

dr inż. Magdalena Piasecka
Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn
Katedra Mechaniki
Politechnika Świętokrzyska w Kielcach

Autoreferat
informujący o zainteresowaniach i osiągnięciach
w działalności naukowo-badawczej, dydaktycznej
i organizacyjnej

1. Imię i nazwisko: Magdalena Piasecka

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe

- doktor nauk technicznych w dyscyplinie mechanika: 2002
 - Politechnika Świętokrzyska w Kielcach
 - Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn
 - temat pracy doktorskiej: *Teoretyczne i eksperymentalne badania wymiany ciepła przy wrzeniu w przepływie przez wąski kanał*
 - promotor: prof. dr hab. inż. Mieczysław E. Poniewski
 - ocena pracy oraz egzaminu doktorskiego: bardzo dobra
 - nagroda zespołowa Rektora III stopnia za osiągnięcia naukowe.

- dyplom - studia podyplomowe: 1999
 - Szkoła Zarządzania i Przedsiębiorczości przy Politechnice Świętokrzyskiej
 - kierunek: Zarządzanie i Marketing,
 - temat pracy podyplomowej: *Analiza rentowności i płynności finansowej działalności gospodarczej Zakładów Tworzyw Sztucznych Gamrat S.A. za okres 1995-1997*
 - promotor: dr Halina Młotkowska
 - ocena pracy oraz egzaminu: bardzo dobra z wyróżnieniem

- magister inżynier inżynierii środowiska: 1994
 - Politechnika Świętokrzyska w Kielcach
 - Wydział Budownictwa Lądowego
 - kierunek: Inżynieria Środowiska
 - specjalność: Zaopatrzenie w Wodę i Unieszkodliwianie Ścieków i Odpadów
 - temat dyplomowej pracy magisterskiej: *Koncepcja modernizacji urządzeń do przeróbki i utylizacji osadów ściekowych w oczyszczalni ścieków w Radomiu*
 - promotor: prof. dr hab. inż. J. Kurbiel
 - ocena pracy oraz egzaminu magisterskiego: bardzo dobra
 - praca wyróżniona przez Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych (PZiTS)

3. Dotychczasowe zatrudnienie w jednostkach naukowych

Politechnika Świętokrzyska w Kielcach:

- Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn, Katedra Mechaniki, adiunkt, 11.2002 - nadal;
- Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn, Katedra Termodynamiki i Mechaniki Płynów, asystent, 10.1994 - 11.2002.

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):

a) tytuł osiągnięcia naukowego

Wrzenie w przepływie na rozwiniętych powierzchniach minikanalów

b) publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego:

Monografie

1. *Piasecka M.*, Wrzenie w przepływie na rozwiniętych powierzchniach minikanalów, Monografie, studia, rozprawy, seria Budowa i Eksploatacja Maszyn, nr 61, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 2014 (20 pkt).
2. *Hożejowska S., Maciejewska B., Piasecka M.*, Zastosowanie funkcji Trefftza do wyznaczania pól temperatury i współczynnika przejmowania ciepła przy wrzeniu w przepływie, Monografie, studia, rozprawy, seria Mechanika, nr 62, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 2014 (20 pkt).

Rozdziały w monografiach

3. *Piasecka M.*, Heating surface laser texturing in studies of heat transfer in minichannels, w Selected problems of Mechanical Engineering and Maintenance, 2012, Monografie, studia, rozprawy, nr M29, Politechnika Świętokrzyska, Kielce 2012, pp. 88-98 (5 pkt).

Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR)

4. *Piasecka M.*, Correlations for flow boiling heat transfer in minichannels with various orientations, **International Journal of Heat and Mass Transfer**, DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2014.09.063 (40 pkt), **IF=2,522** (2013)/2,868 (2013_5-year).
5. *Piasecka M.*, Flow boiling heat transfer in a minichannel with enhanced heating surface, 2014, **Heat Transfer Engineering**, vol. 35, No. 10, pp. 903-912 (25 pkt), **IF=0,902** (2013)/1,098 (2013_5-year).
6. *Piasecka M.*, The use of enhanced surface in flow boiling heat transfer in a rectangular minichannels, 2014, **Experimental Heat Transfer**, vol. 27, pp. 231-255 (25 pkt), **IF=0,400** (2013)/0,811 (2013_5-year).
7. *Piasecka M.*, Heat transfer research on enhanced heating surfaces in flow boiling in a minichannel and pool boiling, 2014, **Annals of Nuclear Energy**, vol. 73, pp. 282-293 (25 pkt), **IF=1,020** (2013)/1,005 (2013_5-year).
8. *Hożejowska S., Piasecka M.*, Equalizing calculus in Trefftz method for solving two-dimensional temperature field of FC-72 flowing along the minichannel, 2014, **Heat and Mass Transfer**, vol. 50, pp. 1053-1063 (25 pkt), **IF=0,929** (2013)/1,148 (2013_5-year); procent udziału w publikacji: 30 %;
9. *Piasecka M.*, Heat transfer mechanism, pressure drop and flow patterns during FC-72 flow boiling in horizontal and vertical minichannels with enhanced walls, 2013, **International Journal of Heat and Mass Transfer**, vol. 66, pp. 472-488 (40 pkt), **IF=2,522** (2013)/2,868 (2013_5-year).

10. **Piasecka M.**, An application of enhanced heating surface with mini-recesses for flow boiling research in minichannels, 2013, **Heat and Mass Transfer**, vol. 49, pp. 261-271 (25 pkt), **IF=0,929** (2013)/1,148 (2013_5-year).
11. **Piasecka M.**, Determination of the temperature field using liquid crystal thermography and analysis of two-phase flow structures in research on boiling heat transfer in a minichannel, 2013, **Metrology and Measurement Systems**, vol. XX, No. 2, pp. 205-216 (25 pkt), **IF=0,609** (2013)/0,564 (2013_5-year).
12. **Piasecka M., Maciejewska B.**, Enhanced heating surface application in a minichannel flow and use the FEM and Trefftz functions to the solution of inverse heat transfer problem, 2013, **Experimental Thermal and Fluid Science**, vol. 44, pp. 23-33 (30 pkt), **IF=2,080** (2013)/2,177 (2013_5-year); procent udziału w publikacji: 50 %;
13. **Piasecka M., Maciejewska B.**, The study of boiling heat transfer in vertically and horizontally oriented rectangular minichannels and the solution to the inverse heat transfer problem with the use of the Beck method and Trefftz functions, 2012, **Experimental Thermal and Fluid Science**, vol. 38, pp. 19-32 (30 pkt), **IF=1,595** (2012)/2,177 (2013_5-year); procent udziału w publikacji: 50 %;

Publikacje inne (czasopisma i materiały konferencyjne)

14. **Piasecka M.**, Laser texturing, spark erosion and sanding of the surfaces and their practical applications in heat exchange devices, 2014, *Advanced Material Research*, vol. 874, pp. 95-100 (10 pkt).
15. **Piasecka M.**, Application of heat transfer correlations for FC-72 flow boiling heat transfer in minichannels with various orientations, 2014, Proc. 101 EURO THERM Seminar "Transport Phenomena in Multiphase Systems, 30.06-03.07.2014, Kraków, CD, 8 pages.
Piasecka M., Application of heat transfer correlations for FC-72 flow boiling heat transfer in minichannels with various orientations, 2014, *referat przyjęty, w trakcie umieszczania na stronach MATEC Web of Conference* (10 pkt - nie uwzględnione w zestawieniu punktowym w zestawieniu zbiorczym - w tabeli 1).
16. **Piasecka M., Maciejewska B.**, Impact of variable spatial orientation on the heat transfer coefficient during flow boiling in a minichannel with an enhanced surface, 2014, Proc. 5th Int. Conf. Heat Transfer and Fluid Flow in Microscale 2014, 22-25.04.2014, Marseilles, France, paper No. P-44, 6 pages; procent udziału w publikacji: 50 %.
17. **Piasecka M.**, Applying enhanced heating surfaces in heat transfer devices, 2014, Proc. XVth Int. Conf. on Heat Transfer and Renewable Sources of Energy HTRSE-2014, 10-13.09.2014, Międzyzdroje, Wyd. Ucz. ZUT w Szczecinie, Ed. Stachel A.A., Mikielwicz D., pp. 267-274.
18. **Piasecka M., Maciejewska B.**, Identification of the heat transfer coefficient in a vertical minichannel at developed boiling by the nodeless Trefftz method, 2014, Proc. XVth Int. Conf. on Heat Transfer and Renewable Sources of Energy HTRSE-2014, 10-13.09.2014, Międzyzdroje, Wyd. Ucz. ZUT w Szczecinie, Ed. Stachel A.A., Mikielwicz D., pp. 275-282; procent udziału w publikacji: 50 %.

19. *Hożejowska S., Piasecka M.*, Trefftz method in numerical modeling of temperature fields in the flow boiling in a minichannel, 2014, Proc. XVth Int. Conf. on Heat Transfer and Renewable Sources of Energy HTRSE-2014, 10-13.09.2014, Międzyzdroje, Wyd. Ucz. ZUT w Szczecinie, Ed. Stachel A.A., Mikielwicz D., pp. 227-234; procent udziału w publikacji: 50 %.
20. *Piasecka M., Maciejewska B.*, Heat transfer coefficient determination for flow boiling in vertical and horizontal minichannels, 2014, **The European Physical Journal Web of Conferences**, vol. 67, paper No. 02094, 7 pages (10 pkt); procent udziału w publikacji: 50 %.
Piasecka M., Maciejewska B., Heat transfer coefficient determination for flow boiling in vertical and horizontal minichannels, Proc. Int. Conf. Experimental Fluid Mechanics 2013, 19-22.11.2013, Kutná Hora, Czech Republic, pp. 562-568.
21. *Hożejowska S., Piasecka M.*, Numerical modeling of temperature fields in the flow boiling liquid through a vertical minichannel with an enhanced heating surface, 2014, **The European Physical Journal Web of Conferences**, vol. 67, paper No. 02038, 8 pages (10 pkt); procent udziału w publikacji: 50 %;
Hożejowska S., Piasecka M., Numerical modeling of temperature fields in the flow boiling liquid through a vertical minichannel with an enhanced heating surface, Proc. Int. Conf. Experimental Fluid Mechanics 2013, 19-22.11.2013, Kutná Hora, Czech Republic, pp. 261-264.
22. *Piasecka M.*, Heat transfer mechanism and pressure drop during flow boiling of FC-72 in horizontal and vertical minichannels with enhanced walls, 2013, Proc. 8th World Congress on Experimental Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics, 16-20.06.2013, Lisbon, Portugal, CD, paper No. 137, 8 pages.
23. *Maciejewska B., Piasecka M.*, Flow boiling in a minichannel: applications of numerical methods in heat transfer coefficient determination, 2013, Proc. 8th World Congress on Experimental Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics, 16-20.06.2013, Lisbon, Portugal, CD, paper No. 119, 8 pages; procent udziału w publikacji: 50 %.
24. *Hożejowska S., Piasecka M., Hożejowski L.*, Trefftz method for solving two-dimensional temperature field of boiling fluid flowing along the minichannels, 2013, **The European Physical Journal Web of Conferences**, vol. 45, paper No. 01040, 7 pages (10 pkt); procent udziału w publikacji: 33,3 %.
Hożejowska S., Piasecka M., Hożejowski L., Trefftz method for solving two-dimensional temperature field of boiling fluid flowing along the minichannels, 2012, Proc. Int. Conf. Experimental Fluid Mechanics 2012, 20-23.11.2012, Hradec Králové, Czech Republic, pp. 268-274.
25. *Piasecka M.*, Experimental study of flow boiling heat transfer in a rectangular minichannel by using various enhanced heating surfaces, 2012, **Journal of Physics: Conference Series**, vol. 395, paper No. 012136, 8 pages (10 pkt).
Piasecka M., Experimental study of flow boiling heat transfer in a rectangular minichannel by using various enhanced heating surfaces, 2012, Proc. 6th European Thermal Sciences Conf. – Eurotherm 2012, 4-7.09.2012, Poitiers Futuroscope, France, paper No. A3580, 8 pages.

