1016/j.fuel.2020.117620.
- [4] Mularski J., Modliński N., *Entrained-flow Coal Gasification Process Simulation with the Emphasis on Empirical Char Conversion Models Optimization Procedure*, “Energies” 2021, Vol. 14, No. 6, 1729, doi: 10.3390/en14061729.

EXPANSION LOSSES IN TWO-PHASE VOLUMETRIC EXPANDERS

STRATY PODCZAS ROZPRĘŻANIA CZYNNIKA DWUFAZOWEGO W ROZPRĘŻARKACH OBJĘTOŚCIOWYCH

Sindu Daniarta, Piotr Kolasiński

*Wroclaw University of Science and Technology, Faculty of Mechanical and Power Engineering,
Department of Thermodynamics and Renewable Energy Sources*

Corresponding author: *sindu.daniarta@pwr.edu.pl*

Volumetric machines can be utilized as pumps, compressors, or expanders. The literature review shows that volumetric machines are classified into two main designs, i.e., rotary and reciprocating positive-displacement machines. Compared to turbines [1], these machines have many positive attributes like simple construction, moderate operating speeds, good off-design performance and lower cost. Thanks to the good performance of these volumetric expanders, many researchers have been investigating their utilization as suitable primer movers for low-grade thermal power plants, like Organic Rankine Cycle (ORC) and Trilateral Flash Cycle (TFC) [2],[3].

In the case of low-grade heat sources, there is an issue that in some of the cases and places, the heat sources are intermittent which can significantly influence the performance of the thermal cycle. The fluctuation of heat sources may lead to unsuccessful or partial evaporation of the working fluid of the ORC system (quality of working fluid before the expansion process $x < 1$) or evaporate the working fluid of TFC (quality of fluid before expansion process $x > 0$). It means that this phenomenon also affects the performance of volumetric expanders. Some researchers believe that volumetric expanders are able to operate under this wet condition (i.e., two-phase condition), however, only a few experimental data and articles discuss this phenomenon. Therefore, this article focuses on the preliminary study on expansion losses in two-phase volumetric expanders (i.e., piston, gerotor, screw, scroll, vane) applied in ORC. As an alternative cycle, TFC is also discussed here. This article discusses the literature study, mathematical model, and a comparison of volumetric expanders working under wet condition. The process of sudden expansion [4] in one of the volumetric expanders is also described. The results show that piston expanders adopt sudden expansion that leads to more expansion losses, and rotary positive-displacement expanders tend to be suitable to apply in wet condition for both TFC and ORC.

Literature

- [1] Badr O. et al., *Multi-vane expanders as prime movers for low-grade energy organic Rankine-cycle engines*, “Applied Energy” 1984, Vol. 16, Issue 2, pp. 129–146, doi: 10.1016/0306-2619(84)90060-6.
- [2] Kolasiński P., *The Method of the Working Fluid Selection for Organic Rankine Cycle (ORC) Systems Employing Volumetric Expanders*, “Energies” 2020, Vol. 13, No. 3, pp. 573, doi: 10.3390/en13030573.
- [3] Smith I.K., *Development of the trilateral flash cycle system. Part 1: Fundamental considerations*, “Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy” 1993, Vol. 207, Issue 3, doi: 10.1243/PIME_PROC_1993_207_032_02.
- [4] Belgacem I., Mekhlouf R., *Numerical simulation of two-phase flow within sudden expansion in horizontal channel pressure and velocity distribution*, “Chemical Papers” 2020, Vol. 74, pp. 3111–3125, doi: 10.1007/s11696-020-01141-1.

LITERATURE REVIEW OF FROST FORMATION PHENOMENA IN AN EVAPORATOR OF A DOMESTIC REFRIGERATOR

PRZEGLĄD LITERATURY DOTYCZĄCEJ ZJAWISKA TWORZENIA SIĘ SZRONU W PAROWNIKU ŁODÓWKI DOMOWEJ

Daria Krasota, Piotr Kolasinski

*Wrocław University of Science and Technology, Faculty of Mechanical and Power Engineering,
Department of Thermodynamics and Renewable Energy Sources*

Corresponding author: *daria.krasota@pwr.edu.pl*

Phenomenon of frost formation on solid surfaces is one of these physical processes which are crucial in different fields of science and technology. Frost formation may influence the operating conditions of devices, machines and mechanisms and may have the impact on physical processes (e.g. heat transfer or fluid flow) proceeding in these machines and systems sometimes limiting their performance and efficiency. What is more, this phenomenon is also very important from the safety point of view. For example, frosting is observed on the surfaces of wings of planes and wind power plants, heat exchangers or fans. In specific thermodynamic conditions frost particles can be agglomerated into ice. Formation of frost occurs only if the different conditions (such as air humidity, temperature, flow speed and surface geometry) are conducive to the phenomenon. For this reasons, development of precise mathematical models, experiments and modeling methods of this phenomena are nowadays of great importance. One of the common problems related to the design and operation of refrigerators applied in domestic, medical and industrial applications is frosting of evaporator. The evaporators in the refrigerators work at extreme cold temperatures (above -20°C [1]) and when the moist air comes in contact with the cold fins and tubes of the evaporator, the vapor in the air tends to sublimate to form a thin layer of ice on the evaporator surfaces, called frost [2]. This frost results in an increase of thermal resistance and blocks air passages, and hence, reduces heat transfer efficiency of the evaporator. Therefore, operating time of defrost heater increases, moreover for particular cases defrost heat is not even sufficient to overcome clogging of evaporator when frosting is more aggressive and blocking full space. System energy consumption increases and the product performs less efficient. Thus understanding the algorithms and morphology of the process, input factors and conditions which are driving changes is so important to prevent such unexpected phenomena and increase product efficiency. The topic of frost formation on cold surface had been researched since late 90th of XX century. A lot of publications and doctorate dissertations are dedicated to development of the researching installations and experiment methodology for investigation and understanding frost growing up morphology in different fields: air crafting, home and kitchen appliances, transporting goods car's cold chambers and many others. Another significant part – are dedicated to creation of the analytical solution for a mathematical model with additional equations (1) for species conversation for the water vapor [3]:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\alpha_a \rho_a Y_v) + \nabla \cdot (\alpha_a \rho_a Y_v u_a) = \nabla \cdot (\rho_a D_{H_2O} \nabla Y_v) + S_{mv} \quad (1)$$

where: $u = (u, v, w)$ is velocity vector, m/sec, ρ – density, kg/m^3 , Y – mass fraction, α – volume fraction, D – diffusivity, m^2/s , S – mass source term for the water vapor component in the humid air phase.

Thanks to the possibility of using computer software for modeling the physical processes, technological progress and clusters availability, CFD (Computational fluid dynamics) tools became more widely used to support this topic, therefore more articles nowadays are performing this type of studies with validation based on experiment results taken from past articles or by conducting the test. This article reviews the literature in the topic of

frosting and discusses the mathematical models, experimental setups designs and experimental results as well as numerical models and modeling results.



Fig. 1. View on frost accumulated on the evaporator of the refrigerator

Literature

- [1] *Household refrigerating appliances — Refrigerators with or without low-temperature compartment — Characteristics and test methods*, ISO 7371:1995, <https://www.iso.org/standard/14060.ht>.
- [2] Oliver J.E., *The Encyclopedia of World Climatology*, Springer Science & Business Media, 2005.
- [3] Wu X., Ma Q., Chu F., *Numerical Simulation of Frosting on Fin-and-tube Heat Exchanger Surfaces*, “Journal of Thermal Science and Engineering Applications” 2017, doi: 10.1115/1.4035925.

THERMODYNAMIC ANALYSIS OF THE CONCEPT OF SOLAR-COAL HYBRID POWER PLANT

STRATY PODCZAS ROZPRĘŻANIA CZYNNIKA DWUFAZOWEGO W ROZPRĘŻARKACH OBJĘTOŚCIOWYCH

Paweł Madejski¹, Navaneethan Subramanian¹, Sandile Peta²

¹AGH University of Science and Technology, Faculty of Mechanical Engineering and Robotics

²University of the Witwatersrand

Corresponding author: madejski@agh.edu.pl

Concentrated solar power (CSP) is a key Renewable Energy Source (RES) that enables electricity supply when the energy source is not available (the sun is not shining). Nowadays, many CSP plants are operating or are under construction processes [1]. Some of the critical limits of CSP plant operation are energy costs and energy availability, which change during one year and daily. These parameters forced focusing on building new CSP plants in regions with high solar irradiation levels and deployment thermal energy storage systems [2].

The paper presents the new idea of repurposing an existing coal-fired steam power unit by retrofit with a CSP system. The hybrid power plant concept is based on the existing steam Rankine cycle power unit with an additional part of solar power components. The thermal energy storage system using two storage tanks was developed to ensure thermal input from the CSP part at the constant level when the plant is operating during the whole day. Thermodynamic analysis of the presented hybrid energy system was conducted using a developed thermodynamic model (Fig. 1) using Ebsilon® Professional software [3],[4]. Firstly, the steam cycle operation was analyzed under nominal conditions. Next, the three variants of the hybrid solar-coal power plant model were built. Each variant consists of an additional heat exchanger installed before the coal boiler to increase feed water temperature thanks to the heat that comes from the CSP part.

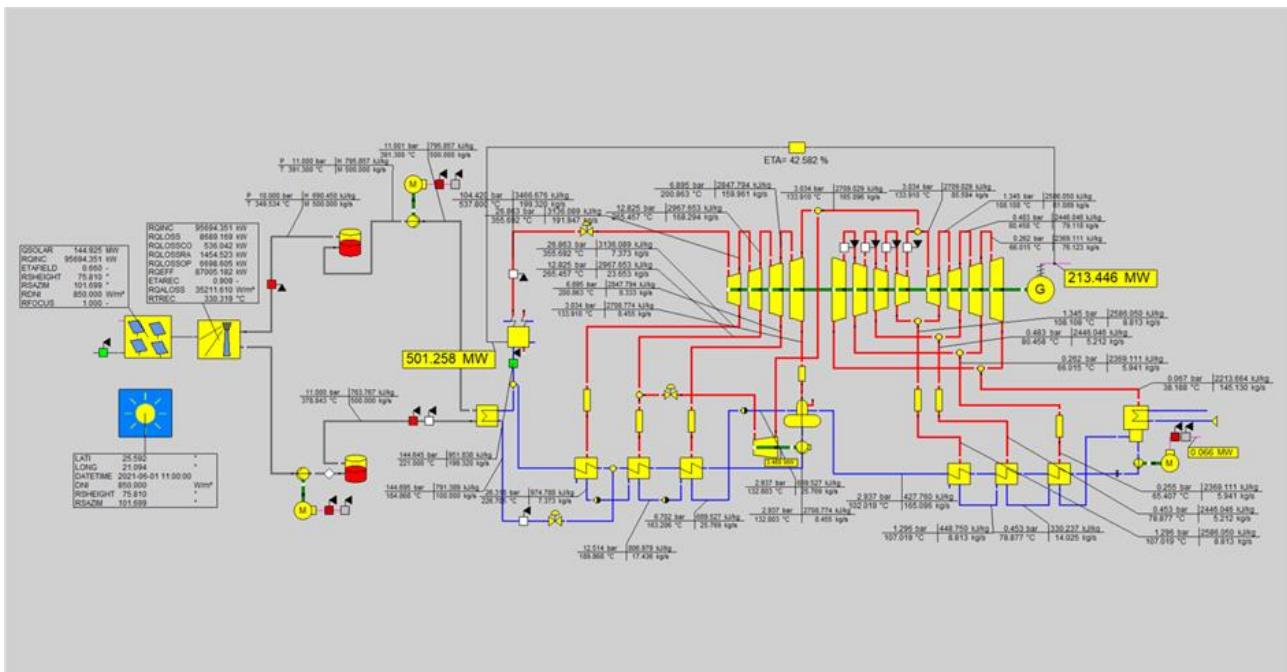


Fig. 1. Thermodynamic model of hybrid solar-coal power plant developed using Ebsilon® Professional software

The presented idea of the hybrid solar-coal power plant can find application as a promising solution to repurpose existing coal power plants and replace part of heat input with the use of solar energy. This solution can help in decreasing CO₂ emission levels, as well as reducing costs of the CSP plant while keeping availability and level of produced electricity at the nominal high level during constant power plant operation.

