

SPRAWOZDANIE

**z prac prowadzonych
w Ośrodku Termomechaniki Płynów IMP PAN
w roku 2010**

**REFERENT / RECENZENT
PROF. MARIAN TRELA**

Gdańsk, 18 stycznia 2011

LISTA TEMATÓW

Temat / Zadanie		Kierownik	Zakład Prac.	Liczba etatów
Temat O2 / T1	Problemy aeromechaniki, eksploatacji, diagnostyki maszyn i urządzeń energetycznych	Prof. dr hab. inż. Piotr Doerffer		
	Zadanie 1: Zagadnienia aeromechaniki, eksploatacji i diagnostyki cieplno-przepływowej turbin parowych	Prof. dr hab. inż. Piotr Lampart	Z1	5.5
	Zadanie 2: Przepływy pod- i naddźwiękowe z silnymi oddziaływaniami	Prof. dr hab. inż. Piotr Doerffer	Z2	7.5
Temat O2 / T2	Procesy ekologicznego spalania w urządzeniach energetycznych, także z wykorzystaniem biomasy	Dr inż. Dariusz Kardaś		
	Zadanie 1: Modele procesów proekologicznego spalania w urządzeniach energetycznych	Prof. dr hab. inż. Janusz Badur	Z3	3.1
	Zadanie 2: Transport energii i spalanie w przepływie z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii	Dr inż. Dariusz Kardaś	Z4	6
Temat O2 / T3	Problemy cieplno-przepływowe w urządzeniach niskotemperaturowej energetyki cieplnej, także z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii	Prof. dr hab. inż. Marian Trela		
	Zadanie 1: Mikrośilownie na czynniki organiczne	Prof. dr hab. inż. Jarosław Mikieliewicz	Z5	5.4
	Zadanie 2: Obiegi skojarzone lewobieżne oraz prawobieżne z wykorzystaniem ekologicznych czynników roboczych	Prof. dr hab. inż. Marian Trela	Z6	5.5
	Zadanie 3: Zastosowanie procesów elektrohydrodynamicznych oraz nanotechnologii w zagadnieniach cieplno-przepływowych energetyki	Prof. dr hab. inż. A. Jaworek	Z7	4

razem etatów: 37

OSIĄGNIĘCIA OŚRODKA

1. Książki – autorstwo rozdziału w monografii (3)

- **Głuch J., Trela M., Kwidziński R., Butrymowicz D.,** *Wykorzystanie własności strumienicowych regeneracyjnych wymienników ciepła do poprawienia efektywności i rozplanowania siłowni nadkrytycznych bloków energetycznych.*
Rozdział 5.4 w monografii “Systemy, technologie i urządzenia energetyczne”, red. J. Taler, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2010, tom 2, str. 755-764, ISBN 978-83-7242-543-0 (nr arch. IMP PAN 550/2010)
- **Kwidziński R., Trela M., Butrymowicz D., Karwacki J.,** *Problemy wykorzystania strumienic dwufazowych w energetyce cieplnej.*
Rozdział 1.10 w monografii “Systemy, technologie i urządzenia energetyczne”, red. J. Taler, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2010, tom 1, str. 143-152, ISBN 978-83-7242-543-0 (nr arch. IMP PAN 494/2010)
- **Trela M., Kwidziński R., Głuch J., Butrymowicz D.,** *Koncepcja strumienicowego układu regeneracyjnego.*
Rozdział 4.2 w monografii “Obiegi cieplne nadkrytycznych bloków węglowych”, red. T. Chmielniak i A. Ziębik. Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010, str. 133-165 + bibl. str. 208-210, ISBN 978-83-7335-680-1 (nr arch. IMP PAN 181/2010)

OSIĄGNIĘCIA OŚRODKA

1. Książki – redakcja naukowa monografii

- **Doerffer P.** (Editor), *Progress in Hybrid RANS-LES Modelling – Papers contributed to the 3rd Symposium on Hybrid RANS-LES Methods, Gdansk, Poland, June 2009*, Springer series – Notes on Numerical Fluid Mechanics and Multidisciplinary Design (NNFM 111), 2010, ISBN 978-3-642-14167-6, **także autorstwo rozdziałów:** *Description of Test Section and Measurement in a Nozzle for Shock Upstream Mach Number $M=1.45$, UFAST Project – Unsteady Effects in Shock Wave Induced Separation*, pp. 339-347
- **Doerffer P.** (Editor), *Unsteady Effects of Shock Wave Induced Separation*, Springer series – Notes on Numerical Fluid Mechanics and Multidisciplinary Design (NNFM 114), 2010, ISBN 978-3-642-03003-1, **także autorstwo rozdziału 7.** *Natural Shock Unsteadiness in Nozzle*, pp.183-218
- **Doerffer P.** (Editor), *UFAST Experiments – Data Bank*, IMP PAN Publishers, 2009, ISBN 978-83- 88237-46-1

OSIĄGNIĘCIA OŚRODKA

2. Publikacje

- a) publikacje recenzowane – **30 (33)**
w tym publikacje z listy filadelfijskiej – **9 (13)**
- b) zaproszone wykłady – **3 (13)**
- c) referaty na konferencjach międzynarodowych – **15 (46)**
- d) referaty na konferencjach krajowych – **21 (15)**

3. Prace doktorskie (2)

dr Tomasz Hajduk

(promotor prof. Dariusz Butrymowicz)

dr inż. Marcin Szostak

(promotor prof. Janusz Badur)

(x) – dane z poprzedniego roku

OSIĄGNIĘCIA OŚRODKA

4. Działalność w instytucjach (programach) krajowych

Mikielewicz J. – prezes Oddziału PAN w Gdańsku

Mikielewicz J. – wiceprzewodniczący Komitetu Energetyki PAN

Mikielewicz J. – członek Komitetu Termodynamiki i Spalania

Mikielewicz J. – koordynator ze strony PAN d/s współpracy naukowej z Chinami

Doerffer P. – przewodniczący Podsekcji Przepływów Wewnętrznych, Sekcja Mechaniki Płynów Komitetu Mechaniki PAN

Doerffer P. – członek Rady Naukowej TASK jako przedstawiciel PAN

Doerffer P. – nominowany do Społecznej Rady Redukcji Emisji przy Premierze RP

Trela M. – członek Komitetu Termodynamiki i Spalania PAN

OSIĄGNIĘCIA OŚRODKA

5. Działalność w instytucjach (programach) międzynarodowych (1)

Butrymowicz D. – członek Międzynarodowego Instytutu Chłodnictwa w Paryżu, Komisja B1 - Thermodynamics and Heat Transfer Processes

Doerffer P. – członek ERCOFTAC (European Research Community On Flow, Turbulence And Combustion) Management Board and Industry Advisory Committee

Doerffer P. – członek komitetu naukowego czasopisma Journal of Thermal Sciences (Springer-Verlag GmbH, Pekin)

Doerffer P. – redaktor kwartalnika *TASK Quarterly*

Doerffer P. – członek Międzynarodowego Komitetu Konferencyjnego International Symposium on Aerothermodynamics of Internal Flows (ISAIF)

OSIĄGNIĘCIA OŚRODKA

5. Działalność w instytucjach (programach) międzynarodowych (2)

Głuch J. – członek American Society of Mechanical Engineers (ASME)

Lampart P. – członek International Gas Turbine Institute Turbomachinery Committee, ASME

Mikielewicz J. – członek Wessex Institute of Technology Southampton, UK

Mikielewicz J. – członek International Centre of Heat and Mass Transfer

Mikielewicz J. – członkostwo w jury konkursu o nagrodę SIEMENSA.

Wierciński Z. – członek Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik

Wierciński Z. – członek EUROMECH

Wierciński Z. – uczestnik The ERCOFTAC SIG 10 on Transition Modelling

OSIĄGNIĘCIA OŚRODKA

6. Uzyskane nagrody i wyróżnienia

Prof. J. Mikielwicz	statuetka “Apollo”, za wkład do dziedziny Energetyka, Politechnika Wrocławska
mgr inż. O. Szulc	I nagroda za najlepszą pracę z Mechaniki Płynów im. Elsnera, na Krajowej Konferencji Mechaniki Płynów 2010

Wykłady na zaproszenie

- ◆ Doerffer P. - *Unsteady loads due to shock wave unsteadiness*, 5th International Conference “Supply on the Wings”, Frankfurt, 2-4.XI.2010
- ◆ Badur J. - *Nierówność Clausiusa-Duhema*, referat na posiedzeniu Komitetu Mechaniki PAN, Politechnika Gdańska, Gdańsk, 15.VI.2010
- ◆ Badur J. - *Od nierówności entropijnej Clausiusa do nierówności energetycznej Duhema*, referat na Posiedzeniu Komitetu Mechaniki PAN, Akademia Górniczo-Hutnicza, 17.XI.2010

OSIĄGNIĘCIA OŚRODKA

7. Wdrożenia

Optymalizacja systemu dysz OFA do kotła OP-230

autorzy: D. Kardaś, T. Kamiński, I. Wardach.

Zaproponowano nowy, symetryczny układ dysz OFA, który bardziej równomiernie rozdziela powietrze, przez co poprawia się efektywność spalania pyłu węglowego. Wartość wdrożenia dla jednego kotła – około 300 000 złotych rocznie (zlecenie C2 42/2010 dla EC Wybrzeże).

8. Organizacja konferencji

- ◆ **Biogazownie dla Pomorza, Gdańsk, 10-12.V.2010**
współorganizator: Zakład Energii Odnawialnych
(D. Kardaś)

OSIĄGNIĘCIA OŚRODKA

9. Współpraca międzynarodowa

- ◆ Współpraca w ramach projektów europejskich, w tym koordynacja projektów europejskich IAPP (Industry–Academia Partnership) i ITN (Initial Training Network) przez prof. P. Doerffera.
- ◆ Współpraca z Instytutem Technicznej Ciepłoty (ITTF) Narodowej Akademii Nauk Ukrainy w Kijowie w badaniach przejścia laminarno-turbulentnego indukowanego śladami spływowymi (prof. Z. Wierciński).
- ◆ Współpraca z Universitet Catholique de Louvain (UCL), Facult des sciences appliqués, Unit TERM (Belgia) w zakresie badań nad strumienicami jedno- i dwufazowymi do wykorzystania ich w zagadnieniach energii odnawialnych, zgodnie z umową o współpracy naukowej i naukowo – technicznej z zagranicą na lata 2008-2010 (prof. D. Butrymowicz).

PROJEKTY BADAWCZE W OŚRODKU

1. PROJEKTY MNiSW

Liczba projektów: realizowanych – **18** (19), w tym uzyskane w 2010 – **6** (7)

lp	Kierownik nr grantu	Tytuł projektu	Nr i data rozp. umowy	Termin zakończenia
1	H. Bieliński N5121880339	Analiza wymiany ciepła i ruchu płynu w mini- i mikrokanalach obiegu dwufazowego z cyrkulacją naturalną i wymuszoną	1880/B/T02/07/33 17.10.2007	16.10.2010
2	D. Butrymowicz N513489139	Badania dwufazowej pompy strumieniowej dla obiegów z czynnikami łatwowrzącymi	4891/B/T02/10/39 10.09.2010	09.09.2013
3	P. Doerffer N502209438	Nowa koncepcja generatora wirów wzdłużnych (RGV) do przeciwdziałania oderwaniu w przepływach pod i naddźwiękowych	2094/B/T02/10/38 03.03.2010	02.03.2013
4	Z. Drożyński N512356137	Analiza możliwości chłodzenia przy pomocy cyrkulacji w obiegu rury cieplnej	3561/B/T02/09/37 22.09.2009	21.09.2012
5	J. Karwacki N513334738	Badania pompowania kapilarnego w mikrokanalowych wymiennikach ciepła	3347/B/T02/10/38 22.03.2010	21.03.2013
6	A. Krupa N523416937	Badanie właściwości filtracyjnych nanowłóknin wytwarzanych metodą elektrohydrodynamiczną	4169/B/T02/09/37 26.08.2009	25.02.2012
7	R. Kwidziński N513485239	Badania własności przepływu w okołokrytycznej strumienicy parowo-wodnej	4852/B/T02/10/39 23.09.2010	22.09.2013

c.d.n.

PROJEKTY BADAWCZE W OŚRODKU

projekty MNiSW (ciąg dalszy)

lp	Kierownik nr grantu	Tytuł projektu	Nr i data rozpoczęcia umowy	Termin zakończenia
8	M. Lackowski N513396936	Zastosowanie dielektroforezy do regulacji przepływu w mikrokanałach w energetyce rozproszonej	3969/B/T02/09/36 15.04.2009	14.10.2011
9	R. Matysko N513 4190349	Badania poprawy efektywności energetycznej układów chłodniczych poprzez odzysk ciepła przegrzania	4190/B/T02/08/34 09.05.2008	08.05.2011
10	T. Ochrymiuk N501367134	Skuteczność chłodzenia łopatek turbinowych przy różnych konfiguracjach wydmuchu chłodziwa	3671/B/T02/08/34 05.05.2008	09.05.2011
11	M. Szymaniak N513312735	Kompleksowe badanie wpływu ukształtowania geometrii kanałów łopatkowych w obrębie upustów na strukturę i sprawność przepływu ostatnich stopni turbin parowych	3127/B/T02/08/35 12.09.2008	11.11.2010
12	J. Świrydczuk N51202132/4076	Analiza numeryczna 3D wzajemnego oddziaływania koherentnych struktur wirowych w wieńcu wirnikowym stopnia turbinowego	4076/T02/07/32 03.04.2007	02.02.2010
13	M. Trela N512318138	Badanie zmodyfikowanego obiegu kaskadowego z użyciem dwutlenku węgla	3181/B/T02/10/38 22.03.2010	21.03.2013

PROJEKTY BADAWCZE W OŚRODKU

projekty MNiSW (dokończenie)

lp	Kierownik nr grantu	Tytuł projektu	Nr i data rozpoczęcia umowy	Termin zakończ.
Projekty badawcze habilitacyjne				
14	H. Bieliński N512356037	Uogólnienie modelu termosyfonu z cyrkulacją czynnika w pętli z przemianami fazowymi w obecności pól masowych	3560/B/T02/09/37 22.09.2009	21.09.2011
15	A. Krupa N511352037	Badanie wpływu wyładowania wstecznego na proces odpylania elektrostatycznego	3520/B/T02/09/37 28.08.2009	27.02.2011
16	R. Szwaba N502265837	Aplikacja strumieniowych generatorów wirów wzdłużnych do redukcji oderwania w przepływie naddźwiękowym	2658/B/T02/09/37 12.10.2009	11.10.2011
Projekty badawcze promotorskie				
17	D. Butrymowicz (K. Śmierciew) N513 397336	Badania eksperymentalne i teoretyczne strumieni napędowych w układach klimatyzacji solarnej	3973/B/T02/09/36 23.04.2009	15.03.2011
18	Z. Wierciński (J. Jurkowska) N501 225439	Jednoczesny wpływ intensywności i skali turbulencji strumienia zewnętrznego na parametry przejścia laminarno-turbulentnego typu by-pass w warstwie przyściennej	2254/B/T02/10/39 30.09.2010	29.09.2012

PROJEKTY BADAWCZE W OŚRODKU

lp	Kierownik nr grantu	Tytuł projektu	Data rozpoczęcia	Termin zakończ.
Projekt rozwojowy				
1	D. Butrymowicz POIG-01.03.01.- 20-137/09-00	Nowoczesne technologie naukowe sektora rolno-spożywczego przy ograniczeniu emisji gazów cieplarnianych	10.09.2009	31.12.2013
Projekt kluczowy				
2	P. Doerffer W. Ostachowicz POIG.01.01.02. 00-015/08-00	Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym (koordynator P. Rzeszowska) AERONET - Dolina Lotnicza	01.07.2008	30.06.2013
Projekt zamawiany				
3	M. Trela P. Lampart PBZ/MEiN-4/2/2006	Nadkrytyczne bloki węglowe: Zadanie 1.2.1 C, Zadanie 1.2.1 D, Zadanie III.4.3 (koordynator: Politechnika Śląska – Prof. T. Chmielniak)	30.01.2007	01.03.2010
Projekty strategiczny				
4	D. Mikielewicz SP/E/1/67484/10 (Zero Emisji)	Zaawansowane technologie pozyskiwania energii. Opracowanie technologii dla wysokosprawnych „zero-emisyjnych” bloków węglowych zintegrowanych z wychwytem CO2 ze spalin (konsorcjum)	05.05.2010	

PROJEKTY BADAWCZE W OŚRODKU

2. PROJEKTY ZAGRANICZNE – 7 (6)

lp	Kierownik Koordynator	Tytuł projektu	Nr i data rozp. umowy	Termin zakończ.
1	P. Doerffer Snecma Moteurs	TLC – Towards Lean Combustion (W kierunku uboższego spalania), koordynator Snecma Moteurs	118/6PRUE/2005/7 30.03.2006	31.03.2010
2	P. Doerffer Rolls-Royce	ERICKA – Engine Representative Internal Cooling Knowledge and Applications	ACP8-GA-2009-233799 2008	2012
3	P. Doerffer	FACTOR - Full Aero-thermal Combustor-Turbine interaction Research	ACPO-GA-2010-265985 01.12.2010	01.12.2014
4	P. Doerffer	STADYWICO - Static and Dynamic Piezo-driven Streamwise Hortex Generators for Active Flow Control	Nr 251309 1.10.2010	20.09.2014
5	P. Doerffer	MARE - Nowe materiały i niezawodność w mało uciążliwej dla środowiska technologii morskich turbin wiatrowych	2010	
6	P. Doerffer	IMESCON - Innowacyjne metody sterowania oderwaniem w aeronautyce	FP7-People-2010 –ITN Nr 264672 2010	
7	P. Lampart	Rozwój energetyczny gmin w zgodzie z naturą (Fundacja Poszanowania Energii)	Norway Grants 2010	

ZLECENIA ZEWNĘTRZNE C2

Liczba prac w C2 – 13 (15)

Lp	Kierownik umowy	Zleceniodawca	Tytuł	Nr umowy
1	J. Badur	ALSTOM Power Sp. z o.o., Elbląg	Obliczenia pracy układu spalania turbiny GT8C dla gazu GZ50 z dodatkami azotu	45/08
2	P. Doerffer	Rolls-Royce, Niemcy	Symulacja chłodzenia strugowego przy pomocy metody LES	17/09
3	J. Badur	WAT	Opracowanie numerycznego modelu pracy termo-katalitycznego układu oczyszczania powietrza	64/09
4	P. Doerffer	Instytut Lotnictwa, Warszawa	Obliczeniowa analiza aeroakustyczna dwóch wirników nośnych śmigłowca (etap I)	68/09
5	P. Doerffer	LMS International N.V., Belgia	Badanie zastosowania strug syntetycznych (cz. 1)	4/10
6	P. Doerffer	CTO, Gdańsk	Analizy obliczeniowe projektu tunelu aerodynamicznego	14/10
7	D. Butrymowicz	Magnetic, USA	Charakterystyki pracy układu klimatyzacji solarnej z izobutanem jako czynnikiem roboczym współpracującym z kolektorami solarnymi	23/10

ZLECENIA ZEWNĘTRZNE C2

(dokończenie)

Lp	Kierownik umowy	Zleceniodawca	Tytuł	Nr umowy
8	J. Badur	PGE Elektrownie, Opole	Wyznaczenie charakterystyk dynamicznej sondy temperaturowej 18K 370	36/10
9	D. Kardaś	Elektrociepłownie Wybrzeże S.A., Gdańsk	Wykonanie dokumentacji remontu generalnego, analizy pracy i zleceń remontowych dla kotła nr 7 w elektrociepłowni gdańskiej	42/10
10	P. Doerffer	Energa – Obrót S.A.	Badania mikroelektrowni wiatrowej IFVE-2000W w tunelu aerodynamicznym w zakresie prędkości od 2 do 80 m/s	45/10
11	M. Szymaniak	Posteor Sopot	Zastosowanie w turbinie 225 MW blok nr 3 rozwiązania patentowego Nr 160805 i patentu dodatkowego nr 170215	50/10
12	D. Kardaś	MOREMASKINER A.S.	Wykonanie badań polegających na weryfikacji możliwości osiągnięcia przez spaliny w reaktorze CHP Xenergo 1,5 MW temperatury spalania na poziomie 1100°C przez co najmniej 2 sekundy	74/10
13	J. Badur	Urząd Miasta Gdynia	Ekspertyza w zakresie filtracji wody gruntowej i opadowej wokół budynku MMG	76/10

Problemy aeromechaniki, eksploatacji, diagnostyki maszyn i urządzeń energetycznych

Kierownik tematu: Prof. Piotr Doerffer

Zagadnienia aeromechaniki, eksploatacji i diagnostyki cieplno-przepływowej turbín parowych

Wykonawcy:

- Prof. dr hab. inż. P. Lampart , kierownik zadania
- Prof. dr hab. inż. J. Świryczuk
- Prof. dr hab. inż. J. Głuch
- Prof. dr hab. inż. A. Piętak
- dr inż. M. Szymaniak
- dr inż. J. Żabski
- mgr inż. Ł. Jędrzejewski
- mgr inż. A. Nastalek
- Prof. dr hab. inż. A. Gardzilewicz - emeryt
- Prof. dr hab. inż. J. Krzyżanowski - emeryt

Przedmiot badań

- ◆ Badanie wybranych zagadnień aerodynamiki turbin parowych dużej mocy oraz rozwój metod analizy numerycznej przepływu przez układy łopatkowe turbin
- ◆ Badanie turbin / mikroturbin i układów kogeneracyjnych pracujących w zakresie energetyki rozproszonej, opartych o źródła biomasy i biogazu
- ◆ Prace badawczo-rozwojowe i wdrożenia przemysłowe, w tym modernizacje elementów konstrukcji turbin oraz układów diagnostyki cieplno-przepływowej aparatów siłowni cieplnych

Uzyskane rezultaty

- ◆ Wdrożono rozwiązanie licencyjne stopnia przed upustem (patent P160-805) w Elektrowni Połaniec - turbozespół 225 MW w części NP z wylotem ND41 na bloku nr 3.
- ◆ Zbadano wpływ modelu turbulencji na jakościowy i ilościowy charakter wyników obliczeń niestacjonarnego przepływu w stopniach maszyn przepływowych.
- ◆ Wyznaczono niejednorodności obwodowe wynikające z przepływu pary do upustu regeneracyjnego.
- ◆ Przeprowadzono analizę numeryczną wariantu podstawowego i rozszerzonego procesu nagrzewania turbiny przeciwprężnej o mocy 30 MW w trakcie rozruchu.
- ◆ Rozwinięto model numeryczny przepływu przez wirnik turbiny tarczowej Tesli oraz turbiny wiatrowej Savoniusa.
- ◆ Opracowano szereg wytycznych do strategii rozwoju energetycznego gmin
- ◆ Rozbudowano program optymalizacji sprawnościowej układów łopatkowych turbin *Opti_turb* o procedury optymalizacji kształtu profilu łopatkowego.