26. **Piasecka M.**, Experimental investigation of flow boiling heat transfer in a vertical rectangular minichannel with one enhanced heating surface, 2012, Proc. ECI 8th Int. Conf. on Boiling and Condensation Heat Transfer, 3-7.06.2012, Lausanne, Switzerland, paper No. 1559, 12 pages.
27. **Piasecka M.**, Investigation into flow boiling heat transfer in a minichannel with enhanced heating surface, 2012, **The European Physical Journal Web of Conferences**, vol. 25, paper No. 01072, 12 pages (10 pkt).
Piasecka M., Investigation into flow boiling heat transfer in a minichannel with enhanced heating surface, Proc. Int. Conf. Experimental Fluid Mechanics 2011, 22-25.11.2011, Jičín, Czech Republic, vol. 2, pp. 897-907.
28. **Piasecka M.**, *Maciejewska B.*, The solution of the two-dimensional inverse heat transfer problem with the use of the FEM in combination with Trefftz functions, 2012, **The European Physical Journal Web of Conferences**, vol. 25, paper No. 01073, 12 pages (10 pkt); procent udziału w publikacji: 50 %.
Piasecka M., *Maciejewska B.*, The solution of the two-dimensional inverse heat transfer problem with the use of the FEM in combination with Trefftz functions, Proc. Int. Conf. Experimental Fluid Mechanics 2011, 22-25.11.2011, Jičín, Czech Republic, vol. 2, pp. 908-918.
29. **Piasecka M.**, Boiling heat transfer research in a vertically and horizontally oriented minichannel, 2011, Proc. 6th Int. Conf. on Transport Phenomena in Multiphase Systems HEAT 2011, 28.06-2.07.2011, Ryn, pp. 357-363.
30. **Piasecka M.**, *Maciejewska B.*, The solution of inverse heat transfer problem by means of Beck's method with the use of Trefftz method, 2011, Proc. 6th Int. Conf. on Transport Phenomena in Multiphase Systems HEAT 2011, 28.06-2.07.2011, Ryn, pp. 365-370; procent udziału w publikacji: 50 %.

Najważniejsze informacje dot. mojego dorobku naukowego:

- Sumaryczny IF według JCR - zgodnie z rokiem opublikowania: **16,892 /21,637** (5-letni).
- **Liczba cytowań publikacji** według bazy WoS: **85**, wg Google Scholar: **179**.
- **Indeks Hirscha** według WoS: **4**, na dzień 6.10.2014 (wyniesie co najmniej 6 w listopadzie b.r.)
- Brałam/biorę udział w realizacji **9 prac badawczych** (w 3 jako kierownik).
- Jestem autorką **80 opublikowanych prac**, w tym **71 opublikowanych po doktoracie**, wśród nich są **2 monografie**, **2 rozdziały monografii**, **13 publikacji z listy JCR**, **28 publikacji punktowanych z listy MNI SW** (w tym punktowane materiały konferencyjne z lat 2003-2004), **9 recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych uwzględnionych w WoS**, wielu innych prezentowanych publikacji na międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych, przy czym **35 z nich zostało wygłoszonych przez mnie lub zaprezentowanych w formie posterów na konferencjach**.
- **jestem współautorką 1 patentu RP.**

Tabela 1 przedstawia zestawienie publikacji i patentów powstałych po doktoracie, zbiorczo, jak i z rozdzieleniem na: wchodzące w skład osiągnięcia naukowego (będących dziełem habilitacyjnym) i nie wchodzące w skład osiągnięcia naukowego - pozostałe. W tabeli 1 zamieszczono współczynniki wpływu (IF) oraz punktację publikacji wg wykazów czasopism naukowych KBN/MNiI/MNiSW z lat 2003 – 2014. Szczegółowa punktacja jest przedstawiona w punktach I.B., II.A oraz II.E „Wykazu opublikowanych prac naukowych...”. W przypadku, gdy publikacja ukazała się w materiałach konferencyjnych i w czasopiśmie uwzględnionym w Web of Science, wykazano ją w pozycji „recenzowane materiały z konferencji międzynarodowych uwzględnione w Web of Science”.

Współautorki publikacji z listy JCR (część A listy MNiSW) są zatrudnione na Wydziale Zarządzania i Modelowania Komputerowego Politechniki Świętokrzyskiej, dlatego sumaryczny IF wspólnych prac został podany dla habilitantki jako 100% (pracownik innego wydziału).

Tabela 1. Zestawienie publikacji i patentów (po doktoracie)

Wyszczególnienie	Liczba opublikowanych publikacji	Sumaryczna liczba punktów	Sumaryczny IF wg roku publikacji	Sumaryczny IF 5-letni
zbioreczo				
część A listy MNiSW	13	358	16,892	21,637
część B listy MNiSW (w tym punktowane materiały konferencyjne z lat 2003-2004)	28	131	-	-
recenzowane materiały z konferencji międzynarodowych uwzględnione w Web of Science	9	85	-	-
monografie	2	40	-	-
rozdziały w monografiach	2	12	-	-
patenty	1	25	-	-
publikacje niepunktowane	17	-	-	-
sumaryczny dorobek publikacyjny	72 (55 punktowane)	651	16,892	21,637
wchodzące w skład osiągnięcia naukowego				
część A listy MNiSW	10	290	13,508	15,864
recenzowane materiały z konferencji międzynarodowych uwzględnione w Web of Science	7	70	-	-
monografie	2	40	-	-
rozdziały w monografiach	1	5	-	-
patenty	1	25	-	-
publikacje niepunktowane	10	-	-	-
sumaryczny dorobek publikacyjny	31 (21 punktowane)	430	13,508	15,864
nie wchodzące w skład osiągnięcia naukowego				
część A listy MNiSW	3	68	3,384	5,773
część B listy MNiSW (w tym punktowane materiały konferencyjne z lat 2003-2004)	28	131	-	-
recenzowane materiały z konferencji międzynarodowych uwzględnione w Web of Science	2	15	-	-
rozdziały w monografiach	1	7	-	-
publikacje niepunktowane	7	-	-	-
sumaryczny dorobek publikacyjny	41 (34 punktowane)	221	3,384	5,773

c) omówienie celu naukowego prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Uzasadnienie celu i zakresu badań

Na wstępie chciałam nakreślić cel moich zainteresowań naukowych, które koncentrują się na kierunkach intensyfikacji wymiany ciepła przy wrzeniu podczas przepływu przez minikanale. Zastosowanie powierzchni rozwiniętych w minikanalach jest nowym pomysłem, przy czym wyniki podawane przez wielu autorów nie są jednoznaczne, odnośnie wpływu takich powierzchni na wymianę ciepła.

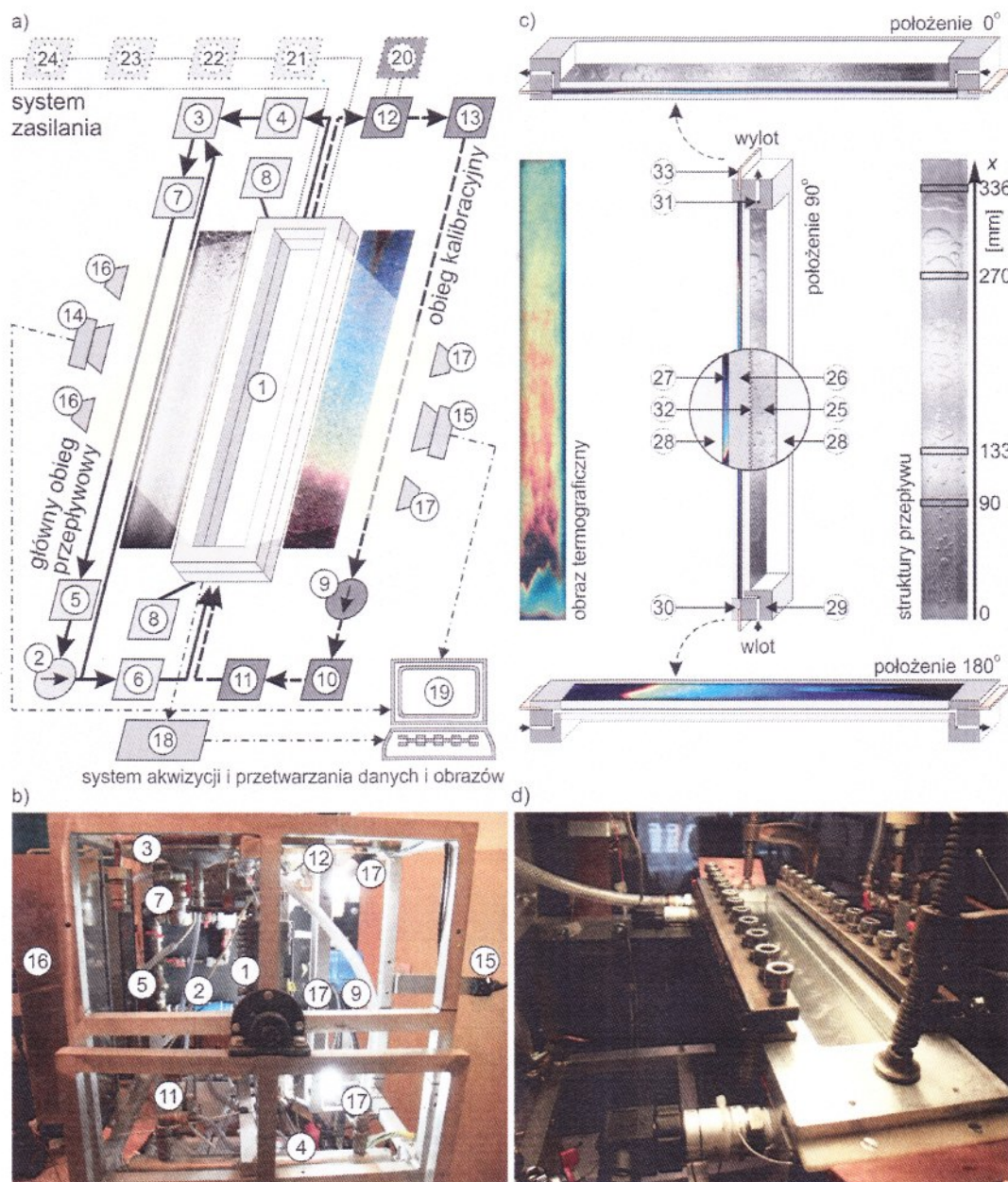
Nieustanny postęp technologiczny oraz rewolucja informatyczna są przyczyną wzrostu wymagań energetycznych przy jednoczesnej tendencji do miniaturyzacji nowoczesnych urządzeń. Doprowadzanie energii i chłodzenie elementów elektronicznych wymuszają ciągle zwiększanie efektywności stosowanych procesów cieplnych. Niezmiernie ważne dziedziny przemysłu: energetyka jądrowa, motoryzacja, inżynieria chemiczna i wiele innych – wszędzie tam, gdzie zachodzi przepływ strumieni ciepła o bardzo dużej gęstości – są bezpośrednio zależne od nowych i sprawniejszych wymienników i silników cieplnych. Skutecznym sposobem chłodzenia jest wykorzystanie procesów wymiany ciepła przebiegających ze zmianą stanu skupienia, ze względu znacznie większą efektywność procesu. Współczynniki przejmowania ciepła uzyskiwane podczas procesu wrzenia są nawet kilkudziesięciokrotnie wyższe niż podczas konwekcji wymuszonej bez zmiany fazy.