Literature

- [1] Craig O., *The current and future energy economics of concentrating solar power (CSP) in South Africa*, Sajie 2017.
- [2] Barile C., *Solar Thermal Energy Storage Systems*, Physics 240, Stanford University, Fall 2010.
- [3] Madejski P., Żymełka P., *Wprowadzenie do komputerowych obliczeń i symulacji pracy systemów energetycznych w programie STEAG Ebsilon® Professional* (in Polish), Wydawnictwa AGH, Kraków 2020, e-ISBN 978-83-66364-71-4.
- [4] EBSILON® Professional, *The Planning Tool for the Power Plant Process*, <https://www.ebsilon.com>

EXPOUNDING THE POSSIBILITY OF THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR PREDICTING MULTIVARIATE TIME SERIES OF PULSATING HEAT PIPE

OCENA MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA SZTUCZNEJ INTELIGENCJI DO PRZEWIDYWANIA WIELOWYMIAROWYCH SZEREGÓW CZASOWYCH W PULSACYJNYCH RURKACH CIEPŁA

Parthkumar Parmar, Cezary Czajkowski, Andrzej Nowak, Sławomir Pietrowicz
Wrocław University of Science and Technology, Faculty of Mechanical and Power Engineering,
Department of Thermodynamics and Renewable Energy Sources

Corresponding author: parthkumar.parmar@pwr.edu.pl

The comparison between operating parameters associated with behaviour of a PHP set-up is difficult to achieve with mechanistic and mathematical models. Even some simulation software like “Open Foam” and solvers developed by ANSYS are time consuming. The extravagant inter-dependencies of the PHP system variables is difficult to solve by conventional mechanistic models [1]. For this reason, the novel approach of learning the behaviour of two phase fluid flow system with help of Artificial Intelligence is being introduced [2]. This paper focuses on the studying the behaviour of PHP system WITH hfe-7000 as a working fluid inside thermal loop and predict the future behaviour of the system. Three different datasets were being generated from three different experiments for filling ratios 50%, 60% and 70% of a working fluid by volume of a thermal loop of PHP. Based on these past behaviour of the chosen PHP set-up, the long short term memory (LSTM) model was used to predicted the behaviour of a PHP system in case of changed working fluid filling ratio inside a thermal loop of a PHP. The concurrent results exhibited some promising predictions, which can be broader in the future with a prospective of including as many as twenty one or more operating parameters associated with PHP system. The ongoing empirical approach of studying the PHP system is with fifteen parameters (five parameters as independent variables of the system where remaining ten variables are dependent variables on five independent variables). The latest version of the developed LSTM model can predict the PHP behaviour with accuracy around 99%, where the model predictions were validated on two different filling ratios.

Literature

- [1] Liang F., Gao J., Xu L., *Thermal performance investigation of the miniature revolving heat pipes using artificial neural networks and genetic algorithms*, “International Journal of Heat and Mass Transfer” 2020, Vol. 151, 119394, doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2020.119394.
- [2] Schmidhuber J., *Deep Learning in neural networks: An overview*, “Neural Networks” 2015, Vol. 61, pp. 85–117, doi: 10.1016/j.neunet.2014.09.003.

VI SESJA REFERATOWA

**TECHNOLOGIE PRZYSZŁOŚCI
W ENERGETYCE**

**TECHNOLOGIES OF THE FUTURE
IN POWER ENGINEERING**

WYKORZYSTANIE WYBRANYCH TESTÓW STATYSTYCZNYCH DO WYKRYWANIA ORAZ ELIMINACJI OBSERWACJI ODSTAJĄCYCH W POMIARACH STANÓW WODY W PIEZOMETRACH OTWARTYCH ZAPORY TRESNA W LATACH 2018–2020

USE OF SELECTED STATISTICAL TESTS FOR DETECTION AND ELIMINATION OF OUTLIER OBSERVATIONS IN MEASUREMENTS OF WATER LEVELS IN OPEN PIEZOMETERS OF TRESNA DAM IN 2018–2020

Stanisław Lach

*AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie,
Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, Katedra Kształtowania i Ochrony Środowiska*

Adres do korespondencji: *slach@agh.edu.pl*

Budowle hydrotechniczne ze względu na swoje wymiary należą do największych i najcięższych obiektów inżynierskich. Zapewnienie bezpieczeństwa eksploatacji takich obiektów wymaga ciągłego monitoringu. Podstawową formą monitoringu takich obiektów są m.in. wielokrotne, okresowe pomiary piezometryczne, które są jednym z obowiązkowych elementów pomiarów kontrolnych [1]. Pomiary te mają zapewnić bezpieczeństwo użytkownika danego obiektu, co wiąże się to bezpośrednio z zagwarantowaniem bezpieczeństwa dla ludności mieszkającej i pracującej na obszarze narażonym na zniszczenie w razie wystąpienia ewentualnej awarii lub katastrofy obiektu [2].

Z punktu widzenia bezpieczeństwa obiektu hydrotechnicznego najkorzystniejsza sytuacja zachodzi wówczas, gdy wskazania w piezometrach oscylują wokół stałej wartości. Świadczy to bowiem o ustabilizowanych procesach filtracji w korpusie i podłożu zapory. Podczas obserwacji poziomów zwierciadła wody w piezometrach otwartych lub ciśnienia wody w piezometrach zamkniętych mogą pojawić się pewne czynniki mogące być przyczyną zaburzenia tych pomiarów [3]. Przyjmując one charakter systematyczny, przypadkowy lub oczywistej pomyłki. Przed wykonaniem analizy takich danych należy odrzucić obserwacje odstające (błędy grube), które mogą w znacznym stopniu wpłynąć na jej wynik, jak również spowodować fałszywą ocenę lub interpretację badanego zjawiska. W takiej sytuacji konieczne jest zastosowanie pewnych testów statystycznych, dzięki którym możliwe będzie przyjęcie bądź odrzucenie pomiaru wątpliwego na przyjętym poziomie istotności α .

W niniejszej pracy wykorzystano testy statystyczne służące do identyfikacji oraz odrzucenia obserwacji odstających: test Q -Dixona, test Grubbsa, test Hampela, test Rosnera oraz test Iglewicz i Hoaglina. Zakres pracy obejmuje analizę pomiarów piezometrów otwartych dla zapory Tresna z lat 2018–2020.

Literatura

- [1] Lach S., *Analysis of changes in the trends recorded in piezometers of the Solina Dam in the study period 2010–2015*, „Journal of Ecological Engineering” 2018, Vol. 19, Issue 1, pp. 150–155.
- [2] Mirosław-Świątek D., Kembłowski M., Jankowski W., *Application of the Bayesian Belief Nets in dam safety monitoring*, „Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Land Reclamation” 2012, Vol. 44, pp. 25–33.
- [3] Molski T., *Ziemne budowle hydrotechniczne i ich podłoże w warunkach filtracji naporowej*, „Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich” 2012, vol. 3, s. 221–233.

ANALIZA STANU TECHNICZNEGO WYBRANYCH MASZYN I URZĄDZEŃ GÓRNICZYCH W ODNIESIENIU DO ZAGROŻENIA POŻAROWEGO

ANALYSIS OF THE TECHNICAL CONDITION OF SELECTED MINING MACHINES AND EQUIPMENT RELATING TO FIRE RISK

Marta Stempniak

Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Koło Naukowe PWr Solar Boat Team

Adresy do korespondencji: 240951@student.pwr.edu.pl, marta.stempniak5@wp.pl

Do największych niebezpieczeństw występujących w przemyśle należą pożary. Zagrożają one zdrowiu i życiu pracowników oraz narażają zakłady na ogromne straty finansowe. Z tych względów niezwykle istotne jest, by poddać analizie główne przyczyny pojawiania się zagrożenia pożarowego aby skutecznie mu zapobiegać, a w przyszłości móc zlokalizować potencjalnie zagrożone miejsca i trafnie ocenić ryzyko wystąpienia awarii bądź pożaru. W celu przeprowadzenia niniejszej analizy niezbędne było wykorzystanie kamer termowizyjnych i wiedzy zawartej w badaniach specjalistów z branż zajmujących się ochroną przeciwpożarową [1–3].

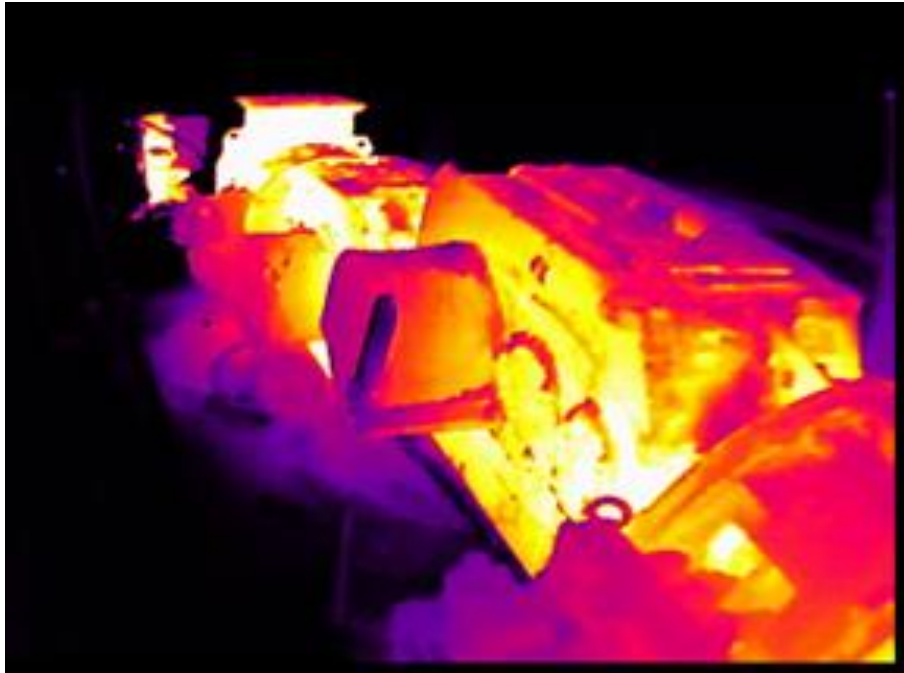
Kamery termograficzne zastosowane do pomiaru temperatury najintensywniej grzejących się elementów maszyn i urządzeń górniczych dostarczyły danych umożliwiających ocenę stanu badanych komponentów. Posiadając te informacje jesteśmy w stanie odnieść się do temperatury krytycznej będącej jednym z wyznaczników ryzyka wystąpienia sytuacji niebezpiecznych. Pomiar własne wykonane zostały w KWK Ruch Chwałowice w Rybniku na przenośnikach odstawy głównej [3],[4].



Rys. 1. Kamera termowizyjna Flir i60 na tle badanego układu napędowego

Pomiary przeprowadzone w kopalni na jednostkach napędowych odbyły się w sposób nieniszczący, nie zaburzający pracy przenośnika, poprzez pomiar temperatury zewnętrznej, nie wyłączając urządzeń ani instalacji. Pozwoliło to na uzyskanie szeregu zdjęć pomiarowych [3],[4].

W pracy skomentowane zostaną także ogólnodostępne dane pochodzące z kopalni miedzi KGHM Polska Miedź S.A., będą one rozważone w formie komentarzy pod kątem możliwości zastosowania pomiarów termowizyjnych do wykrywania uszkodzeń w maszynach i urządzeniach stosowanych w kopalniach KGHM w celu ograniczenia zagrożenia pożarowego. W prezentacji analizowane będą głównie zapłony wynikające z pracy samojezdnych maszyn górniczych oraz urządzeń i instalacji energetycznych, na podstawie wyników badań przeprowadzonych przez naukowców w KGHM Polska Miedź S.A [1],[2].



Rys. 2. Obraz termograficzny z kamery Dräger UFC 9000 układu napędowego przenośnika taśmowego PT 5 Pioma 1200

Porównanie dwóch typów podziemnych Zakładów Górniczych powinno dać szerszy obraz na badane zagrożenie, a ostatecznie stanowić źródło informacji dla służb utrzymania ruchu i jednostek ratowniczych branż górniczych i energetycznych.

Literatura

- [1] Jasiński P., Jasiński P., Janik S., *Przyczyny występowania pożarów w podziemnych zakładach górniczych wydobywających rudy miedzi w latach 2008-2014*, „CUPRUM – Czasopismo Naukowo-Techniczne Górnictwa Rud” 2015, vol. 77, nr 4, s. 97–107.
- [2] Sawicki T., *Požary samojezdnych maszyn górniczych*, „Przegląd Pożarniczy” 2016.
- [3] Stempniak M., Zhironkin S., Trzop K., “IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.” 2021, Vol. 684, 012010.
- [4] Szurgacz D. et al., *Thermal Imaging Study to Determine the Operational Condition of a Conveyor Belt Drive System Structure*, “Energies” 2021, Vol. 14, No. 11, 3258.