Publikacje

łącznie w ramach zadania i projektów – 15:

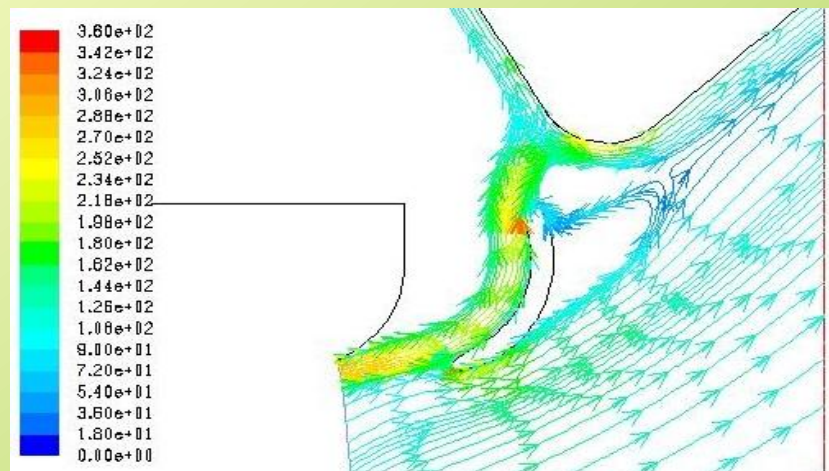
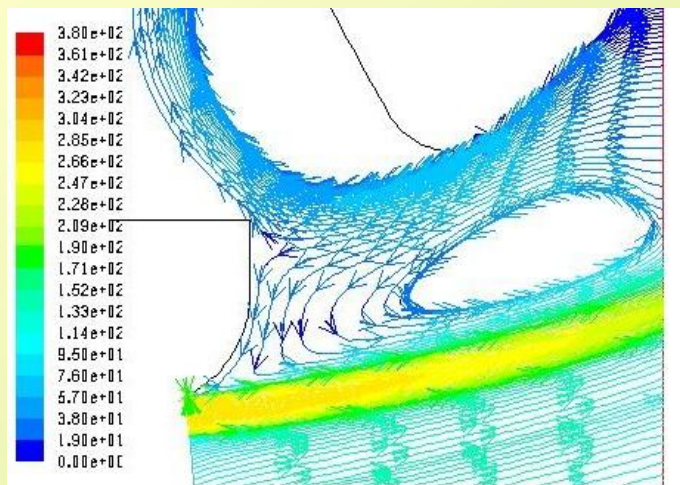
- ◆ Lampart P., Kosowski K., Piwowski M., Jędrzejewski Ł., *Design analysis of a Tesla micro-turbine operating on a low-boiling medium*, Polish Maritime Research, Vol. 16 (2009), Special Issue No. 1, pp. 28-33
- ◆ Szymaniak M., Doerffer P., Świryczuk J., *Unsteady flow past a vertical axis wind turbine rotor*, Materiały Krajowej Konferencji Mechaniki Płynów 2010
- ◆ Rządkowski R., Lampart P., Kwapisz L., Szymaniak M., Drewczyński M., *Transient thermodynamic, thermal and structure analysis of a steam turbine during its start-up*, Turbine Technical Conference & Exposition - Turbo Expo, Glasgow 14-18.VI.2010, ASME Pap. GT2010-22813
- ◆ Kiciński J., Lampart P., *Cogeneration in a large and small scale*, Acta Energetica (Eng.), Vol. 1 (2009), No 2, pp. 20-28

Projekty badawcze

- ◆ 2 własne MNiSW,
- ◆ PBZ – Nadkrytyczne Bloki Węglowe (koordynator: Politechnika Śląska),
- ◆ NCBiR – Program strategiczny „Zadanie Badawcze Nr 4”,
- ◆ POIG: 3.1. Science2Business,
- ◆ NORWAY GRANTS – Rozwój Energetyczny Gmin w zgodzie z Naturą,
- ◆ POIG: 1.1 – „Modelowe kompleksy agroenergetyczne...”,
- ◆ INTERREG: „BioENERGY PROMOTION” ,
- ◆ NORWAY GRANTS – „Energy Conservation without Borders”,

Wdrożenie nowego rozwiązania przed upustem regeneracyjnym w części NP turbiny 225 MW blok nr 3 w elektrowni Połaniec

dr inż. M. Szymaniak, prof. dr hab. inż. Andrzej Gardzilewicz



Porównanie linii prądu:

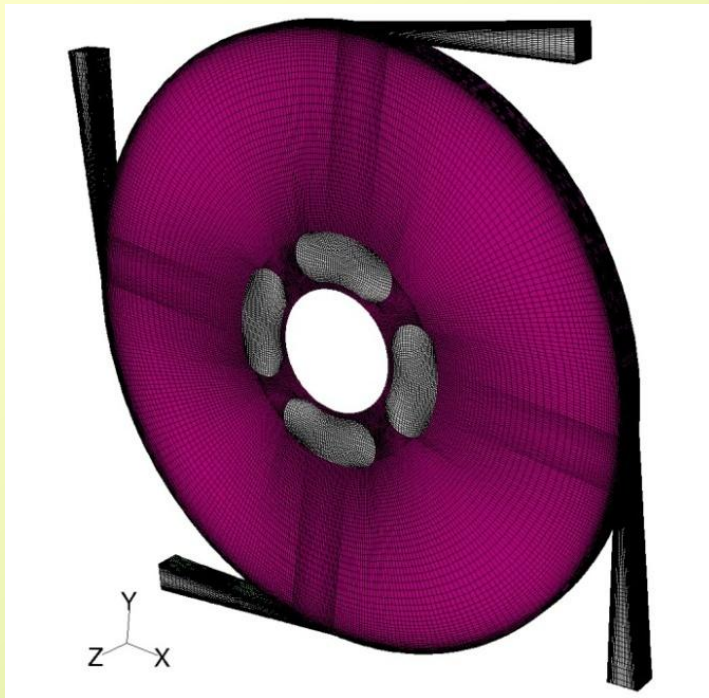
a) przed modernizacją, b) po modernizacji

Zalety:

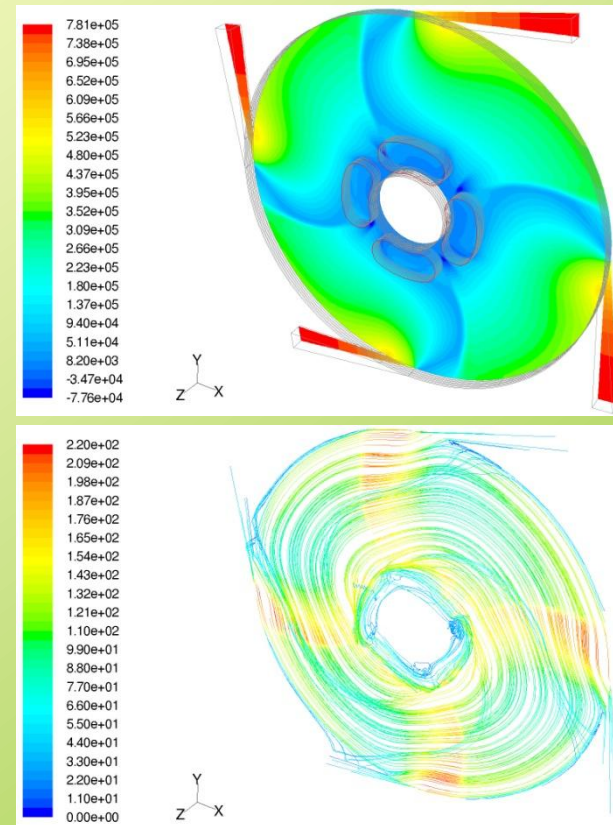
- ♦ eliminacja zawirowań za stopniem w płaszczyźnie merydionalnej i obwodowej
- ♦ eliminacja mieszania dwóch strumieni przepływu głównego z przeciekiem
- ♦ wykorzystanie wyższej energii przecieku nad łopatkowego w upuście regeneracyjnym
- ♦ zmniejszenie erozji przez efektywną separację kropel wody



Badania sprawności przepływu w mikroturbinie Tesli



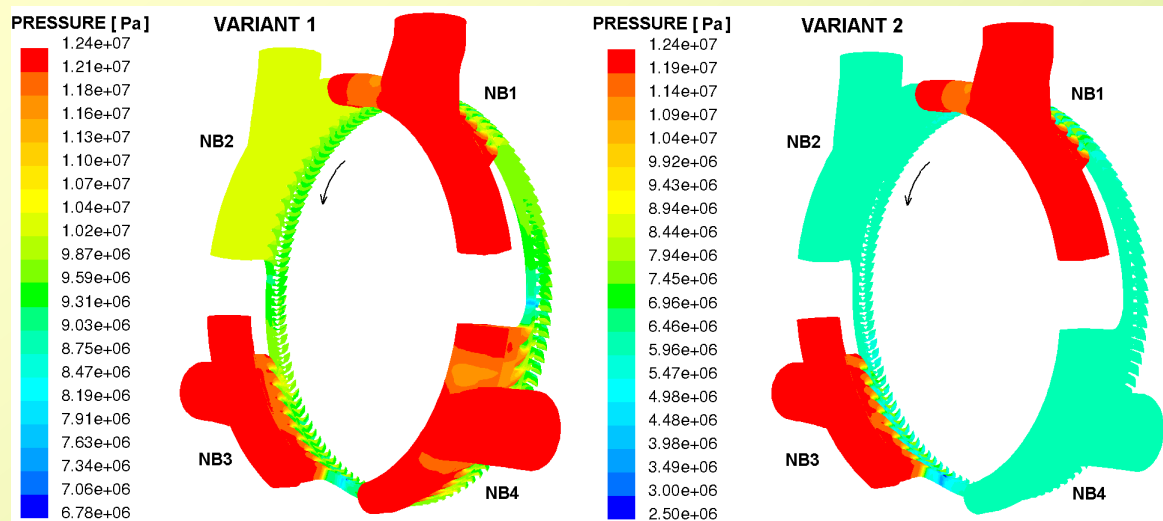
Model wielodyskowy turbiny



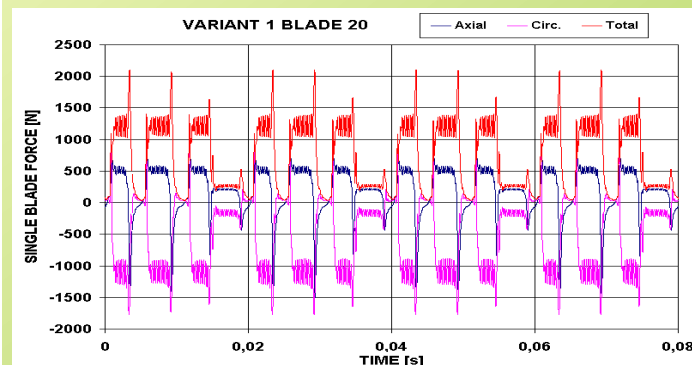
Ciśnienie statyczne i linie prądu w turbinie Tesli

- ◆ Elementy płynu wykonują co najmniej kilka obrotów wokół osi w obszarze międzylaszczowym.
- ◆ W dół przepływu za dyszami obserwuje się fale uderzeniowe.
- ◆ Na modelu o średnicy 320 mm, przy prędkości obrotowej 9000 obr/min, układ przepływowy charakteryzuje się sprawnością oscylującą wokół 50%.

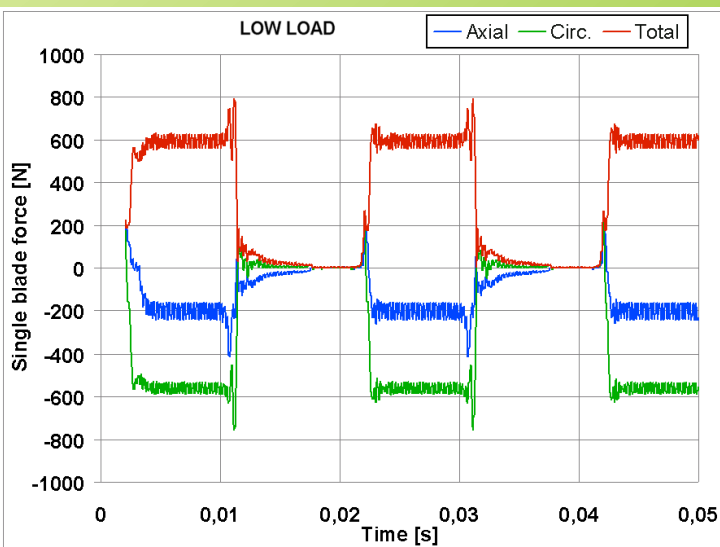
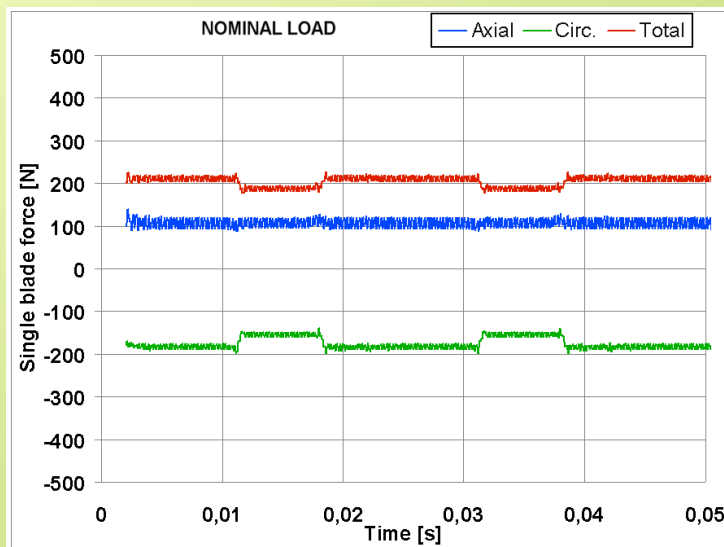
Redukcja niestacjonarnych obciążeń stopnia regulacyjnego turbiny



Kontury ciśnienia

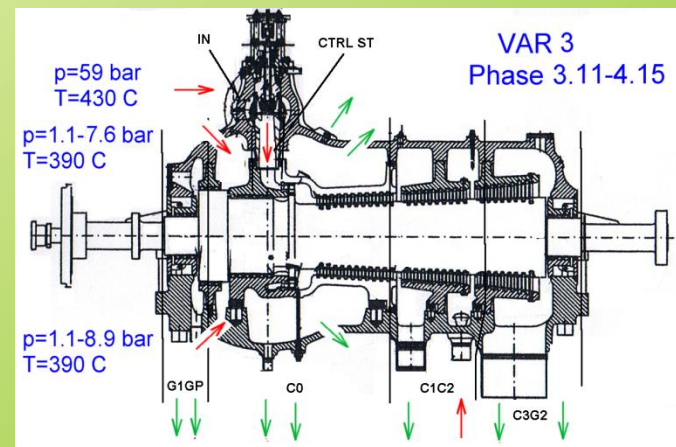
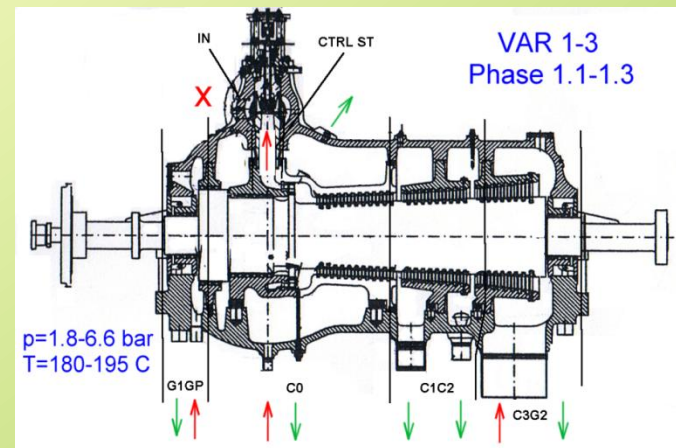
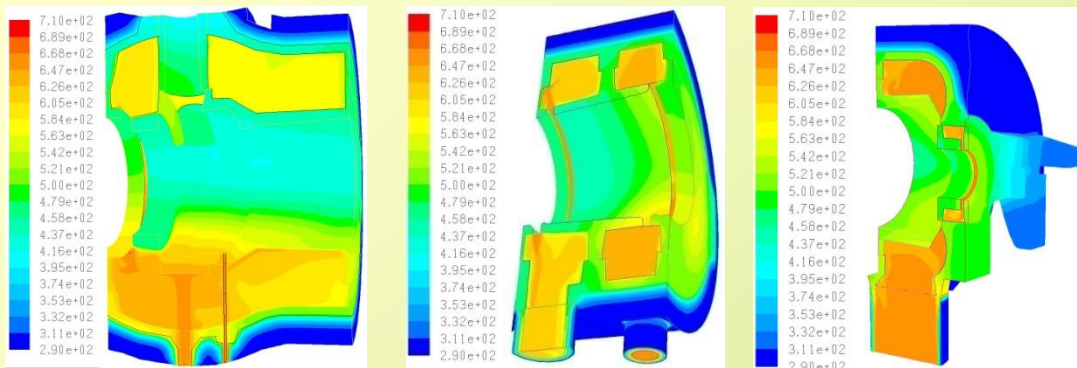


Siły niestacjonarne
– typowy stopień regulacyjny

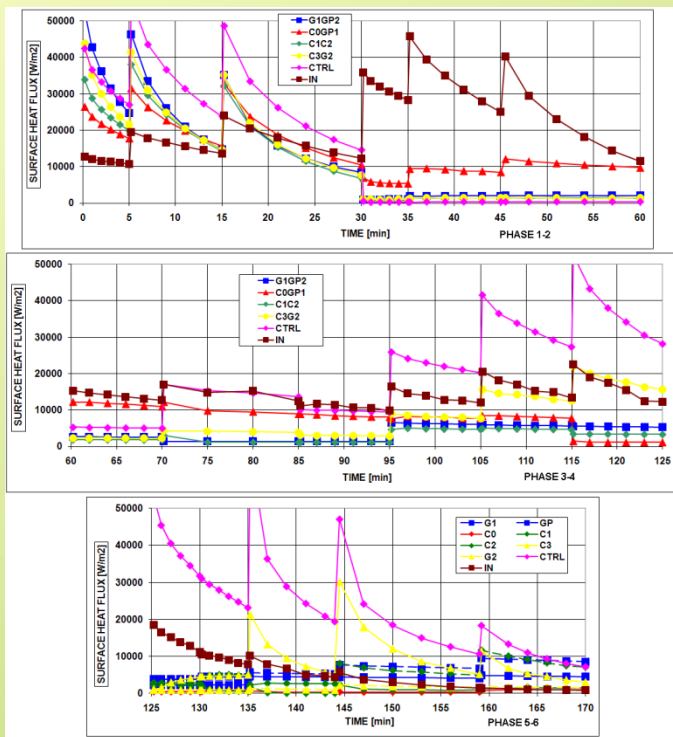


Siły niestacjonarne – stopień regulacyjny nowej konstrukcji

Nagrzewanie turbiny parowej przy rozruchu



Schemat nagrzewania turbiny



Strumień ciepła na powierzchni korpusów

Przepływy pod- i naddźwiękowe z silnymi oddziaływaniami

Wykonawcy:

- Prof. dr hab. inż. Piotr Doerffer, kierownik zadania**
- dr inż. Ryszard Szwaba**
- mgr inż. Oskar Szulc**
- mgr inż. Jan Artur Szumski**
- mgr inż. Tomasz Lewandowski**
- mgr inż. Janusz Telega**

- Prof. dr hab. inż. Zygmunt Wierciński**
- mgr inż. J. Jurkowska**

Przedmiot badań

- ◆ Przeciwdziałanie oderwaniu na podciśnieniowej stronie łopatk turbinowej przez zastosowanie generatorów strumieniowych (Flaszyński, Szwaba)
- ◆ Likwidacja fali uderzeniowej przez pasywną wentylację (Szulc)
- ◆ Numeryczne i eksperymentalne określenie charakterystyk przepływu przez perforowane ściany o różnej porowatości (Lewandowski, Szumski)
- ◆ Doskonalenie metody pomiaru ciśnienia przy pomocy farby (PSP) (Szumski, Telega, Szwaba)
- ◆ Badania eksperymentalne mikroprzepływów (Ochrymiuk, Szwaba)
- ◆ Badania innowacyjnej koncepcji wykorzystania wirnika Savoniusa (Telega)
- ◆ Badania wymiany ciepła przy pomocy ciekłych kryształów (Telega, Szwaba)
- ◆ Badanie przejścia laminarno-turbulentnego (PLT) typu by-pass, spowodowanego podwyższoną turbulencją strumienia zewnętrznego, a w szczególności wpływu intensywności i skali turbulencji na PLT (Wierciński)

Uzyskane rezultaty

A: Przepływy pod- i naddźwiękowe z silnymi oddziaływaniami

- ◆ Określono efektywność przeciwdziałania oderwaniu na łopatkę z chłodzeniem przy pomocy generatorów wirów wzdłużnych
- ◆ Określono niestacjonarne efekty oddziaływania fali uderzeniowej z warstwą przyścienną przy różnych liczbach Macha
- ◆ Wyznaczono charakterystyki przepływów przez perforowane ściany o różnych geometriach perforacji
- ◆ Wykonano pierwsze badania na nowym stanowisku pomiarowym do badania mikro-przepływów
- ◆ Przebadano nową koncepcję wiatraka o osi pionowej

B: Przejście laminarno-turbulentne w maszynach przepływowych

- ◆ Uzupełniono badania eksperymentalne przejścia laminarno-turbulentnego (PLT) typu by-pass o dwa kolejne generatory turbulencji
- ◆ Wyznaczono trójparametrową korelację początku PLT, z uwzględnieniem jednoczesnego wpływu intensywności i skali turbulencji
- ◆ Opracowano nowe korelacje dotyczące wpływu dyssypatywnej skali turbulencji Lu na PLT

Publikacje

A: Przepływy pod- i naddźwiękowe z silnymi oddziaływaniami łącznie – 16, w tym najważniejsze:

redakcja naukowa 3 monografii:

- Doerffer P. (Editor), *UFAST Experiments – Data Bank*, IMP PAN Publishers, 2009
ISBN 978-83- 88237-46-1
- Doerffer P. (Editor), *Progress in Hybrid RANS-LES Modelling*, Springer series – Notes on Numerical Fluid Mechanics and Multidisciplinary Design (NNFM111), 2010,
ISBN 978-3-64214167-6
- Doerffer P. (Editor), *Unsteady effects in shock wave induced separation*, Springer series – Notes on Numerical Fluid Mechanics and Multidisciplinary Design (NNFM114), 2010,
ISBN 978-3-642-03003-1
- ❑ Szwaba R., *Comparison of the influence of different air-jet vortex generators on the separation region*, Aerospace Science and Technology, AESCTE:2545, ELSEVIER 2010
- ❑ Lewandowski T., Ochrymiuk T., Czerwińska J., *Modeling of Heat Transfer in Microchannels Gas Flow*, Journal of Heat Transfer ASME, Vol. 133 (2010), No. 2
- ❑ Doerffer P., Szulc O., *Passive control of shock wave applied to helicopter rotor high-speed impulsive noise reduction*, TASK QUARTERLY, Vol. 14 (2010), No. 3, pp. 301-309
- ❑ Szwaba R., Doerffer P., *Jet Vortex Generators Effect on Spatial and Temporal Features of Shock Induced Separation*, 3AF, Proceedings of 45th Symposium of Applied Aerodynamics, Marsylia, March 2010
- ❑ Szulc O., Doerffer P., *Application of the passive control of shock wave to the reduction of high-speed impulsive noise*, 3AF, Proceedings of 45th Symposium of Applied Aerodynamics, Marsylia, March 2010
- ❑ Szulc O., Doerffer P., *Validation of the perforated wall boundary condition for transonic flows*, Proceeding of Iftomm - International Symposium on dynamics of Steam and Gas Turbines, 2009, pp. 107-108 31

Publikacje

B: Przejście laminarno-turbulentne w maszynach przepływowych

łącznie - 7, w tym najważniejsze:

- ◆ Z. Wierciński, J. Jurkowska, *Influence of turbulence scale on laminar-turbulent transition in a Boundary layer*, 8th Int. Symposium on Engineering, Turbulence, Modelling and Measurements – ETMM8, Marseille, France, 9-11 June 2010
- ◆ Z. Wierciński, A. Skotnicka-Siepsiak, *Quasi-steady exergy variations in a heating season for traditional and passive single family houses*, CLIMA 2010, 9-12 May 2010, Antalya, Turcja
- ◆ J. Żabski, Z. Wierciński, *Phase-averaged velocity profile measurements in the induced by wakes boundary layer*, Proceedings of XIX Polish National Fluid Dynamics Conference, Poznań, September 2010
- ◆ Z. Wierciński, J. Jurkowska, *Simultaneous impact of intensity and turbulence scale to the beginning of laminar-turbulent transition*, Proceedings of XIX Polish National Fluid Dynamics Conference, Poznań, September 2010
- ◆ Z. Wierciński, *Analiza układu łopatkowego wentylatorów tunelu wiatrowego w aspekcie zmiany kąta ustawienia łopat*, Pozycja planu: C2-14/2010, odbiorca: ZIPO Gdańsk, listopad 2010

Projekty badawcze

MNiSW – 2: **habilitacyjny** – dr inż. R. Szwaba, ”Aplikacja strumieniowych generatorów wirów wzdłużnych do redukcji oderwania w przepływie naddźwiękowym”
własny – prof. P. Doerffer, „Nowa koncepcja generatora wirów wzdłużnych (RVG) do przeciwdziałania oderwaniu w przepływach pod- i naddźwiękowych”

7 PR UE
kooperacja

Akronim Projektu	Tytuł Koordynator
ERICKA	Engine Representative Internal Cooling Knowledge and Applications Rolls Royce
FACTOR	Full Aerothermal Combustor – Turbine interactiOn Research SNECMA

Koordynator IMP PAN ↓

7PR UE
Marie-Curie

Akronim Projektu	Tytuł
STA-DY-WI-CO IAPP (ind-acad)	<u>ST</u>atic and <u>DY</u>namie piezo-driven Stream<u>WI</u>se vortex generators for active flow <u>C</u>ontrol
IMESCON ITN (Init. Train. Network)	<u>I</u>nnovative <u>ME</u>thods of <u>S</u>eparated Flow <u>C</u>ontrol in Aeronautics

Projekty badawcze

B: Przejście laminarno-turbulentne w maszynach przepływowych

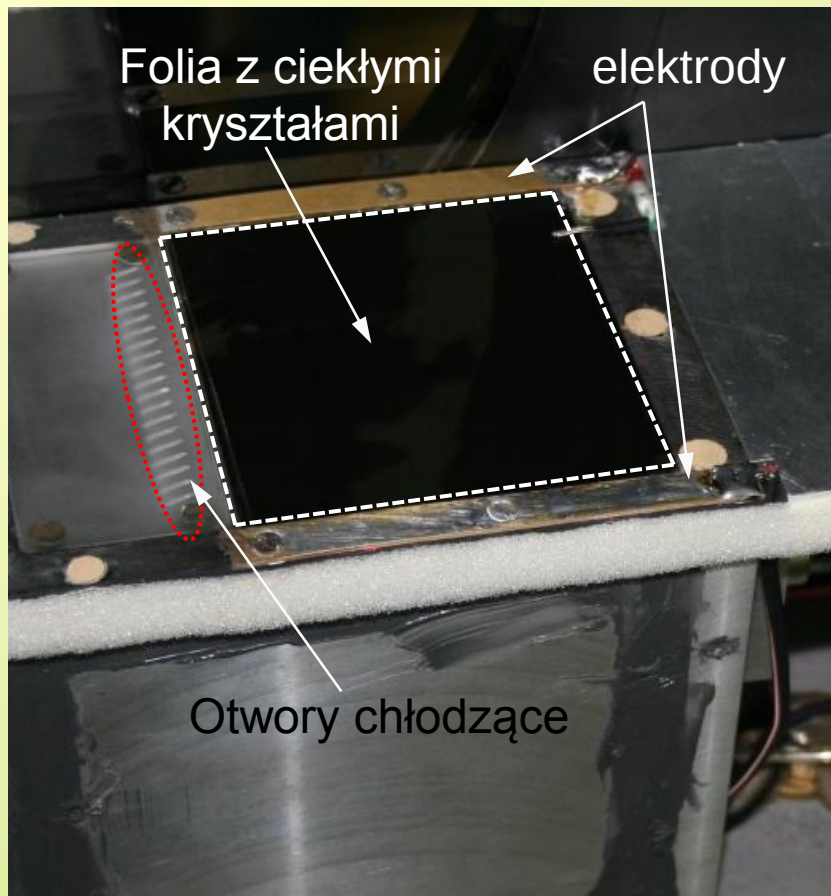
Projekty badawcze na lata 2010-2012:

grant promotorski Nr NN501 225439 pt.: „*Jednoczesny wpływ intensywności turbulencji i skali turbulencji strumienia zewnętrznego na parametry przejścia laminarno-turbulentnego typu by-pass w warstwie przyściennej*”, z MNiSW na badania eksperymentalne związane z doktoratem mgr inż. Joanny Jurkowskiej