Z powodu nieustannego wzrostu technologicznego poszukiwane są metody pozwalające na intensyfikację wymiany ciepła. Wykorzystanie powierzchni rozwiniętej do chłodzenia urządzeń o zwartej konstrukcji (np. mikroprocesorów, układów scalonych o wielkiej skali integracji) lub wykorzystanie jej w elektroenergetyce (przykładowo w elektrociepłowniach opartych na turbinach gazowych), pozwolić może na dodatkową intensyfikację wymiany ciepła. Jednocześnie wymiana ciepła, realizowana z wykorzystaniem układów z kanałami o niewielkich wymiarach, pozwala na jednoczesne spełnienie przeciwstawnych wymagań, tj. uzyskanie możliwie dużego strumienia ciepła przy małej różnicy temperatury między powierzchnią grzejną i cieczą nasyconą, dla niewielkich wymiarów układu wymiany ciepła.

Reasumując, zastosowanie procesu wrzenia podczas przepływu w minikanalach z rozwiniętą powierzchnią grzejną wykorzystuje kompleksowo wszystkie przedstawione możliwości intensyfikacji wymiany ciepła. Zagadnienie to jednak do dziś jest niedostatecznie rozpoznane. Z licznych badań eksperymentalnych wynika, że w kanałach o małych wymiarach następuje intensyfikacja wymiany ciepła w porównaniu do kanałów o wymiarach standardowych. Ta intensyfikacja może być znacząco wyższa w przypadku zastosowania powierzchni rozwiniętej, w porównaniu do gładkiej powierzchni grzejnej. Interesujące jest zagadnienie, czy i jak wzrost tej intensyfikacji jest bezpośrednio zależny od rodzaju i stopnia rozwinięcia powierzchni grzejnej. Skomplikowane mechanizm procesu wrzenia w minikanalach sprawiają, że zagadnienie wymaga analiz zarówno eksperymentalnych, jak i teoretycznych, a wyniki mogą być niejednoznaczne. W literaturze przedmiotu nie funkcjonują uogólnione, uniwersalne równania kryterialne, które pozwoliłyby, dla różnych geometrii kanałów, prognozować wymianę ciepła. Proponowane przez różnych badaczy korelacje dotyczące obliczania współczynników przejmowania ciepła w kanałach są na ogół weryfikowane eksperymentalnie jedynie dla układów z kanałami o gładkich powierzchniach grzejnych.

Stanowisko badawcze, metodologia badań eksperymentalnych

W dotychczasowych badaniach, prowadzonych przeze mnie od 2009 roku w Politechnice Świętokrzyskiej, zaprojektowałam i wykonałam od podstaw kompaktowe oryginalne stanowisko eksperymentalne z torami pomiarowymi do wyznaczania rozkładu temperatury na powierzchni grzejnej przy wykorzystaniu termografii ciekłokrystalicznej oraz jednoczesnej wizualizacji optycznej dla obserwacji struktur przepływu dwufazowego. Schemat głównych obiegów i systemów akwizycji danych realizowanych na stanowisku badawczym, jego widok oraz schemat modułu testowego z minikanalem przedstawiono na rys. 1.



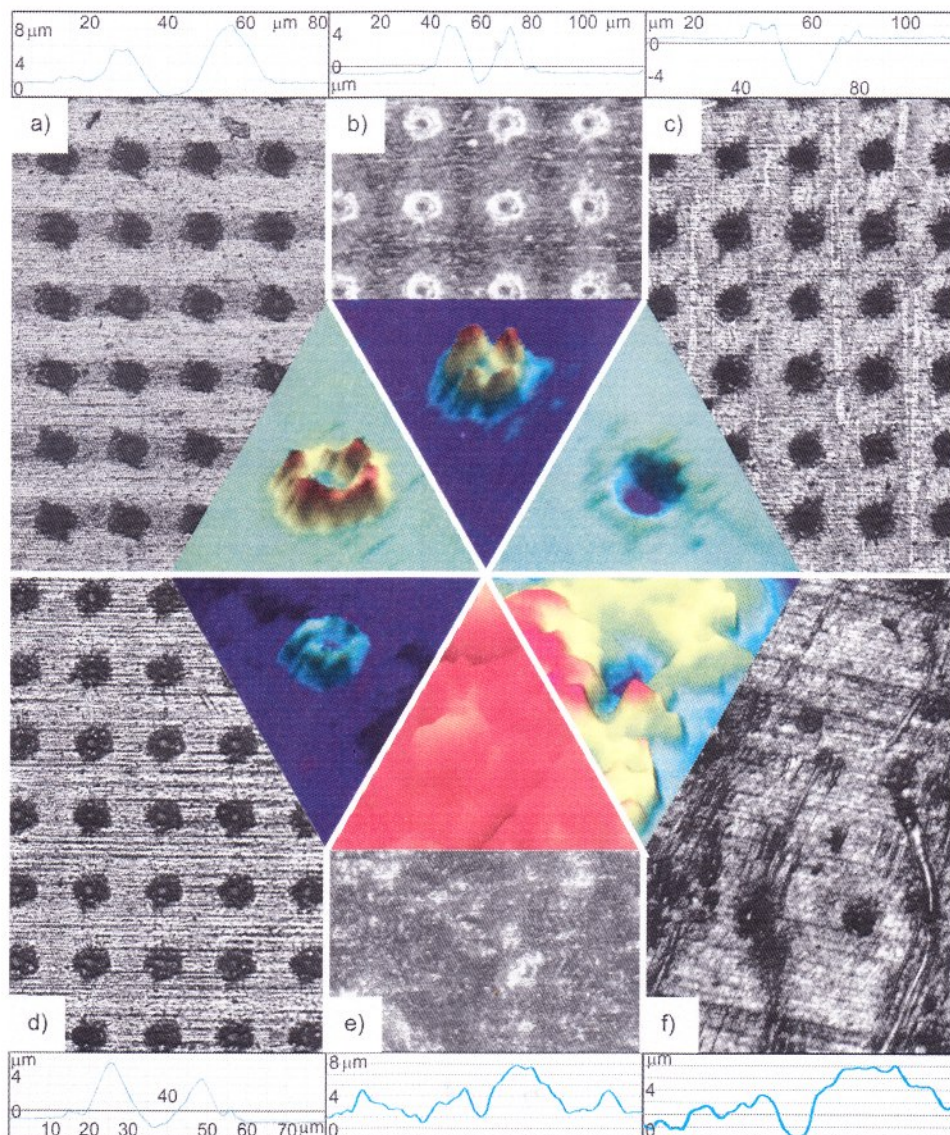
Rys. 1. a) Schemat głównych obiegów i systemów akwizycji danych realizowanych na stanowisku badawczym, b) widok stanowiska pomiarowego: 1 – moduł testowy z minikanalem, 2,9 – pompa wirnikowa, 3 – regulator ciśnienia/zbiornik wyrównawczy, 4 – wymiennik ciepła typu rura w rurze, 5,10,13 – filtry, 6 – zespół rotametrów, 7,12 – separatory powietrza, 8 – przetworniki ciśnienia, 11 – przepływowy podgrzewacz wody, 14 – aparat cyfrowy lustrzanka, 15 – aparat cyfrowy, 16 – lampy halogenowe, 17 – świetlówki LED, 18 – stacja akwizycji danych pomiarowych, 19 – laptop, 20 – autotransformator, 21 – spawarka inwertorowa, 22 – bocznik, 23 – amperomierz, 24 – woltomierz, c) schemat modułu testowego: 25 – minikanal, 26 – folia grzejna, 27 – ciekłe kryształy, 28 – szyba, 29 – korpus, 30 – pokrywa, 31 – termopara, 32 – rozwinięcie powierzchni, 33 – elektroda miedziana, d) widok modułu testowego

Zaprojektowałam sześć rodzajów powierzchni rozwiniętych, na wybranym obszarze lub całej powierzchni folii grzejnej (od strony stykającej się z płynem w minikanale). Charakterystyki wszystkich powierzchni rozwiniętych podano na rys. 2. Najszerzej w pracach omówiono wyniki otrzymane z wykorzystaniem powierzchni teksturowanych laserowo (tekstura laserowa nr 1) i powierzchni rozwiniętej, otrzymanej na drodze elektroerozji.

Procesy technologiczne wytwarzania wymienionych powierzchni rozwiniętych omówiłam szczegółowo w publikacji:

- **Piasecka M.**, Laser texturing, spark erosion and sanding of the surfaces and their practical applications in heat exchange devices, 2014, Advanced Material Research, vol. 874, pp. 95-100.

Z obserwacji wrzenia wynika, że zagłębienia na gładkiej powierzchni grzejnej są miejscami, w których tworzą się, wzrastają i odrywają pęcherzyki pary. Stwierdzono ponadto, że intensyfikacja wymiany ciepła na powierzchniach rozwiniętych spowodowana jest głównie zwiększeniem liczby ośrodków nukleacji.



Rys. 2. Charakterystyka (zdjęcia, topografie 3D, przekroje poprzeczne przez wycinki) rozwiniętych powierzchni folii grzejnej otrzymanych teksturowaniem laserowym (a-d), (a-dane dla tekstury laserowej nr 1) oraz otrzymanych przy wykorzystaniu procesu piaskowania (e) i elektroerozji (f)

Określiłam metodykę, zakres oraz kierunek analizy wyników badań. W każdej serii badań zmieniany jest stopniowo strumień ciepła dostarczany do powierzchni grzejnej, drogą wzrostu i następnie spadku jego wartości, które dokonuje się poprzez zmianę mocy grzejnej doprowadzanej do folii. Zjawiska towarzyszące rozwojowi wrzenia są rozpoznawalne na podstawie analizy dwuwymiarowego rozkładu temperatury na powierzchni grzejnej z warstwą ciekłokrystaliczną. Bezpośrednia obserwacja zachowania się płynu przepływającego przez minikanal i analiza zarejestrowanych obrazów pozwala na uzupełnienie wiedzy na temat tworzących się struktur przepływu dwufazowego i wyznaczenie stopnia zapełnienia (udziałów cieczy i pary), w wybranych przekrojach wzdłuż przepływu płynu w kanale. Analizowanym zagadnieniem jest również spadek ciśnienia podczas przepływu dwufazowego.

Pełny opis stanowiska badawczego, powierzchni rozwiniętych, metodologii prowadzenia badań, a także wyników badań i analiz przedstawiłam w monografii:

- **Piasecka M.**, Wrzenie w przepływie na powierzchniach rozwiniętych minikanalów, Monografie, studia, rozprawy, seria Budowa i Eksploatacja Maszyn, nr 61, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 2014.