WPLYW ROZWOJU TECHNOLOGII PRZYROSTOWYCH NA WYTWARZANIE KOMPONENTÓW STATKÓW POWIETRZNYCH

ADDITIVE MANUFACTURING'S DEVELOPMENT IMPACT IN THE AIRCRAFT COMPONENT

Martyna Jurkiewicz

Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Akademicki Klub Lotniczy

Adres do korespondencji: 247188@student.pwr.edu.pl

W branży lotniczej kluczowymi kwestiami są: bezpieczeństwo, wytrzymałość konstrukcji oraz jej masa. W konstrukcjach samolotów cywilnych głównie wykorzystywane były materiały ze stopów aluminium i tytanu, jednak rozwój technologii poważnie wpłynął na zmianę struktury statków. Wpływ na zmiany w sposobie konstrukcji samolotów mają głównie: rozwój technologii przyrostowych, wytwarzanie elementów z materiałów kompozytowych oraz produkcja części integralnych [1]. Zastosowanie powyższych uprościło konstrukcję (części integralne), co wpłynęło zarówno na redukcję kosztów produkcji, jak i kosztów okresowych obsługi technicznych. Uproszczenie zespołów możliwe jest dzięki zastosowaniu metod HSM (High Speed Machining), pozwalających na wykonanie części o skomplikowanej geometrii z pełnego materiału [1], oraz dzięki odmiennej od konwencjonalnych metod wytwarzania (odlewanie, obróbka skrawaniem) technologii wytwarzania przyrostowego, której poświęcono dalszą część pracy.

Wytwarzanie przyrostowe jest stosunkowo nową metodą produkcji elementów, rozwiniętą na przełomie lat 80.–90. W odróżnieniu od dotychczasowych metod wytwarzania, docelowa geometria nie powstaje poprzez odjęcie części materiału, a w procesie nakładania jego kolejnych warstw (np. strumieniowo, kropelkowo). Geometria elementu projektowana jest za pomocą środowisk komputerowych do modelowania 3D, a następnie odtworzana za pomocą urządzeń drukujących. Zgodnie z normą ISO/ASTM 52900, wyróżnia się następujące rodzaje wytwarzania przyrostowego: laserowe spiekanie proszków, natryskiwanie spoiwa, natryskiwanie materiału, fotopolimeryzację, wytłaczanie materiału, laminowanie arkuszy, skoncentrowane źródło energii [2].

Materiałami wykorzystywanymi w procesach produkcji komponentów statków powietrznych są głównie:

- stopy aluminium, miedzi, tytanu, niklu, superstopy kobaltowo-chromowe, stale [2],
- materiały kompozytowe wzmocnienie włóknami węglowymi, szklanymi, tlenkami glinu, węglikiem krzemu [3],
- materiały polimerowe, m.in. materiały z grupy ULTEM (9085 i 1010) [4].

Warstwowa produkcja pozwala na stworzenie skomplikowanej, przestrzennej geometrii o strukturze ażurowej, a także wykonanie części integralnych. Podczas procesu powstają bardzo niewielkie naddatki materiału, które dodatkowo mogą zostać ponownie wykorzystane w kolejnych procesach wytwarzania. W większości procesów odzyskaniu podlega 95–98% odpadów. Ilość zużytego materiału w wytwarzaniu przyrostowym w stosunku do wytwarzania za pomocą obróbki skrawaniem ulega redukcji na poziomie 40% [5].

Głównymi zaletami technologii przyrostowych są:

- obniżenie kosztów produkcji,
- opłacalna produkcja małoseryjna,
- krótki czas produkcji elementów,
- możliwość rozproszonej produkcji,
- brak kosztów magazynowania – elementy mogą być wykonywane na bieżąco na podstawie modelu 3D,
- możliwość dokonywania zmian modeli,
- obniżenie zużycia surowców,

- redukcja masy,
- możliwość wydrukowania różnorodnych geometrii przy użyciu jednego urządzenia drukującego (brak form i wzorników),
- wykonanie części integralnych.

Obniżenie masy elementów przy zachowaniu zakładanych właściwości wytrzymałościowych, jest kluczowe dla branży lotniczej, a także kosmicznej. Dlatego też technologie przyrostowe znajdują szerokie zastosowanie w procesach produkcyjnych komponentów statków powietrznych. Przyrostowo można wykonywać takie przedmioty jak: elementy wyposażenia kabiny pasażerskiej, części foteli, elementy pulpitu, obudowy aparatury pomiarowej, a także elementy silników, turbin, dysz paliwowych. Technologie te wykorzystywane są przez takie koncerny jak Boeing i Airbus. Firma Boeing w swoich statkach wprowadziła około 200 części wykonanych przyrostowo, a dodatkowo w składzie silnika GE9X napędzającego model 777x znajduje się ponad 300 wydrukowanych elementów. Natomiast w Airbusie A350 XWB addytywnie wykonano aż 1000 takich elementów [6]. Wykorzystanie technologii przyrostowych przez firmę General Electric umożliwiło optymalizację silnika GE Advanced Turboprop. Modyfikacja polegająca na wykonaniu części integralnych, zredukowała ilość części z 855 do 12 zintegrowanych podzespołów. Uprościło to montaż, obsługi serwisowe, koszty produkcji, obniżyło masę konstrukcji o 45 kg, co wpłynęło na wzrost uzysku mocy o 10%, przy jednoczesnym zmniejszeniu zużycia paliwa o 20%. [7]

Pomimo szeregu zalet wytwarzania addytywnego, produkcja seryjna nie jest opłacalna, z uwagi na koszty związane z zakupem odpowiednich materiałów kompozytowych oraz urządzeń drukujących. Ze względu na brak odpowiednich norm i trwające wciąż badania, drukowane elementy nie mogą być obecnie stosowane w miejscach, gdzie przenoszone są wysokie wartości naprężeń. Przewiduje się jednak, że potencjał tej technologii, wpłynie na dalszy jej rozwój, szersze wykorzystanie w procesach produkcyjnych, a zatem jednostkowa cena materiałów oraz urządzeń drukujących zostanie obniżona. W takim przypadku technologia wytwarzania przyrostowego stanie się najbardziej wydajną technologią produkcji zarówno pod kątem kosztów produkcji, jak i ze względów środowiskowych [8].

Literatura

- [1] Adamski W., *Wpływ nowych technik wytwarzania na konstrukcję samolotu*, „Mechanik” 2015, nr 12.
- [2] Shahrubudin N., Lee T.C., Ramlan R., *An Overview on 3D printing Technology, Technological, Materials and Applications*, “Procedia Manufacturing” 2019, Vol. 35, pp. 1286–1296.
- [3] Noorani R., *3D Printing: Technology, Applications, and Selections*, Taylor & Francis Group, 2018.
- [4] Chuang K., Grady J., Draper R., *Additive manufacturing and characterization of ultem polymers and composites*, Proceedings of The Composites and Advanced Materials Expo Conference, Dallas, TX, October 26–29, 2015.
- [5] Berman B., *3-D printing: The new industrial revolution*, “Business Horizons” 2012, Vol. 55, pp. 155–165.
- [6] Najmon J., Raeisi S., Tovar A., *Review of additive manufacturing technologies and applications in the aerospace industry*, “Additive Manufacturing for the Aerospace Industry” 2019, pp. 7–31, doi: 10.1016/B978-0-12-814062-8.00002-9.
- [7] <https://www.ge.com/news/reports/ge-fired-its-3d-printed-advanced-turboprop-engine> [dostęp: 26.06.2021].
- [8] Mami F. et al., *Evaluating Eco-Efficiency of 3D Printing in the Aeronautic Industry*, “Journal of Industrial Ecology” 2017, Vol. 21, Issue 1, pp. 37–48.

MODELOWANIE ZJAWISK CIEPLNO-PRZEPLYWOWYCH W PRZESTRZENI ROBOCZEJ SILNIKA TŁOKOWEGO

MODELING OF THERMAL-FLOW PHENOMENA IN A PISTON ENGINE WORKSPACE

Ewa Świerkosz

Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Koło Naukowe PWr Solar Boat Team

Adres do korespondencji: *ewa.swierkosz97@gmail.com*

Silniki tłokowe używane są w technice od wieku XVIII, na którego początku powstały pierwsze silniki parowe. W miarę postępu dziedziny zmianom ulegały parametry i konstrukcje decydujące wcześniej o sprawności oraz mocy maszyn, a których modyfikacja postawiła przed działem nauk inżynierskich nowe problemy związane z ich eksploatacją.

Poza koniecznością aplikacji nowych rozwiązań z zakresu inżynierii materiałowej, czy też korzystania z paliw o większej wartości opałowej, jednym z ważniejszych zagadnień okazała się problematyka spalania detonacyjnego, będącego zjawiskiem trudnym do przewidzenia i – przy obecnym zapotrzebowaniu na moce pozyskiwane z pracy silników – niemal niemożliwym do całkowitej eliminacji [1].

Mając na względzie niekorzystny wpływ detonacji na konstrukcje elementów operujących w obrębie cylindra oraz samego cylindra, a także znaczące obniżenia sprawności w konsekwencji występowania zjawiska [1], przydatnym wydaje się możliwość skorzystania z narzędzia takiego jak ANSYS. Oprogramowanie to ułatwić może proces badania wpływu implementacji nowych rozwiązań na maszynę.

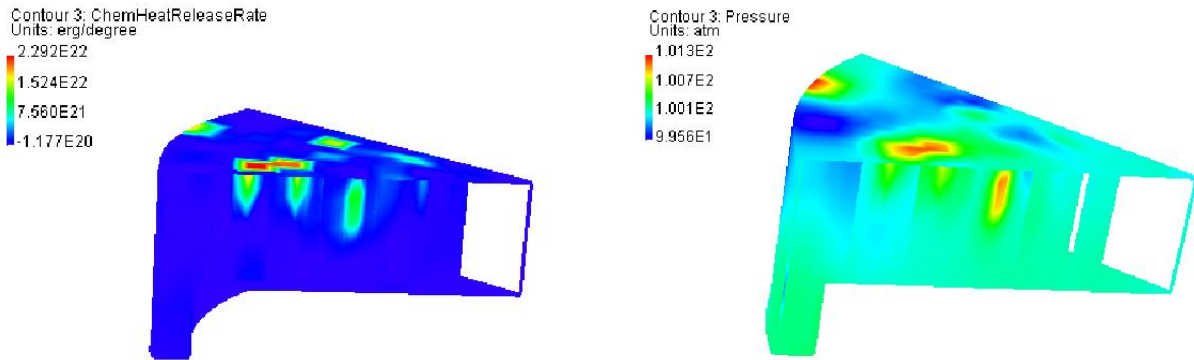
Zjawisko spalania detonacyjnego przy obecnym stanie wiedzy tłumaczone jest dwiema teoriami. Pierwsza zakłada powstawanie w trakcie procesów spalania rozpadających się nadtlenuków, druga natomiast – ku której obecnie skłania się nauka – zakłada sprężanie mieszaniny paliwowo-powietrznej przez spaliny będące konsekwencją procesów cieplno-przepływowych w silniku tłokowym po wystąpieniu zapłonu iskrowego [1]. Korzystając z tej informacji, wywnioskować należy, że w wypadku symulacji numerycznej identyfikacja zjawiska mieć miejsce będzie w maksimach lokalnych ciśnienia w funkcji czasu ze szczególnym uwzględnieniem punktów, gdzie skoki parametru ciśnienia pokrywać się będą ze zwiększoną emisją energii chemicznej. Ponadto uwagę zwrócić należy na maksima prędkości przepływu, które osiągając wartość kilkuset metrów na sekundę, mogą wskazywać na potencjalne spalanie stukowe, lub osiągając wartości rzędu kilku kilometrów na sekundę – potencjalne spalanie detonacyjne [1].

W pierwszej fazie projektu sporządzone zostały wykresy jednej zmiennej będące odpowiednim parametrem w funkcji stopnia obrotu wału korbowego – z uwagi na specyfikę zjawiska zależność ta jest preferowaną wielkością odniesienia względem czasu, którego jest bezpośrednią funkcją.

W fazie kolejnej, możliwa jest obserwacja wspomnianych zależności na modelu (rys. 1), na którego podstawie wyciągnąć można wnioski odnośnie zachowania mieszaniny paliwowo-powietrznej.

Istotnym jest wykorzystanie pewnych uproszczeń obowiązujących w przeprowadzonych symulacjach; symulowany był wycinek silnika tłokowego w którym miejsce miały wyłącznie suw sprężania oraz suw pracy, nie występowała wymiana ciepła tudzież gazów z otoczeniem, gazy traktowane były jako gazy idealne zaś wprowadzane paliwo było paliwem jednoskładnikowym.

Najważniejsze z tych założeń to: konieczność przybliżenia poprzez symulację numeryczną współczynników laminarnej prędkości płomienia w programie ChemkinPro, uproszczone umiejscowienie źródła zapłonu oraz liniowy charakter energii zapłonu w funkcji czasu.