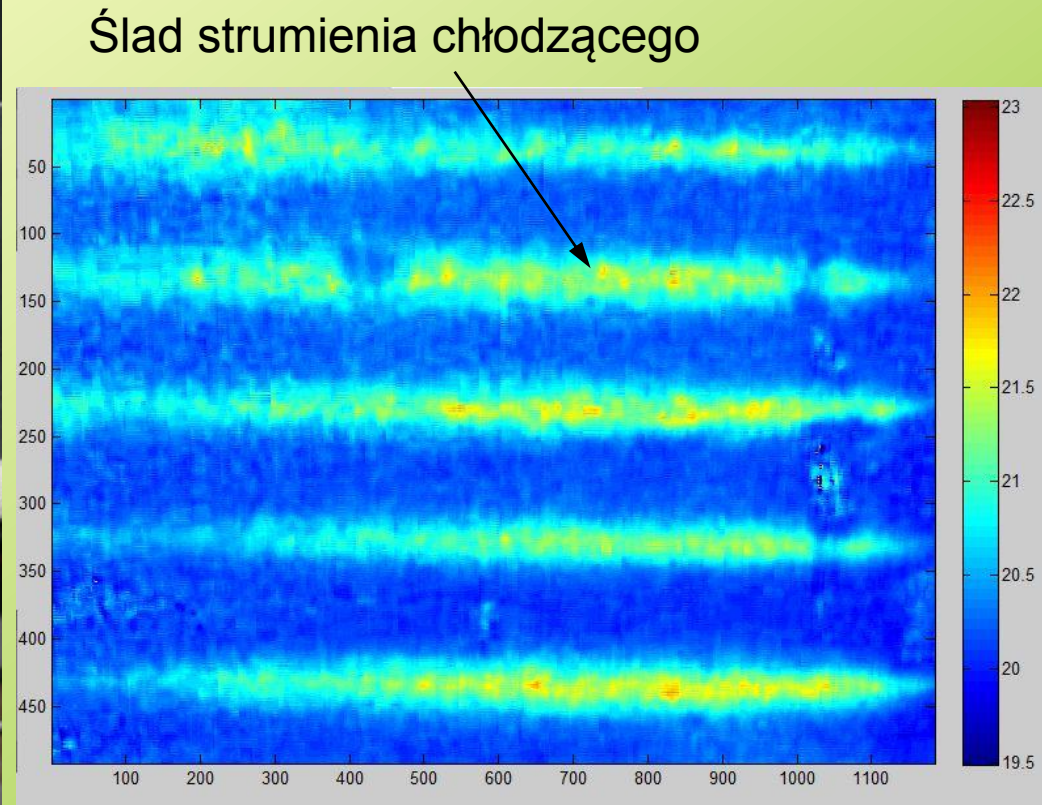
Inne wydarzenia:

Otwarcie przewodu doktorskiego: mgr inż. Aldona Skotnicka-Siepsiak, asystentka WNT UWM, wszczęcie doktoratu RN IMP PAN,
1.12.2010 nt.: *Badanie histerezy efektu Coandy*

Budowa i uruchomienie nowego stanowiska pomiarowego z układem chłodzenia do badania wymiany ciepła w palisadach turbinowych

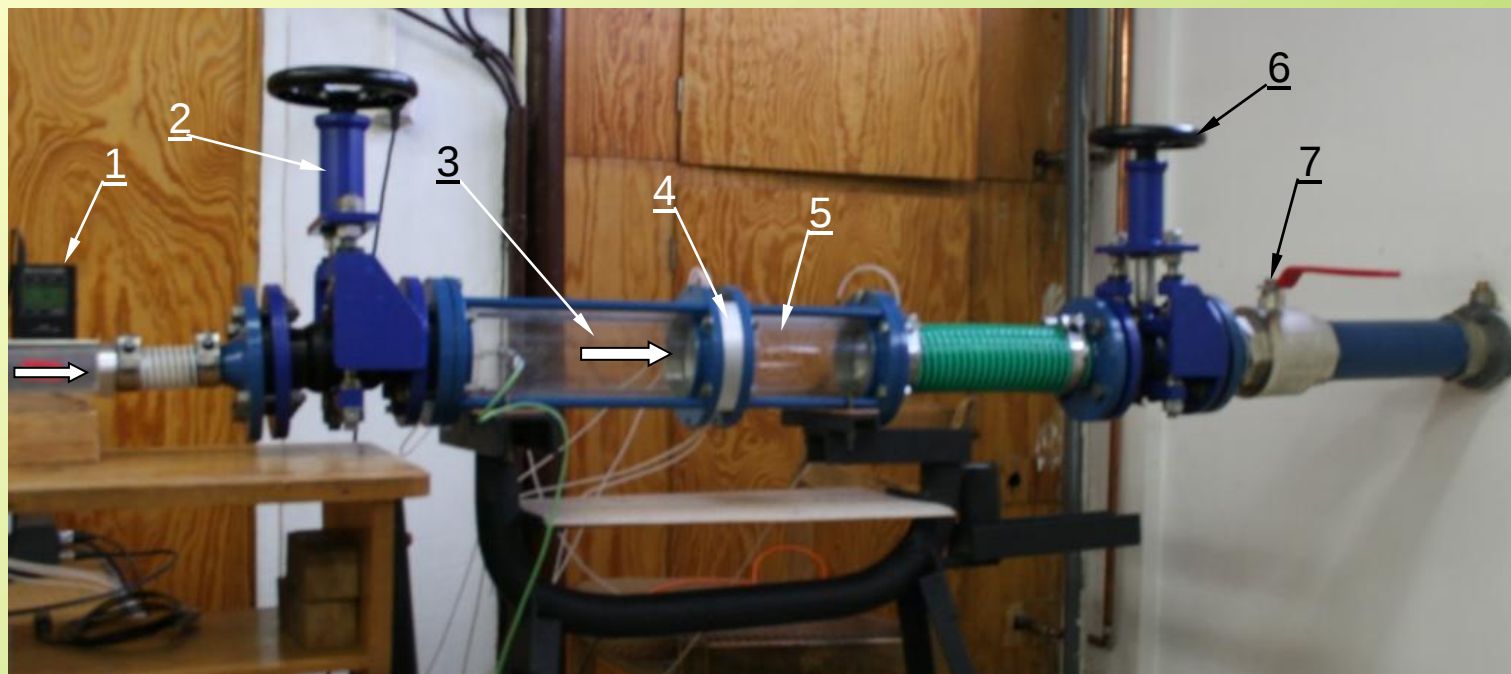


Widok stanowiska pomiarowego



Przykładowy wynik pomiaru temperatury

Budowa i uruchomienie nowego stanowiska pomiarowego do badania mikroprzepływów przez perforowaną płytkę



Widok stanowiska pomiarowego

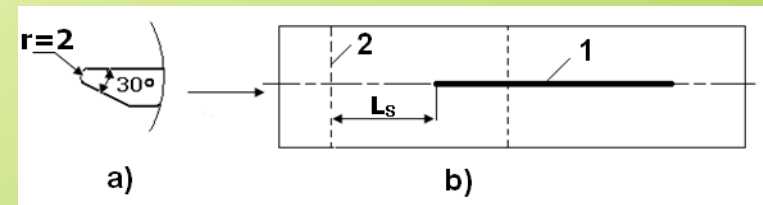
Przejście laminarno-turbulentne: jednoczesny wpływ intensywności i skali turbulencji

Wyznaczenie jednoczesnego wpływu intensywności i skali turbulencji na parametry PLT jest wciąż otwartym problemem mechaniki płynów i maszyn przepływowych, brak jest wciąż korelacji dotyczących wpływu skali turbulencji Lu z jednoczesnym uwzględnieniem intensywności.

Tworzymy dwa nowe bezwymiarowe średnie całkowite parametry ITu i ILu :

$$ITu_m = \frac{1}{x_t} \int_0^{x_t} Tu \, dx \quad ILu_{\delta^{**},m} = \frac{1}{x_t} \int_0^{x_t} \frac{Lu}{\delta^{**}} \, dx$$

granice całek: 0 - krawędź natarcia płyty, x_t – początek PLT



Szkic stanowiska badawczego

Korelacja trójparametrowa na liczbę Reynoldsa początku przejścia laminarno-turbulentnego :

$$Re_t^{**} = k \cdot ITu_m^{m1} \cdot ILu_{\delta^{**},m}^{m2}$$

Znajdujemy metodą regresji wartości trzech współczynników:

k , $m1$ i $m2$,

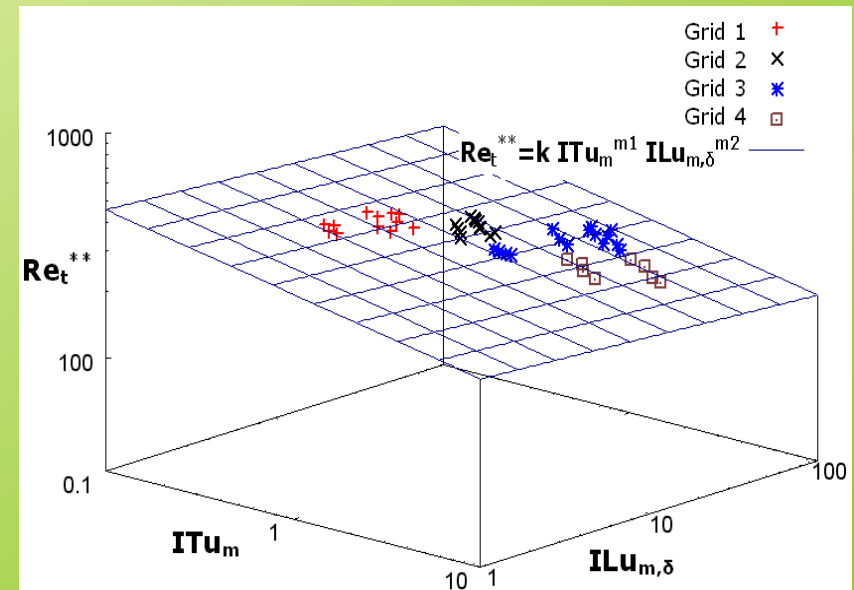
Dane siatek:

G1 $d=0.3 \text{ mm}$, $M=1 \text{ mm}$,

G2 $d=0.6 \text{ mm}$, $M=3 \text{ mm}$,

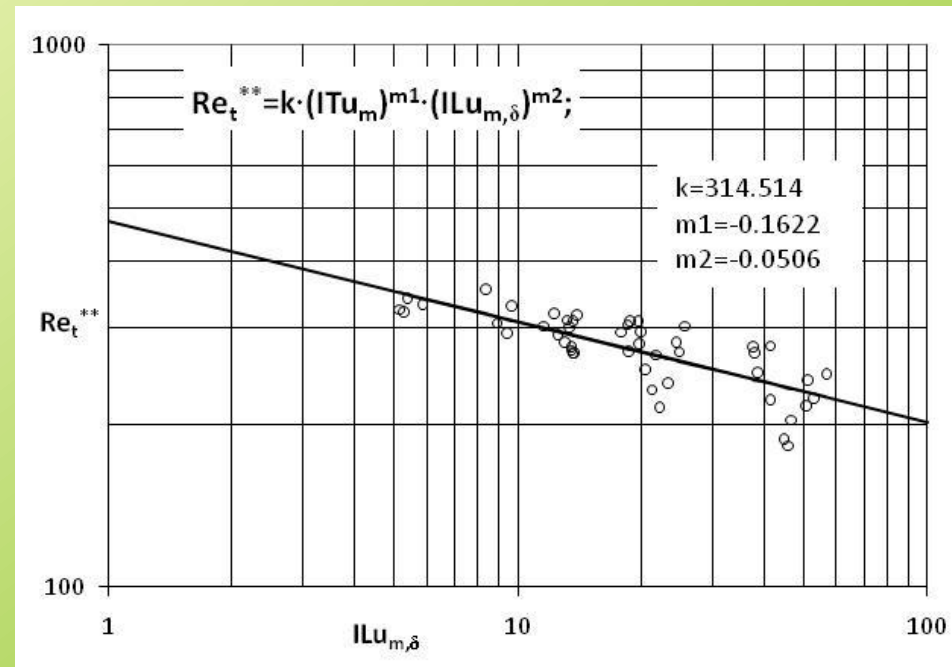
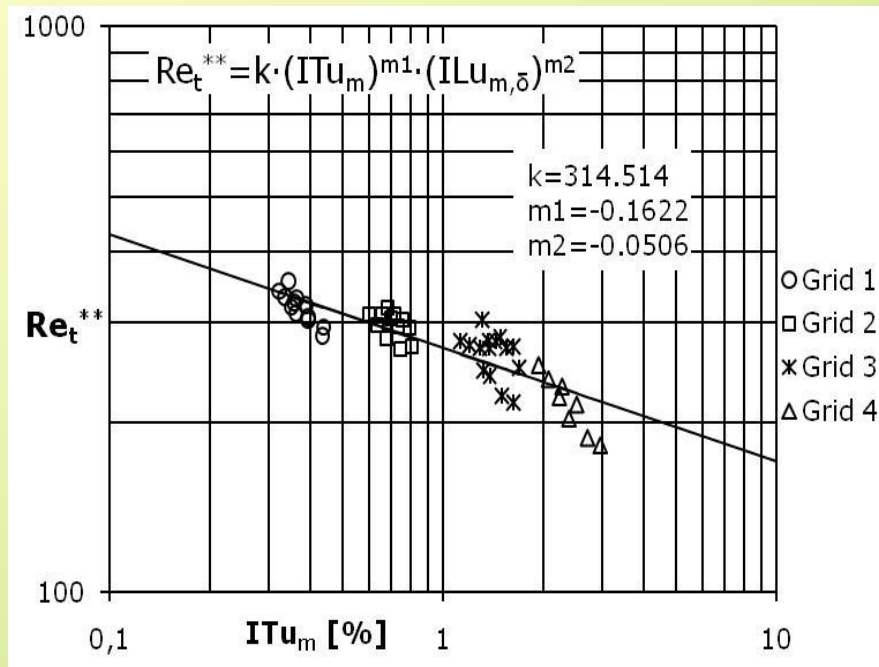
G3 $d=1.6 \text{ mm}$, $M=4 \text{ mm}$,

G4 $d=3.0 \text{ mm}$, $M=10 \text{ mm}$



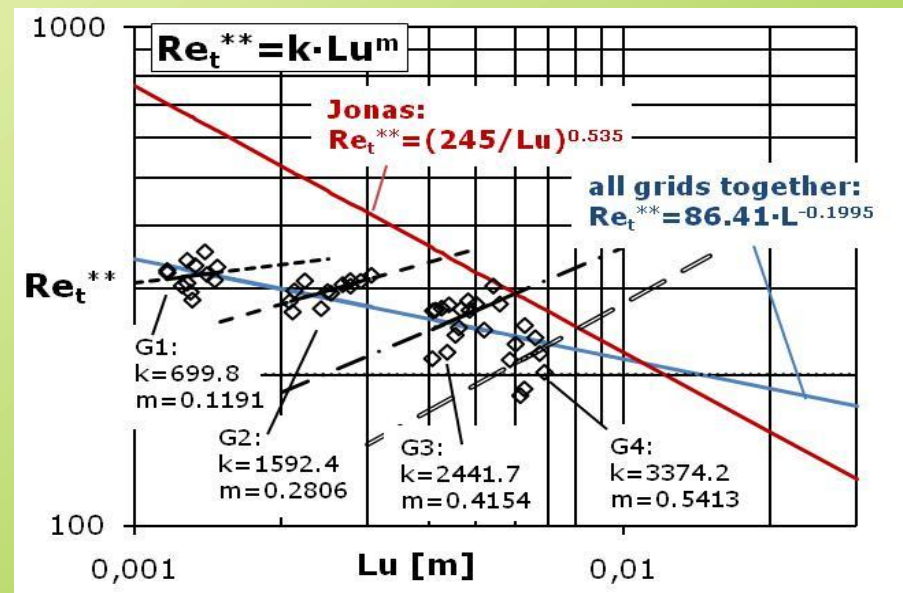
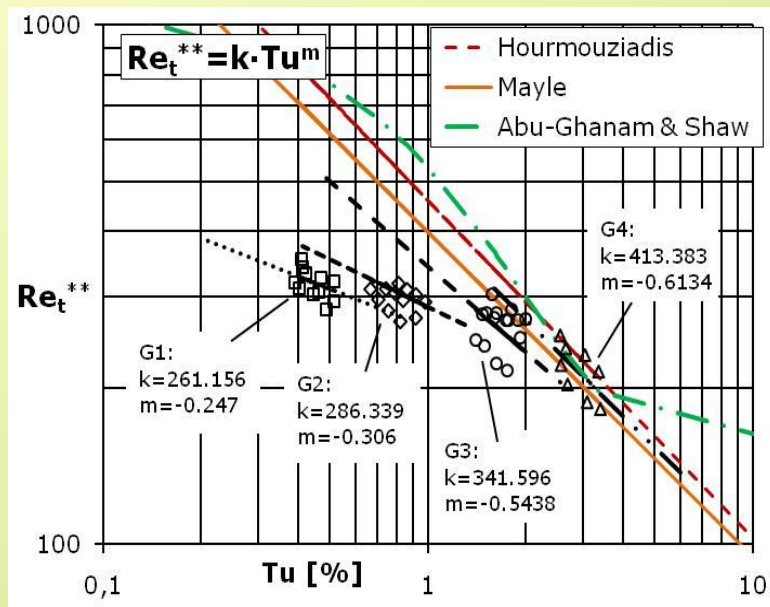
Przejście laminarno-turbulentne: jednoczesny wpływ intensywności i skali turbulencji

Korelacja początku PLT Re_t^{**} w zależności od średniego całkowitego poziomu turbulencji ITu_m i całkowitej bezwymiarowej skali turbulencji $ILu_{\delta^{**},m}$ - jako rzuty korelacji trójparametrowej na płaszczyzny Re_t^{**} - ITU oraz Re_t^{**} - ILU



Przejście laminarno-turbulentne: jednoczesny wpływ intensywności i skali turbulencji

Korelacja początku PLT Re_t^{**} w zależności od poziomu turbulencji Tu_m na krawędzi natarcia płyty - porównanie badań własnych i danych literaturowych



Procesy ekologicznego spalania w urządzeniach energetycznych, także z wykorzystaniem biomasy

Kierownik tematu: Dr inż. Dariusz Kardaś

Modele procesów proekologicznego spalania w urządzeniach energetycznych

Wykonawcy:

- Prof. dr hab. inż. Janusz Badur, kierownik zadania**
- dr inż. Michał Karcz**
- dr inż. Marcin Lemański**
- mgr inż. Witold Zakrzewski**
- Lucjan Nastalek (doktorant)**
- Daniel Sławiński (doktorant)**

Przedmiot badań

- ◆ **Modelowanie proekologicznego i elektrochemicznego spalania paliw**
- ◆ **Przepływy, wymiana ciepła i reakcje chemiczne w mikrokanalach**
- ◆ **Zasady zrównoważonej konwersji energii ze szczególnym uwzględnieniem energii chemicznej**

Uzyskane rezultaty

- ◆ **Zdefiniowanie nowych warunków brzegowych dla przepływów z poślizgiem nieliniowym**
- ◆ **Opracowanie metodologii obliczeń i zaprojektowanie mikroreaktora termokatalitycznej dekompozycji gazów bojowych**
- ◆ **Opracowanie podstaw wzmożonego transportu masy, pędu i energii**

Publikacje

łącznie w ramach zadania – 11, w tym najważniejsze:

- ◆ J. Badur, M. Karcz, M. Lemański, *Generalization of the Navier-Stokes slip layer concept involving interfacial mobility*, Archives of Mechanics (po recenzjach)
- ◆ M. Karcz, S. Kowalczyk, J. Badur, *On the influence of geometric microstructural properties of porous materials on the modeling of a tubular fuel cell*, Chemical and Process Engineering, **31** (2010), pp. 489-503
- ◆ J. Badur, M. Karcz, M. Lemański, *On the mass and momentum transfer In the navier-Stokes slip layer*, Microfluidics and Nanofluidics (wysłane)

Projekty badawcze

KBN – 0

inne – 1 (TLC)

Prace dla przemysłu

ALSTOM – 1, WAT – 1

MERCOR – 1, UM Gdynia – 1

Doktoraty

Marcin Szostak, *Analiza termodynamiczno - wytrzymałościowa nowego stopnia regulowanego na przykładzie turbiny przemysłowej 34 MW*, IMP PAN, Gdańsk 2010

promotor: Prof. Janusz Badur

Modele oporów przepływu

Tarcie zewnętrzne o ściankę (skin friction)

a)

$$f = \nu_0 + \nu u_s + \nu_2 u_s^2$$

Coulomb, 1800

Tarcie wewnętrzne warstw płynu (wall stress)

b)

$$\tau_w = \mu_0 + \mu \frac{du}{dr} + \mu_2 \left(\frac{du}{dr} \right)^2 + A_2 \frac{d^2 u}{dr^2}$$

Rumford, 1790

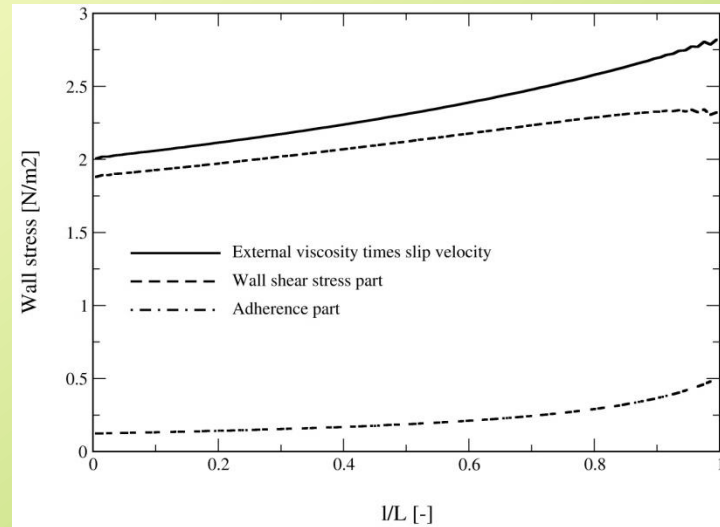
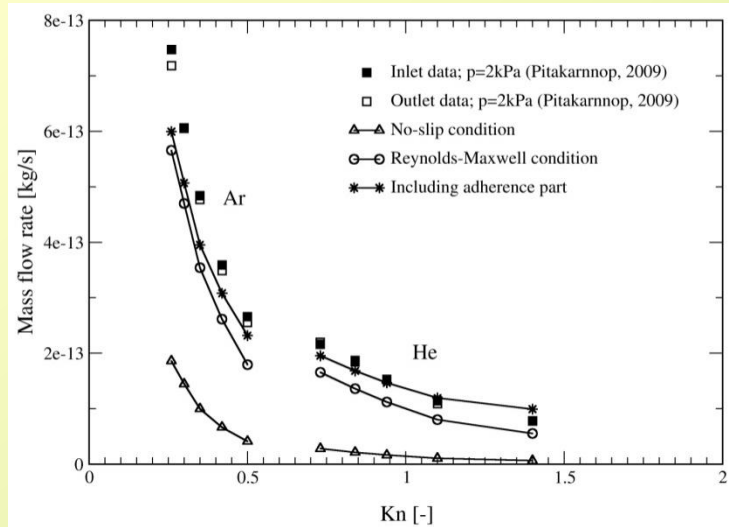
Warunek poślizgu na brzegu

c)

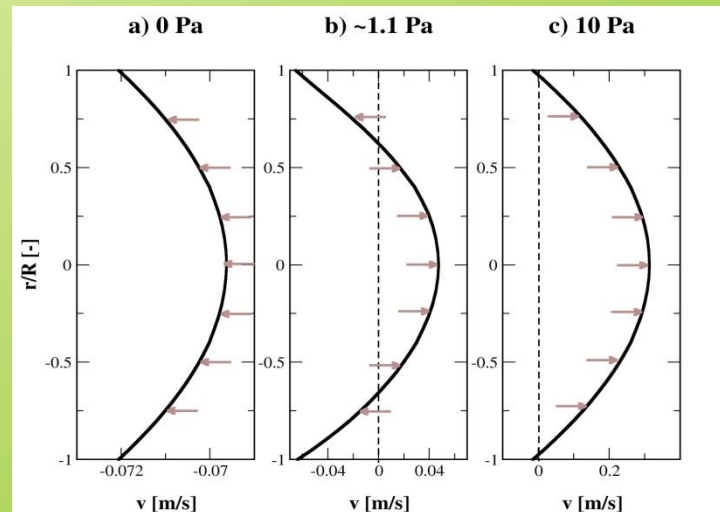
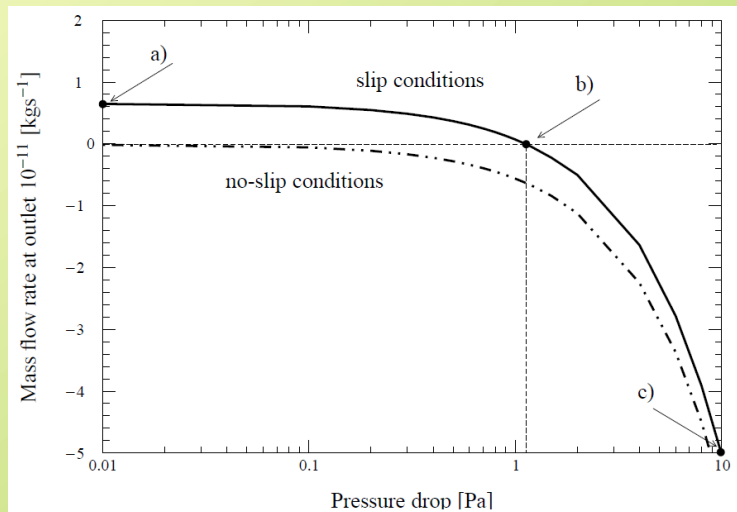
$$f + \tau_w = 0$$