Podstawowe wielkości wyznaczone:

- dwuwymiarowy rozkład temperatury powierzchni grzejnej,
- stopień zapełnienia i stopień suchości dla przepływu dwufazowego,
- mapy struktur przepływu dwufazowego,
- temperatura wrzącej cieczy oraz ciśnienia wzdłuż długości minikanalu,
- eksperymentalny spadek ciśnienia oraz wyznaczany teoretycznie podczas przepływu płynu przez kanał (z wykorzystaniem istniejących modeli spadku ciśnienia w przepływie dwufazowym),
- lokalny współczynnik przejmowania ciepła między powierzchnią grzejną i cieczą w kanale $\alpha(x)$ - określany przy wykorzystaniu modeli jedno- i dwuwymiarowego przepływu ciepła przez folię i szkło (podstawowe elementy modułu testowego). Oba modele szczegółowo omówiono w licznych referatach oraz monografii:

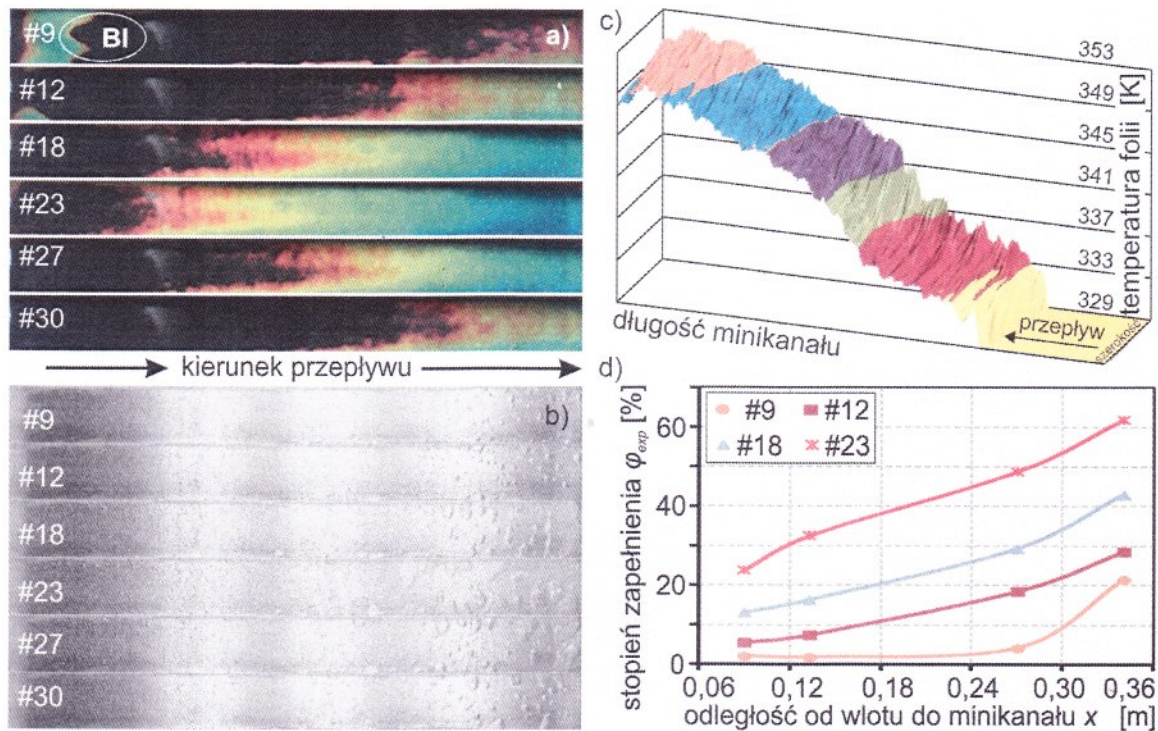
- **Hożejowska S., Maciejewska B., Piasecka M.**, Zastosowanie funkcji Trefftza do wyznaczania pól temperatury i współczynnika przejmowania ciepła przy wrzeniu w przepływie, Monografie, studia, rozprawy, seria Mechanika, nr 62, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 2014.

Najważniejsze osiągnięcia wynikające z przeprowadzonych prac badawczych i analiz teoretycznych

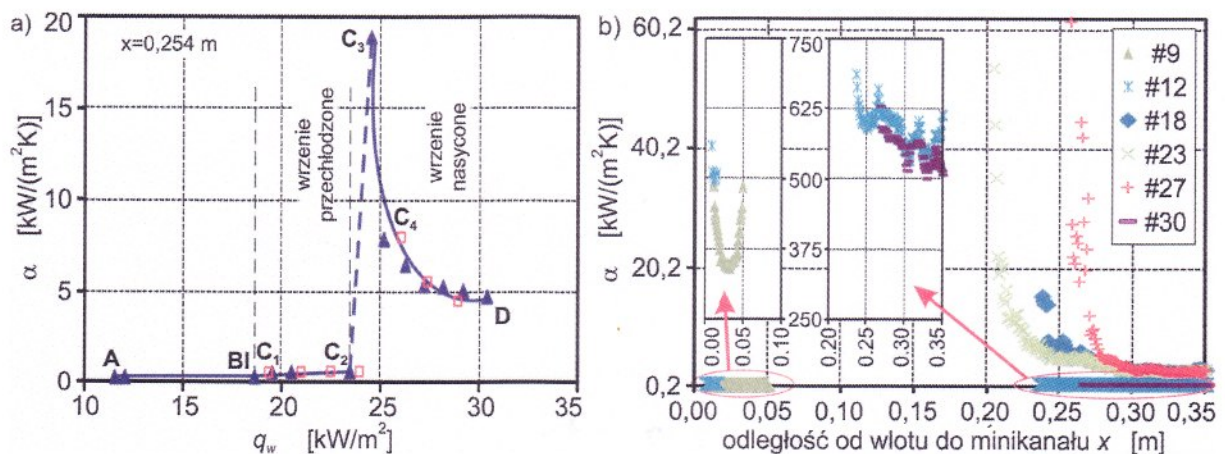
Wiele prezentowanych w zestawieniu wyników badań eksperymentalnych, ich analiz oraz wyciągniętych na tej podstawie wniosków, jest poruszanych w publikacjach wymienionych w punkcie 4b, wszystkie zostały zamieszczone w dwóch monografiach. W pracach stanowiących osiągnięcie naukowe przedstawiono identyfikację zjawisk związanych z rozwojem wrzenia czynników chłodniczych (FC-72, Novec 7100) w minikanale o różnych wymiarach przekroju prostokątnego i zmiennej orientacji przestrzennej. Powierzchnię grzejną kanału stanowiła jednostronnie rozwinięta metalowa folia ze stopu Haynes-230. Do uzyskania rozwinięcia jej powierzchni wykorzystano dwa różne procesy: teksturowanie laserowe (wynikowo uzyskano mikrowgłębienia rozmieszczone regularnie) oraz proces elektroerozji (wytworzono miniwgłębienia rozmieszczone nieregularnie). W badaniach doświadczalnych symultanicznie rejestrowano dwuwymiarowe pole temperatury na powierzchni grzejnej (za pomocą termografii ciekłokrystalicznej) oraz struktury przepływu dwufazowego w minikanale. Pomiary te pozwoliły uzależnić rejestrowany stopień zapełnienia od lokalnej temperatury powierzchni grzejnej.

Na rysunku 3 pokazano przykładowe wyjściowe dane z eksperymentu, w postaci obrazów: termograficznego (rys. 3a), struktur przepływu dwufazowego (rys. 3b), lokalnej temperatury

powierzchni grzejnej w układzie 3D (rys. 3c) dla zadanych strumieni ciepła doprowadzonych do powierzchni grzejnej oraz lokalne stopnie zapełnienia dla wybranych przekrojów minikanалу (rys. 3d). Wyniki pozwoliły wyznaczyć lokalne współczynniki przejmowania ciepła, rys. 4 oraz opracować krzywe wrzenia.



Rys. 3. a) Termograficzne obrazy powierzchni folii z ciekłymi kryształami, b) obrazy struktur przepływu, dane dla pomiarów nr 9, 12, 18, 23, 27 i 30 wybranej serii, c) lokalne temperatury powierzchni grzejnej w układzie 3D (dane dla pomiaru nr 18), d) lokalne stopnie zapełnienia w wybranych przekrojach; czynnik wrzący: fluorinert FC-72; minikanal poziomy, położenie 0° , głębokość 1 mm; miniwłębienia na całej powierzchni folii grzejnej, podstawowe parametry eksperymentalne: strumień masy przepływu $285 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{s})$, ciśnienie na wlocie do kanału 120 kPa, niedogrzanie cieczy do temperatury nasycenia na wlocie do kanału 44 K, gęstość strumienia ciepła $11,54 \div 30,37 \text{ kW}/\text{m}^2$



Rys. 4. Zależność współczynnika przejmowania ciepła α w funkcji: a) gęstości strumienia ciepła q_w , dla punktu w odległości 0,254 m od wlotu do minikanalu, b) odległości od wlotu do minikanalu x

Zaobserwowano, że przebieg procesu wrzenia można podzielić na trzy strefy: dwie występujące podczas zwiększania strumienia ciepła (tj. strefę konwekcji jednofazowej zakończonej inicjacją wrzenia i strefę rozwoju wrzenia pęcherzykowego) oraz trzecią strefę - wygaszania wrzenia, towarzyszącą zmniejszaniu strumienia ciepła, trwającą od rozwiniętego wrzenia pęcherzykowego do powrotu do konwekcji jednofazowej.

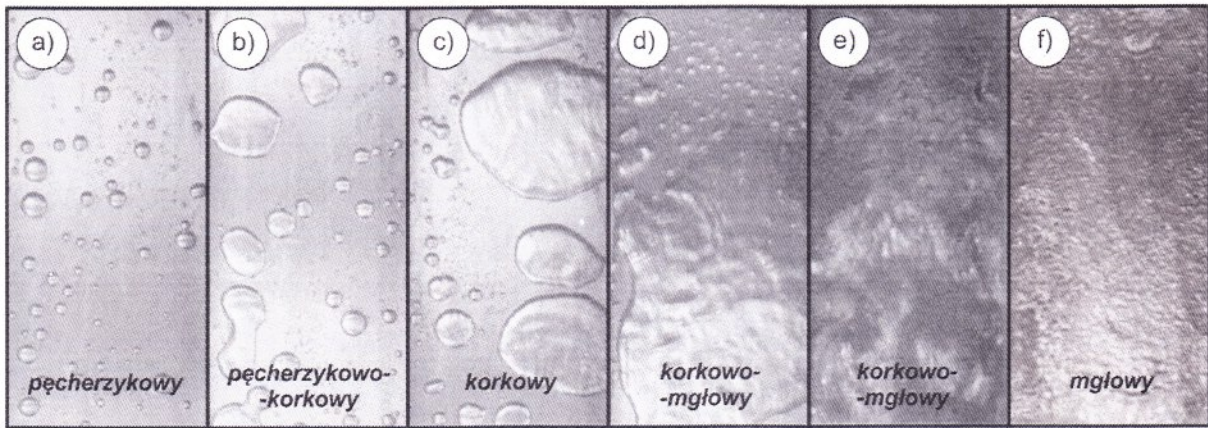
Stwierdzono, że wartości lokalnych współczynników przejmowania ciepła podczas rozwoju wrzenia okazały się kilku-, a nawet kilkudziesięciokrotnie wyższe (obszar rozwiniętego wrzenia pęcherzykowego), w porównaniu do otrzymanych podczas inicjacji wrzenia i konwekcji jednofazowej. Wysokie wartości współczynnika przejmowania ciepła dla obszaru wrzenia nasyconego wraz z oddaleniem od wlotu do kanału zdecydowanie maleją wraz ze zwiększającym się udziałem fazy parowej w mieszaninie (najniższe osiągnęte są przy wylocie z kanału, zbliżone do wartości otrzymywanych dla konwekcji jednofazowej).

Przedstawiono analizę błędów mierzonych i wyznaczanych wielkości, w tym błędy pomiarów temperatury folii grzejnej metodą termografii ciekłokrystalicznej oraz błąd wyznaczania wydajności wewnętrznego źródła ciepła. Zaproponowano matematyczne modele opisujące stacjonarny proces wymiany ciepła w szklanej szybie oraz folii grzejnej, jedno- i dwuwymiarowy. Obie metody pozwoliły na rozwiązanie odwrotnego zagadnienia wymiany ciepła. Wyniki otrzymane z modelu dwuwymiarowego porównano z wynikami uzyskanymi z uproszczonego modelu jednowymiarowego. We wszystkich zastosowanych metodach współczynnik przejmowania ciepła przyjmował zbliżone wartości i miał taki sam przebieg. Najmniejsze różnice otrzymano dla obszaru inicjacji wrzenia i wrzenia przechłodzonego, najwyższe - dla rozwiniętego wrzenia nasyconego.