Rys. 1. Graficzna reprezentacja uwalnianej energii chemicznej oraz ciśnienia w suwie pracy
 (źródło: opracowanie własne, ANSYS Visualise)

Po dopracowaniu warunków symulacji wyjątkowo obiecującym zastosowaniem wydaje się identyfikacja najczęściej występujących ognisk stuków lub detonacji wynikających z geometrii cylindra oraz parametrów spalania. Posiadając podobne dane, można w warunkach nielaboratoryjnych sprawdzać wpływ rozwiązań konstrukcyjnych – przykładowo wprowadzenie retardatorów spalania lub stateczników – na zachowanie mieszaniny palnej w obrębie cylindra. Zabiegi te mogą w przyszłości wyeliminować problematykę związaną z negatywnym wpływem niekontrolowanego spalania na sprawność oraz konstrukcję silników tłokowych o zapłonie iskrowym.

Literatura

- [1] Dzierżanowski P., Łyżwiński M., Szczeciński S., *Napędy lotnicze silniki tłokowe*, WKiŁ, Warszawa 1981.

OGÓLNA IDENTYFIKACJA ZJAWISK PRZEPLYWOWYCH WYSTĘPUJĄCYCH W ZAWORACH BEZPIECZEŃSTWA

THE GENERAL IDENTIFICATION OF THE FLOW PHENOMENA OCCURRING IN SAFETY VALVES

Lukasz Zańko

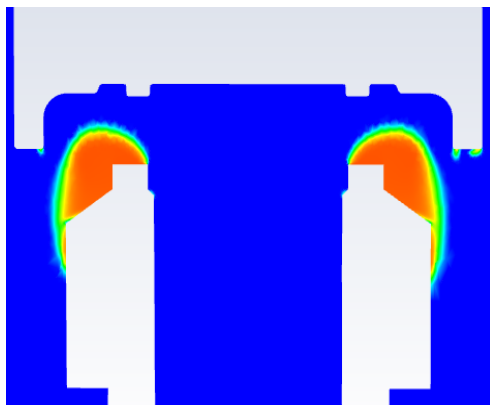
Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Inżynierii Konwersji Energii

Adres do korespondencji: lukasz.zanko@pwr.edu.pl

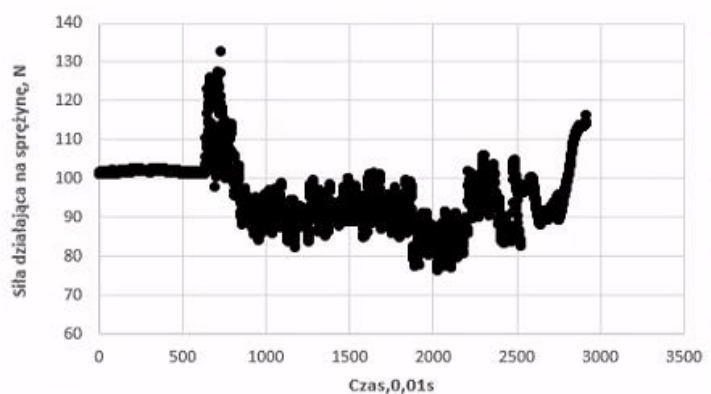
Zawory bezpieczeństwa należą do grupy urządzeń zabezpieczających przed nadmiernym wzrostem ciśnienia. Służą do ochrony systemów przed podwyższonym ciśnieniem, poprzez wydmuch czynnika roboczego i stosowane są w wielu środowiskach przemysłowych. Ich działanie ma bezpośredni wpływ na stabilność oraz wydajność całych instalacji ciśnieniowych. Aby zrozumieć zasadę działania zaworów bezpieczeństwa niezmiernie ważna jest identyfikacja i opis zjawisk przepływowych występujących podczas pracy takich konstrukcji. Rozwój numerycznych metod obliczeniowych pozwala na wykonanie symulacji numerycznych oraz wizualizację złożonych zagadnień przepływowych. Dzięki temu możliwa jest szczegółowa analiza zjawisk przepływowych występujących w trakcie pracy zaworów bezpieczeństwa. Rozpoznano następujące zjawiska fizyczne podczas przepływu czynnika przez zawór:

- zjawisko kawitacji,
- przepływ pod- i nadźwiękowy,
- fala uderzeniowa.

Podczas pracy zaworów bezpieczeństwa istnieje ryzyko pojawienia i rozprzestrzeniania się zjawiska kawitacji. Kawitacja jest zjawiskiem niepożądanym podczas pracy zaworów bezpieczeństwa. Uszkodzenia kawitacyjne mogą prowadzić do szybszego zużycia powierzchni roboczej dysku i gniazda zaworu oraz do uszkodzeń korpusów. Ponadto proces kawitacji jest przyczyną dławienia przepływu czynnika, w obszarze przewężenia (rys. 1). W rezultacie otrzymujemy niższe wartości parametrów roboczych zaworu bezpieczeństwa, co przyczynia się do obniżenia efektywności ich pracy. Dodatkowo podczas badań doświadczalnych zaobserwowano znaczące drgania całego układu, co zaprezentowano w postaci oscylacji sił działających na zawór bezpieczeństwa podczas jego pracy. Zjawisko kawitacji w zaworach bezpieczeństwa zostało opisane w [1],[2].

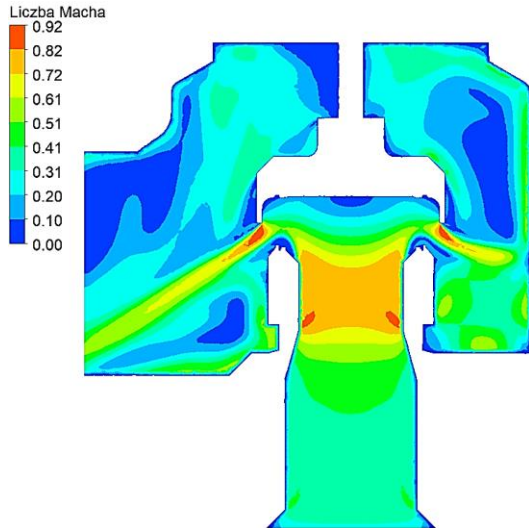


Rys. 1. Potencjalne miejsca występowania zjawiska kawitacji

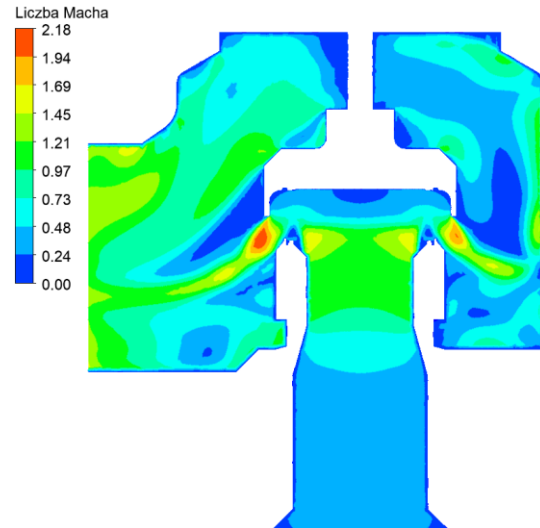


Rys. 2. Zależność sił działających na układ grzybek-dzwon w funkcji czasu pracy zaworu bezpieczeństwa

W przypadku przepływu przez zawór bezpieczeństwa czynnika nieściśliwego, możemy mieć do czynienia z przepływem naddźwiękowym. W zależności od założonego ciśnienia roboczego rozpatrujemy przepływ pod i naddźwiękowy, co można zaprezentować w formie rozkładu liczby Macha (rys. 3, 4). Możemy zaobserwować, że dla najwyższych ciśnień i w zależności od wielkości badanego zaworu liczba Macha oscyluje w granicach 0,92–2,2.

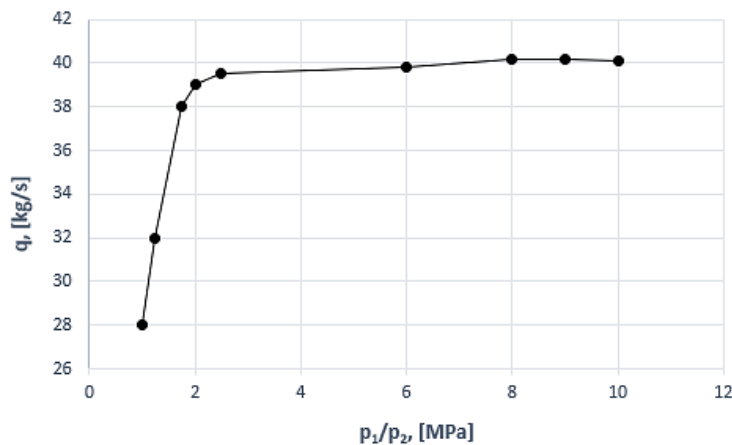


Rys. 3. Rozkład liczby Macha dla ciśnienia 1 bar



Rys. 4. Rozkład liczby Macha dla ciśnienia 11,4 bar

W przypadku stosowania wysokich ciśnień zaobserwowano zjawisko dławienia przepływu. Na rysunku 5, na przykładzie modelu otwartego w połowie maksymalnej wysokości, przedstawiono zależność między masowym natężeniem przepływu a stosunkiem ciśnień p_1/p_2 , przy czym p_1 – ciśnienie na wlocie do zaworu, p_2 – ciśnienie wylotowe.



Rys. 5. Zależność masowego przepływu czynnika w funkcji stosunku ciśnień: wlotowego p_1 i wylotowego p_2

Literatura

- [1] Amirante R., Distaso E., Tamburrano P., *Experimental and numerical analysis of cavitation in hydraulic proportional directional valves*, “Energy Conversion and Management” 2014, Vol. 87, pp. 208–219, doi: 10.1016/j.enconman.2014.07.031.
- [2] Chern M.-J. et al., *Numerical Study of Cavitation Occurrence in Globe Valve*, “Journal of Energy Engineering” 2013, Vol. 139, pp. 25–34, doi: 10.1061/(asce)ey.1943-7897.0000084.

TRANSPORT CIECZY W RUROCIĄGACH PIONOWYCH – PRZEGLĄD ZAGADNIENÍ TECHNOLOGICZNYCH I WYNIKÓW BADAŃ

TRANSPORT OF LIQUIDS IN VERTICAL PIPELINES – A REVIEW OF TECHNOLOGICAL ISSUES AND RESEARCH RESULTS

Marcin Polak, Piotr Kolasiński

Politechnika Wroclawska, Katedra Termodynamiki i Odnawialnych Źródeł Energii

Adres do korespondencji: marcin.polak@pwr.edu.pl

KGHM Polska Miedź S.A. prowadzi zaawansowaną technologicznie działalność poszukiwawczo-wydobywczą oraz hutniczą surowców naturalnych. Obecnie obchodzi 60-cio lecie istnienia. Eksploatację podziemną prowadzi w trzech Zakładach Górniczych: „Lubin”, „Polkowice-Sieroszowice” oraz „Rudna” na głębokościach od 600 do 1250 metrów. W roku 2028 rozpocznie się eksploatacja obszaru „Głogów Głęboki – Przemysłowy”, w którym głębokość zalegania złoża wynosi 1385 metrów. Ponadto pod koniec kwietnia 2021 r. KGHM otrzymał decyzją Ministra Klimatu i Środowiska koncesję na zagospodarowanie obszarów Bytom Odrzański i Kulów-Luboszyce. Ze względu na występujące na ich terenach pokłady rudy miedzi zalegające na głębokości do 2000 metrów, konieczne jest opracowanie i wdrożenie nowych technologii górniczych w celu ułatwienia ich eksploatacji. Kopalnie KGHM charakteryzują się niekorzystnym gradientem geotermicznym, który wynosi około 1°C na 32 metry (na głębokości 1200 metrów temperatura pierwotna skał wynosi 46°C [1]).

W Oddziałach Górniczych KGHM wydobywanie jest przy wykorzystaniu Samojezdnych Maszyn Górniczych (SMG) wyposażonych w silniki o zapłonie samoczynnym napędzane olejem napędowym. Główne maszyny produkcyjne, do których należą ładowarki łyżkowe oraz wozy odstawcze generują, według przeprowadzonych obliczeń, ok. 90% zapotrzebowania na olej napędowy. We wszystkich Oddziałach Górniczych KGHM eksploatowanych jest około 1600 samojezdnych maszyn górniczych, a zużycie oleju napędowego wynosi łącznie ponad kilkadziesiąt milionów litrów rocznie. Zgodnie z raportem z przeprowadzonego przeglądu energetycznego, zużycie oleju napędowego w O/ZG „Rudna” w roku 2020 stanowiło 21,66% całkowitego strumienia wykorzystanej energii, natomiast efektywność energetyczna procesu wydobywania wyniosła 1,21 dm³ na każdy Mg wydobytej masy wilgotnej. Koszt opuszczenia oleju napędowego na dół kopalni w obecnej technologii – za pomocą system kopalnianych kształtuje się na poziomie około kilku milionów zł rocznie dla wszystkich Oddziałów Górniczych KGHM.