Navier, 1822

Warunki brzegowe z poślizgiem nieliniowym

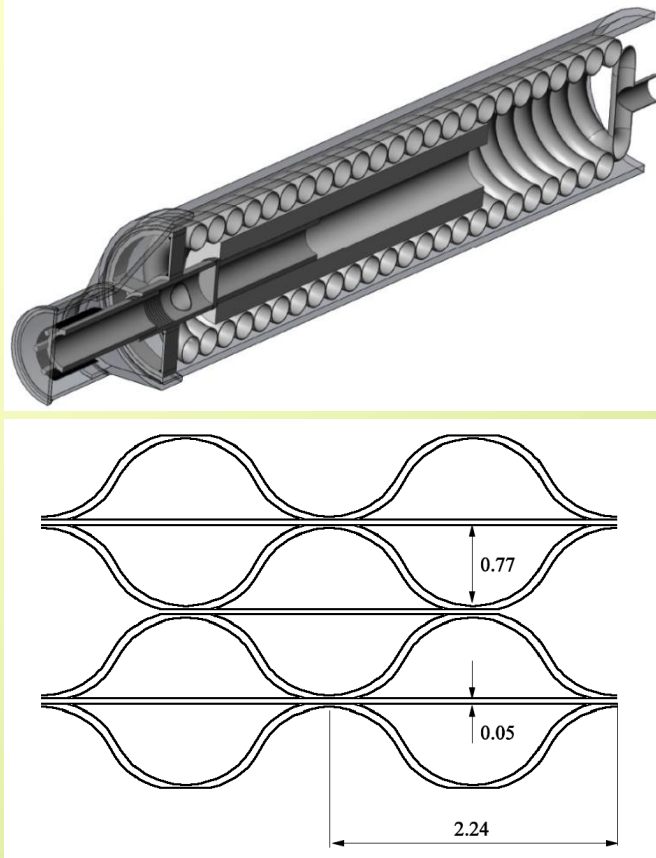


Wzmożenie przepływu w mikrokanalach z poślizgiem nieliniowym

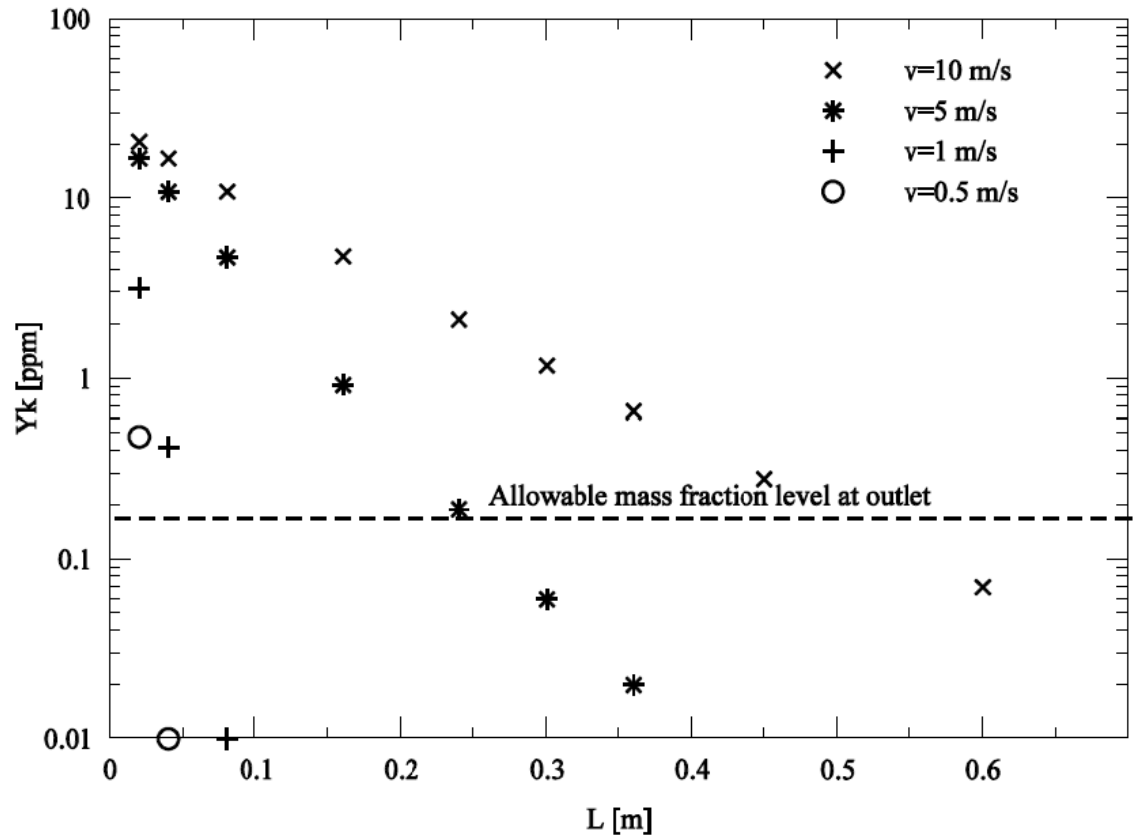


Hamowanie przepływu w mikrorurce - mechanizm ruchliwości termicznej

Mikroreaktor termokatalityczny

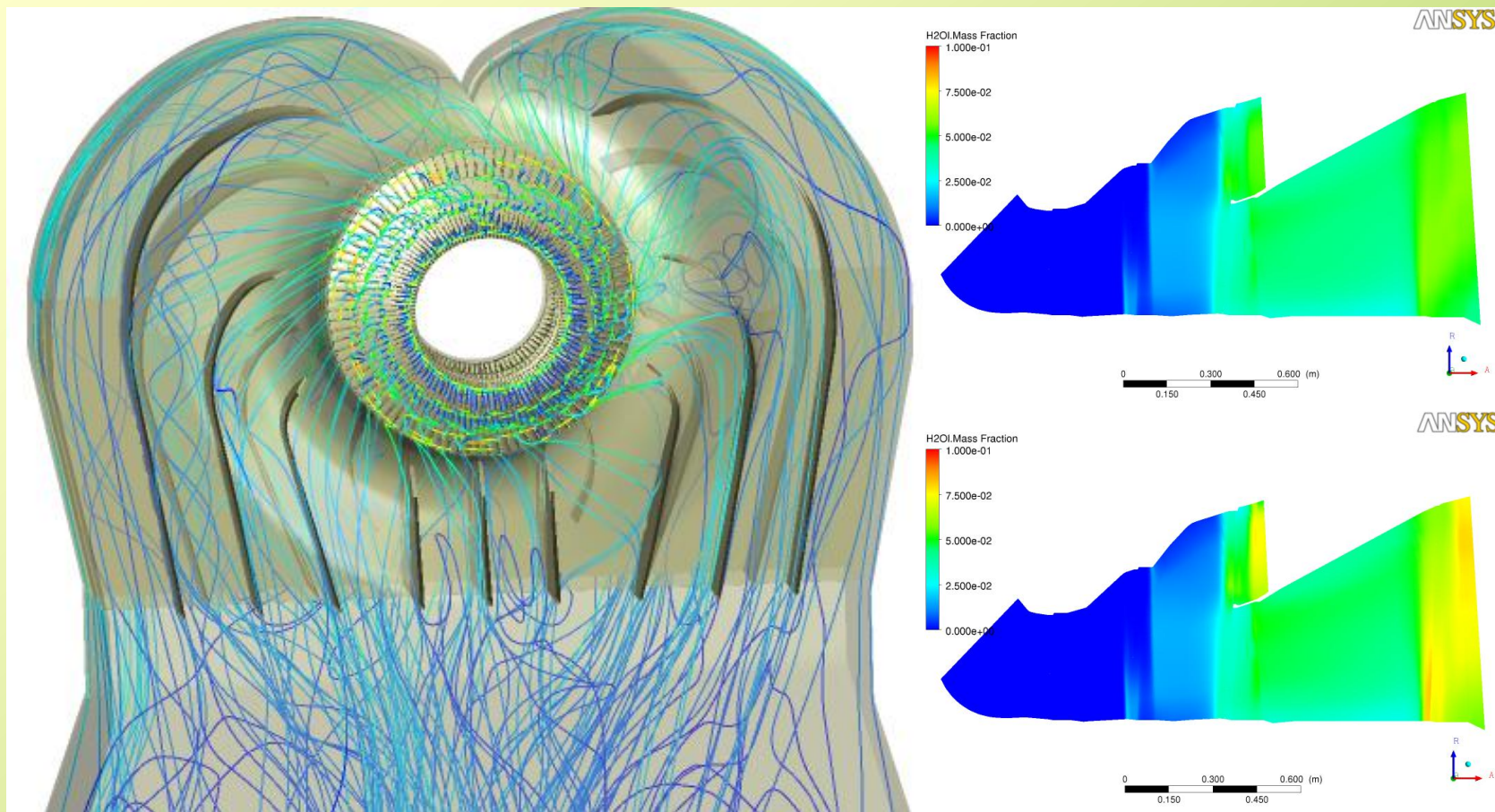


Konstrukcja reaktora



Przykładowe wyniki obliczeń – stężenie substancji szkodliwych w funkcji długości reaktora

Modelowanie przepływu kondensującej pary

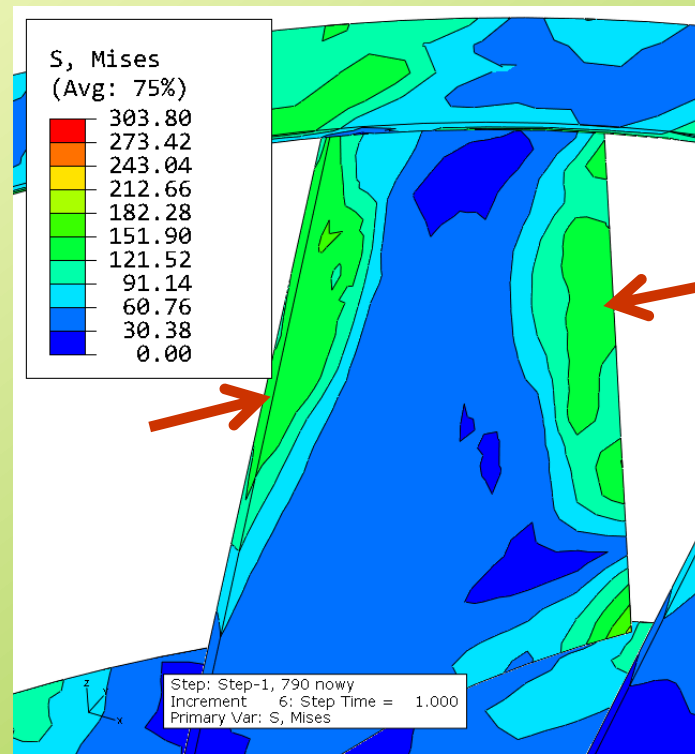
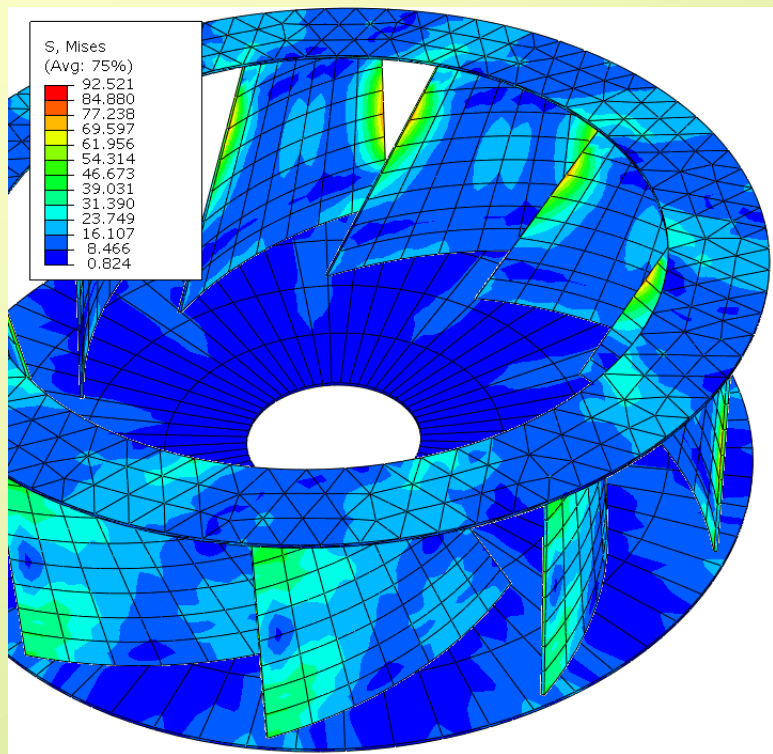


Wizualizacja linii prądu w króćcu wylotowym

Rozkład zawartości fazy ciekłej w parze dla dwóch wartości ciśnienia

Obliczenie pełnej części niskoprężnej turbiny 200 MW ze stopniem Baumanna zweryfikowane wcześniejszymi pomiarami IMP PAN

Modelowanie pracy wentylatora podczas oddymiania



Wyznaczanie wytrzymałości wentylatora po dwugodzinnym oddymianiu w temperaturze $t = 600^{\circ}\text{C}$ (pełzanie wysokotemperaturowe).
Strzałki wskazują miejsca o największym wytężeniu materiału.

Transport energii i spalanie w przepływie z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii

Wykonawcy:

- dr inż. Dariusz Kardaś, kierownik zadania
- dr inż. Sylwia Polesek-Karczewska
- dr inż. Tomasz Ochrymiuk
- mgr inż. Izabela Wardach-Święcicka
- mgr inż. Tomasz Kamiński
- mgr inż. Jacek Kluska

Przedmiot badań

- ◆ Modelowanie procesów cieplno-przepływowych w kotłach energetycznych
- ◆ Badanie i modelowanie procesu pirolizy i spalania biomasy oraz węgla kamiennego
- ◆ Optymalizacja geometrii układu zasilania kotłów i zgazowarek
- ◆ Opis i modelowanie zjawisk fizyko-chemicznych w złożu porowatym

Uzyskane rezultaty

- ◆ Opracowanie efektywnych metod modelowania procesów cieplno-przepływowych (korozja, odsiarczanie)
- ◆ Własne oprogramowanie dotyczące modelowania pirolizy
- ◆ Projekty układu powietrza dysz OFA i zgazowarek na biomasę i odpady
- ◆ Rozwój oprogramowania procesów fizyko-chemicznych w złożu porowatym

Publikacje

łącznie w ramach zadania – 5 (+ ponad 20 raportów):

- ◆ Kardaś D., *Modelowanie procesów cieplno-przepływowych w kotłach energetycznych*, Zeszyty Naukowe IMP PAN, nr 553/1512/2010
- ◆ Lewandowski T., Ochrymiuk T., Czerwińska J., *Modeling of heat transfer in microchannel gas flow*, Journal of Heat Transfer, Vol.132 (2010)
- ◆ Kluska J., Kardaś D., *Modeling of chemical and physical processes in reactive porous bed*, Zeszyty Kopernikańskie, 2010
- ◆ Wardach-Święcicka I., Kardaś D. *Modeling of single solid fuel particle combustion in a free stream flue gases*, XIX Polish National Fluid Dynamics Conference KKMP2010, Poznań University of Technology, Poznań, 5-9 September 20
- ◆ Kardaś D., Polesek-Karczewska S., *Simulation of heat and mass transfer in a retort biomass burner*, przyjęty do publikacji w „Inżynieria Chemiczna i Procesowa”
- ◆ Kamiński T., Kardaś D., *Modelowanie procesu spalania i wymiany ciepła w węzownicowym kotle na biomasę*, Konferencja ENERGETYKA 2010, 3-5.XI.2010 Wrocław

Projekty badawcze

MNiSW – 1

**Uczestnictwo w przygotowywaniu
i prowadzeniu kilku projektów IMP PAN**

Prace dla przemysłu

ICHPW – 1

EC Wybrzeże – 1

Moremaskiner -1

Modelowanie procesów cieplno-przepływowych w kotłach energetycznych

Praca habilitacyjna

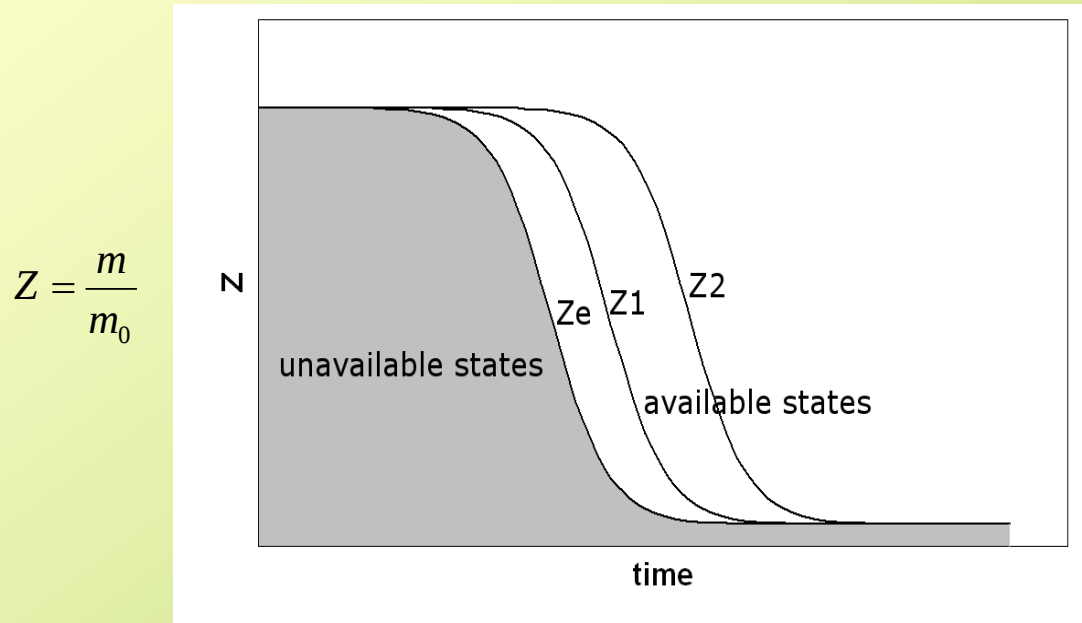
Zagadnienia teoretyczne

- opis mieszanin wieloskładnikowych i mieszanin dwufazowych w warunkach nierównowagi termodynamicznej
- badania własności falowych równań bilansowych powstałych w oparciu o rozszerzoną termodynamikę nierównowagową
- zastosowanie metod objętości kontrolnych i różnic skończonych w rozwiązywaniu układów równań bilansowych i ewolucyjnych
- modelowaniu przepływów ciepła w materiałach porowatych, złożach upakowanych i mieszaninach dwufazowych
- modelowania i badania eksperymentalne syntezy dwuskładnikowej w przepływie

Zastosowanie modelowania w praktyce

- badania eksperymentalne i numeryczne przepływów pyłu węglowego w palniku wirowym
- analiza spalania i aerodynamiki mieszanek węgla w kotłach energetycznych oraz wpływ ich składu na efektywność pracy kotła
- opis spalania osadów ściekowych w kotle energetycznym
- badanie i wielowariantowe modelowanie suchego odsiarczania węgla w kotle dużej mocy
- opis metod i analiza numeryczna skuteczności ochrony instalacji powietrznych przed wysokotemperaturową korozją siarkową

Szybkość pirolizy biomasy



Zmiana stopnia pirolizy

$$\frac{dZ}{dt} = -H(Z - Z_e)k(Z - Z_e)$$

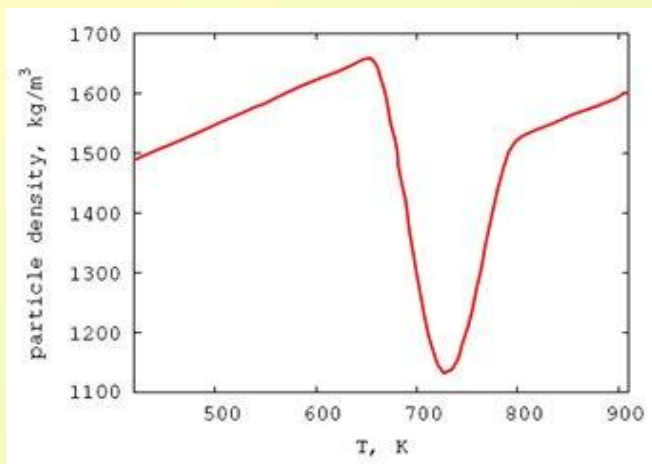
Z – bieżący stopień pirolizy

Z_e – równowagowy stopień pirolizy

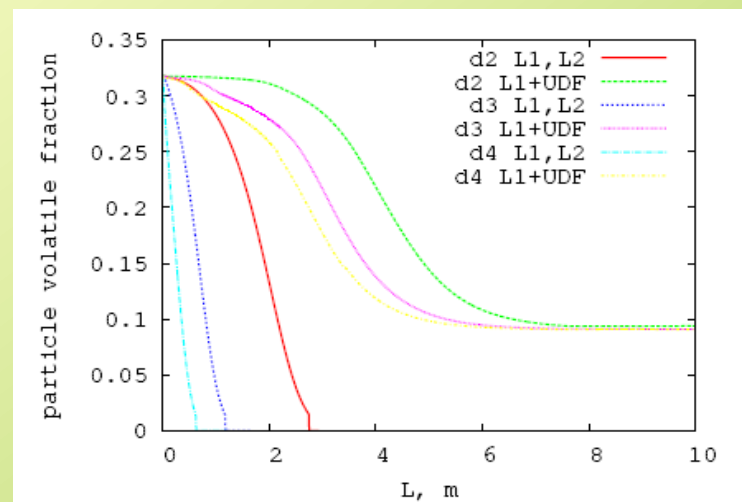
H – Funkcja Heaviside'a, k – funkcja szybkości pirolizy

Piroliza jest procesem jednokierunkowym

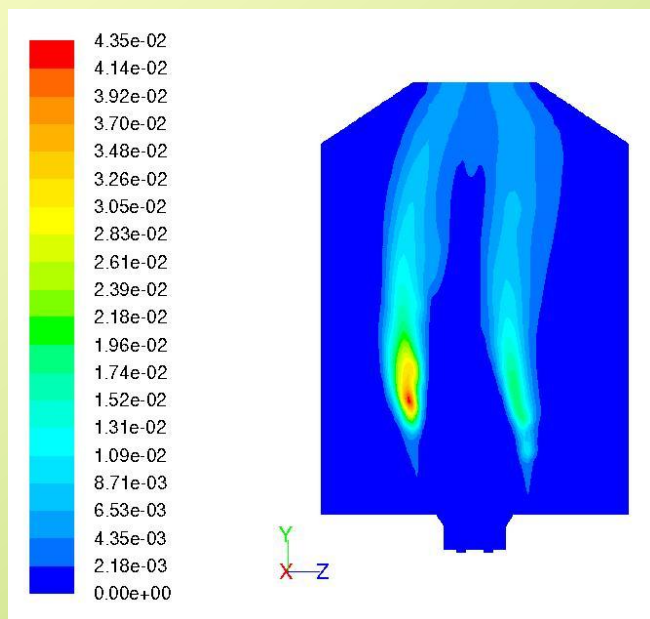
Symulacje numeryczne – spalanie węgla



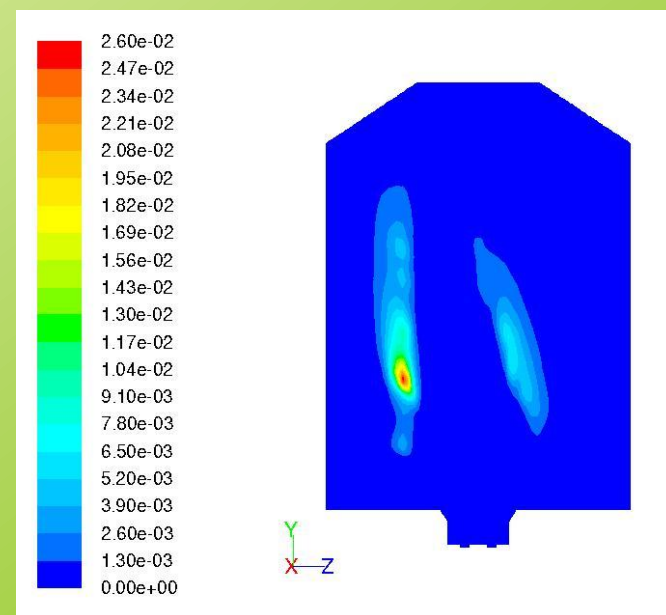
Rozkład zmiany gęstości węgla w zależności od temperatury – dane eksperymentalne (IChPW Zabrze)



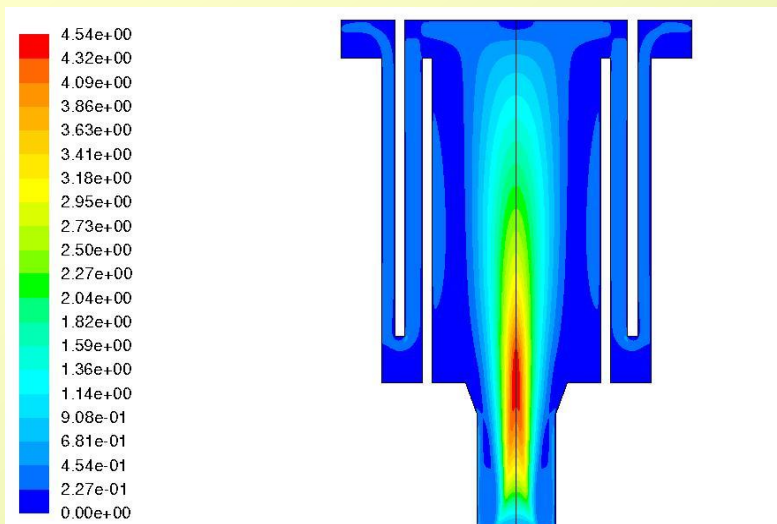
Udział części lotnych – porównanie modeli



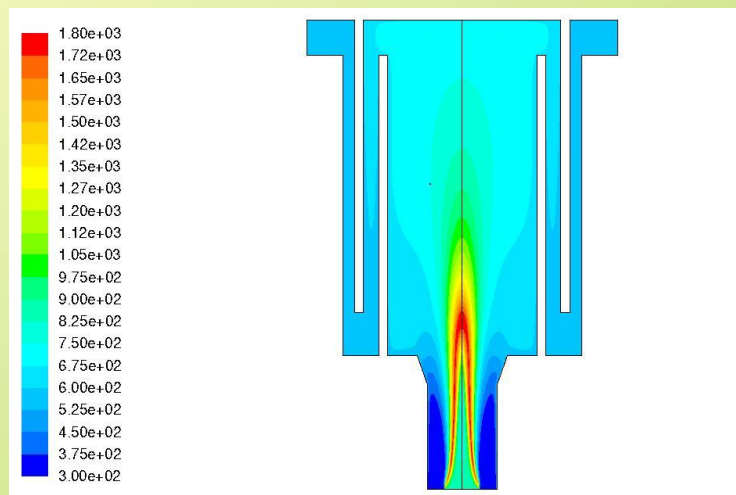
Udział masowy CO (rozkład płaszczyźnie poziomej):
po lewej – model standardowy,
po prawej – UDF (zmienna gęstość)



Modelowanie spalania biomasy w kotle węzownicowym



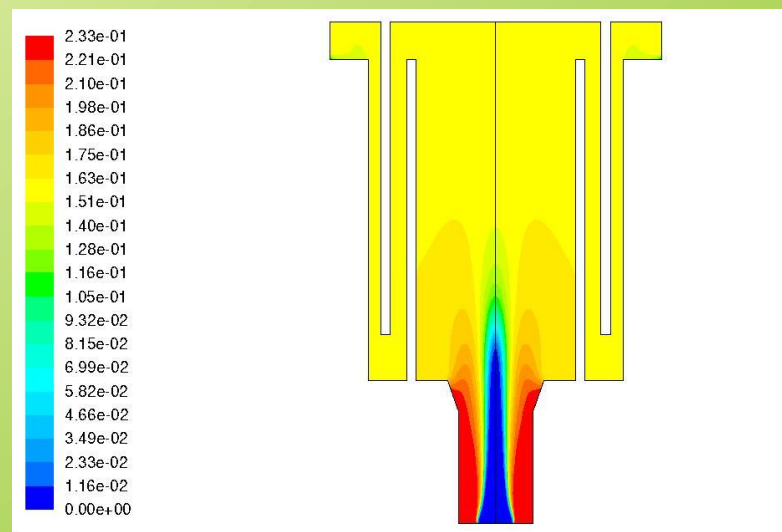
Pole prędkości



Pole temperatur

Podstawy modelowania:

- szybkość pirolizy drewna w funkcji:
 1. Różnicy stopnia pirolizy i równowagowego stopnia pirolizy
 2. stałej szybkości pirolizy (z eksperymentów)
- skład gazów pirolitycznych z równowagi chemicznej (potencjał Gibbsa mieszaniny)
- spalanie gazów wg różnych modeli, m.in.:
 1. Saxena-Wiliams 35 równań
 2. Grimech 150 równań
 3. Pressumed PDF 2 równania (stopień zmieszania i wariancja stopnia zmieszania)



Udział masowy tlenu

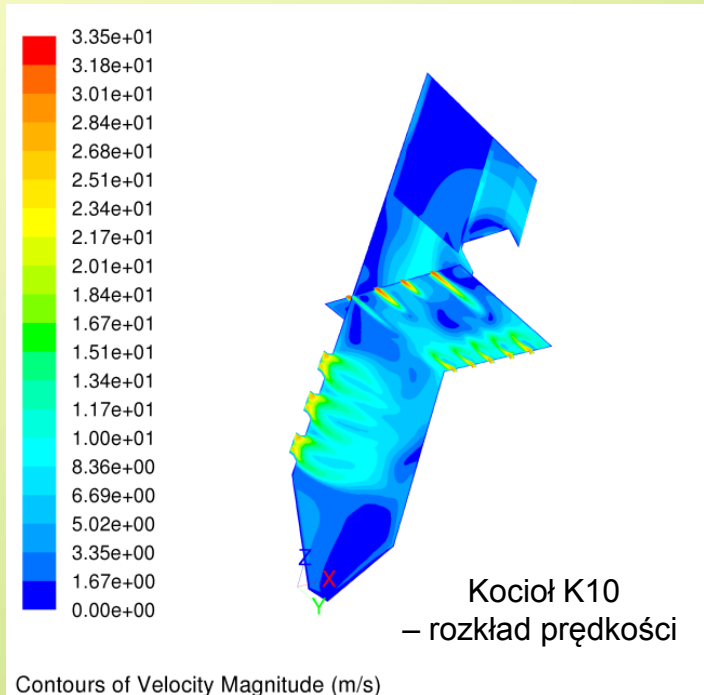
Opracowanie wytycznych projektowych dla dysz OFA i zgazowarek

Optimalizacja pracy dysz powietrza nadpłomieniowego (OFA) w kotle pyłowym
Dwa kotły (K9 i K10) o mocy 200 MWc, podobnej konstrukcji:

- Wyższa efektywność spalania w K9
- Duża zawartość części palnych w K10

Rezultaty analizy

- Zasilanie palników i dysz OFA w powietrze w K10 jest niesymetryczne.
- Stosunek ilości powietrza pomiędzy lewą i prawą stroną 40:60 w K10



Zgazowarka do utylizacji odpadów i biomasy.