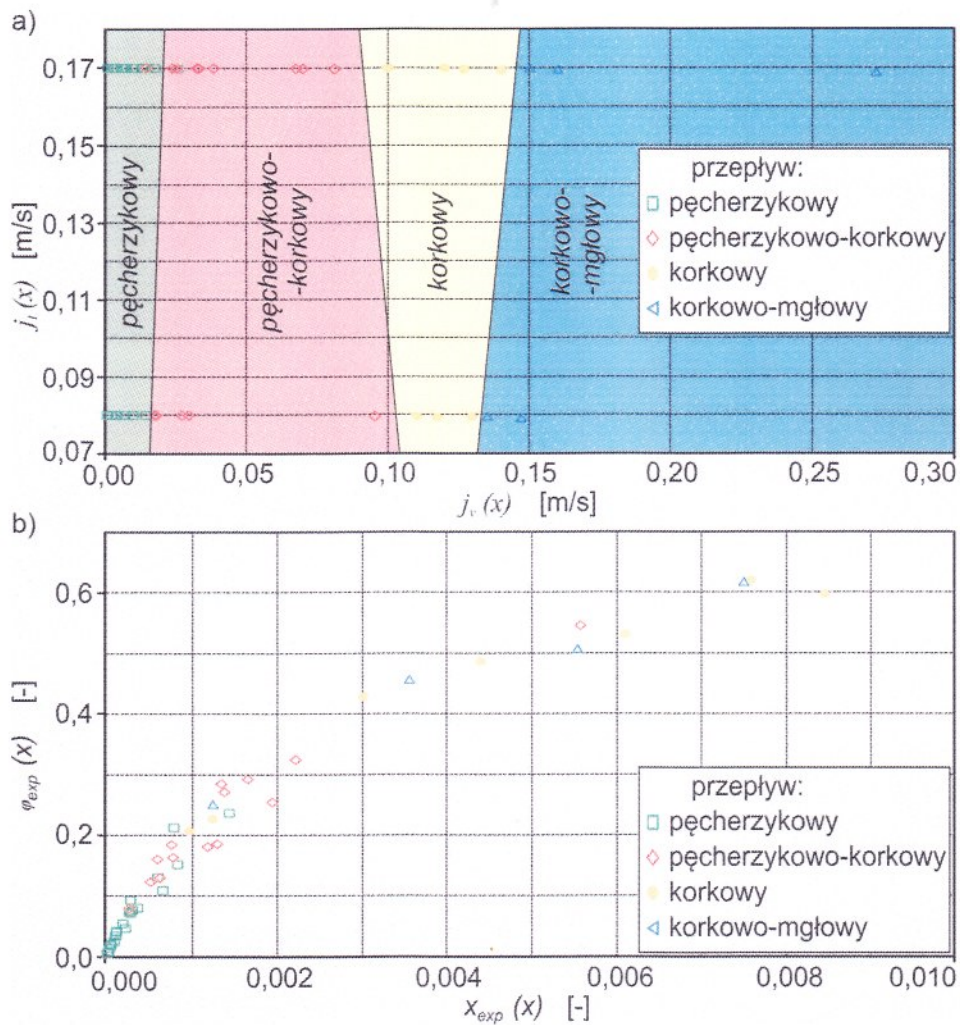
W badaniach, oprócz orientacji i parametrów geometrycznych kanału oraz stopnia rozwinięcia jego powierzchni grzejnej, uzmienniano parametry cieplno-przepływowe (strumień masy oraz ciśnienie na wlocie do kanału). Zbadano wpływ wymienionych parametrów na rozwój wrzenia w kanale i opory przepływu dwufazowego. Stwierdzono, że wraz ze wzrostem ciśnienia na wlocie do kanału nieznacznie wzrasta współczynnik przejmowania ciepła w obszarze inicjacji wrzenia oraz w obszarze rozwoju wrzenia pęcherzykowego w kanale, nieco wyższe wartości eksperymentalnego spadku ciśnienia występują przy wyższych ciśnieniach na wlocie do kanału oraz, że ciśnienie nie wywiera wpływu na tworzące się struktury przepływu dwufazowego. Nie zaobserwowano zdecydowanego wpływu strumienia masy na lokalny współczynnik przejmowania ciepła w obszarze rozwoju wrzenia i tworzące się struktury przepływu dwufazowego. Zauważono jednak, że pęcherzyki pary, generowane podczas inicjacji wrzenia łączą się w większe aglomeraty szybciej przy niższych strumieniach masy. Rodzaj zastosowanego płynu chłodniczego nie wpłynął jakościowo na przebieg inicjacji i rozwoju wrzenia w minikanale. Stwierdzono również, że zmiana szerokości kanału nie wpływa na przebieg rozwoju wrzenia. Nie zauważono, aby głębokość kanału wpływała w sposób znaczący na wymianę ciepła, poza obszarem inicjacji wrzenia.

Rozpoznano struktury przepływu dwufazowego w kanale (rys. 5) oraz określono udziały fazy ciekłej i parowej. Wartości wyznaczonych eksperymentalnie stopni zapełnienia różniły się znacznie w zależności od orientacji przestrzennej kanału. Sporządzono mapy struktur przepływu. Przykładowe, uzyskane dla kanału poziomego, położenia 0° , prezentuje rys. 6. Stwierdzono, że największy wpływ na rodzaj powstających struktur przepływu dwufazowego wywiera orientacja przestrzenna kanału. Dla poziomego ustawienia kanału (położenie 0°) i pionowego ustawienia kanału (położenie 90°) zaobserwowano struktury: pęcherzykową, pęcherzykowo-korkową, korkową i korkowo-mgłową, rys. 6. Dla poziomego ustawienia kanału (położenie 180°) zaobserwowano dodatkowo strukturę mgłową. Struktura korkowo-mgłowa wykazywała odmienny wygląd i charakter, w zależności od ustawienia kanału. Na rys. 7 pokazano obrazy struktur przepływu dwufazowego dla wszystkich analizowanych orientacji kanału wraz z opisem zaobserwowanych struktur podczas przepływu.

Wpływ na charakter i wygląd struktur przepływu wywiera również rodzaj rozwinięcia powierzchni grzejnej. Bardziej rozdrobnione struktury wystąpiły podczas eksperymentów z wykorzystaniem folii z miniwłóknami. W porównaniu do struktur obserwowanych w eksperymentach z wykorzystaniem gładkiej folii grzejnej, pęcherzyki obserwowane we wszystkich badaniach z wykorzystaniem różnych rozwiniętych folii grzejnych, okazały się znacznie bardziej rozdrobnione.



Rys. 5. Zaobserwowane rodzaje struktur przepływu dwufazowego: a) pęcherzykowa, b) pęcherzykowo-korkowa, c) korkowa, d),e) korkowo-mgłowa, f) mgłowa

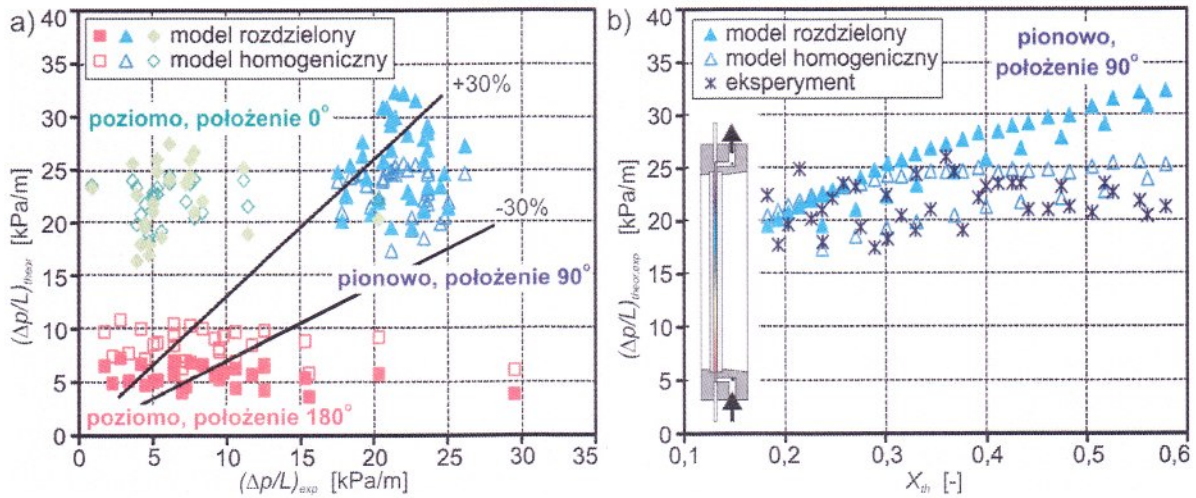


Rys. 6. Mapy struktur przepływu: aa) zależność pozornej prędkości cieczy w funkcji pozornej prędkości pary, b) zależność stopnia wypełnienia w funkcji stopnia suchości; kanał ustawiony poziomo, położenie 0° , j_l - prędkość pozorna cieczy, j_v - prędkość pozorna pary, φ_{exp} - eksperymentalnie wyznaczony stopień wypełnienia, X_{exp} - stopień suchości wyznaczony oparci o eksperymentalnie wyznaczony stopień wypełnienia, x - odległość od wlotu do kanału

Poziome ustawienie kanału, położenie 0°	Pionowe ustawienie kanału, położenie 90°	Poziome ustawienie kanału, położenie 180°
$G=285 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{s});$ $p_{in}=120 \text{ kPa};$ $q_w=30,37 \text{ kW}/\text{m}^2$	$G=137 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{s});$ $p_{in}=116 \text{ kPa};$ $q_w=16,26 \text{ kW}/\text{m}^2$	$G=137 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{s});$ $p_{in}=120 \text{ kPa};$ $q_w=9,96 \text{ kW}/\text{m}^2$
<p>korkowo-mgłowa: słabo rozpoznawalna granica między fazą ciepla i gazową, miejscami rozpoznane większe aglomeraty</p> <p>korkowa: dominujące większe struktury o nierównomiernych kształtach</p> <p>pęcherzykowo-korkowa: pęcherzyki łączą się w większe aglomeraty o nierównomiernych kształtach wśród których obserwowane są mniejsze pęcherzyki</p> <p>pęcherzykowa: niewielkie drobne pęcherzyki, początkowo kuliste, pierścieniowe</p>	<p>korkowo-mgłowa: dość słabo rozpoznawalna granica między fazą ciepla i gazową, aglomeraty o niewielkich rozmiarach, przy samym wylocie z kanału tworzące się tzw. korki parowe, przesuwające się równolegle względem siebie</p> <p>korkowa: nieco większe struktury o stosunkowo równomiernych kształtach</p> <p>pęcherzykowo-korkowa: małe pęcherzyki łączą się w nieco większe aglomeraty, zwykle nadal kuliste</p> <p>pęcherzykowa: małe pęcherzyki kuliste, rozdrobnione, dominująca struktura</p>	<p>mgłowa: obserwowane drobinki cieczy w postaci mgły w parze</p> <p>korkowo-mgłowa: dobrze rozpoznawalna granica między fazą ciepla i gazową, aglomeraty bardzo dużych rozmiarach, miejscami występują drobne pęcherzyki</p> <p>korkowa: dużo większe struktury o równomiernych kształtach, obejmujące często całą szerokość kanału</p> <p>pęcherzykowo-korkowa: małe pęcherzyki szybko łączą się w większe aglomeraty, zwykle kuliste</p> <p>pęcherzykowa: małe i większe pęcherzyki kuliste</p>

Rys. 7. Struktury przepływu zaobserwowane dla: a) kanału poziomego, położenie 0°, b) kanału pionowego, położenie 90° i c) kanału poziomego, położenie 180°; G - strumień masy przepływu, p_{in} - ciśnienie na wlocie do kanału, q_w - gęstość strumienia ciepła

Przeprowadzono analizę oporów przepływu dwufazowego dla pionowej i poziomych orientacji przestrzennych kanału, na podstawie własnych danych eksperymentalnych i modeli teoretycznych (homogeniczny, rozdzielony). Stwierdzono, że jedynie dla kanału pionowego (położenie 90°), ponad połowa wyników własnych badań eksperymentalnych mieści się w granicy błędów $\pm 30\%$ (rys. 8a). Nieco niższą zgodność uzyskano dla kanału poziomego, położenie 0°, a najniższe – dla położenia 180°. Wyniki z eksperymentów, dla większości analizowanych przypadków, osiągnęły wartości zbliżone do uzyskanych z modeli teoretycznych, na co wskazuje rysunek rys. 8b, prezentujący dane dla kanału ustawionego pionowo.