Ze względu na specyfikę oraz występujące problemy logistyczne i ograniczenia prawne związane z opuszczaniem oleju napędowego na dół za pomocą system kopalnianych w Oddziałach Górniczych KGHM Polska Miedź S.A., prowadzone są badania mające na celu opracowanie modelu optymalizacji dystrybucji oleju napędowego pod ziemię w tym konkretnym łańcuchu logistycznym.

W ramach prowadzonych analiz dokonano rozpoznania w zakresie możliwych do zastosowania rozwiązań technologicznych oraz ograniczeń prawnych. Jednym z obiecujących rozwiązań jest zabudowanie pionowego rurociągu w szybach zjazdowo-wentylacyjnych zlokalizowanych w pobliżu komór paliw. Dystrybucja paliwa za pomocą rurociągów w kopalni nie była dotychczas stosowana w KGHM, nieliczne są też doniesienia literaturowe dotyczące zastosowania takiego rozwiązania w innych kopalniach na Świecie. Oprócz wyzwań o naturze projektowo-konstrukcyjnej wiele zagadnień związanych z przepływem cieczy w długim pionowym rurociągu jest interesujące z naukowego punktu widzenia. Wyniki badań dotyczących transportu cieczy w rurociągach pionowych prowadzono przy zastosowaniu metod analitycznych, eksperymentalnych oraz modelowania numerycznego, a ich wyniki przedstawiono m.in. w [2],[3]. Tłem tych badań była chęć rozpoznania zjawisk występujących w układach stosowanych w dziedzinach techniki geotermii oraz przemysłu wydobywczego ropy naftowej, dlatego dotyczą one transportu cieczy z dołu na górę. Nieliczne opracowania poświęcono transportowi z góry na dół. W układzie przeznaczonym do zastosowania w KGHM, wobec ograniczeń prawnych obowiązujących

w zakresie maksymalnego wypełnienia instalacji konieczne będzie prawdopodobnie zastosowanie na wejściu do instalacji dozownika nastawnego, który będzie dozować odpowiednią ilość oleju napędowego, a na wyjściu z instalacji przepływomierza masowego umożliwiającego dokładny pomiar ilości przepływającego płynu. Wobec stosowania układu dozującego olej napędowy do rurociągu i w oparciu o dostępne wyniki badań przewiduje się, że przepływ wewnątrz rurociągu będzie miał charakter dwufazowy, a przepływający płyn będzie mieszaniną oleju napędowego, powietrza oraz oparów oleju napędowego. Zagadnienie to jest interesujące z naukowego punktu widzenia i dotychczas nie w pełni rozpoznane, a wpływ na zjawiska zachodzące w czasie przepływu oprócz zjawisk hydrodynamicznych ma też wymiana ciepła i zmiana właściwości fizycznych oleju napędowego na skutek doprowadzania ciepła z powierzchni rurociągu. Jest to szczególnie istotne w przypadku niekorzystnego gradientu geotermicznego występującego w kopalniach KGHM. W artykule przedstawiono wyniki rozeznania literatury w zakresie modelowania analitycznego, numerycznego i badań eksperymentalnych dotyczących transportu cieczy w długich pionowych rurociągach. Wyniki przeprowadzonych badań literatury wskazują, że zagadnienia związane z transportem oleju napędowego w rurociągu pionowym z góry na dół nie są w pełni opisane i są interesujące z naukowego punktu widzenia. Ponadto wskazują na możliwość wdrożenia takiego rodzaju transportu w niemietanowych zakładach górniczych, w których eksploatacja prowadzona jest przy użyciu maszyn i urządzeń napędzanych silnikami wysokoprężnymi.

Literatura

- [1] Bartlett S.C. i in., *Raport techniczny dotyczący produkcji miedzi i srebra przez KGHM Polska Miedź S.A. w Legnicko-Głogowskim okręgu miedziowym w południowo- zachodniej Polsce*, 2013.
- [2] Dong C., Hibiki T., *Correlation of heat transfer coefficient for two-component two-phase slug flow in a vertical pipe*, “International Journal of Multiphase Flow” 2018, Vol. 108, pp. 124–139.
- [3] Xue Y. et al., *Investigation on the void fraction of gas-liquid two-phase flows in vertically-downward pipes*, “International Communications in Heat and Mass Transfer” 2016, Vol. 77, pp. 1–8.

BADANIA REAKTYWNOŚCI TLENKÓW ZŁOŻONYCH FE-MN-TI METODĄ ANALIZY TERMOGRAWIMETRYCZNEJ

INVESTIGATION OF THE REACTIVITY OF COMPLEX OXIDES FE-MN-TI BY THERMOGRAVIMETRIC ANALYSIS METHOD

Magdalena Szkuta, Rafał Łysowski, Ewelina Ksepko
Politechnika Wroclawska, Wydział Chemiczny

Adres do korespondencji: 240134@student.pwr.edu.pl

Technologia CLC (ang. *Chemical Looping Combustion*), gdzie prowadzi się spalanie z wykorzystaniem chemicznej pętli tlenkowej, uznawana jest za energooszczędną metodę produkcji wysokiej czystości CO₂, która rozwija się obecnie bardzo dynamicznie. W wyniku utlenienia paliwa tlenem wprowadzonym w postaci związanej chemicznie, eliminowana jest całkowicie emisja NO_x, dzięki czemu otrzymuje się czysty strumień dwutlenku węgla (po kondensacji pary wodnej). CLC stosuje się do konwersji paliw ciekłych, gazowych oraz stałych. CLOU (ang. *Chemical Looping with Oxygen Uncoupling*) w odróżnieniu od CLC, jest procesem, w którym reakcja spalania paliwa przebiega z użyciem tlenu w formie gazowej dzięki zdolności nośników tlenu polegającej na uwalnianiu tlenu pod wpływem działania wysokich temperatur [1, 2]. W technologii spalania CLC jak i CLOU, kluczową rolę pełnią stałe nośniki tlenu otrzymywane na bazie tlenków metali przejściowych. Kluczowym zadaniem nośnika tlenu jest przenoszenie tlenu do paliwa. Aby syntetyzowany materiał mógł być w praktyce stosowany, powinien charakteryzować się odpowiednimi właściwościami, w tym m.in: dużą odpornością chemiczną, termiczną oraz mechaniczną, jak i dużą reaktywnością w stosunku do paliwa i tlenu.

W niniejszej pracy badania reaktywności nośników tlenu na bazie tlenków Fe-Mn-Ti przeprowadzono przy pomocy analizatora termogravimetrycznego (TGA), pod kątem procesu CLOU. Prace badawcze prowadzono izotermicznie, cyklicznie (po 4 cykle), w temperaturach od 800°C do 1100°C. Na podstawie uzyskanych wyników badań, oszacowano m.in. zdolność ww. materiałów do przenoszenia tlenu i ich potencjalną przydatność dla procesu spalania paliw stałych. Wnioskowano o pozytywnym wpływie dodatku tlenku żelaza(III) do tlenku manganu(IV) w odniesieniu do próbki kontrolnej, złożonej jedynie z jednego tlenu aktywnego jakim jest tlenek manganu(IV). Badania dowiodły, że otrzymane nowe materiały wykazały właściwości CLOU. Ponadto, zsyntetyzowane nośniki są materiałami przyjaznymi dla środowiska i mogą być potencjalnie stosowane w energetyce m.in. do procesu zgazowania czy też spalania węgla oraz biomasy.

Acknowledgement

The work was financed in part from the National Science Centre, Poland, Project No. 2020/37/B/ST5/01259.

Literatura

- [1] Saha C. et al., *Chemical looping combustion (CLC) of two Victorian brown coals - Part 1: Assessment of interaction between CuO and minerals inherent in coals during single cycle experiment*, “Fuel” 2013, Vol. 104, pp. 262–274.
- [2] Sundqvist S. et al., *Manganese ores as oxygen carriers for chemical-looping combustion (CLC) and chemical-looping with oxygen uncoupling (CLOU)*, “J. Environ. Chem. Eng.” 2017, Vol. 5, No. 3, pp. 2552–2563.

VII SESJA REFERATOWA
ODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII
RENEWABLE ENERGY SOURCES

INSTALACJE FOTOWOLTAICZNE – PROBLEMY I WYZWANIA DLA POLSKI

PHOTOVOLTAIC INSTALLATIONS – PROBLEMS AND CHALLENGES FOR POLAND

Marcin Michalski

*Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny,
Katedra Termodynamiki i Odnawialnych Źródeł Energii*

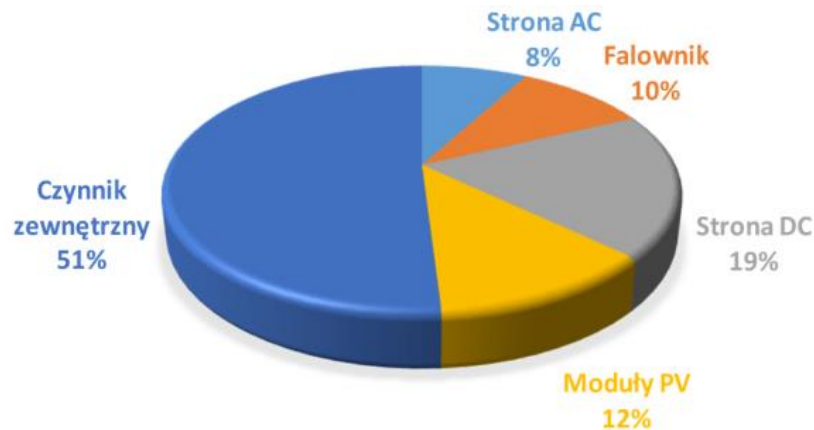
Adres do korespondencji: *marcin.michalski@pwr.edu.pl*

Dynamiczny rozwój instalacji fotowoltaicznych spowodowany możliwością obniżenia rachunków za energię oraz produkcją energii za pomocą Odnawialnych Źródeł Energii jest widoczny w Polsce od około 5 lat. Tak młody i rozwijający się rynek wymaga pewnego „okiełznania” oraz próby czasu. Dzisiaj już nikogo nie dziwią moduły fotowoltaiczne na dachu, ale warto się zastanowić czy jest to technologia bezpieczna i sprawdzona. Oczywiście na produkty są wystawiane odpowiednie certyfikaty, a urządzenia testowane w laboratoriach. Jednakże jak się okazuje na podstawie analizy wykonanych instalacji mogą one ulec awarii, a ta może skutkować porażeniem prądem albo wystąpieniem pożaru.



Rys. 1. Pożar budynku wyposażonego w system fotowoltaiczny. Województwo kujawsko-pomorskie (08.09.2019)

Niemniejsze opracowanie ma na celu pokazanie zagrożeń mogących występować na instalacjach fotowoltaicznych. Głównie skupiając się na błędach projektowych i instalacyjnych. Kluczowym jest analiza, gdzie najczęściej dochodzi do awarii. Przedstawia je diagram poniżej (rys. 2).



Rys. 2. Źródło wystąpienia pożaru instalacji PV [1]

Zagrożeniem dla instalacji fotowoltaicznej niewątpliwie są czynniki zewnętrzne. Instalacja zarażona jest na zmiany temperatur oraz zmienne zawilgocenie. Ważną kwestią są także wyładowania atmosferyczne. Moduły fotowoltaiczne ze względu na dostęp do jak największej ilości promieni słonecznych najczęściej montowane są w najwyższych punktach dachu, a ich metalowe elementy stają się przewodnikami wyładowań atmosferycznych. Celem uniknięcia pożaru oraz uszkodzenia pozostałych urządzeń elektrycznych należy zwrócić uwagę na odpowiednie zabezpieczenia elektryczne oraz możliwość wyrównania potencjału elementów metalowych.

Kolejnym kluczowym zagadnieniem jest strona prądu stałego w instalacjach fotowoltaicznych. Prąd generowany przez moduły fotowoltaiczne posiada charakterystykę stałą o dość wysokim napięciu (do 1000 V lub 1500 V). Tutaj pojawiają się problemy z możliwością rozłączenia takiego układu, a także generowaniem mocy nawet w przypadku rozłączenia instalacji elektrycznej przy liczniku. Co niesie ryzyko pożaru, a podczas jego gaszenia ryzyko porażenia strażaków biorących udział w akcji ratowniczej.