Warunki pracy i eksploatacji

- Moc cieplna 1.5 MW,
- Temperatura powyżej 1100°C,
- Czas przebywania cząstek pow. 2 sek.

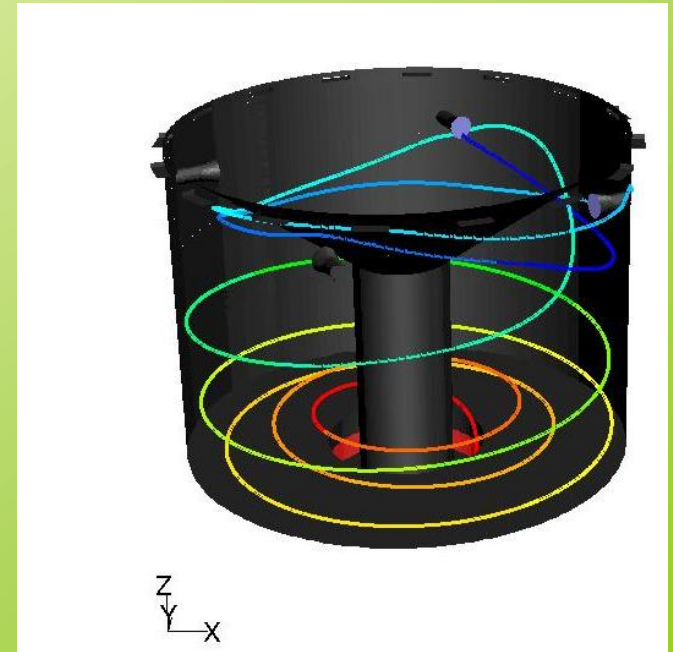
Konstrukcja

- Rozdział obszaru pirolizy i spalania,
- Zawieranie spalin,
- Zastosowanie nowych, wysokotemperaturowych materiałów.

Modelowanie spalania syngazu

o składzie:

- CO 20%,
- H₂ 20%,
- CO₂ 12%,
- CH₄ 2.5%



Trajektorie cząstek spalin
w reaktorze

Modelowanie transportu ciepła na ruszcie kotła

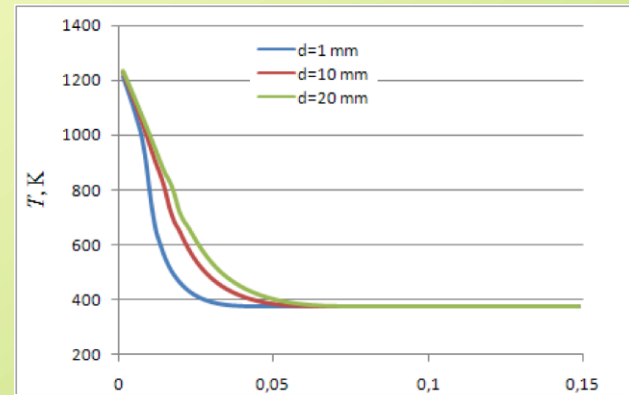
$$\frac{\partial \varepsilon_s \rho_s}{\partial t} = -W_\pi$$

$$\frac{\partial \varepsilon_s \rho_s u_s + \varepsilon_g \rho_g u_g}{\partial t} = -\frac{\partial q}{\partial x} - W_\pi Q_\pi$$

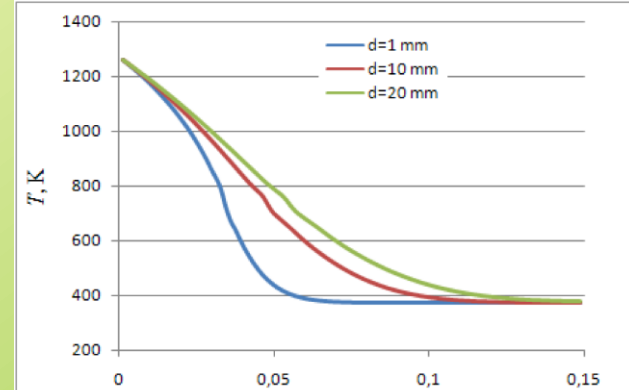
$$\theta \frac{\partial q}{\partial t} + q = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x}$$

$$q_{brz} = \varepsilon_p \Phi \sigma (T_{pl}^4 - T_{brz}^4)$$

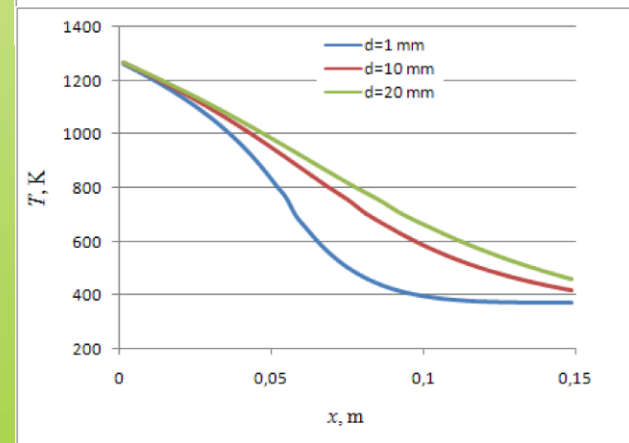
Na brzegu złoża transport ciepła przez promieniowanie.
Paliwo na ruszcie tworzy złożo porowate.



T = 1godz



T = 2godz



T = 4godz

Modelowanie palnika retortowego

$$\rho_s \frac{d\varepsilon_s}{dx} + \varepsilon_s \frac{d\rho_s}{dT} \frac{dT}{dx} = - \frac{W_\pi A}{\dot{V}}$$

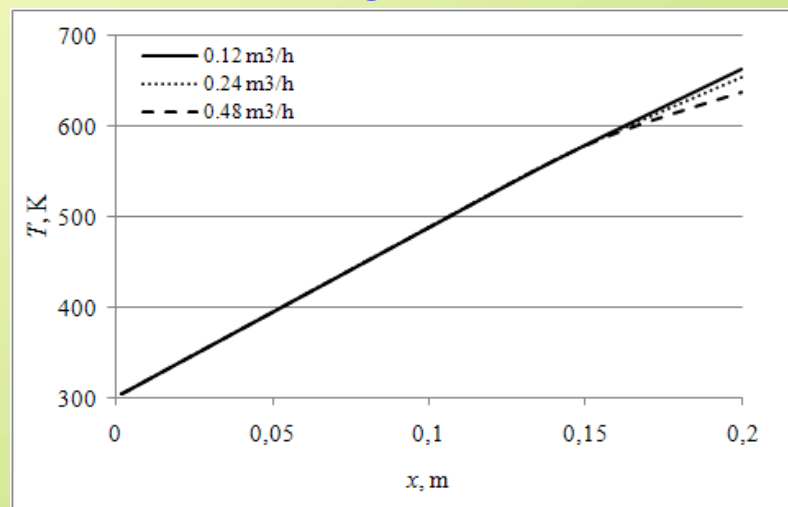
$$\varepsilon_s \rho_s \frac{du_s}{dT} \frac{dT}{dx} + \frac{A}{\dot{V}} \frac{dq}{dx} = \frac{W_\pi Q_\pi A}{\dot{V}}$$

$$q = -\lambda_s \frac{\partial T}{\partial x}$$

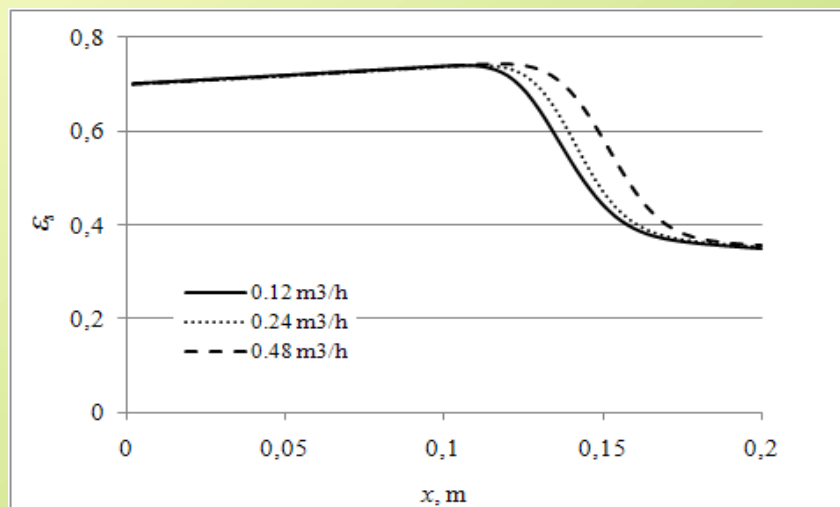
$$k = A_r e^{\left(-\frac{E_a}{RT} \right)}$$

$$Z = \frac{m_s}{m_{s,0}}$$

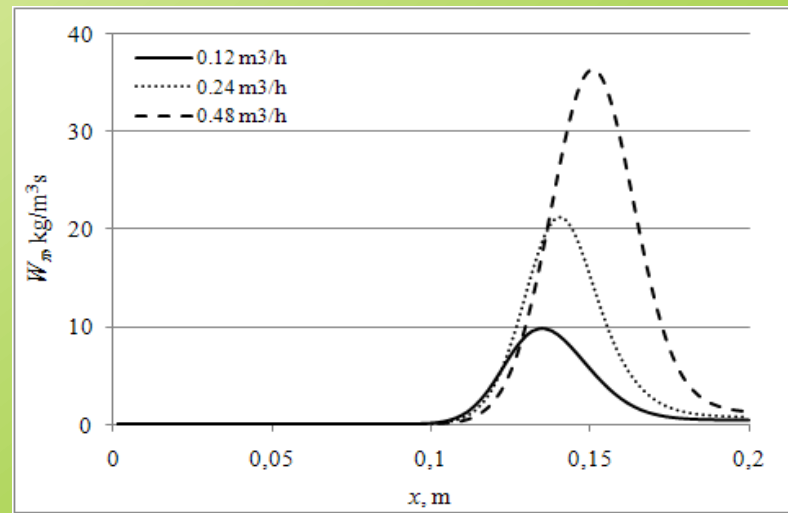
$$W_\pi = k \varepsilon_{s,0} \rho_{s,0} \left(\frac{\varepsilon_s \rho_s}{\varepsilon_{s,0} \rho_{s,0}} - Z_e \right)$$



Rozkład temperatury wzdłuż palnika retortowego dla różnych wartości wydatku objętościowego



Zmiana objętościowego udziału paliwa wzdłuż palnika retortowego dla różnych wartości wydatku objętościowego

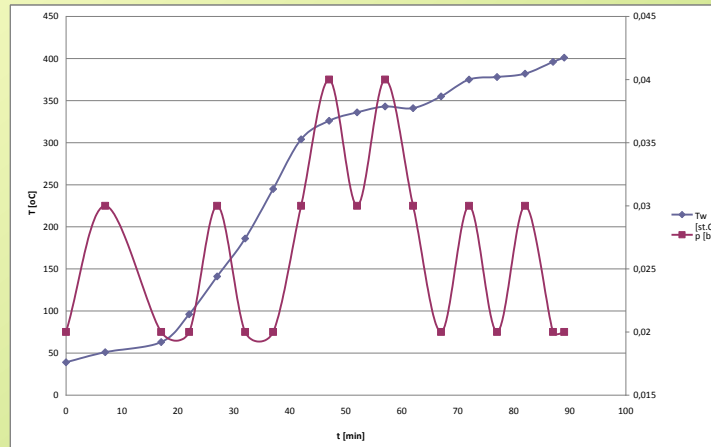


Rozkład ilości gazów pirolitycznych wzdłuż palnika retortowego dla różnych wartości wydatku objętościowego

Przetwarzanie biomasy i odpadów



Test palności próbka gazu zebrana z pirolizy PET



Zmiany temperatury i ciśnienia w trakcie pirolizy PET



Skropliny pirolizy drewna



Skropliny pirolizy bawełny

Problemy cieplno-przepływowe w urządzeniach niskotemperaturowej energetyki cieplnej, także z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii

Kierownik tematu: Prof. Marian Trela

Mikrosiłownie na czynniki organiczne

Wykonawcy:

- Prof. dr hab. inż. Jarosław Mikieliewicz, kierownik zadania**
- dr inż. Zbigniew Drożyński**
- dr inż. Eugeniusz Ihnatowicz**
- dr inż. Henryk Bieliński**
- dr inż. Robert Matysko**
- mgr inż. Sebastian Bykuć**
- mgr Witold Rybiński**
- mgr inż. Tomasz Kaczmarczyk**
- mgr inż. Bartosz Żarnowski**

Przedmiot badań

- ◆ mikrosiłowne kogeneracyjne
- ◆ termosyfon dwufazowy w zastosowaniu do mikrosiłowni
- ◆ kondensacja pary wodnej z mieszaniny parowo-powietrznej w skraplaczach energetycznych i skraplaczach mikrosiłowni

Uzyskane rezultaty (mikrosiłownie kogeneracyjne)

- ◆ Opracowano algorytmy i programy obliczeniowe dla mikrowymienników ciepła (skraplacza i parownika) typu mikrokanalikowego, płytowego i płaszczoworurkowego.
- ◆ Przeprowadzono symulację pracy parownika i skraplacza w warunkach nominalnych.
- ◆ Przeprowadzono analizę pracy skraplacza i parownika przy częściowym obciążeniu cieplnym skraplacza mikrosiłowni.
- ◆ Przeprowadzono analizę stanów dynamicznych skraplacza i parownika.
- ◆ W Katedrze Techniki Ciepłej Politechniki Gdańskiej we współpracy z IMP PAN badano prototyp mikrosiłowni ORC z różnymi ekspanderami rotacyjnymi typu wyporowego.

Uzyskane rezultaty (termosyfon)

- ◆ Opracowano teoretyczny model rozdzielony przepływu dwufazowego wymiany ciepła i ruchu płynu w minikanalowym termosyfonie z cyrkulacją wspomaganą minipompą.
- ◆ Sprawdzono jego funkcjonowanie na termosyfonie z ogrzewaniem bocznej pionowej gałęzi i chłodzeniem na górnym odcinku poziomym.
- ◆ Opracowano programy numeryczne rozkładu masowej prędkości czynnika dwufazowego w funkcji gęstości strumienia ciepła dostarczanego do obiegu, z uwzględnieniem korelacji Zhang-Webb'a dla określenia lokalnego współczynnika tarcia w odcinkach adiabatycznych i Trana'a dla określenia lokalnego współczynnika tarcia w odcinkach nieadiabatycznych oraz korelacji El_Hajala dla określenia stopnia wypełnienia (void fraction).
- ◆ Dla minikanalowego termosyfonu dwufazowego uzyskano rozkład współczynnika przejmowania ciepła dla wrzenia w przepływie i kondensacji wg uogólnionej korelacji Mikielewicza (2007), także dla wrzenia wg korelacji Saitoh'a (2007), a dla kondensacji wg korelacji Shah'a.

Uzyskane rezultaty (kondensacja pary wodnej)

- ◆ Kontynuowano badania polegające na określeniu rozkładu koncentracji gazów inertnych w trójwymiarowej przestrzeni skraplaczy obiegów cieplnych.
- ◆ Prowadzono obliczenia dla pęczków pierwszego oraz drugiego biegów kondensatora, dla powierzchni z wymuszoną i swobodną konwekcją. Uzyskane wyniki pozwalają zlokalizować obszary w których zaleganie tych gazów jest największe.
- ◆ Porównano dwa stosowane powszechnie sposoby odsysania gazów inertnych ze skraplaczy:
 - a) Pierwszy z nich to rozwiązanie (Siemensa) stosowane w kondensatorach z „wstęgowym” układem rurek. Niekondensujące się gazy odsysane są w czterech punktach skraplacza, za chłodnicami powietrza, tuż przy zimnym końcu urządzenia. Są to skraplacze współpracujące w podstawowych w Polsce obiegach z turbinami o mocy 200 MW.
 - b) Drugim, nowszym rozwiązaniem, jest układ (BBC) z pęczkami rurek w kształcie „church window”. W rozwiązaniu tym gazy inertne odsysane są wzdłuż całej długości skraplaczy, z chłodnic umieszczonych w środkach tych trójkątnych pęczków.

Publikacje

łącznie w ramach zadania - 18, w tym najważniejsze:

- ♦ Mikielewicz D., Mikielewicz J., *A thermodynamic criterion for selection of working fluid for subcritical and supercritical domestic micro CHP*, Applied Thermal Engineering, Vol. 30 (2010), No. 16, 2357-2362 (nr arch. IMP PAN 530/2010)
- ♦ Mikielewicz J., *Micro heat and power plants working in organic Rankine cycle*, Polish Journal of Environmental Studies, Vol. 19 (2010), No. 3, 499-505 (nr arch. IMP PAN 529/2010)
- ♦ Mikielewicz D., Mikielewicz J., Wajs J., *Experiences from operation of different expansion devices application in domestic micro CHP*, Archives of Thermodynamics, Vol. 31 (2010), No. 4, pp. 3-14 (nr arch. IMP PAN 650/2010)

Projekty badawcze

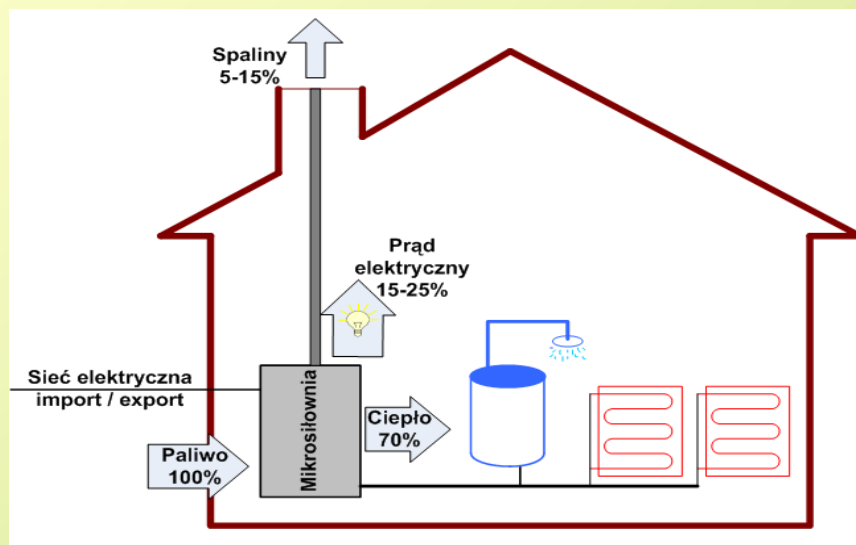
- **7 projektów**
- **projekt kluczowy POIG.01.01.02-00-016/08 – 28 prac, w tym najważniejsze:**
 - ♦ Mikielewicz D., Mikielewicz J., Ihnatowicz E., Muszyński T., Gliński M., *Porównanie pod względem kompaktności różnych rozwiązań konstrukcyjnych parownika i skraplacza pracujących w obiegu mikrosiłowni* (nr arch. IMP PAN 573/2010, zad. 5.6).
 - ♦ Mikielewicz D., Mikielewicz J., Ihnatowicz E., Gliński M., Bykuć S., *Porównanie pod względem termiczno-przepływowym oraz opłacalności różnych rozwiązań konstrukcyjnych urządzeń ekspansyjnych w obiegu mikrosiłowni z mikroturbiną* (nr arch. IMP PAN 574/2010, zad. 5.6)
 - ♦ Mikielewicz J., Rybiński W., Matysko R., *Analiza pracy różnych rozwiązań konstrukcyjnych urządzeń obiegu ORC przy zmiennych obciążeniach cieplnych mikrosiłowni* (nr arch. IMP PAN 572/2010, zad. 5.1)

Publikacje

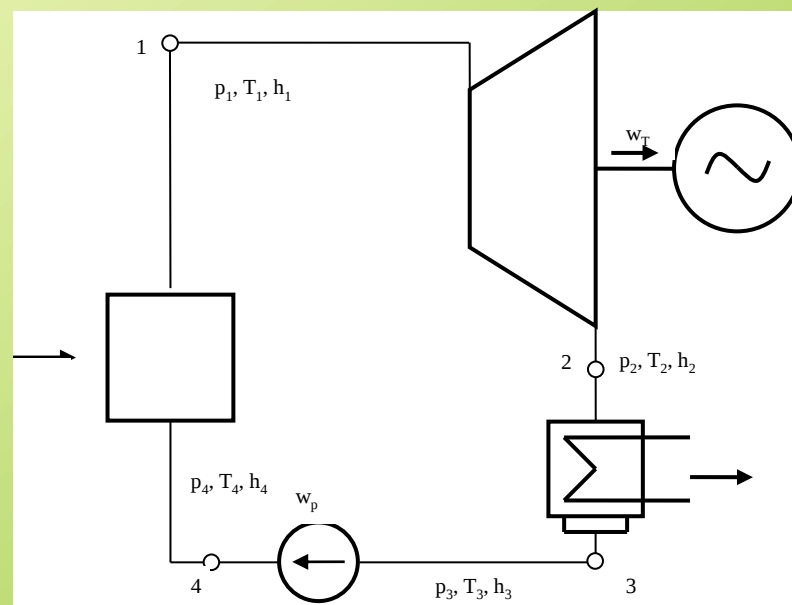
poza tematem - najważniejsze:

- ◆ Mikielewicz J., Stąsiek J., *Rola termodynamiki w rozwoju cywilizacji*, Technika Chłodnicza i Klimatyzacyjna 9/2010, 360-369 (nr arch. IMP PAN 629/2010)
- ◆ Mikielewicz J., Mikielewicz D., Gumkowski S., *A model of fluid liquid film breakdown formed due impingement of a two-phase jet on a horizontal surface*, Elsevier, International Journal of Heat and Mass Transfer **53** (2010), 5456-5464 (nr arch. IMP PAN 531/2010)
- ◆ Mikielewicz D., Mikielewicz J., Plata M., Muszyński T., Piwnik J., *Experimental and theoretical investigation of microjet cooling in metalurgical heat transfer and renewable sources of energy*, Proceedings of the XIIIth International Symposium on Heat Transfer and Renewable Sources of Energy – HTRSE-2010, ZUT Szczecin, 2010, Wydawnictwo Uczelniane ZUT w Szczecinie, 577, 445-452, ISBN 978-83-7663-035-9 (całość), ISBN 978-83-7663-054-4 (nr arch. IMP PAN 692/2010)
- ◆ Mikielewicz D., Mikielewicz J., Wajs J., Ihnatowicz E., *Experimental investigation of ORC for domestic micro CHP*, Developements in Mechanical Engineering, Gdańsk University of Technology Publishers, Gdańsk, 2010, 256, Vol 4, Chapter 14, 153-160, ISBN 978-83-7348-301-9 (Nr arch. IMP PAN 637/2010).