Rys. 8. a) Porównanie wyznaczonego eksperymentalnie całkowitego spadku ciśnienia na długości kanału z danymi otrzymanymi przy wykorzystaniu modeli teoretycznych, dane dla kanału ustawionego pionowo, położenie 90° oraz poziomo, położenia 0° i 180°; b) eksperymentalny oraz przewidywany teoretycznie całkowity spadek ciśnienia na długości kanału w funkcji termodynamicznego stopnia suchości na wylocie z kanału, dane dla kanału ustawionego pionowo; $(\Delta p/L)_{theor}$ - teoretycznie wyznaczony spadek ciśnienia na długości kanału (zgodnie z modelem rozdzielonym lub homogenicznym), $(\Delta p/L)_{exp}$ - eksperymentalnie zmierzony spadek ciśnienia na długości kanału, X_{th} - termodynamiczny stopień suchości.

Przeprowadzono analizę wpływu rodzaju powierzchni rozwiniętej i położenia kanału na rozwój wrzenia i opory przepływu, w tym określono wpływ: na współczynnik przejmowania ciepła, krzywe wrzenia i spadek ciśnienia (wpływ na stopień zapełnienia i mapy struktur przepływu dwufazowego skrótkowo omówiono powyżej).

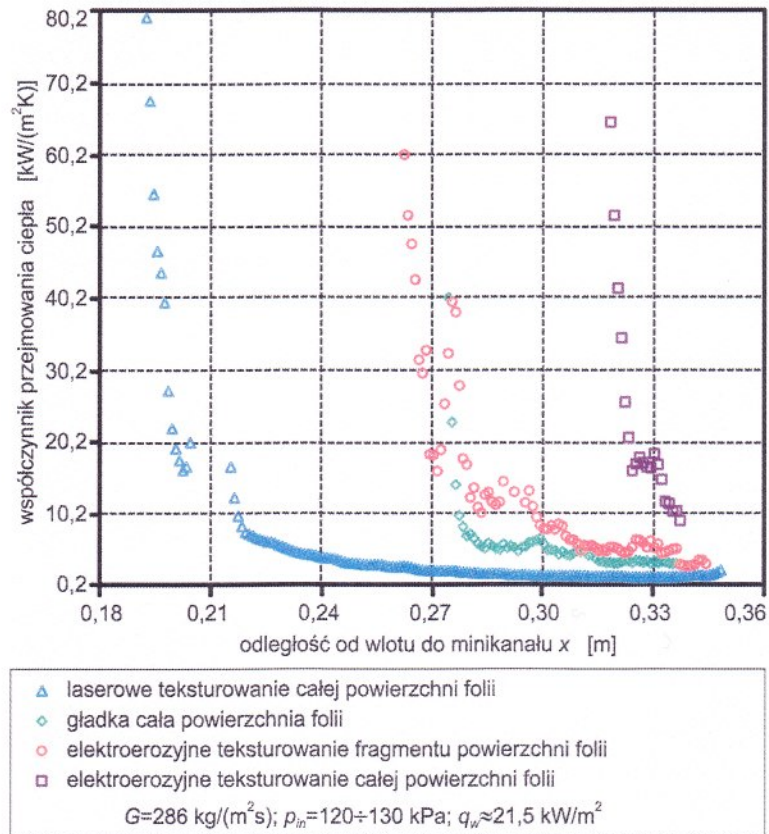
Stwierdzono, że inicjacja i rozwój wrzenia przy zastosowaniu powierzchni rozwiniętej następuje przy zdecydowanie niższych (do 30%) strumieniach ciepła dostarczanych do powierzchni grzejnej, w porównaniu do wyników uzyskanych dla folii gładkiej.

Zastosowanie rozwiniętej powierzchni grzejnej spowodowało wzrost współczynnika przejmowania ciepła od kilku do kilkudziesięciu procent (niemal dwukrotne dla najwyższych wartości współczynnika), w stosunku do powierzchni gładkiej. Powierzchnie z mikrowgłębieniami rozmieszczonymi równomiernie, pozwoliły na uzyskanie wyższych wartości współczynnika przejmowania ciepła niż powierzchnie z rozmieszczonymi w sposób nieregularny miniwłębieniami (rys. 9).

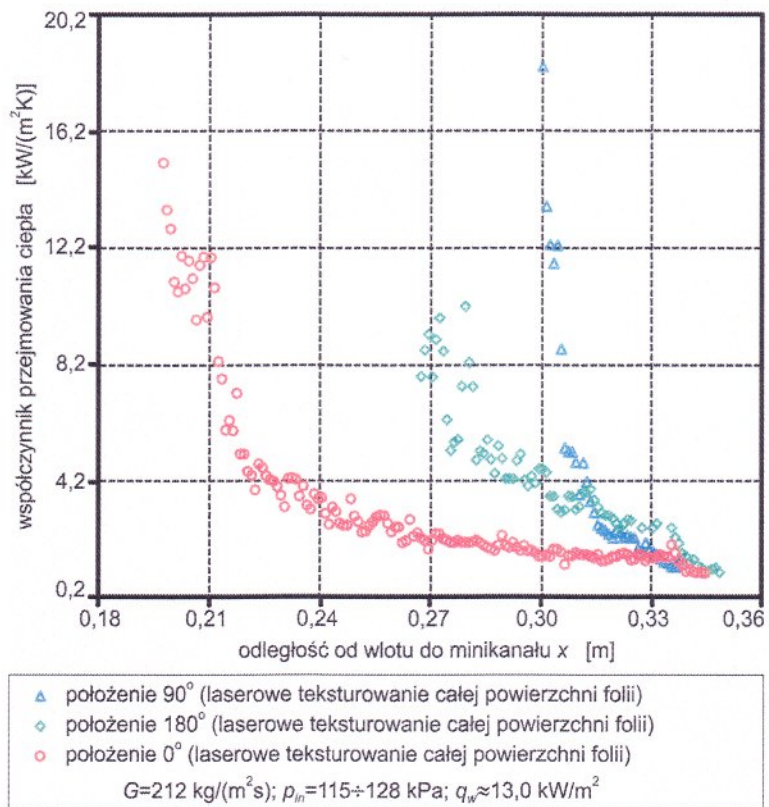
Najwyższe wartości współczynnika przejmowania ciepła zaobserwowano przy ustawieniu pionowym kanału (położenie 90°), nieco niższe dla ustawień skośnych (położenia 135° oraz 45°), a następnie dla ustawienia poziomego (położenie 0°). Najniższe wartości lokalnego współczynnika przejmowania ciepła zaobserwowano dla ustawienia poziomego (położenie 180°). Zależność współczynnika przejmowania ciepła w funkcji odległości od wlotu do kanału, otrzymane przy zastosowaniu powierzchni z mikro-włębieniami, dla wybranych trzech położenia kanału pokazano na rys. 10.

Analizując przebiegi krzywych wrzenia zauważono, że przy pionowym ustawieniu kanału (położenie 90°), oraz położeniu poziomym (położenie 180°) wynikowy strumień ciepła dostarczany do powierzchni grzejnej okazał się być znacznie wyższy, w porównaniu do wartości strumienia, zarejestrowanego dla kanału ustawionego pod kątem 45° do poziomu (położenie 45°) lub kanału poziomego (położenie 0°).

Najwyższe opory przepływu odnotowano przy ustawieniu pionowym kanału, położenie 90°, najniższe opory przepływu odnotowano przy ustawieniu poziomym kanału, położenie 180°, przy czym dane te uzyskiwano przy najniższych strumieniach ciepła doprowadzanych do powierzchni grzejnej.

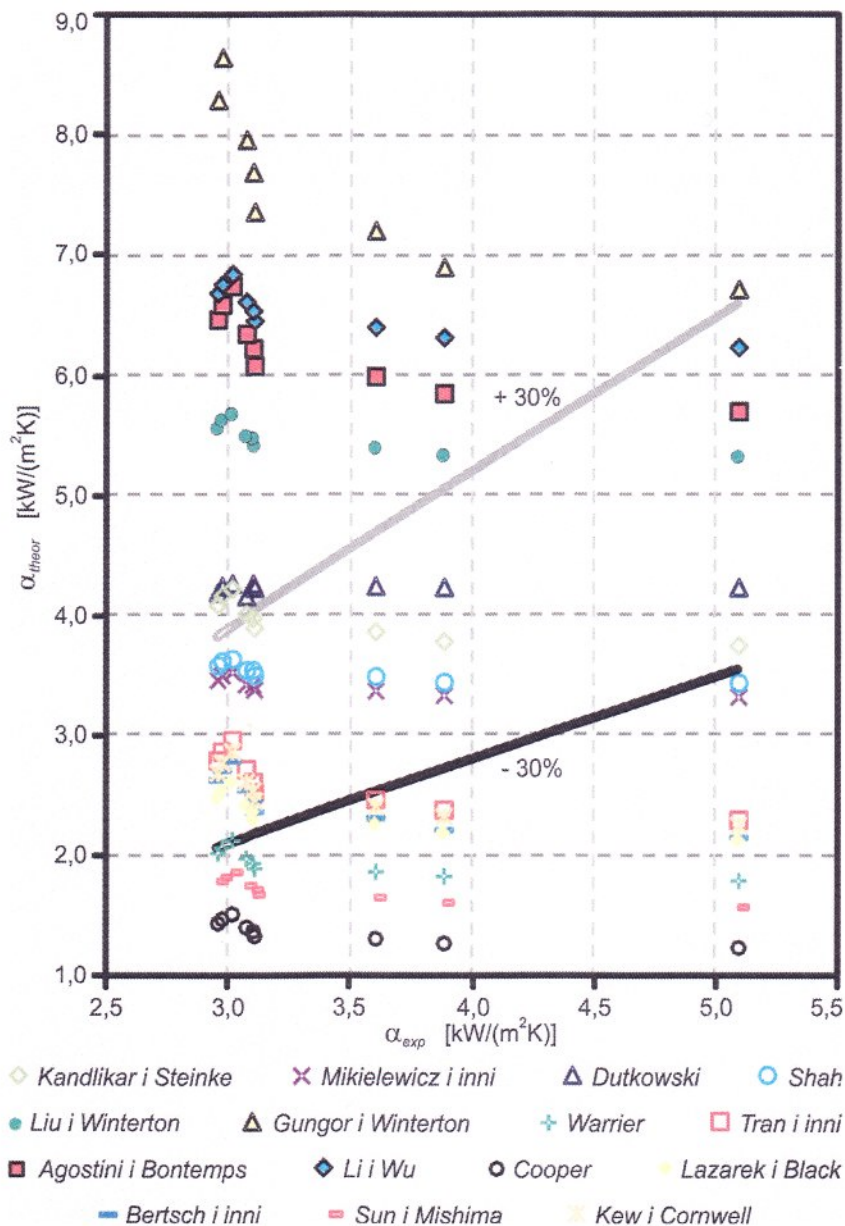


Rys. 9. Zależność współczynnika przejmowania ciepła w funkcji odległości od wlotu do kanału, otrzymane przy zastosowaniu różnych powierzchni rozwiniętych i powierzchni gładkiej, dla zbliżonych parametrów cieplno-przepływowych, oznaczenia G , p_m , q_w - jak dla rys. 7