Rys. 3. Łuk elektryczny wywołany na instalacji fotowoltaicznej o mocy 1 kWp [2]

Literatura

- [1] Sepanski A. et al., *Assessment of the fire risk in PV-arrays and development of security concepts for risk minimization*, TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH, 2015.
 [2] <https://safersolar.com.au/what-causes-solar-power-system-fires/>

WYKORZYSTANIE PROGRAMU TRNSYS 18 DO GENEROWANIA DANYCH POGODOWYCH DLA WYBRANEJ LOKALIZACJI GEOGRAFICZNEJ

USING THE TRNSYS 18 SOFTWARE TO GENERATE METEOROLOGICAL DATA FOR A SELECTED GEOGRAPHICAL LOCATION

Mateusz Jabłoński¹, Magdalena Nems²

¹*Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Koło Naukowe ThermoRES*

²*Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny,
Katedra Termodynamiki i Odnawialnych Źródeł Energii*

Adres do korespondencji: *magdalena.nems@pwr.edu.pl*

Symulacje pracy systemów energetycznych odgrywają istotną rolę szczególnie podczas opracowywania nowych koncepcji, które należy najpierw wstępnie zweryfikować. W przypadku nowych systemów, współpracujących z odnawialnymi źródłami energii konieczne jest wykorzystywanie danych klimatycznych bezpośrednio związanych z daną lokalizacją. Przeważnie wykorzystuje się uśrednione dane z 30 lat, nazywane Typowym Rokiem Meteorologicznym. Dane te, dla wybranych miast w Polsce są dostępne na archiwalnej stronie Ministerstwa Inwestycji i Rozwoju [1]. Znajdują się tam dane zarówno w zestawieniu godzinowym, jak i miesięcznym. Wśród nich można znaleźć wartości promieniowania słonecznego, temperatury otoczenia oraz prędkości wiatru.

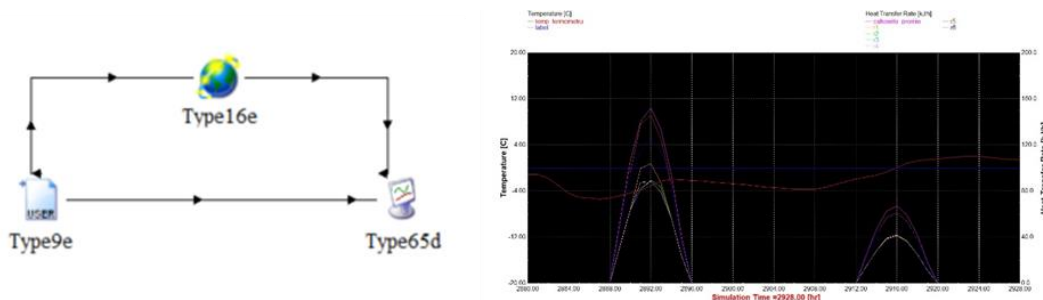
Obecnie największą popularnością wśród stosowanych instalacji odnawialnych źródeł energii cieszą się panele fotowoltaiczne, kolektory słoneczne i pompy ciepła. Aby wykonać poprawny projekt, podparty symulacjami pracy systemu w skali roku konieczna jest znajomość konkretnych danych meteorologicznych. W przypadku instalacji słonecznych, poza temperaturą otoczenia istotną rolę odgrywa gęstość promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni panelu lub kolektora, który usytuowany jest w określonej lokalizacji geograficznej oraz posiada zadany azymut oraz kąt pochylenia względem powierzchni poziomej. W sytuacji gdy dany budynek jest położony idealnie względem kierunków geograficznych, a jego dach lub powierzchnia montażu paneli (bądź kolektorów) ma standardowy kąt pochylenia (0, 30, 45, 60, 90°), można w sposób bezpośredni wykorzystać wspomniane dane dla Typowego Roku Meteorologicznego, a obliczenia wykonać w zwykłym arkuszu kalkulacyjnym. Problem pojawia się jednak w wielu przypadkach, gdy budynek jest w jakiś sposób zrotowany względem kierunków świata, a miejsce montażu ma niestandardowy kąt pochylenia. W takich sytuacjach konieczne są skomplikowane obliczenia, związane z położeniem obiektu względem zmieniającej się pozycji Słońca [2]. Z pomocą przychodzi wtedy możliwość wykorzystania istniejącego programu do symulacji instalacji energetycznych.

Podobna sytuacja występuje w przypadku gruntowych pomp ciepła lub gruntowych wymienników ciepła. Przeważnie obliczenia są wykonywane dla założonej temperatury gruntu, ale aby dokładnie przeanalizować prace takich instalacji na etapie projektu konieczne jest poznanie rozkładu temperatury gruntu dla danych głębokości. Tu również można skorzystać z programu do symulacji. Jest ich na rynku wiele, jednak najlepszą renomą cieszy się program TRNSYS (Transient System Simulation Tool), który jest wykorzystywany zarówno przez naukowców, inżynierów, jak i architektów [3]. Został on stworzony ponad 35 lat temu na University of Wisconsin-Madison, USA. Program jest cały czas uaktualniany, a najnowsza wersja nosi numer 18. Jest oprogramowaniem komercyjnym i posiada również licencję edukacyjną, jednak dostępna jest wersja demo, pozwalająca na przeprowadzanie symulacji pracy instalacji energetycznych składających się z maksymalnie 5 elementów. Poniżej zostaną opisane dwa układy, zaproponowane przez autorów pracy, które stworzone w wersji demo programu TRNSYS 18 pozwalają na uzyskanie charakterystyk rocznych.

Pierwszy z zaproponowanych układów pozwala na symulacje zmiany gęstości promieniowania słonecznego docierającego do 6 wybranych płaszczyzn budynku oraz do powierzchni gruntu. Wykorzystane komponenty to:

- Type 9e – pozwala wgrać dane meteorologiczne z pliku zewnętrznego, w tym przypadku gęstości promieniowania bezpośredniego, promieniowania rozproszonego oraz temperatury termometru suchego i promieniowania całkowitego,
- Type 16e – oblicza gęstość promieniowania docierającego do zadanych (azymut, pochylenie) powierzchni,
- Type 65d – odpowiada za graficzne przedstawienie danych.

Wyniki oraz schemat instalacji zostały przedstawione na rys. 1.

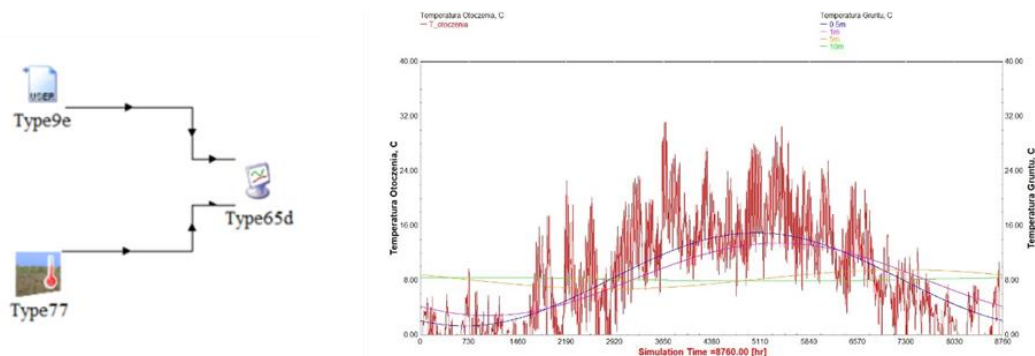


Rys. 1. Badanie promieniowania słonecznego docierającego do różnie usytuowanych powierzchni budynku dla Wrocławia, po lewej: projekt w programie TRNSYS 18, po prawej: wyniki symulacji

Drugi układ pozwala na wyznaczenie rozkładu temperatury gruntu na dowolnie wybranych głębokościach w skali roku. Do wykorzystanych komponentów należą:

- Type 9e – odczyt temperatury suchego termometru co godzinę przez cały rok,
- Type 77 – symuluje rozkład temperatury w gruncie na podstawie zadanych: rocznej amplitudy temperatur, średniej rocznej temperatury powietrza oraz momentu roku, w którym zanotowano najniższą temperaturę,
- Type 65d – graficzna prezentacja danych.

Wyniki oraz schemat instalacji zostały przedstawione na rys. 2.



Rys. 2. Badanie rozkładu temperatury gruntu na różnych głębokości dla Wrocławia, po lewej: projekt w programie TRNSYS 18, po prawej: wyniki symulacji

Otrzymane wyniki mogą posłużyć do prowadzenia dalszych analiz pracy wybranych instalacji energetycznych i mogą w prosty sposób, np. przy wykorzystaniu komponentu Type 25c, zostać zaimportowane do innych programów lub arkusza kalkulacyjnego.

Literatura

- [1] www.gov.pl/web/archiwum-inwestycje-rozwoj/dane-do-obliczen-energetycznych-budynkow [dostęp 14.06.2021].
- [2] Pluta Z., *Podstawy teoretyczne fototermicznej konwersji energii słonecznej*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006.
- [3] tnsys.com [dostęp 14.06.2021].

SYNTEZA I WŁAŚCIWOŚCI CLOU MATERIAŁÓW PEROWSKITOWYCH O WZORZE OGÓLNYM



SYNTHESIS AND CLOU PROPERTIES OF PEROVSKITE-TYPE MATERIALS WITH CHEMICAL FORMULA OF $A(\text{Cu}_x\text{Fe}_{1-x})\text{O}_3$

Rafał Łysowski, Ewelina Ksepko

Politechnika Wroclawska, Wydział Chemiczny, Katedra Chemii i Technologii Paliw

Adres do korespondencji: rafal.lysowski@pwr.edu.pl

Proces CLOU (*Chemical Looping with Oxygen Uncoupling*) jest zjawiskiem, w którym wykorzystuje się zdolność substancji, zwanych stałymi nośnikami tlenu, do przyłączania oraz oddawania tlenu przy różnej wartości parametrów fizycznych, takich jak ciśnienia parcjalnych tego gazu w atmosferze, w jakiej przebiega reakcja lub temperatury wewnątrz reaktora. Nośniki utleniane są wewnątrz reaktora powietrznego, a następnie transportowane do reaktora paliwowego. Oddawany tlen może być wykorzystywany zarówno w spalaniu paliw stałych, ciekłych, jak i gazowych [1]. Z racji tego, że proces spalania odbywa się bez dostępu powietrza atmosferycznego, całkowicie eliminuje to powstawanie tlenków azotu, a produktami spalania są wówczas dwutlenek węgla oraz para wodna. Jako nośniki tlenu w procesach CLOU stosuje głównie tlenki miedzi manganu czy kobaltu lub złożone związki o strukturze typu perowskitu [2].

Nośniki tlenu o strukturze perowskitu (ABO_3) charakteryzują się wysoką temperaturą topnienia, wytrzymałością mechaniczną, stabilnością oraz wysoką zdolnością do przenoszenia tlenu [1]. Ich zaletą jest także duża możliwość projektowania nowych związków, w wyniku podstawiania w miejsca A i B różnych kationów metali. Tlenki miedzi posiadają dużą zdolność przenoszenia tlenu w procesie CLOU, ich wadą jest natomiast cena. Podstawiając część atomów miedzi w miejscu B perowskitu, np. jonami żelaza, można otrzymywać tańsze nośniki wciąż wykazujące pożądane właściwości CLOU [3],[4].

W ramach przeprowadzonych badań zsyntezowano materiały tlenkowe perowskitowe na bazie żelaza i miedzi, o wzorze ogólnym $A(\text{Cu}_x\text{Fe}_{1-x})\text{O}_3$, gdzie A = Ca lub Sr oraz stopień podstawienia $x = 0-1$. Nośniki tlenu otrzymano metodą mieszania mechanicznego, a następnie poddawano je kalcynacji w temperaturze 950°C. Obecność struktury charakterystycznej dla tego typu związków była potwierdzana wynikami badań metodą XRD. Reaktywność otrzymanych materiałów tlenkowych, w tym efekt CLOU oceniono za pomocą analizatora termogravimetrycznego (TGA) w zakresie temperatur procesu 800–1100°C.

Źródło finansowania

Praca została sfinansowana w ramach projektu NCN nr 2020/37/B/ST5/01259.

Literatura

- [1] Mattison T., *Materials for Chemical-Looping with Oxygen Uncoupling*, “ISRN Chemical Engineering” 2013.
- [2] Adanez J. et al., *Chemical looping combustion of solid fuels*, “Progress in Energy and Combustion Science” 2018, Vol. 65, No. 6, 66.
- [3] San Pio M.A. et al., *On the mechanism controlling the redox kinetics of Cu-based oxygen carriers*, “Chemical Engineering Research and Design” 2017, Vol. 124, pp. 193–201.
- [4] Ksepko E., *Perovskite $\text{Sr}(\text{Fe}_{1-x}\text{Cu}_x)\text{O}_3$ -d materials for chemical looping combustion applications*, “International Journal of Hydrogen Energy” 2018, Vol. 43, pp. 9622–9634.