Mikrosiłownia kogeneracyjna

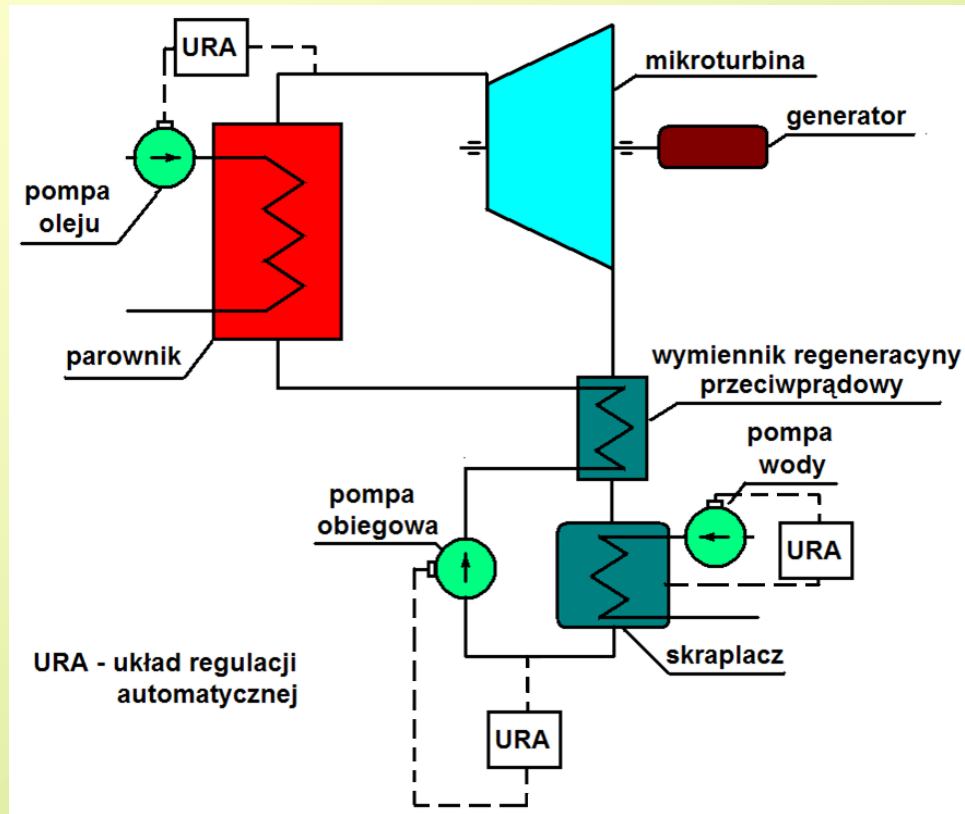


Domowa mikrosiłownia kogeneracyjna

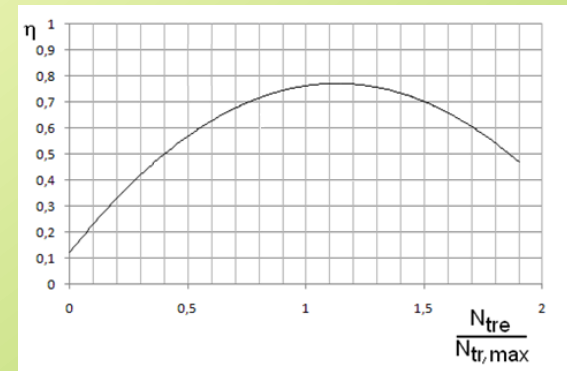


Schemat obiegu
termodynamicznego mikrosiłowni
kogeneracyjnej

Mikrosiłownia z systemem sterowania



Schemat układu



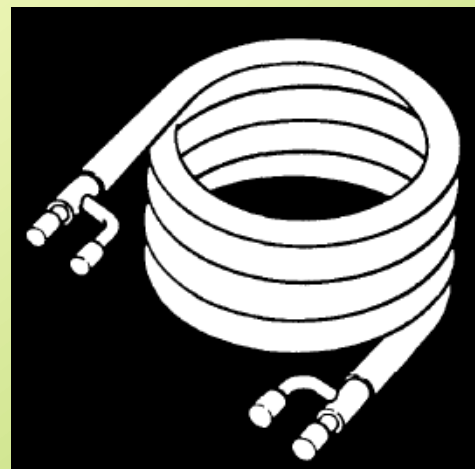
Sprawność turbiny



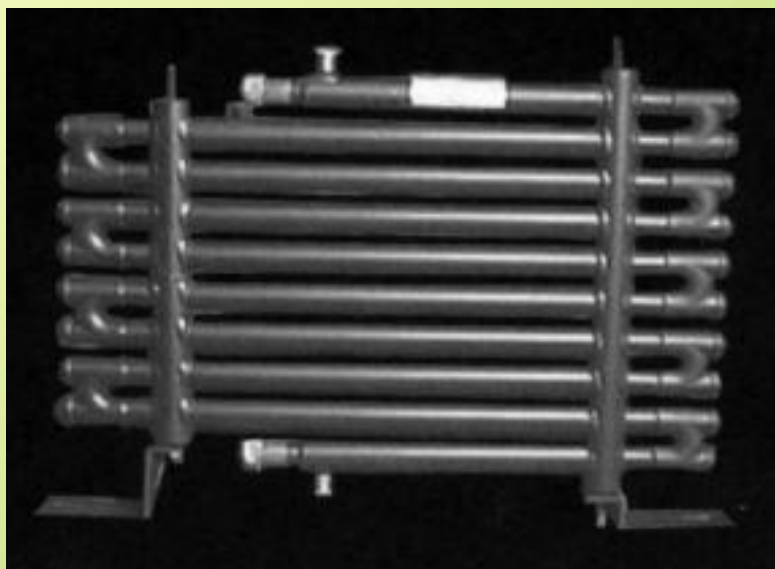
Sprawność pompy

Sprawność pompy i mikroturbiny jest niższa gdy moc dostarczana jest poniżej warunków nominalnych. Warunki nominalne dla pompy i mikroturbiny odpowiadają maksimum na przedstawionych charakterystykach sprawności w funkcji mocy.

Różne konstrukcje wymienników ciepła poddane analizie



Wężownica spiralna (rura w rurze)

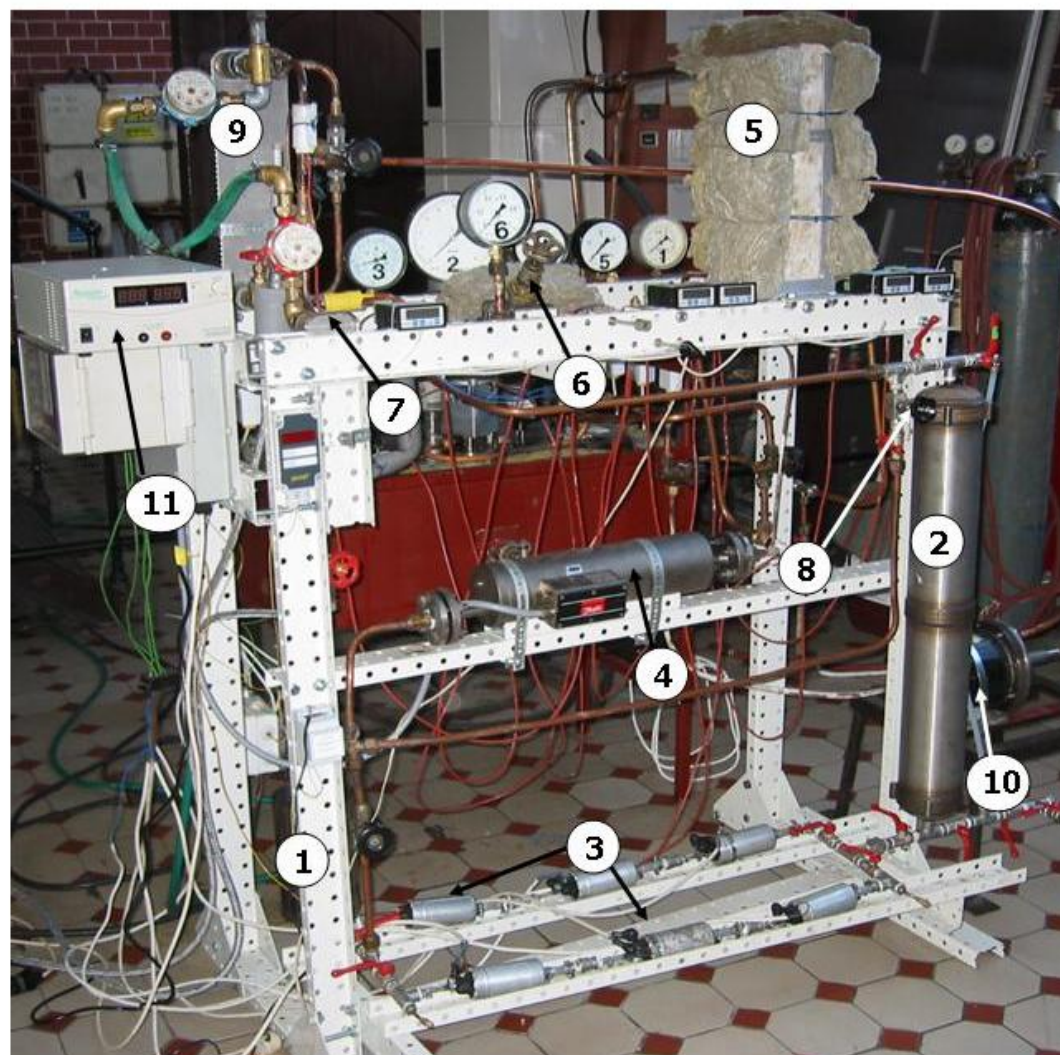


Wężownica płaska



Małe wymienniki płaszczowo-rurowe

Stanowisko laboratoryjne ORC



- 1 – konstrukcja nośna
 - 2 – zbiornik ciekłego czynnika
 - 3 – pompy
 - 4 – przepływomierz masowy
 - 5 – wymiennik ciepła – parownik
 - 6 – zawór dławiący
 - 7 – wymiennik ciepła
 - 8 – zawór „by-passu”
 - 9 – wymiennik ciepła – skraplacz
 - 10 – ekspander
 - 11 – zasilacz wysokoprądowy
- 7 – wymiennik ciepła do schładzania pary po ekspansji w zaworze
6+7 – zespół symulujący pracę turbiny (ekspandera)



Wyniki badań eksperymentalnych różnych urządzeń ekspansyjnych

Ekspander spiralny

Run	$\dot{m}_{R123}$	$\dot{Q}_{\text{evap}}$	$\dot{Q}_{\text{cond}}$	N_i	$\eta_t = N_i / (\eta_i \dot{Q}_{\text{evap}})$	η_c	η_i	η_b
	kg/s	kW	kW	kW	%	%	%	%
1	0.034	8.14	7.69	0.473	5.8	29.2	29.0	19.9
2	0.040	9.12	8.70	0.456	5.0	26.2	25.2	19.1
3	0.041	9.01	8.12	1.050	11.7	28.1	52.1	41.6
4	0.043	10.13	9.22	0.959	9.5	30.6	42.9	31.0

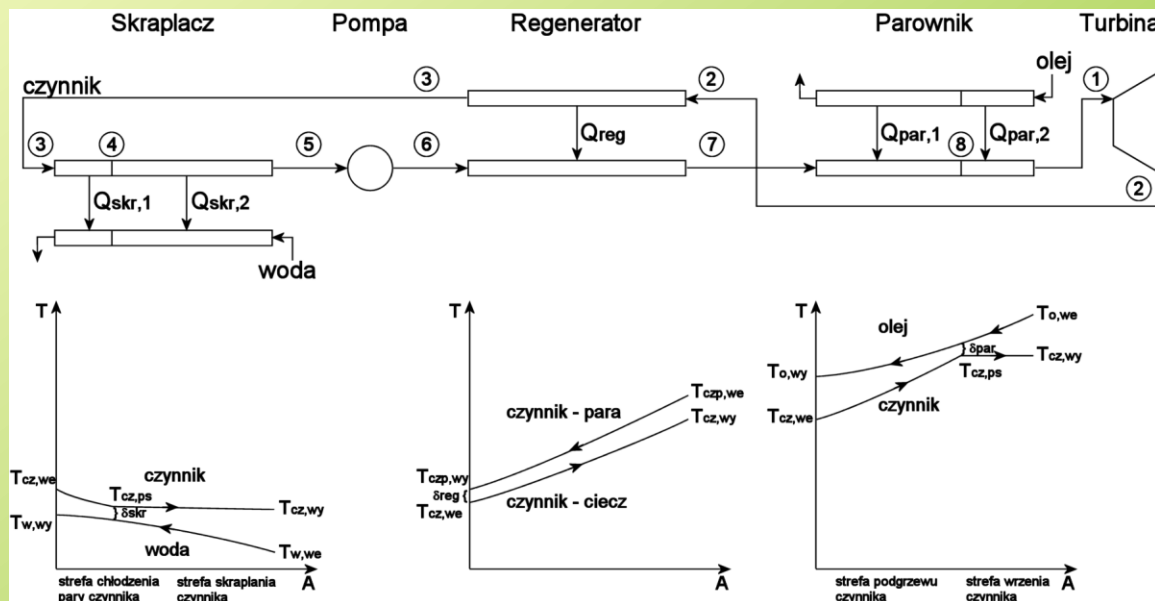
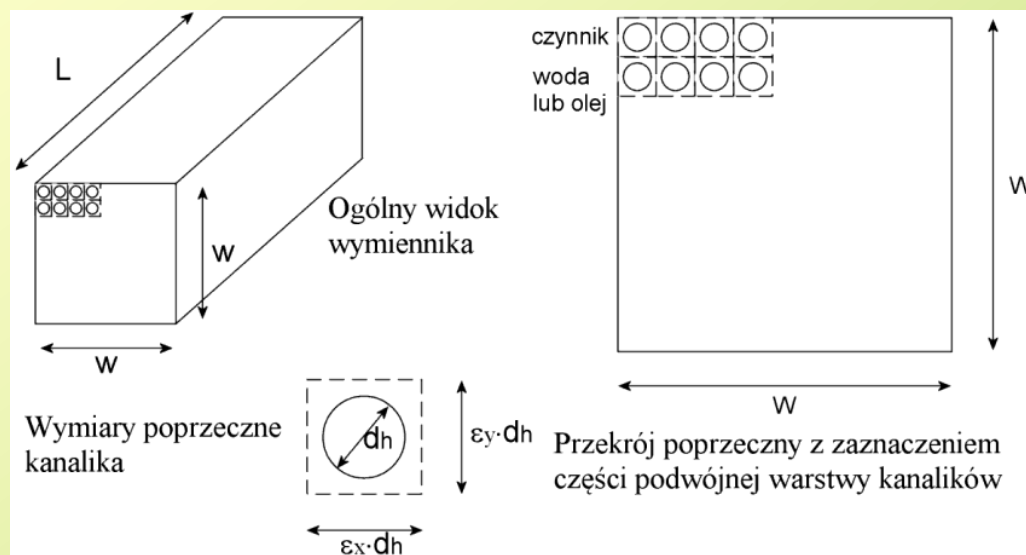
Silnik pneumatyczny – wiertarka pneumatyczna

Run	$\dot{m}_{R123}$	$\dot{Q}_{\text{evap}}$	N_i	N_{eff}	η_t	η_c	η_i	η_b
	kg/s	kW	kW	kW	%	%	%	%
1	0.025	6.41	0.820	0.127	12.8	32.5	81.4	39.4
2	0.031	8.23	0.713	0.153	8.9	32.9	60.8	27.1
3	0.029	7.39	0.703	0.138	9.5	31.2	57.5	30.5
4	0.028	7.13	0.771	0.106	10.8	31.9	68.8	33.9
5	0.021	5.44	0.626	0.102	11.5	32.1	75.3	35.8

Silnik pneumatyczny – klucz pneumatyczny

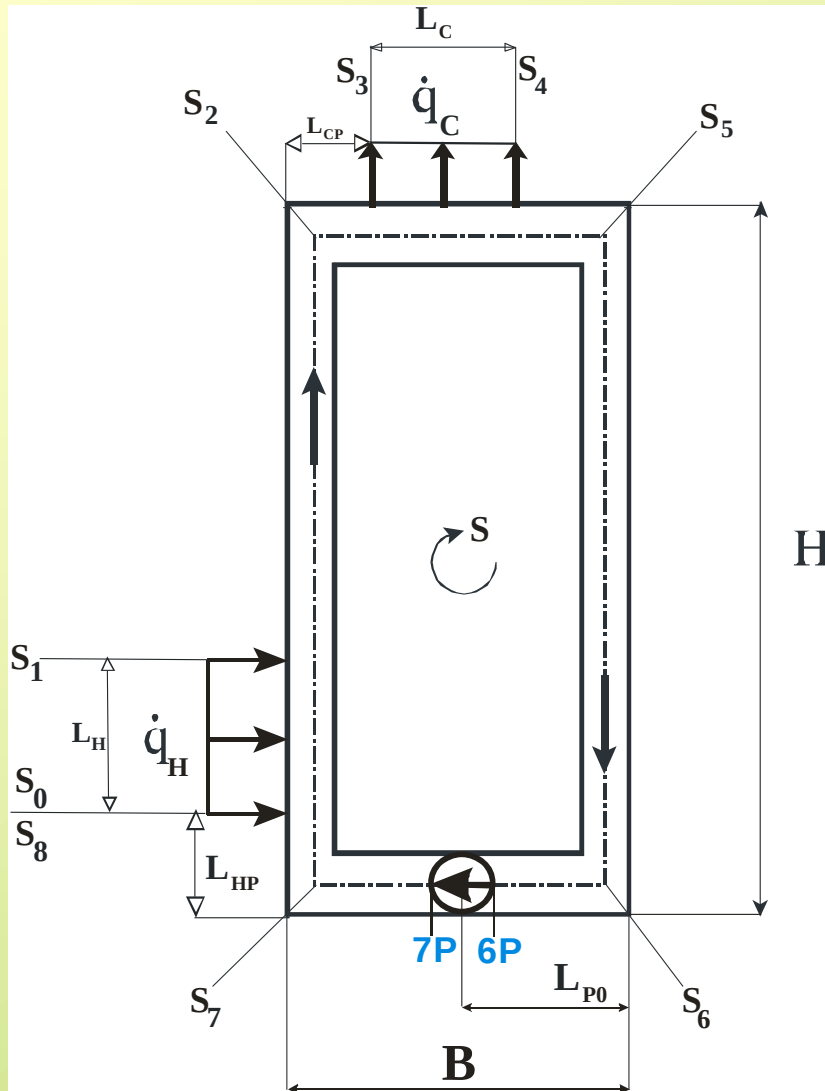
No.	$\dot{m}_{\text{etanol}}$	$\dot{Q}_{\text{par}}$	N_t	N_{el}	$\eta_t = N_t / \dot{Q}_{\text{evap}}$	η_c	η_i	η_b
	kg/s	kW	kW	kW	%	%	%	%
1	0,013	14,79	0,759	0,121	5,13	30,01	67,10	17,09
2	0,014	15,96	0,769	0,130	4,82	30,32	73,68	15,90
3	0,014	16,01	0,907	0,085	5,66	32,61	82,35	17,37
4	0,014	15,84	0,881	0,057	5,56	33,50	78,52	16,59

Analiza wymienników kanalikowych pracujących w mikrośrodku



Schemat obiegu ORC i przebiegi temperatur w wymiennikach

Uogólniony model minikanalowego termosyfonu dwufazowego



W ANALIZIE ZASTOSOWANO:

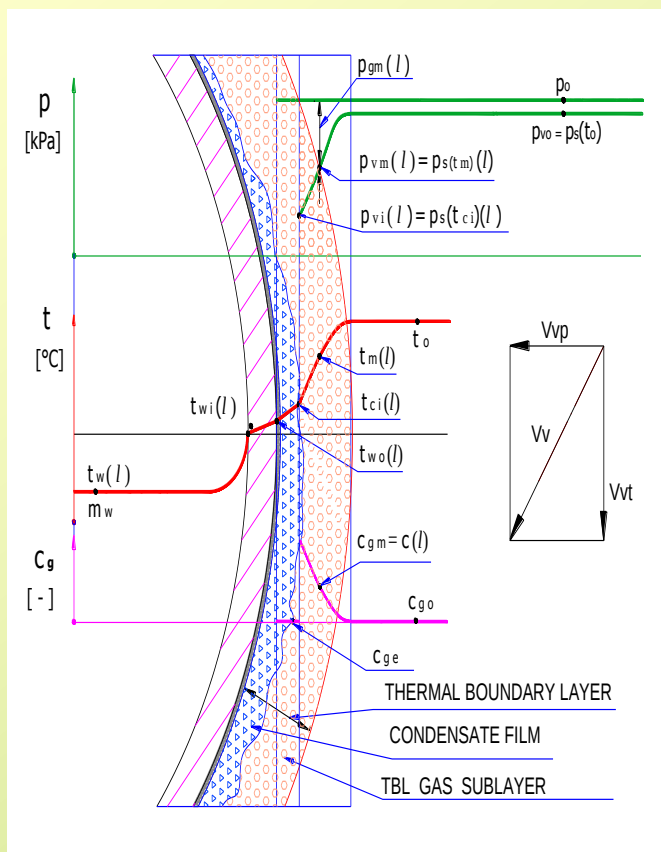
**STOPIEŃ ZAPEŁNIENIA
(VOID FRACTION) WEDŁUG KORELACJI:
EL-HAJAL (2003)**

**LOKALNY WSPÓŁCZYNNIK TARCIA
PRZEPŁYWU DWUFAZOWEGO:**

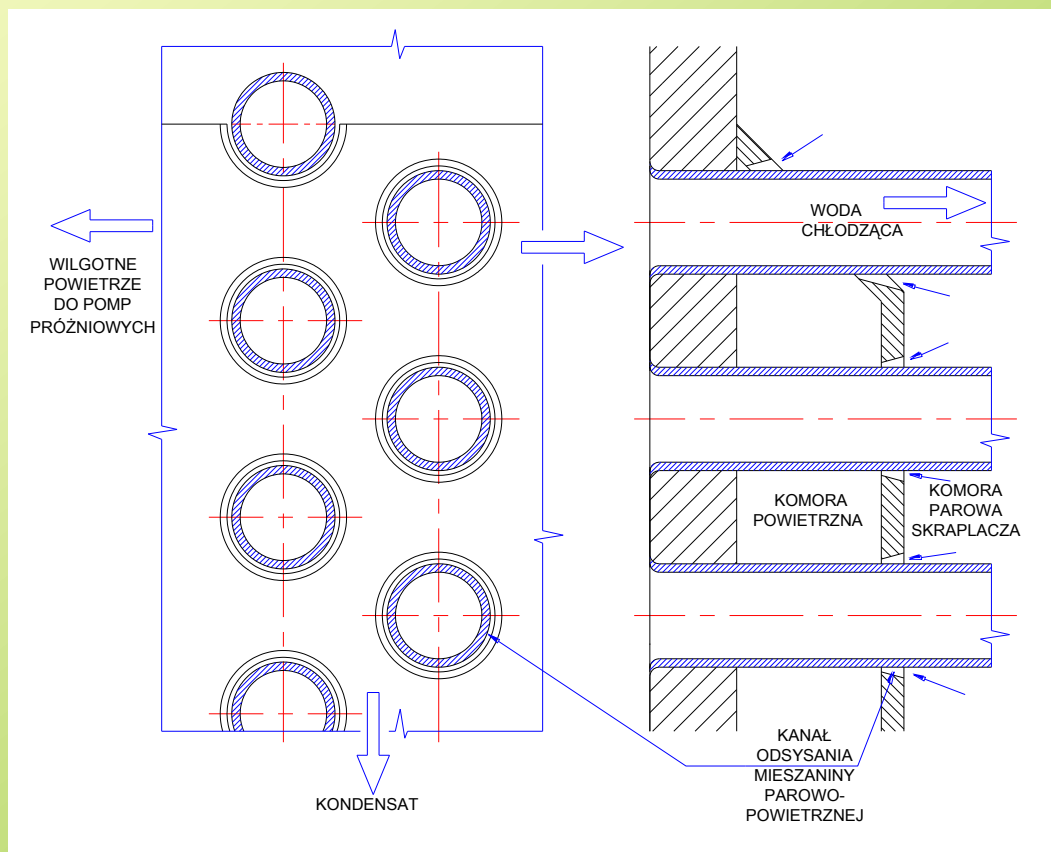
**ODCINKI ADIABATYCZNE
WEDŁUG KORELACJI:
ZHANG -WEBB (2003),**

**ODCINKI NIEADIABATYCZNE
WEDŁUG KORELACJI:
TRAN (2000).**

Kondensacja pary wodnej z mieszaniny parowo-powietrznej w rzeczywistych skraplaczach



Szkic do modelu koncentracji gazów inertnych na powierzchniach wymiany ciepła



Nowy, aktywny sposób ewakuacji gazów inertnych z powierzchni wymiany ciepła

Obiegi skojarzone lewobieżne oraz prawobieżne z wykorzystaniem ekologicznych czynników roboczych

Wykonawcy: Prof. dr hab. inż. Marian Trela, kierownik zadania
Prof. dr hab. inż. Dariusz Butrymowicz
dr Jarosław Karwacki
dr inż. Roman Kwidziński
mgr inż. Kamil Śmierciew
inż. Tomasz Przybyliński

Przedmiot badań

- ◆ **poprawa sprawności obiegów lewobieżnych poprzez zastosowanie strumieni gazowych (parowych)**
- ◆ **poprawa sprawności prawobieżnego obiegu Rankina przez wykorzystanie strumieni dwufazowych**
- ◆ **modelowanie pracy komory przechowalniczej współpracującej ze sprężarkowym układem chłodniczym**

Uzyskane rezultaty

- ◆ Wykonano symulacje numeryczne przepływu 3D w strumienicy gazowej, uzyskując dobrą zgodność z danymi eksperymentalnymi
- ◆ Opracowano model matematyczny strumienicy ze stożkowo-cylindryczną komorą mieszania
- ◆ Wykonano obliczenia CFD mikro-strumienicy powietrznej
- ◆ Opracowano własną metodę charakterystyk dla określenia punktu pracy strumienicy będącej częścią obiegu termodynamicznego
- ◆ Wykonano symulacje numeryczne strumienic stosowanych w urządzeniach chłodniczych wykorzystujących ciepło odpadowe i energię słoneczną
- ◆ Zastosowano strumienicę dwufazową w roli nadprężarki, która pracując przy wysokim ciśnieniu, zmniejsza pracę konieczną do napędu sprężarki
- ◆ Zaprojektowano układ strumienicowych podgrzewaczy regeneracyjnych dla części NP nadkrytycznego bloku węglowego 600 MW oraz określono jego wpływ na parametry pracy bloku
- ◆ Przedstawiono zarys najważniejszych problemów związanych z modelowaniem zjawisk cieplno-przepływowych w komorze przechowalniczej modułowej chłodni warzyw

Publikacje

łącznie w ramach tematu - 17, w tym najważniejsze:

- ◆ Kwidziński R., Trela M., Butrymowicz D., Karwacki J., *Problemy wykorzystania strumieni dwufazowych w energetyce cieplnej*. Rozdział 1.10 w monografii “Systemy, technologie i urządzenia energetyczne”, red. J. Taler, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2010, tom 1, str. 143-152, ISBN 978-83-7242-543-0 (nr arch. IMP PAN 494/2010).
- ◆ Kwidziński R., *Control-volume-based model of the steam-water injector flow*. Archives of Thermodynamics, Vol. 31 (2010), No. 1, pp. 45-59 (nr arch. IMP PAN 191/2010).
- ◆ Butrymowicz D., Karwacki J., Śmierciew K., *Elektrohydrodynamiczne metody intensyfikacji wymiany ciepła*, Chemia Przemysłowa, cz. 1 – Nr 2 (2010), str. 54-60; cz. 2 – No. 3 (2010), str. 39-43.
- ◆ Kołodziejczyk M., Butrymowicz D., *Modelowanie procesów cieplno-przepływowych w komorze przechowalniczej warzyw*, Chłodnictwo, tom XLV (2010), nr 8, str. 36-43.
- ◆ Mizera G., Butrymowicz D., Adamicki F., *Uwagi o stabilności temperatury i wilgotności powietrza w aspekcie jakości warzyw po okresie przechowywania*, Chłodnictwo 9/2010.
- ◆ Bergander M., Butrymowicz D., Śmierciew K., Karwacki J., *Refrigeration cycle with ejector for second step compression*, 2010 Purdue Compressor Engineering, Refrigeration and Air-Conditioning and High Performance Buildings Conferences, Purdue University, West Lafayette, USA, paper no 2211 (nr arch. IMP PAN 648/2010).
- ◆ Butrymowicz D., Śmierciew K., Karwacki J., Bergander M., *Investigation of ejector for second step compression*, Proc. of XIIIth Int. Symposium on Heat Transfer and Renewable Sources of Energy, Międzyzdroje 2010, pp. 397-404 (nr arch. IMP PAN 649/2010).