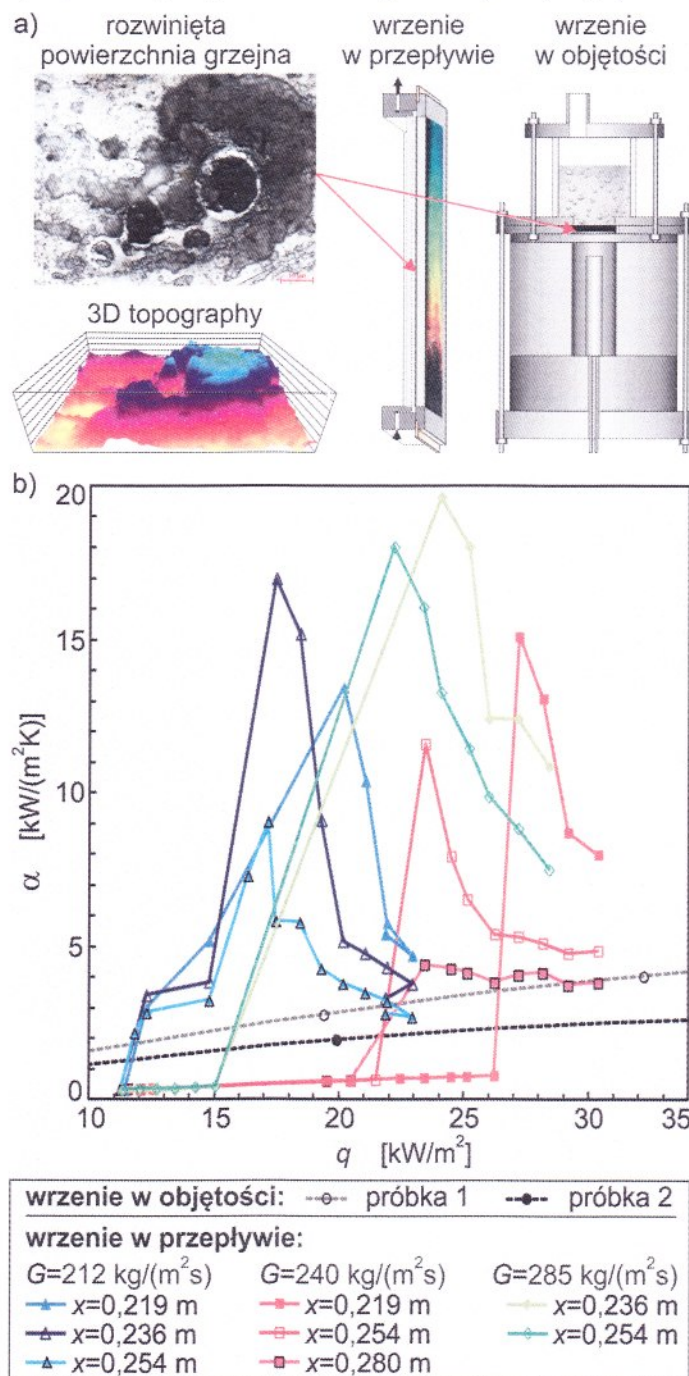
Rys. 10. Zależność współczynnika przejmowania ciepła w funkcji odległości od wlotu do kanału, otrzymane przy zastosowaniu powierzchni z mikrowgłębieniami, dla wybranych położeń kanału, oznaczenia G , p_m , q_w - jak dla rys. 7

Porównano własne wyniki z wybranymi z literatury. Zastosowano korelacje innych badaczy opisujące wymianę ciepła przy wrzeniu do opisu własnych danych. Stwierdzono, że niektóre korelacje ze stosunkowo dobrym przybliżeniem pozwalają prognozować wartości współczynnika, ale często tylko dla określonego położenia kanału. Na podstawie analizy danych zauważono, że zależności zaproponowane przez *Shaha*, *Kandlikara* i *Steinke*, *Mikielewicza* i innych oraz *Dutkowskiego*, można stosować dla minikanłu pionowego (położenie 90°) i poziomego (położenie 0°) z uznawaną granicą błędów ($\pm 35\%$). Warto podkreślić jest spostrzeżenie, że dla kanału poziomego (położenie 180°) dobrą zgodność wyników eksperymentalnych (wartość błędu 26%), uzyskano przy zastosowaniu korelacji *Coopera* – przeznaczonych dla wrzenia w dużej objętości. W celu ilustracji wyników na rys. 11 przedstawiono wybrane dane - porównanie eksperymentalnego współczynnika przejmowania ciepła z wartościami teoretycznymi, dla przykładowych serii uzyskanych dla kanału poziomego, położenie 0° .



Rys. 11. Porównanie eksperymentalnego współczynnika przejmowania ciepła z wartościami teoretycznymi, dla przykładowych serii uzyskanych dla kanału poziomego, położenie 0° , α_{exp} - współczynnik przejmowania ciepła wyznaczony na podstawie eksperymentów, α_{theor} - współczynnik przejmowania ciepła wyznaczony teoretycznie (korelacje innych autorów)

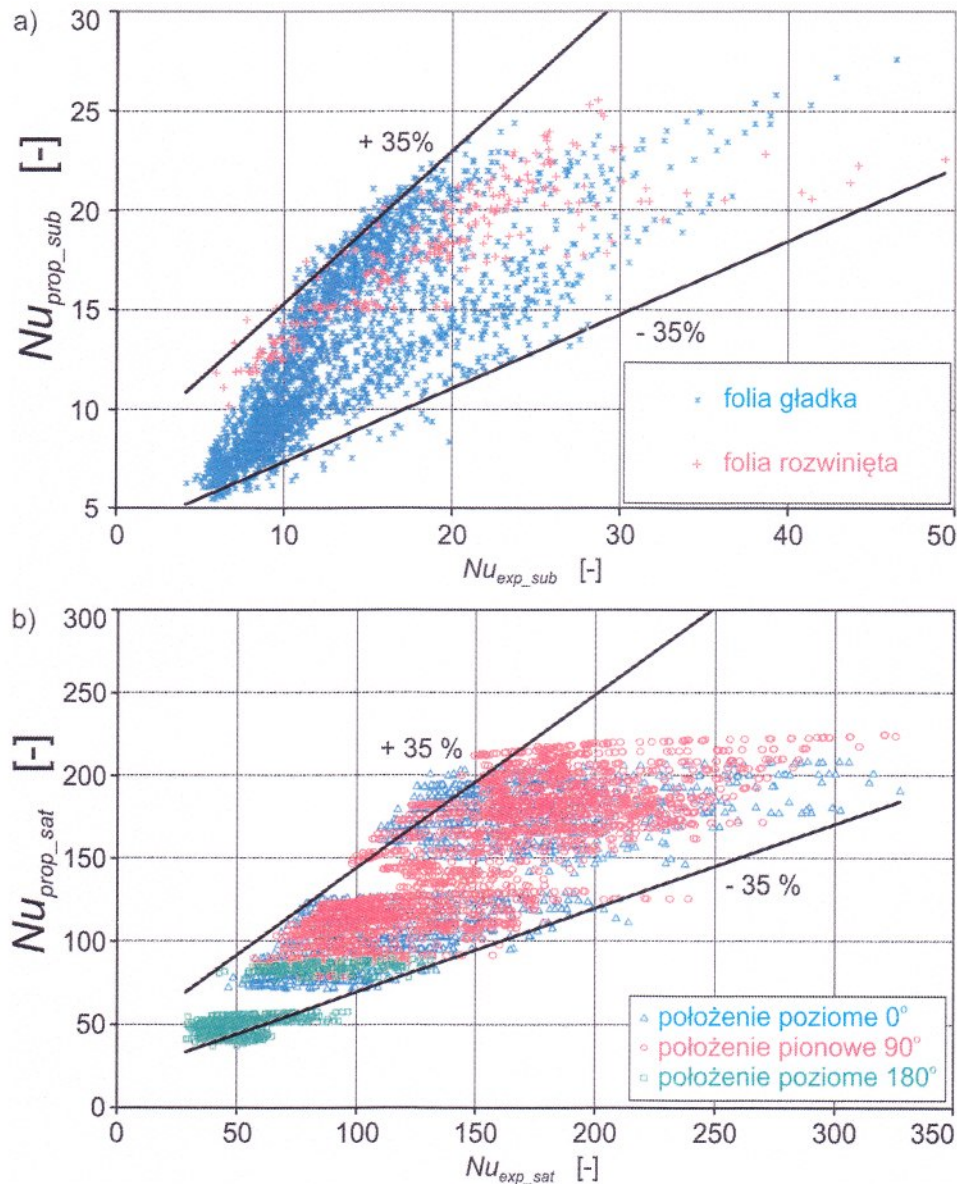
Porównano współczynniki przyjmowania ciepła otrzymane podczas badań wrzenia w przepływie i dużej objętości, przy czym w badaniach wykorzystano rozwinięte powierzchnie grzejne, o podobnych parametrach geometrycznych, rys. 12a.



Rys. 12. a) Koncepcja badań wrzenia w przepływie i dużej objętości, b) zależność współczynnika przyjmowania ciepła w funkcji gęstości strumienia ciepła, uzyskana z badań dla wrzenia FC-72 podczas przepływu przez minikanal oraz badań wrzenia w dużej objętości; zastosowano rozwiniętą powierzchnię grzejną z miniwłgłębieniami; α - współczynnik przyjmowania ciepła, q - gęstość strumienia ciepła, G - strumień masy przepływu, x - odległość od wlotu do minikanalu

Zaobserwowano, że dla początkowej strefy wrzenia rozwiniętego, o stosunkowo małym udziale pary, współczynniki przyjmowania ciepła okazały się kilkakrotnie wyższe dla wrzenia w przepływie, w porównaniu z danymi otrzymanymi dla wrzenia w dużej objętości (rys. 12b). Jednak już dla zależności sporządzonej tuż przy wylocie z minikanalu, gdzie udział pary w przepływającej mieszaninie jest już znaczący, wartości współczynnika przyjmowania ciepła okazują się znacznie niższe, zbliżone do danych dla wrzenia w dużej objętości.

Zaproponowano własne równanie kryterialne do obliczania liczby *Nusselta* o współczynnikach zróżnicowanych dla inicjacji wrzenia i wrzenia przechłodzonego (rys. 13a) oraz wrzenia nasyconego (rys. 13b), w oparciu o bezwymiarowe liczby podobieństwa: *Pecleta*, wrzenia oraz *Webera*. Do równania wprowadzono bezwymiarowy parametr, uwzględniający stopień rozwinięcia powierzchni grzejnej. Wyniki porównano z wynikami otrzymanymi z zastosowania znanych z literatury korelacji. Otrzymano dużą zgodność z równaniem *Dittusa-Boeltera*, dotyczącego turbulentnego przepływu jednofazowego (dotyczy wyników otrzymanych dla postaci własnej korelacji przeznaczanej do opisu wymiany ciepła podczas inicjacji wrzenia i wrzenia przechłodzonego).