POTENCJAŁ PRODUKCJI BIOGAZU Z CIEKŁEJ FRAKCJI PO HTC ODPADÓW Z PROCESU FERMENTACJI

THE POTENTIAL OF BIOGAS PRODUCTION FROM THE LIQUID FRACTION AFTER HTC OF FERMENTATION WASTE

Aleksandra Modzelewska¹, Mateusz Jackowski², Mateusz Wnukowski³, Mateusz Jasiński⁴,
 Krzysztof Mościcki³, Halina Pawlak-Kruczek³, Anna Trusek²

¹Politechnika Wroclawska, Wydział Chemiczny

²Politechnika Wroclawska, Wydział Chemiczny, Katedra Inżynierii Bioprocessowej, Mikro i Nanoinżynierii

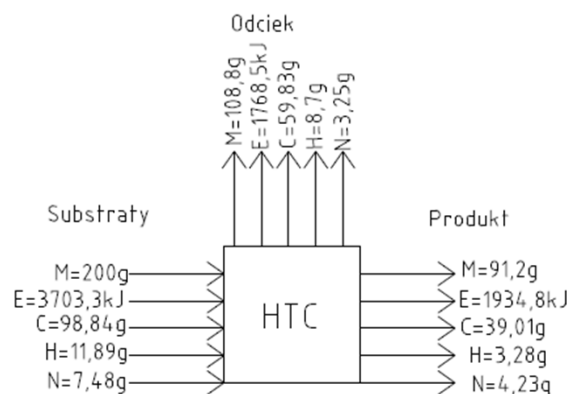
³Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Inżynierii Konwersji Energii

⁴Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny

Adresy do korespondencji: 240346@pwr.edu.pl, krzysztof.moscicki@pwr.edu.pl

Hydrotermalna karbonizacja odpadów po fermentacji jest odpowiedzią na jak najlepsze wykorzystanie energetyczne dostępnych surowców. Surowcem wyjściowym w pracy jest przefermentowany materiał. Hydrotermalna karbonizacja polega na waloryzacji odpadów biomasowych dzięki wykorzystaniu wysokiego ciśnienia oraz wysokiej temperatury, cały proces zachodzi w wodzie w stanie ciekłym.

Celem pracy było oszacowanie możliwości wykorzystania produktów ubocznych HTC na cele energetyczne, w tym na zaspokojenie potrzeb własnych procesu. W tym celu dokonano badania składu frakcji ciekłej, przy pomocy analizy GC-MS. Wspomniana frakcja ciekła może zostać wykorzystana do produkcji biogazu. Oszacowanie możliwych do wyprodukowania ilości biogazu, przy zastosowaniu wspomnianego wyżej substratu, zostało dokonane przy pomocy powszechnie stosowanych w tym celu formuł Buswella i Boyle'a, wspomnianych w wielu pozycjach literaturowych. Teoretyczny potencjał ciekłych frakcji po hydrotermalnej karbonizacji odpadów po fermentacji oszacowano na 324, do 386,1 ml CH₄/gChZT.



Rys. 1. Bilans masowy i energetyczny procesu HTC

INVESTIGATION OF THE AUTONOMOUS EXHAUST GASES RECIRCULATION SYSTEM APPLIED TO GAS MICROTURBINE COMBUSTOR IN THE CONTEXT OF THE CO-COMBUSTION OF HYDROGEN

OCENA SAMOCZYNNEGO UKŁADU ZAWRACANIA SPALIN W KOMORZE SPALANIA MIKROTURBINY GAZOWEJ W UJĘCIU WSPÓŁSPALANIA WODORU

Jean-Marc Fafara

*Wroclaw University of Science and Technology, Faculty of Mechanical and Power Engineering,
Katedra Inżynierii Konwersji Energii*

Adres do korespondencji: jean-marc.fafara@pwr.edu.pl

One of the major inconvenient of the renewable energy sources is that the energy production isn't constant in time because its generation is very strongly linked to the meteorological conditions. The energy storage is possible by transforming the excess of electrical energy into hydrogen (hydrolysis) and methane (methanation). Finally the two gases, hydrogen and methane, are mixed to get a renewable fuel. This technology is called "Power-to-gas" ("P2G") [1]. The presence of the methane gas inside of this fuel makes the production process efficiency is lower than using just hydrogen, but this presence is linked to the specific hydrogen proprieties. To sum up, to optimise the renewable source energy exploitation, the next step to achieve is to increase the participation of hydrogen in the renewable fuel coming out from the P2G technology [2]. Today, the gas microturbines are more and more often used in various industry sector: in the aviation to power drones, in the automotive industry to power some car (for example: Jaguar CX75, Pininfarina H600, etc.), in the energy industry to generate electrical (and also heat) power for house applications, etc. The gas microturbines present many advantageous, like for example lower noise level, cheaper exploitation, limited number of moving parts, low emissions, etc. [3]. Basing on the above descriptions of the P2G technology and the gas microturbines devices, may be observed a potential integration of these technologies together. While increasing the P2G efficiency, a more hydrogen enriched fuel is needed. The use of more hydrogen rich fuel to power gas microturbines need to adapt its combustors. In fact, the use of higher hydrogen enriched fuel provokes higher local combustion temperatures and higher flame velocity [4]. Applied to non-modified combustor, it would provoke local overheat, an augmentation of the emissions (NO_x), and also would provoke flame flash-back in the direction of the fuel injection zone. All these characteristics are undesired to permit a correct device work. To solve these problems linked to the use of higher hydrogen enriched fuel, is needed to add into the gas microturbine conventional combustor a system which would provoke a reduction of the combustion temperature with lower gradient and peak value and able to remove the combustion zone into the exhaust outlet direction (to avoid the flame flash-back).

According to preliminary analyses, the addition of a part of exhaust gases into the combustion zone would provoke a reduction of the combustion temperature (with lower gradient and peak value) and would also provoke a small displacement of the combustion zone into the direction of the exhaust outlet. In the analyse of the impact of the exhaust gases on the combustion process while using higher hydrogen enriched fuel were taken into consideration the chemical (dioxide of carbon ability to react in the combustion zone [5],[6]) and also the physical aspects (the heat capacity augmentation in the primary combustion zone due to the addition of exhaust gases into the primary air [7]). At the same time other phenomena analysis suggest that these positive expected modifications in the combustion process may not be observed because of other phenomena (modification of the air-fuel equivalence ratio [8], heat transportation by the exhaust gases and the high monoxide of carbon combustion temperature [9]). In order to not waste energy, an autonomous exhaust gases recirculation system, implemented directly inside of the combustor, was proposed. This technology is called in industrial furnaces the Internal Flue Gas

Recirculation (IFGR). Two various IFGR system designs were proposed. As all the described phenomena are complex, making a simple “hand” performed calculation isn’t able to assess the ability and utility to use the described above IFGR system applied to gas microturbine. This is the reason for which the numerical methods will be applied for this investigation.

In order to assess the IFGR system, in the context of using higher hydrogen enriched fuel, a referential combustor was calculated and designed. This combustor is supposed to be used in a 40 kW gas microturbine powered by methane. The 3D model of the referential combustor was created using the Solid Edge software. Based on the created 3D model, was created a waterflow model and then the polyhedral mesh (5.8 million of elements) with five boundary layers using the Fluent meshing tool. The combustor mesh was introduced into the Fluent software in order to perform the combustion analysis for methane fuel. In Fluent, the next transport equations and models were enabled: the Energy equation, the Discrete Ordinate radiation model, the RANS Realizable k-epsilon model with enhanced wall treatment and the non-premixed non-adiabatic steady laminar flamelet model. Additionally were selected the Peng-Robison Real Gas density model and the Weighted Sum of Grey Gases model (allowing to taking into consideration the steam and dioxide of carbon absorption ability while modelling the radiation heat exchanges). The Gri-mech 3.0 combustion mechanism was chosen [10]. After the CFD calculations were performed for the referential combustor powered by methane, based on the pressure and velocity maps, were designed many combustors with integrated IFGR system. This design work was challenge, because the IFGR system need the remove a part of exhaust gases from the combustor outlet into the combustion zone, while pressure drops. The proposed IFGR combustor designs were assessed to perform exhaust gases recirculation using the Fluent software, as described above. Based on the flow analysis, many IFGR systems were rejected, but two were selected being able to perform an autonomous exhaust gases recirculation by pipe system. The referential and the two IFGR combustor cases, then called case A and case B, were analysed in the Fluent software, applying hydrogen-methane fuel, with the hydrogen mass participation from 0% to 50% with a step of 10%.

The ability to recirculate exhaust gases and its impact on the combustion process and on the combustor work parameters were investigated. The IFGR system effects on the combustion processes seem to be mitigated at this primary investigation step. During the conference will be exposed more detailed results and their interpretations.

Literature

- [1] Boudellal M., *Power to Gas*, De Gruyter, Berlin 2018.
- [2] Sterner M., Jentsch M., Holzhammer U., *Energiewirtschaftliche und ökologische Bewertung eines Windgas-Angebotes*, Fraunhofer Institute Raport, Kassel 2011.
- [3] Chitrarth L. et al., *Potential of micro turbines for small scale power generation*, “International Journal of Advanced Information Science and Technology” 2013, Vol. 13, No. 13, pp. 35–39, doi: 10.15693/ijaist/2013.v2i5.77-81.
- [4] Jertzak W., *Adiabatic flame temperature and laminar burning velocity of CH₄/H₂/air mixtures*, “Archiwum Spalania” 2011, Vol. 11, No. 3–4, pp. 197–206.
- [5] Güthe F., García M., Burdet A., *Flue gas recirculation in gas turbine: Investigation of combustion reactivity and NO_x emission*, Proceedings of the ASME Turbo Expo, Orlando, USA, 8–12 June 2009, doi: 10.1115/GT2009-59221.
- [6] Liu F., Guo H., Smallwood G., *The chemical effect of CO₂ replacement of N₂ in air on the burning velocity of CH₄ and H₂ premixed flames*, “Combustion and Flame” 2003, Vol. 133, pp. 496–497, doi: 10.1016/S0010-2180(03)00019-1.
- [7] Ditaranto M., Li H., Løvås T., *Concept of hydrogen fired gas turbine cycle with exhaust gas recirculation: Assessment of combustion and emissions performance*, “International Journal of Greenhouse Gas Control” 2015, Vol. 37, pp. 377–383, doi: 10.1016/j.jggc.2015.04.004.
- [8] Gieras M., *Miniaturowe silniki turboodrzutowe* (in Polish), Publishing House of the Warsaw University of Technology, Warsaw 2016.
- [9] Taamallah S. et al., *Fuel flexibility, stability and emissions in premixed hydrogen-rich gas turbine combustion: Technology, fundamentals, and numerical simulations*, “Applied Energy” 2015, Vol. 154, pp. 1020–1047, doi: 10.1016/j.apenergy.2015.04.044.
- [10] Fařara J.-M., Modliński N., *Internal flue gas recirculation system in the gas microturbine as a way for the co-combustion of higher enriched hydrogen fuel*, Proceedings of the II edition of the XII Conference Young Scientists in Power Engineering, pp. 153–154, Publishing House of the Wrocław University of Science and Technology, Wrocław 2020.

„KOLORY” WODORU I PRZYSZŁOŚĆ TECHNOLOGII WODOROWYCH W POLSCE

„COLOURS” OF HYDROGEN AND THE FUTURE OF HYDROGEN TECHNOLOGIES IN POLAND

Jakub Flak

Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Koło Naukowe ThermoRES

Adres do korespondencji: 247078@student.pwr.edu.pl

Wyłączanie kolejnych bloków węglowych, stanowiących podstawę polskiego systemu elektroenergetycznego wymaga zastosowania nowych, niskoemisyjnych technologii w celu zaspokojenia energetycznych potrzeb społeczeństwa i przemysłu. Istotną rolę w rozwoju wielu sektorów gospodarki może odegrać wodór, przez niektórych upatrywany za surowiec, paliwo i magazyn energii XXI wieku.

Biorąc pod uwagę ambitne cele polityki klimatycznej UE, w Polsce musi nastąpić transformacja systemu elektroenergetycznego, w którym produkcja energii elektrycznej odpowiada za 77% całkowitej krajowej emisji CO₂ [1]. Nadrzędnym celem powinno być dążenie do osiągnięcia neutralności klimatycznej, zapewniając jednocześnie bezpieczeństwo energetyczne kraju. Postulat neutralności „Europejskiego Zielonego Ładu” może być osiągnięty na przykład poprzez inwestowanie w technologie wodorowe, których zastosowanie obejmie przede wszystkim energetykę, transport i przemysł.

Wodór jest najczęściej występującym pierwiastkiem chemicznym we Wszechświecie i jednym z najczęściej spotykanych pierwiastków na Ziemi. Jako najlżejszy pierwiastek we wszystkich stanach skupienia charakteryzuje się największą przewodnością cieplną i ciepłem właściwym spośród wszystkich gazów. Ponadto, odznacza się wysoką wartością opałową, co pozwala „uwolnić” z niego duże pokłady energii. Większość wodoru na Ziemi występuje jednak w formie związanej, tzn. w postaci wody lub związków organicznych. Aby uzyskać wodór w formie nadającej się do jego wykorzystania, należy go z tych związków wyswobodzić, do czego niezbędna jest energia.