Projekty badawcze

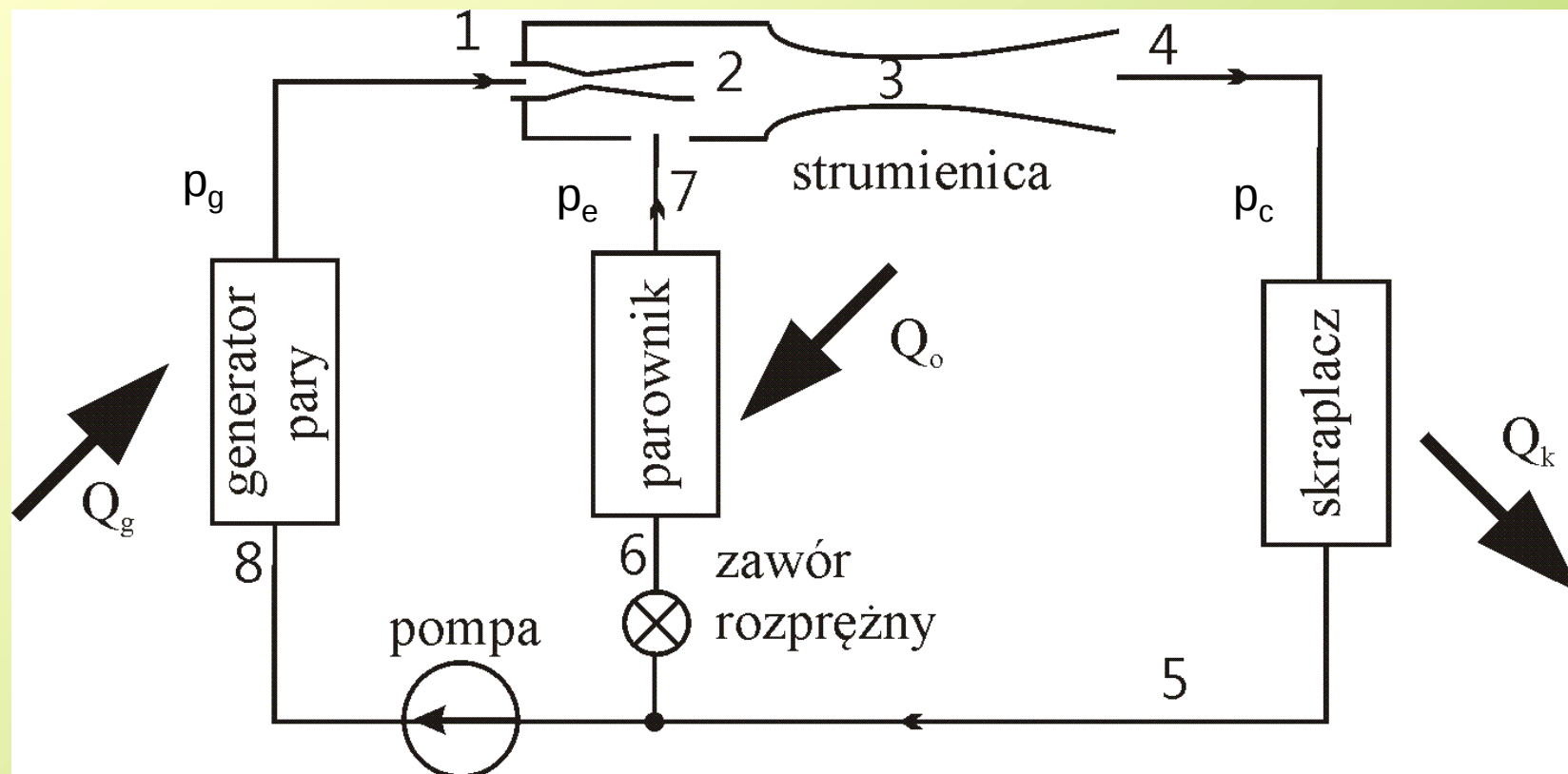
MNiSW – 5:

- ◆ *Badania eksperymentalne i teoretyczne strumienic napędowych w układach klimatyzacji solarnej*, N513 397336, D. Butrymowicz (K. Śmierciew), okres realizacji 2009-2011
- ◆ *Badania zmodyfikowanego obiegu kaskadowego z użyciem dwutlenku węgla*, N512 318138, M. Trela , okres realizacji 2010-2013
- ◆ *Badania pompowania kapilarnego w mikro-kanalowych wymiennikach ciepła*, N513 334738, J. Karwacki, okres realizacji 2010-2013
- ◆ *Badania własności przepływu w okołokrytycznej strumienicy parowo-wodnej*, N513 485239, R. Kwidziński, okres realizacji 2010-2013
- ◆ *Badania dwufazowej pompy strumienicowej dla obiegów z czynnikami łatwo wrzącymi*, N513 489139, D. Butrymowicz, okres realizacji 2010-2013

Inne – 3:

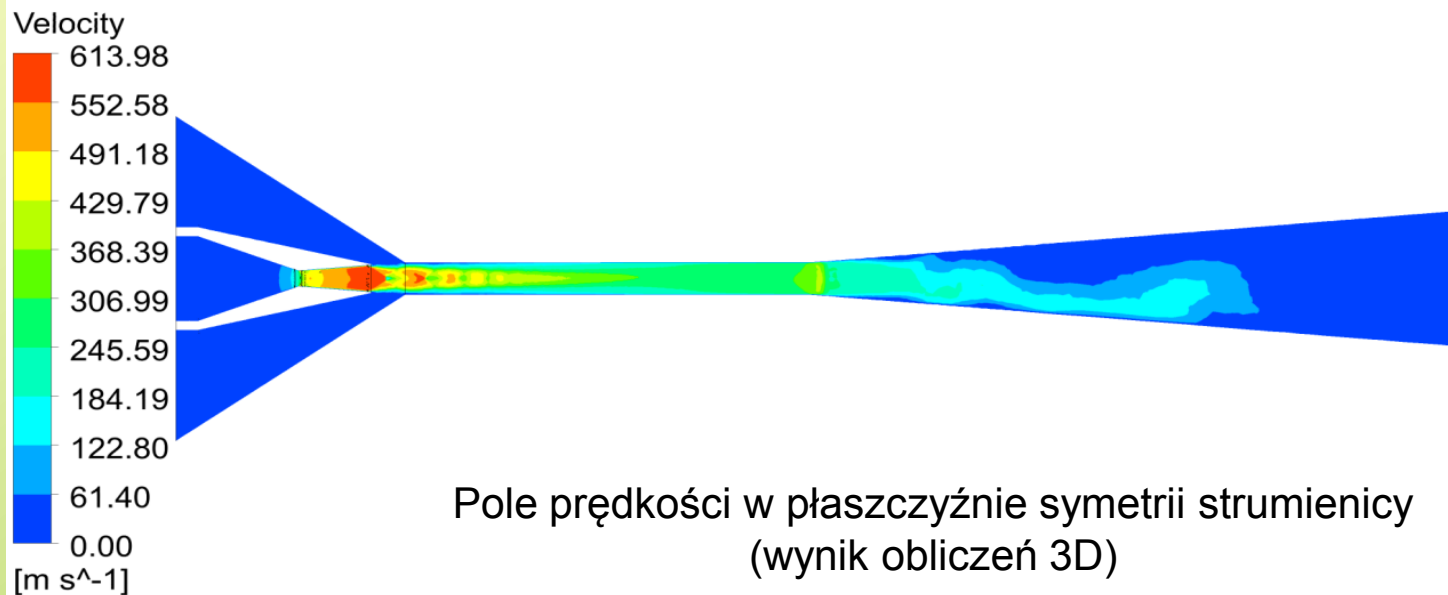
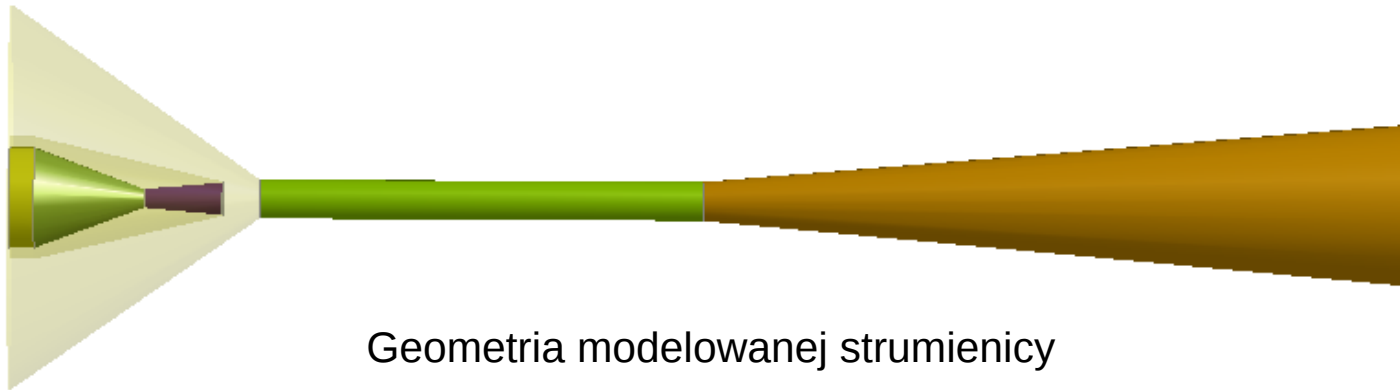
- ◆ PBZ-MEiN-4/2/2006 Nadkrytyczne Bloki Węglowe, Zadanie 1.2.1 (M. Trela)
- ◆ Projekt badawczy POIG.01.03.01/20/137/09-00, *Nowoczesne technologie dla sektora rolno-spożywczego przy ograniczaniu emisji gazów cieplarnianych* (D. Butrymowicz)
- ◆ Projekt strategiczny *Zawansowane technologie pozyskiwania energii – Zadanie 1: Opracowanie technologii dla wysokosprawnych „zero-emisyjnych” bloków węglowych zintegrowanych z wychwytem ze spalin* (D. Butrymowicz, koordynator: Pol. Ślaska).

Poprawa sprawności obiegów lewobieżnych



Schemat obiegu strumieniowego urządzenia chłodniczego, wykorzystującego energię słoneczną lub ciepło odpadowe dla celów klimatyzacji i chłodnictwa

Modelowanie strumienicy gazowej z powietrzem jako czynnikiem roboczym

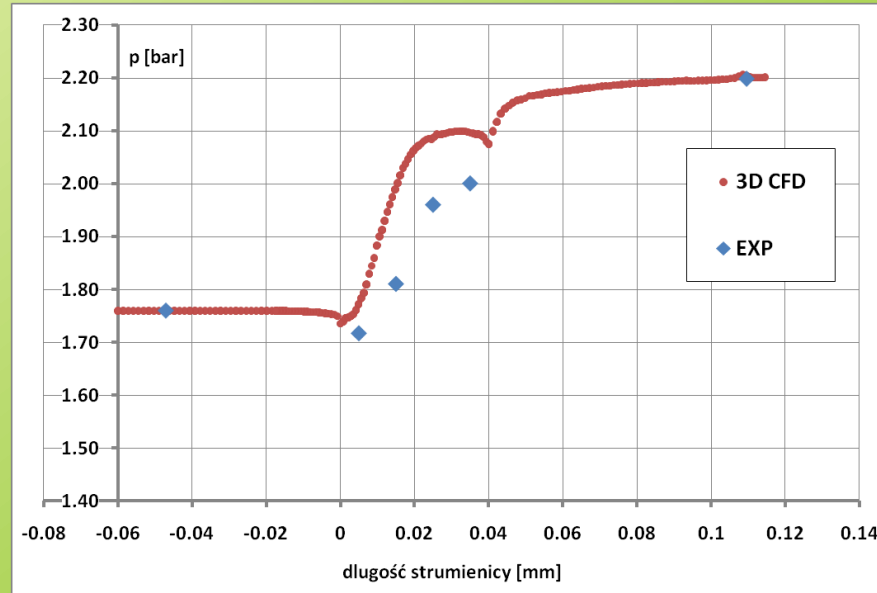
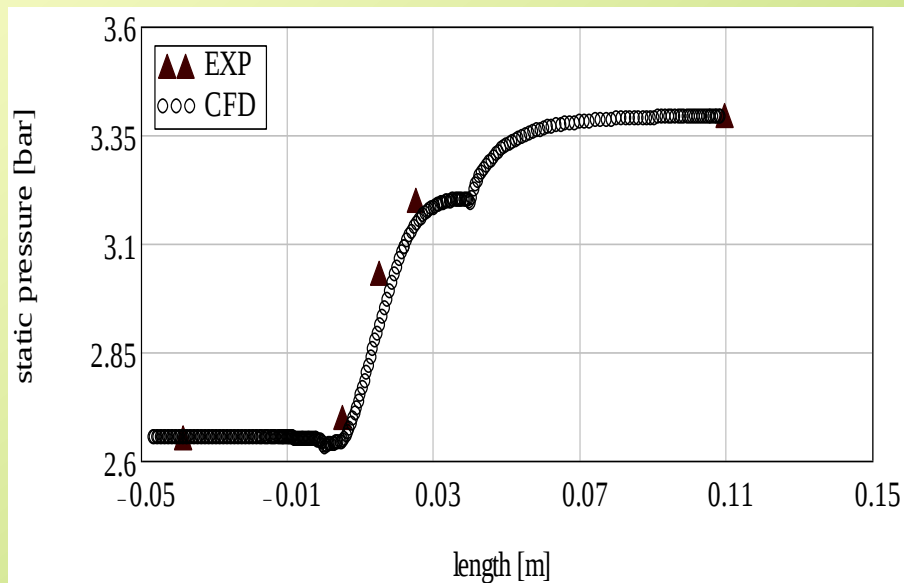
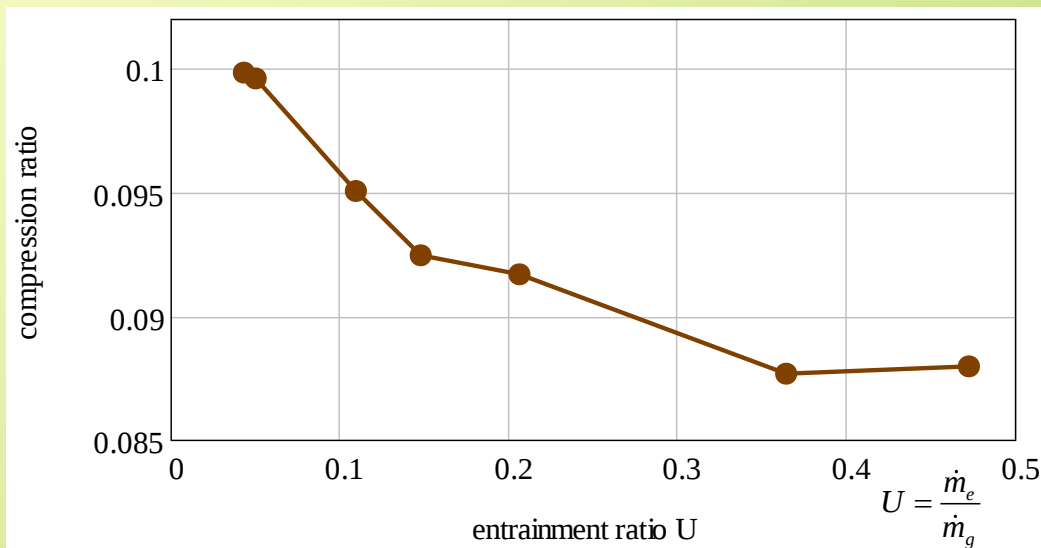


Badania strumienicy gazowej pracującej z izobutanem

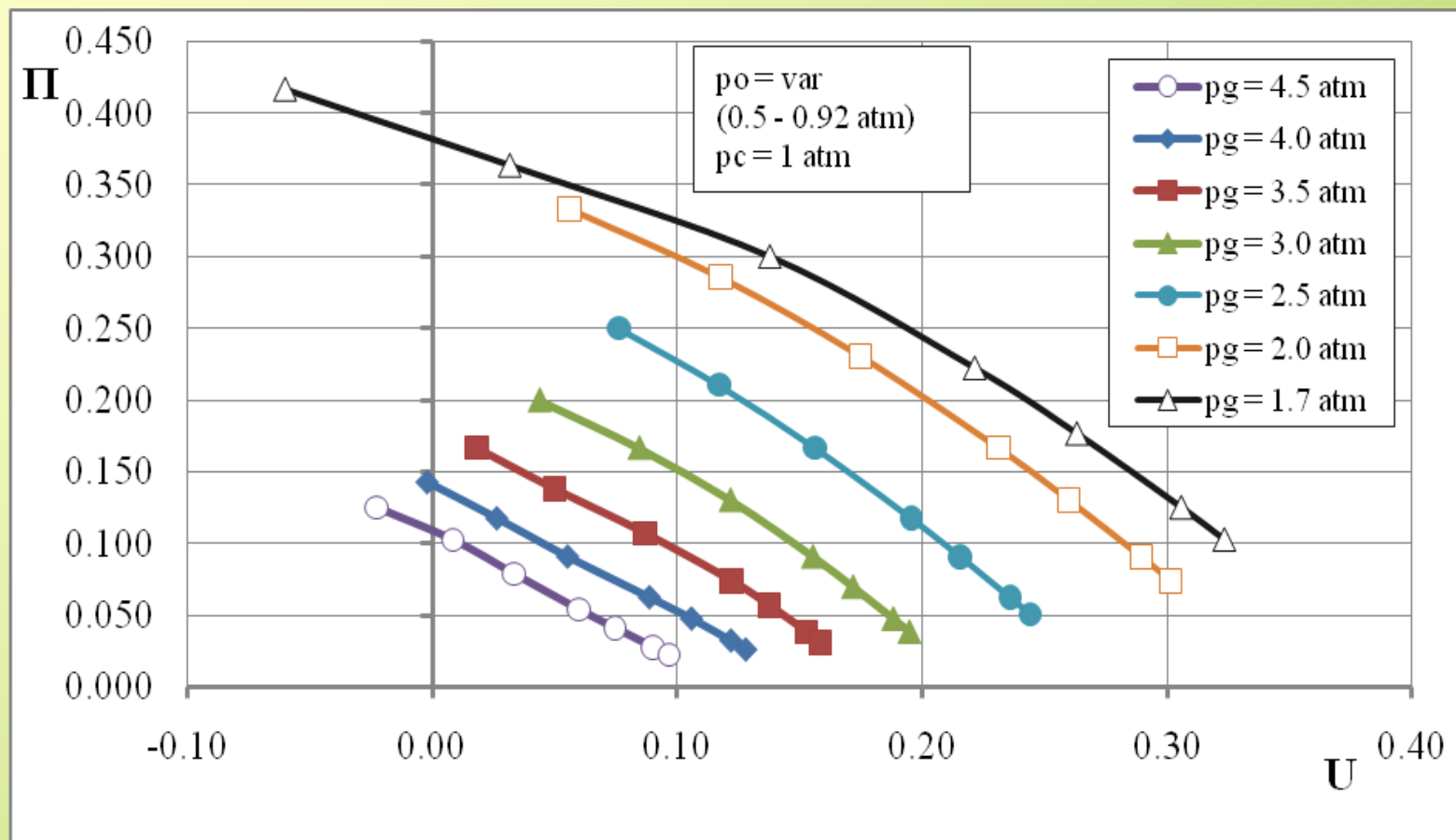
$$\Pi = \frac{p_c - p_e}{p_g - p_e}$$

Eksperymentalna
charakterystyka strumienicy

Porównanie zmierzonego
(EXP) i obliczonego (CFD)
ciśnienia statycznego wzdłuż
ścianki strumienicy

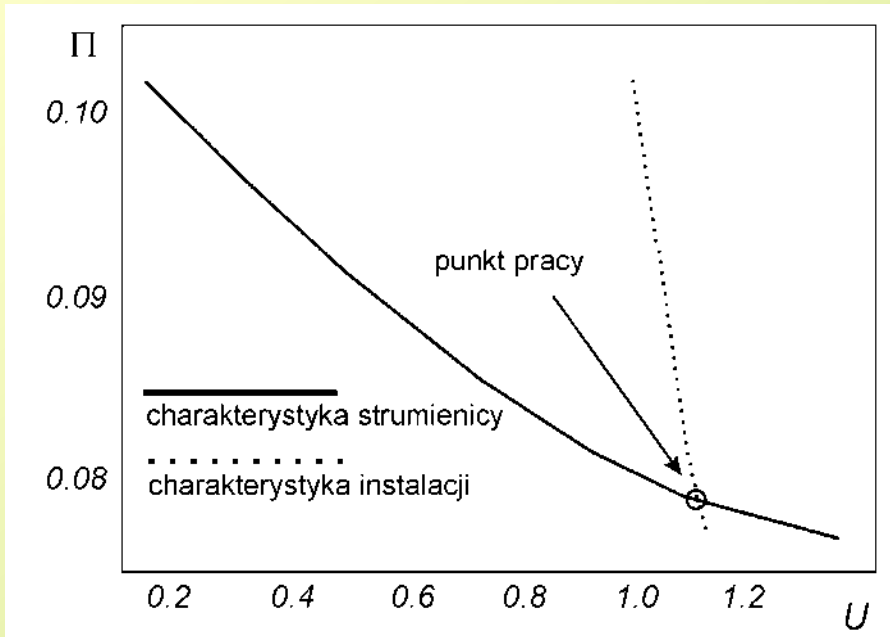


Modelowanie charakterystyk mikrostrumienicy powietrznej

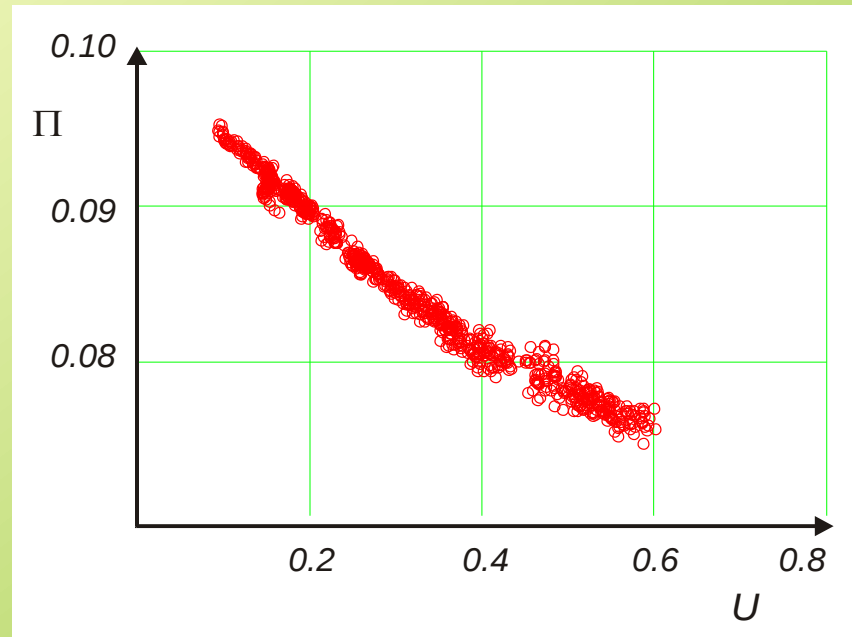


Charakterystyki mikrostrumienicy powietrznej dla różnych ciśnień napędowych

Badania strumienicy parowej zasilanej niskotemperaturowym źródłem ciepła

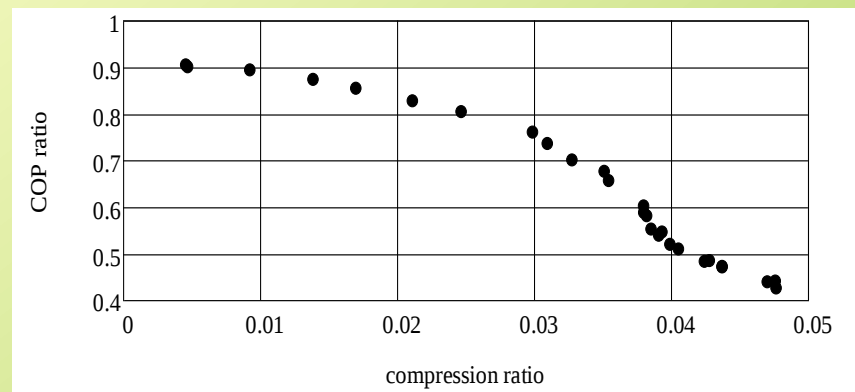
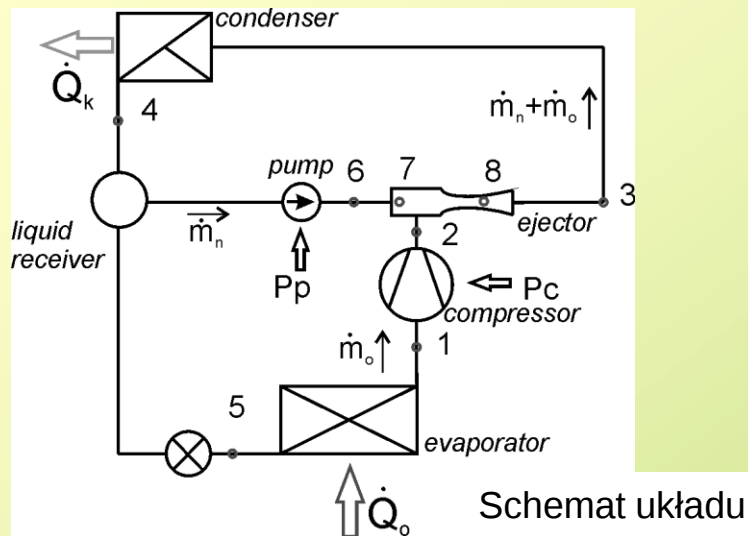