Należy zauważyć, że jedynym produktem spalania wodoru jest woda. Jest to szczególnie istotne w aspekcie braku emisji CO₂, która pozostaje głównym problemem w przypadku spalania innych paliw kopalnych, np. węgla czy gazu, upatrywanego jako paliwo przejściowe w drodze do pełnej dekarbonizacji. Skoro energetyczne wykorzystanie wodoru charakteryzuje się bezemisyjnością i wysokimi uzyskami energetycznymi, warto zastanowić się, skąd ten wodór pozyskać. Według NAFCE [2], można dokonać umownego podziału wodoru ze względu na jego pochodzenie (sposób wytwarzania):

- wodór czarny/szary – powstaje z reformingu gazu ziemnego,
- wodór brązowy – powstaje z procesu zgazowania węgla,
- wodór niebieski – powstaje z reformingu gazu ziemnego lub zgazowania węgla z zastosowaniem CCS,
- wodór turkusowy – powstaje w procesie pirolizy metanu,
- wodór biały – powstaje jako produkt uboczny procesów przemysłowych
- wodór różowy – powstaje w elektrolizerach zasilanych energią elektryczną z elektrowni jądrowych,
- wodór żółty – powstaje w elektrolizerach zasilanych energią elektryczną z sieci elektroenergetycznej,
- wodór zielony – powstaje w elektrolizerach zasilanych energią elektryczną z OZE.

Przyszłość UE ma stanowić wodór powstający w wyniku działania sił przyrody, a więc wodór zielony [3]. Produkcja i magazynowanie wodoru wydaje się być dobrym uzupełnieniem dla odnawialnych źródeł energii, zwłaszcza tych niestabilnych, jak siłownie wiatrowe i fotowoltaika. Dysponując nadmiarem energii elektrycznej, można wykorzystać ją do produkcji wodoru, który zostanie zmagazynowany (w postaci stałej, ciekłej lub gazowej) i zużyty w momencie zwiększonego zapotrzebowania na energię.

Aby wodór stał się jeszcze bardziej powszechnym i konkurencyjnym nośnikiem energii, musi być on nie tylko ekologiczny, ale również ekonomiczny. Na obecną chwilę, najtańszym sposobem produkcji wodoru jest reforming gazu ziemnego, dla którego koszt wyprodukowania kilograma czarnego/szarego wodoru waha się między 0,7 a 1,6 USD [4]. Dla porównania, koszt produkcji kilograma zielonego wodoru może wynieść nawet 7,7 USD [4]. Należy jednak zauważyć, że aktualnie zielony wodór produkowany jest zazwyczaj w małych, a wodór czarny/szary w ogromnych instalacjach, zatem koszty te są efektem skali.

Na świecie i w Europie powstało wiele organizacji związanych z rozwojem technologii wodorowych. Ich głównym celem jest nie tylko zdobycie środków na dalsze prowadzenie prac badawczych, ale także podjęcie działań organizacyjnych niezbędnych do przygotowania infrastruktury prawnej i przesyłowej. Rodzimy dokumentem dotyczącym rozwoju tych technologii jest *Polska Strategia Wodorowa do roku 2030 z perspektywą do 2040 r.*, której projekt przedstawiono w styczniu br. Określa on przede wszystkim cele i działania związane z rozwojem krajowych kompetencji i technologii na rzecz budowy niskoemisyjnej gospodarki wodorowej.

Główne cele, a zarazem wyzwania *Polskiej Strategii Wodorowej* to [5]:

- wdrożenie technologii wodorowych w energetyce – np. przez uruchomienie instalacji P2G klasy 1 MW na bazie polskich technologii,
- wykorzystanie wodoru jako paliwa alternatywnego w transporcie – np. przez rozpoczęcie eksploatacji 2000 autobusów wodorowych w 2030 r. i zbudowanie 32 stacji tankowania wodoru,
- wsparcie dekarbonizacji przemysłu – np. przez powstanie co najmniej 5 dolin wodorowych,
- produkcja wodoru w nowych instalacjach – np. przez zainstalowanie 2 GW mocy elektrolizerów w 2030 r.,
- sprawny i bezpieczny przesył wodoru – np. przez wprowadzenie do sieci gazowych SNG wyprodukowanego w systemach P2G,
- stworzenie stabilnego otoczenia regulacyjnego – np. przez stworzenie prawnych podstaw funkcjonowania rynku wodoru i w dalszej perspektywie opracowanie legislacyjnego pakietu wodorowego.

Mając na myśli rozwój gospodarki wodorowej, należy mówić o celowości, a jej celowością powinno być dążenie do niskoemisyjnych, a w przyszłości neutralnych klimatycznie: energetyki, przemysłu i transportu. Nie ulega wątpliwości, że wodór będzie jednym z kluczowych paliw transformacji energetycznej zachodzącej w Polsce, jak i w całej Unii Europejskiej. Na obecną chwilę najwięcej korzystamy z wodoru czarnego/szarego, erą przejściową ma być zastosowanie niebieskiego, a finalnie zielonego wodoru, przybliżającego do osiągnięcia celów polityki klimatycznej i neutralności klimatycznej UE po roku 2050. Wraz z rozwojem rynku ogniw paliwowych i spadkiem nakładów inwestycyjnych na elektrolizery, koszty produkcji zielonego wodoru będą maleć. Mogą potwierdzić się również przewidywania ekspertów, że w XXI w. wodór będzie jedynym paliwem dopuszczalnym ze względów ekologicznych.

Literatura

- [1] KOBiZE, *Wskaźniki emisyjności CO₂ dla energii elektrycznej u odbiorców końcowych*, https://www.kobize.pl/uploads/materialy/materialy_do_pobrania/wskaźniki_emisyjnosci/160616_WSKAZNIKI_CO2.pdf [dostęp: 13.06.2021].
- [2] NACFE, *Making sense of heavy-duty hydrogen fuel cell tractors*, <https://nacfe.org/emerging-technology/electric-trucks-2/making-sense-of-heavy-duty-hydrogen-fuel-cell-tractors/> [dostęp: 13.06.2021].
- [3] European Commission, *A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe*, Brussels 2020, https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen_strategy.pdf [dostęp: 13.06.2021].
- [4] IEA, *Global average levelised cost of hydrogen production by energy source and technology, 2019 and 2050*, <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-average-levelised-cost-of-hydrogen-production-by-energy-source-and-technology-2019-and-2050> [dostęp: 13.06.2021].
- [5] Ministerstwo Klimatu i Środowiska, *Polska Strategia Wodorowa do roku 2030 z perspektywą do 2040 r.*, bip.mos.gov.pl/strategie-plany-programy/polska-strategia-wodorowa-do-roku-2030-z-perspektywa-do-2040-r/ [dostęp: 13.06.2021].

REAKTYWNOŚĆ WYBRANYCH TLENKÓW ŻELAZA, MANGANU I CYRKONU BADANA ZA POMOCĄ TGA DLA ZASTOSOWAŃ W PROCESIE SPALANIA

REACTIVITY OF SPECIFIC IRON-MANGANESE-ZIRCONIA OXIDES STUDIED IN TGA FOR COMBUSTION PROCESS APPLICATION

Rafał Łysowski, Ewelina Ksepko

Politechnika Wroclawska, Wydział Chemiczny, Katedra Chemii i Technologii Paliw

Adres do korespondencji: rafal.lysowski@pwr.edu.pl

Wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną w powiązaniu z koniecznością redukcji emisji ditlenku węgla do atmosfery wiąże się z koniecznością poszukiwań nowych, bardziej przyjaznych środowisku, technologii wytwarzania energii. Pomimo odchodzenia od wytwarzania energii elektrycznej metodą spalania paliw, udział elektrowni ciepłych w produkcji energii elektrycznej wciąż będzie wysoki w nadchodzącej przyszłości [1]. Jedną z technologii, która może przyczynić się do redukcji negatywnych skutków oddziaływań spalania paliw na środowisko jest spalanie w chemicznej pętli tlenkowej (*Chemical Looping Combustion* – CLC) oraz pochodna tej technologii – CLOU (*Chemical Looping with Oxygen Uncoupling*). Podczas procesu CLC tlen jest dostarczany do paliwa za pomocą substancji zwanej nośnikiem tlenu (*Oxygen Carrier* – OC). Nośnik, w tym procesie, uwalnia tlen podczas bezpośredniej reakcji z paliwem, natomiast podczas procesu CLOU tlen jest uwalniany z nośnika samoistnie w pewnych zakresach temperatury i zmian ciśnienia parcjalnego O_2 w atmosferze w jakiej zachodzi reakcja. Wszystkie materiały wykorzystywane w procesie CLOU są także zdolne do reakcji CLC [2].

Nośnik tlenu wykorzystywany w procesach CLC/CLOU, poza dużą zdolnością do transportu tlenu, powinien charakteryzować się pewnymi właściwościami, takimi jak niska cena, zdolność do zachowania stabilności podczas wielu cykli pracy, a także bezpieczeństwem dla środowiska oraz dużą szybkością reakcji z tlenem z powietrza [2]. Typowymi materiałami wykorzystywanymi w procesach CLC/CLOU są tlenki żelaza. W ramach przedstawianych badań związki mieszane na bazie tlenków żelaza, manganu i cyrkonu były testowane dla sprawdzenia możliwości ich zastosowania jako nośników tlenu dla tej technologii.

Stale nośniki zsyntezowaną metodą mieszania mechanicznego i kalcynacji. Ich właściwości CLOU oraz szybkość reakcji z tlenem atmosferycznym zbadano za pomocą analizatora termogravimetrycznego. Zdolność do przenoszenia tlenu zbadano w zakresie wyselekcjonowanych temperatur, tj. 800–1100°C, celem stwierdzenia najbardziej optymalnych parametrów pracy badanego nośnika. Zdolność do transportu tlenu oraz szybkość reakcji utleniania/redukcji nośnika została oceniona dla czterech związków złożonych z mieszanin tlenków Fe/Mn/Zr o różnym składzie. Badane stale nośniki tlenu porównywano z materiałem kontrolnym złożonym z Fe_2O_3 i ZrO_2 w stosunku masowym 80:20, gdzie efekt CLOU nie powinien zachodzić.

Źródło finansowania

Projekt o numerze rejestracyjnym 2020/37/B/ST50129 został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki.

Literatura

- [1] Mattison T., *Materials for Chemical-Looping with Oxygen Uncoupling*, “ISRN Chemical Engineering” 2013.
- [2] Abuelgasim S. et al., *A brief review for chemical looping combustion as a promising CO_2 capture technology: Fundamentals and progress*, “Science of the Total Environment” 2021, Vol. 764, 142892.

**WYSTĄPIENIA
BEZ STRESZCZEŃ**

PRESENTATIONS WITHOUT ABSTRACT

**ANALIZA WPŁYWU PARAMETRÓW CZYNNIKA GRZEW CZEGO
NA PRACĘ I RYZYKO ZAMARZANIA W WYMIENNIKU CIEPŁA
DO REGAZYFIKACJI CIECZY KRIOGENICZNEJ**

**ANALYSIS OF THE IMPACT OF HEATING MEDIUM PARAMETERS
ON PERFORMANCE AND FREEZING RISK
DURING LNG REGASIFICATION**

Arkadiusz Brenk

Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Kriogeniki i Inżynierii Lotniczej

Adres do korespondencji: arkadiusz.brenk@pwr.edu.pl

**WYKORZYSTANIE DRUKU 3D W PROTOTYPOWANIU
BEZZAŁOGOWYCH STATKÓW POWIETRZNYCH**

3D PRINTING AS A UAV PROTOTYPING METHOD

Marcin Ciopcia

Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Kriogeniki i Inżynierii Lotniczej

Adres do korespondencji: marcin.ciopcia@pwr.edu.pl

**WRZENIE R245FA PODCZAS PRZEPEŁYWU PRZEZ MIKROKANALY
FLOW BOILING OF R245FA IN MICRO CHANNELS**

Stanisława Halon

Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Techniki Ciepłej

Adres do korespondencji: stanislawa.halon@pwr.edu.pl

**POMIARY WALIDACYJNE PRZYSŁON WIRNIKÓW VORTEX
ZAPROJEKTOWANYCH AUTORSKĄ METODĄ PROJEKTOWĄ**

**VALIDATION MEASUREMENTS OF VORTEX IMPELLER WINGLETS DESIGNED
WITH THE PROPRIETARY DESIGN METHOD**

Artur Machalski

Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Inżynierii Konwersji Energii

Adres do korespondencji: artur.machalski@pwr.edu.pl

**MODELOWANIE PRZEPEŁYWU WIELOFAZOWEGO WEWNĄTRZ
PULSACYJNEJ RURKI CIEPŁA – WPŁYW MODELI TRANSPORTU
MASY NA STRUKTURY PRZEPEŁYWU**

**MODELING MULTIPHASE FLOW INSIDE A PULSATING HEAT PIPE
– EFFECTS OF MASS TRANSPORT MODELS ON FLOW STRUCTURES**

Marcin Opalski

Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny

Adres do korespondencji: marcin.opalski@gmail.com