Wyznaczenie punktu pracy izentropowego strumienicowego urządzenia chłodniczego

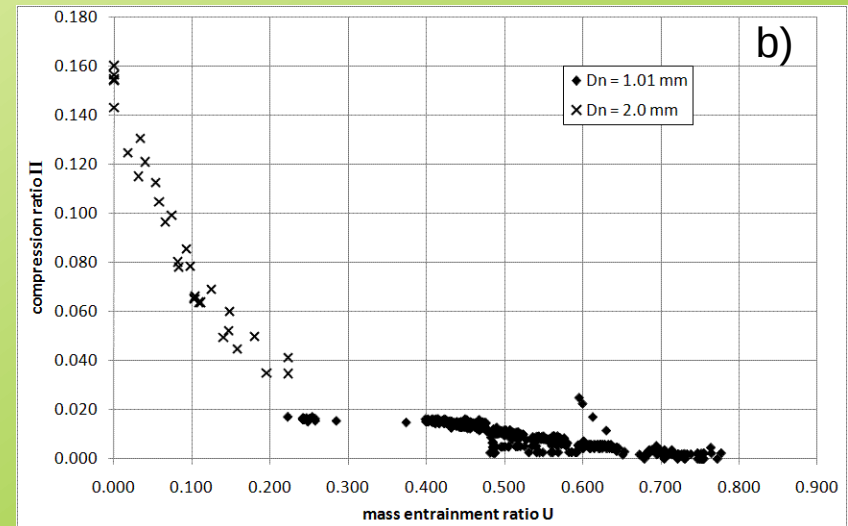
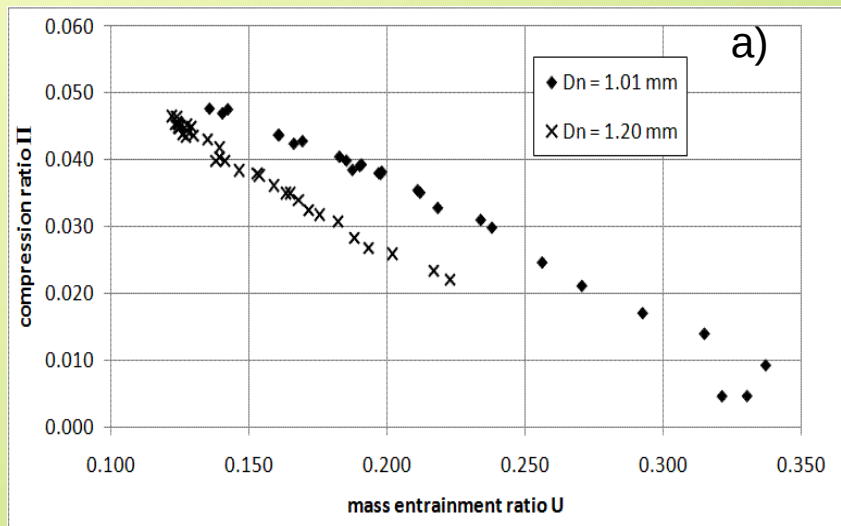


Określony eksperymentalnie spręż strumienicy w funkcji współczynnika zasysania (czynnik roboczy R123)

Strumienica dwufazowa jako nadprężarka w urządzeniu chłodniczym

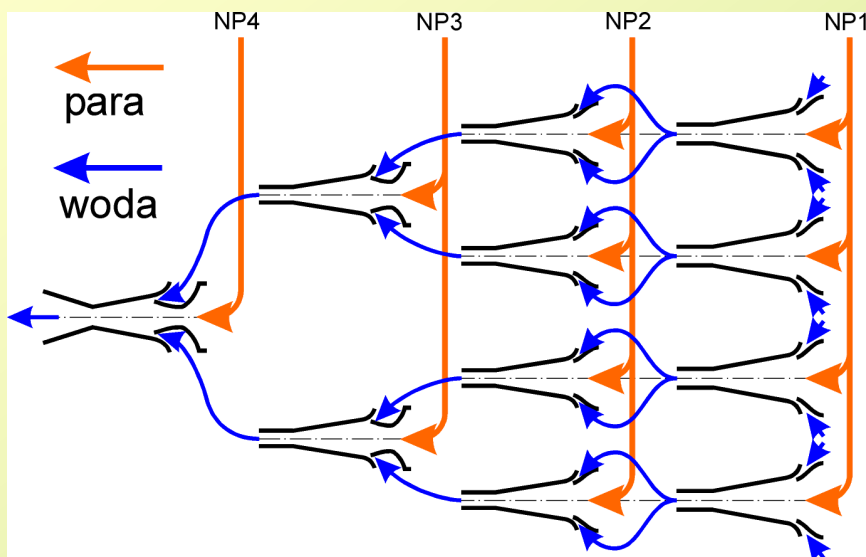


Stosunek COP układu z nadprężarką strumieniową i klasycznego układu sprężarkowego w funkcji sprężu

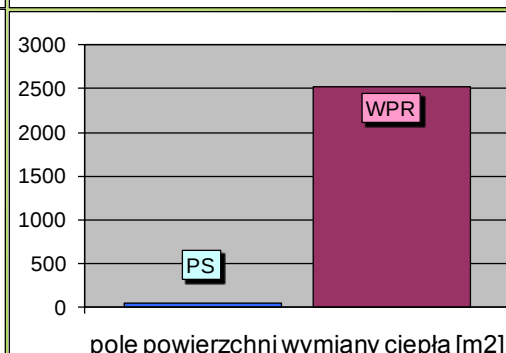
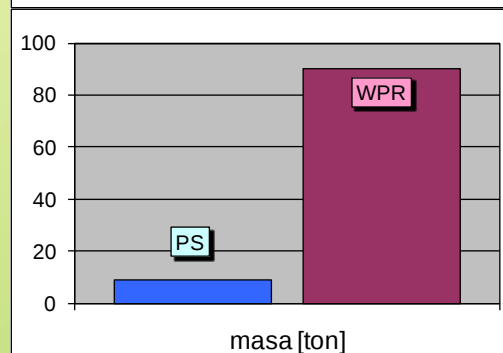
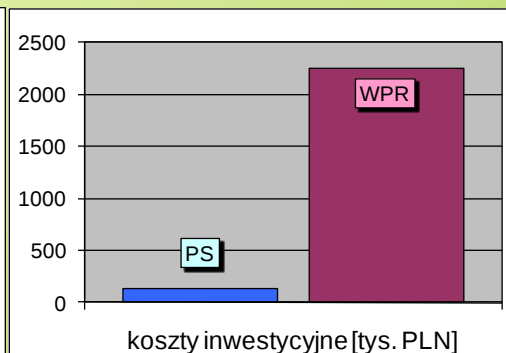
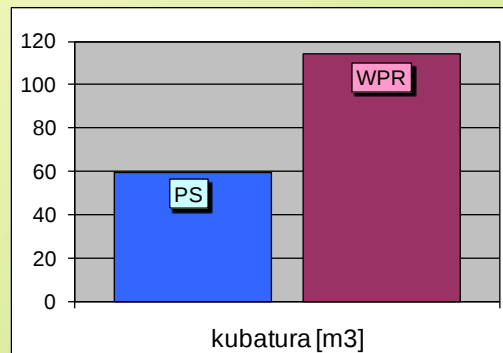


Charakterystyki strumienicy z komorą mieszania o średnicy 4 mm (a) i 6 mm (b)

Zastosowanie strumienic do regeneracji ciepła w obiegu Rankina



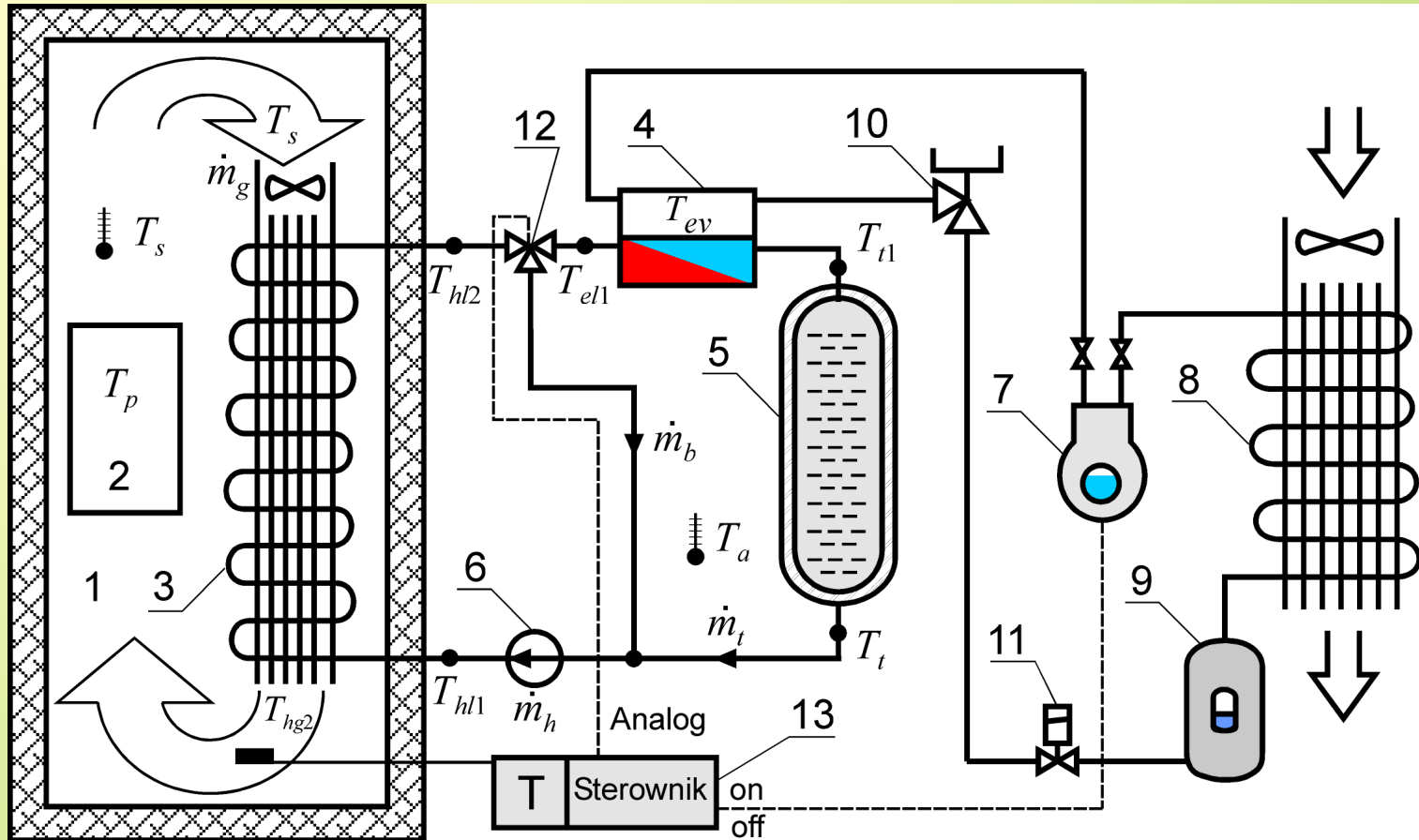
Schemat jednego bloku strumienicowych podgrzewaczy wody zasilającej dla części NP nadkrytycznego bloku węglowego 600 MW, złożonego z 11 strumienic pracujących w układzie 4-stopniowym. Cały układ podgrzewaczy tworzą cztery takie bloki pracujące równolegle.



PS – podgrzewacze strumienicowe
WPR – wymienniki płaszczowo-rurowe

Porównanie rozmiarów i kosztów podgrzewaczy strumienicowych i wymienników klasycznych w części NP

Modelowanie komory przechowalniczej współpracującej ze sprężarkowym układem chłodniczym



Schemat komory przechowalniczej z pośrednim obiegiem cieczy chłodzącej i sprężarkowym układem chłodniczym

Zastosowanie procesów elektrohydrodynamicznych oraz nanotechnologii w zagadnieniach cieplno-przepływowych energetyki

Wykonawcy: Prof. dr hab. inż. Anatol Jaworek, kierownik zadania
dr Tadeusz Czech
dr inż. Andrzej Krupa
dr Marcin Lackowski
mgr Arkadiusz Sobczyk

Przedmiot badań

- ◆ Badanie procesu elektrohydrodynamicznego wytwarzania nanocząstek w celu nanoszenia powłok o dużej porowatości (ogniwa paliwowe, katalizatory i inne)
- ◆ Badanie nanostruktur o dużej powierzchni właściwej do zastosowań w energetyce odnawialnej
- ◆ Określenie możliwości zastosowania wytworzonych struktur w ogniwach paliwowych, ogniwach fotowoltaicznych lub w katalizatorach

Uzyskane rezultaty

- ◆ Opracowanie nowej metody wytwarzania nanocząstek
- ◆ Opracowanie metody nanoszenia warstw o dużej porowatości dla nowych zastosowań technologicznych
- ◆ Optymalizacja układu elektrorozpylania pod względem maksymalizacji pola elektrycznego na wylocie dyszy kapilarnej
- ◆ Zbadanie mechanizmów powstawania nanostruktur węglowych o dużej porowatości w plazmie elektrycznego wyładowania prądu stałego

Projekty badawcze

Własne i promotorskie MNiSW - 4:

- ◆ **Zastosowanie dielektroforezy do regulacji przepływu w mikrokanałach w energetyce rozproszonej** (Projekt MNiSW 3969/T02/2009/36 - kierownik dr M. Lackowski)
- ◆ **Badanie właściwości filtracyjnych nanowłóknin wytworzonych metodą elektrohydrodynamiczną** (Projekt MNiSW 4169/T02/2009/37 - kierownik dr A. Krupa)
- ◆ **Badanie wpływu wyładowania wstecznego na proces odpylania elektrostatycznego** (Projekt habilitacyjny MNiSW 3520/B/T02/2009/37 - kierownik dr A. Krupa)
- ◆ **Badanie procesów fizycznych podczas oczyszczania gazów powstałych ze spalania biomasy** (Projekt MNiSW3180/B/T02/2010/38, kierownik: T. Czech)

Publikacje: 7

W zadaniach statutowych - 2:

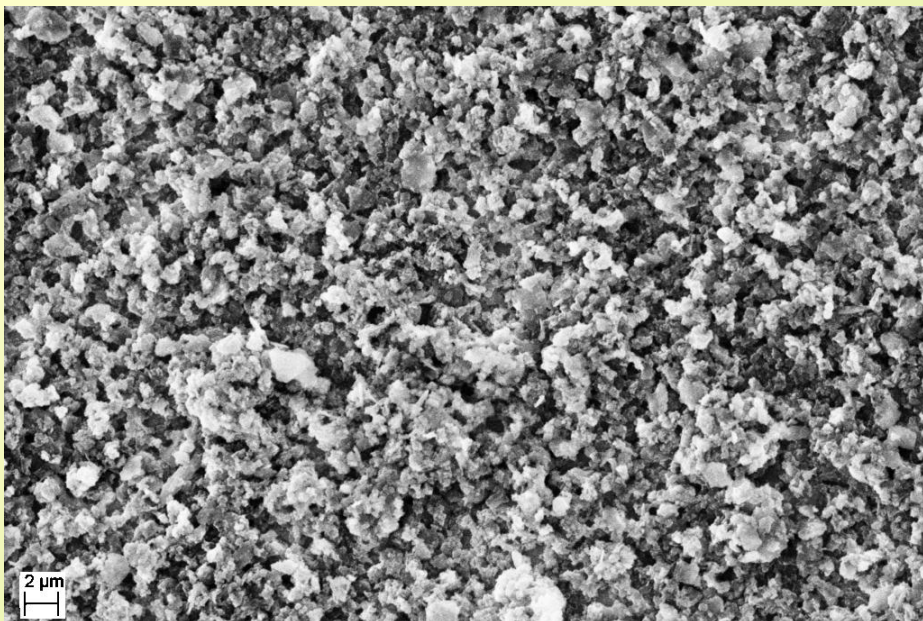
1. Jaworek A., Krupa A., Lackowski M., Sobczyk A.T., Czech T., *Novel electrostatic technologies for functional nanomaterials production*. Przegląd Elektrotechniczny **86** (2010), No 7, 81-83
2. Czech T., Sobczyk A.T., Jaworek A., *Optical diagnostics of electrical discharges for technology applications*. Przegląd Elektrotechniczny **86** (2010), No 7, 98-100

W projektach badawczych – 5, najważniejsze:

1. Sobczyk A.T., Jaworek A., *Carbon deposit formation in normal-pressure electrical discharges in hydrocarbons*. Acta Physica Polonica A 116 (2009), Suppl. 1, 136-138
2. Lackowski M., Krupa A., Jaworek A., *Corona discharge ion sources for fine particle charging*. European Physical Journal D 56 (2010), 377-382
3. Jaworek A., Krupa A., *Phase-shift detection for capacitance sensor measuring void fraction in two-phase flow*. Sensors and Actuators A 160 (2010) 78-86

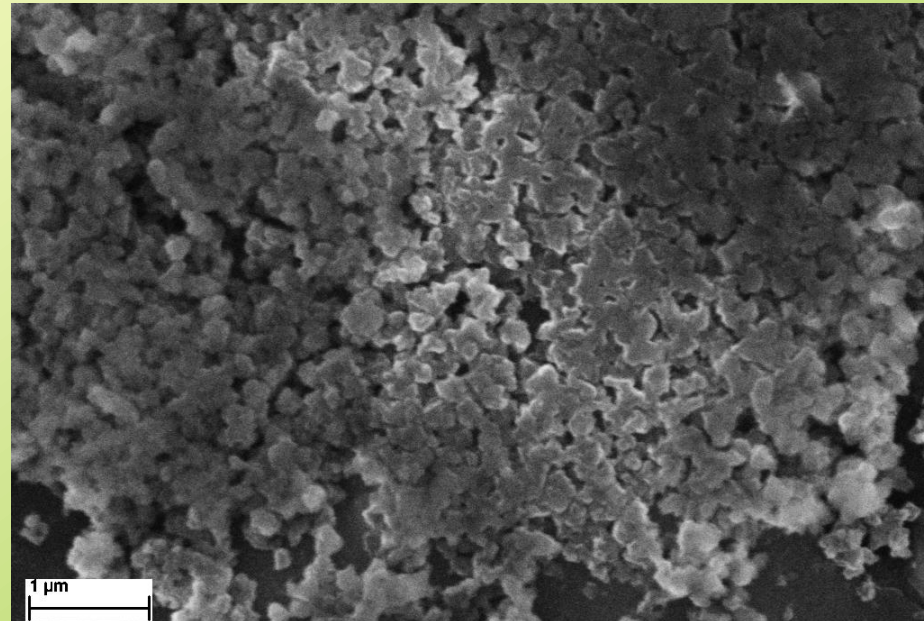
Referaty konferencyjne - 6

Elektrohydrodynamiczna metoda wytwarzania nanocząstek do nakładania cienkich warstw o dużej porowatości.



Zdjęcie SEM mikrocząstek MgO
wytworzonych z zawiesiny koloidalnej
w metanolu (0.6% masowo).

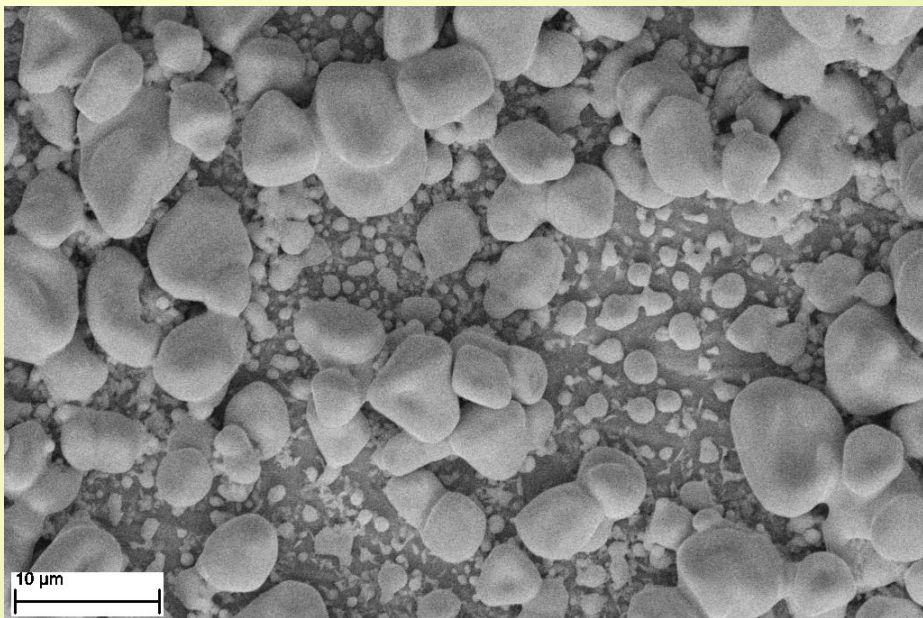
Napięcie $5.7 \text{ kV}_{\text{DC}} + 1.5 \text{ kV}_{\text{p-p}}$,
 $f=314 \text{ Hz}$, kapilara 450 μm o.d.,
 250 μm i.d., natężenie przepływu
 1.5 ml/h .



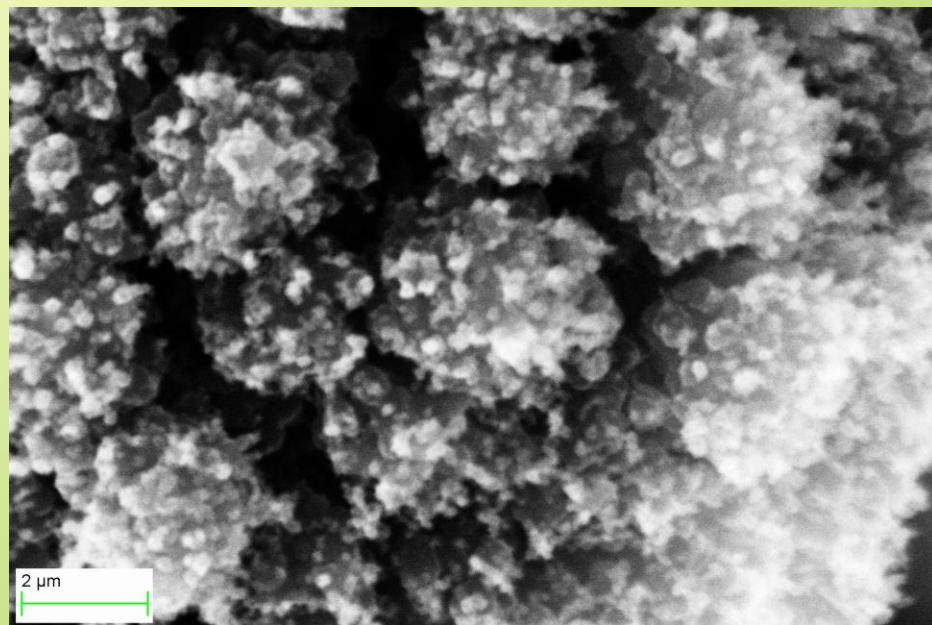
Zdjęcie SEM mikrocząstek TiO_2
wytworzonych z prekursora
(butoksytytan w metanolu).

Stężenie roztworu prekursora: 3.5%.
Napięcie $12 \text{ kV}_{\text{DC}}$, kapilara 450 μm o.d.,
 250 μm i.d., natężenie przepływu
 0.68 ml/h .

Elektrohydrodynamiczna metoda wytwarzania nanocząstek do nakładania cienkich warstw o dużej porowatości.



Zdjęcie SEM mikrocząstek srebra utworzonych z prekursora AgNO_3 w mieszaninie wody i metanolu (20% masowo). Napięcie $7.5 \text{ kV}_{\text{DC}}$, kapilara 450 μm o.d., 250 μm i.d., natężenie przepływu 0.75 ml/h , czas nanoszenia warstwy 10 min , odległość 25 mm .



Zdjęcia SEM depozytu węglowego. Plazma wyładowania elektrycznego w $\text{Ar: C}_6\text{H}_{12}$ (98:2), polaryzacja dodatnia, $i=4 \text{ mA}$, $U=21.4 \text{ kV}$.

Wnioski

- ◆ Opracowane metody elektrohydrodynamicznego wytwarzania nanocząstek mogą być przydatne w celu nanoszenia warstw o dużej porowatości, które znajdują zastosowanie do wytworzonych struktur w ogniwach paliwowych, ogniwach fotowoltaicznych lub jako materiał katalityczny.

UWAGI KOŃCOWE

1. Wszystkie zadania zostały wykonane zgodnie z zaplanowanym harmonogramem.
2. Prezentacja pozwoliła wyrobić sobie pogląd o rezultatach osiągniętych w poszczególnych tematach.
3. Wyróżniono temat badawczy Prof. J. Mikieliewicza:

*„Badania teoretyczne i eksperymentalne
elementów obiegu ORC”.*

(osobna prezentacja)