Rys. 13. Własne równania: a) dla inicjacji wrzenia i wrzenia przechłodzonego R-123, R-11 i FC-72 w minikanale o głębokości $0,7 \div 1,5$ mm o różnej orientacji przestrzennej, kanał ogrzewany asymetrycznie powierzchnią gładką lub rozwiniętą (rozdzielono dane uzyskane na stanowisku badawczym poprzedniej konstrukcji oraz na aktualnym stanowisku), b) dla wrzenia nasyconego podczas przepływu FC-72 przez minikanal o głębokości 1 mm, z rozwiniętą powierzchnią grzejną o niskim stopniu rozwinięcia (ok. 0,03); Nu_{prop} - liczba Nusselta wyznaczona zgodnie z proponowanym własnym równaniem, Nu_{exp} - liczba Nusselta wyznaczona na podstawie współczynnika przejmowania ciepła otrzymanego z badań eksperymentalnych, indeks *sub* dotyczy wrzenia przechłodzonego, indeks *sat* dotyczy wrzenia nasyconego

Przedstawiono propozycje praktycznego wykorzystania powierzchni rozwiniętych, w tym koncepcje oraz prototypy urządzeń, w wyniku udziału autorki w programie stażowym i projekcie badawczym finansowanym ze środków Unii Europejskiej. W zaproponowanych konstrukcjach urządzeń wykorzystano powierzchnie rozwinięte. Zaprojektowano, wykonano i przetestowano: cztery warianty prototypowych kolektorów słonecznych płaskich (w trzech z nich zastosowano rozwiniętą powierzchnię absorbera) oraz hybrydowego kolektora słonecznego zintegrowanym z panelem ogniów fotowoltaicznych. Opracowano projekty: zastosowania zintegrowanych minikanalów w celu zwiększenia efektywności wymienników ciepła oraz koncepcje systemu hybrydowego: panel fotowoltaiczny - kolektor słoneczny i zastosowania powierzchni porowatych w instalacjach kotłów na biomasę.

W związku z pracami nad strukturami intensyfikującymi wymianę ciepła przy wrzeniu uzyskano patent pt. *Struktura intensyfikująca wymianę ciepła przy wrzeniu*, nr PL 217287 B1.

Reasumując chciałam podkreślić, że **na przedkładane osiągnięcie naukowe składają się wyniki badań teoretycznych i eksperymentalnych, których celem był opis zjawisk towarzyszących rozwojowi wrzenia w minikanalach o grzejnych powierzchniach rozwiniętych.** W badaniach skoncentrowano się na wpływie zmiennej orientacji przestrzennej minikanalu na wymianę ciepła i opory przepływu, jak również innych, wybranych do analizy czynników, takich jak: wymiary geometryczne kanału, parametry cieplno-przepływowe oraz rodzaj zastosowanej powierzchni rozwiniętej. Wyniki badań wykazują również wkład aplikacyjny, gdyż pozwalają na określenie wystąpienia określonych rodzajów struktur przepływu dwufazowego w kanale, na podstawie przedstawionych map struktur, dla różnych orientacji minikanalu. Zweryfikowano poprawność stosowanych metod matematycznych do wyznaczania współczynnika przejmowania ciepła, uproszczonych i numerycznych oraz zaproponowano własną korelację do wyznaczania liczby *Nusselta*. Analizy rozważanych zagadnień podstawowych uzupełniają propozycje wykorzystania powierzchni rozwiniętych w zastosowaniach praktycznych.

Warte podkreślenia jest, że w wyniku realizacji projektów badawczych, związanych z analizą procesu wymiany ciepła przy wrzeniu płynu podczas przepływu płynu chłodniczego przez minikanaly, nawiązana została ścisła współpraca z naukowcami specjalizującymi się w matematycznym modelowaniu zagadnień mechaniki. Utworzony zespół uzyskał znaczące efekty w matematycznym modelowaniu procesów wymiany ciepła podczas przepływów jedno- i dwufazowych. Dużym osiągnięciem zespołu jest zastosowanie metod opartych na funkcjach Trefftza do rozwiązywania prostych i odwrotnych zagadnień wymiany ciepła podczas przepływu płynu przez minikanaly. Ponadto nawiązano współpracę ze specjalistami zagadnień inżynierii materiałowej, dotyczącą wytworzenia, badania i analizy własności stosowanych w eksperymentach rozwiniętych powierzchni grzejnych.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych oraz organizacyjnych

5.1. Dorobek naukowy przed doktoratem

Pracę naukowo-badawczą rozpoczęłam w Zakładzie Termodynamiki i Mechaniki Płynów po zakończeniu studiów w roku 1994. Wraz z objęciem w 1991 roku Zakładu Termodynamiki i Mechaniki Płynów przez prof. dr hab. M. E. Poniewskiego, wyznaczony został główny obszar badawczy zespołu – intensyfikacja wymiany ciepła w procesie wrzenia. Jednym z obszarów zainteresowania została wymiana ciepła przy wrzeniu podczas przepływu przez pionowy minikanal. W ówczesnie prowadzonych badaniach zbudowano i wyposażono stanowisko eksperymentalne z modułem testowym starszej konstrukcji (tylna powierzchnia modułu z kanałami pomocniczymi). Gładka folia grzejna stanowiła powierzchnię grzejną minikanalu. Wdrożono technikę termografii ciekłokrystalicznej, stosowanej do detekcji pola temperatury powierzchni. W badaniach skoncentrowano się jedynie na inicjacji wrzenia pęcherzykowego w minikanale.

W okresie 1995-2003 byłam głównym wykonawcą trzech grantów badawczych, kierowanych przez prof. dr hab. inż. M. E. Poniewskiego:

- 1) Projekt badawczy KBN, grant nr 8T 10B 040 08 pt. *Badania eksperymentalne i analiza teoretyczna wymiany ciepła przy wrzeniu w wąskich kanałach i na powierzchniach porowatych*, kierownik: prof. dr hab. inż. M. E. Poniewski, czas trwania: 04.1995 - 06.1999;
- 2) Projekt badawczy II Funduszu im. Marii Skłodowskiej-Curie, MEN/NSF-96-250 pt. *Intensyfikacja wymiany ciepła przy wrzeniu w wąskich kanałach*, kierownik: prof. dr hab. inż. M. E. Poniewski, czas trwania: 01.1996 - 09.2000;
- 3) Projekt badawczy KBN, grant nr 8T 10B 005 19 pt. *Analiza teoretyczna i badania eksperymentalne wymiany ciepła przy wrzeniu i konwekcji wymuszonej w wąskich kanałach*, kierownik: prof. dr hab. inż. M. E. Poniewski, czas trwania: 09.2000 - 08.2003.

W zespole badawczym odpowiedzialna byłam za budowę stanowiska badawczego oraz realizację programu badań eksperymentalnych. Efektem badań naukowych był m. in. cykl dziewięciu publikacji, których byłam współautorem, a które prezentowane były na konferencjach krajowych i międzynarodowych. Podsumowanie moich badań i analiz, które uzyskałam w ramach prac badawczych, zawarłam w pracy doktorskiej pt. *Teoretyczne i eksperymentalne badania wymiany ciepła przy wrzeniu w przepływie przez wąski kanał*, którą obroniłam w 2002 roku na Wydziale Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej. Promotorem pracy był prof. dr hab. inż. Mieczysław E. Poniewski. W pracy skoncentrowałam się na badaniu inicjacji wrzenia w pionowym minikanale o gładkiej powierzchni grzejnej i towarzyszącego mu zjawiska zerowego kryzysu wrzenia i tzw. histerezie nukleacji. Zaproponowałam modele przepływu ciepła przez moduł testowy oraz równanie kryterialne dot. inicjacji wrzenia czynników chłodniczych podczas przepływu przez pionowy minikanal o gładkiej powierzchni grzejnej.

5.2. Dorobek naukowy po doktoracie.

Dwa z artykułów prezentowanych na międzynarodowych konferencjach naukowych, powstałe na podstawie mojej pracy doktorskiej, zostały wytypowane przez rady naukowe konferencji do publikacji w wysoko punktowanych następujących czasopiśmie:

- **Piasecka M., Poniewski M. E.**, Hysteresis phenomena at the onset of subcooled nucleate flow boiling in microchannels, 2004, *Heat Transfer Engineering*, vol. 25, No. 3, pp. 44-51 (18 cytowań).
- **Piasecka M., Hożejowska S., Poniewski M. E.**, Experimental evaluation of flow boiling incipience of subcooled fluid in a narrow channel, 2004, *International Journal of Heat and Fluid Flow*, vol. 25, pp. 159-172 (28 cytowań).

Badania i analizy dot. wrzenia w minikanalach (w obszarze inicjacji wrzenia pęcherzykowego) podczas przepływu płynu chłodniczego przez minikanal o powierzchni gładkiej, pionowy oraz ustawiany pod różnym kątem do poziomu, były kontynuowane w następnych latach. Były one realizowane w ramach grantu, którego byłam wykonawcą, podczas gdy pracą kierował prof. dr hab. inż. M. E. Poniewski:

- Projekt badawczy MNiSW, grant nr 3T 10B 015 27 pt. *Analiza wymiany ciepła i struktur przepływu dwufazowego przy wrzeniu w minikanalach o różnej geometrii i orientacji przestrzennej*, kierownik: prof. dr hab. inż. M. E. Poniewski, czas trwania: 11.2004 - 05.2008.

Efekty badań i analiz zostały opublikowane w kolejnych 36 publikacjach, prezentowanych na konferencjach krajowych i międzynarodowych oraz w następującym czasopiśmie z listy JCR:

- *Hożejowska S., Piasecka M., Poniewski M. E.*, Boiling heat transfer in vertical minichannels. Liquid crystal experiments and numerical investigations, 2009, International Journal of Thermal Sciences, vol. 48, No. 6, pp. 1049-1059 (17 cytowań).

Praca magisterska, której byłam promotorem, dot. analizy wyników badań wymiany ciepła przy wrzeniu w przepływie przez minikanal o powierzchni gładkiej (starszej konstrukcji) o zmiennej orientacji przestrzennej. Praca została obroniona z wyróżnieniem w roku 2009, a jej autorka została doktorantką Swiss Federal Institute of Technology (EPFL), Laboratory of Heat and Mass Transfer w Lozannie (Szwajcaria).

W omawianym okresie brałam aktywny udział w realizacji kolejnych dwóch projektów badawczych, jako wykonawca:

- Projekt badawczy KBN, grant nr 8T 10B 042 20 pt. *Analiza wymiany ciepła przy wrzeniu na powierzchniach ożebrowanych pokrytych folią perforowaną i warstwą porowatą*, kierownik: dr hab. inż. R. Pastuszko, czas trwania: 04.2001 - 03.2004,
- Projekt badawczy MNiSW, grant nr 3T 10B 065 29 pt. *Analiza wymiany ciepła przy wrzeniu w wąskich tunelach ograniczonych strukturą porowatą*; kierownik: dr hab. inż. R. Pastuszko, czas trwania: 10.2005 - 10.2008.

W trakcie realizacji ww. projektów uczestniczyłam w analizie wyników intensyfikacji wymiany ciepła przy wrzeniu w dużej objętości na powierzchniach ożebrowanych pokrytych folią perforowaną i warstwą porowatą oraz w wąskich tunelach ograniczonych strukturą porowatą.

Po zakończeniu omówionych prac badawczych, moje zainteresowania naukowe ewoluowały w kierunku poszukiwania nowych metod intensyfikacji wymiany ciepła przy wrzeniu podczas przepływu przez minikanal. W kolejnych latach (2009-nadal) objęłam kierownictwo następujących dwóch prac badawczych, w których zaplanowano zadania badawcze związane z wykorzystaniem rozwiniętych powierzchni grzejnych:

- Projekt badawczy MNiSW/NCN, grant nr N N512 354037 pt. *Analiza wrzenia w przepływie przez mini kanały prostokątne*, czas trwania: 10.2009 - 04.2013,
- Projekt badawczy NCN, umowa nr UMO-2013/09/B/ST8/02825, pt. *Wpływ rozwiniętych powierzchni grzejnych na wymianę ciepła przy wrzeniu w przepływie przez mini przestrzenie*, czas trwania: 03.2014 - 03.2017 (realizacja projektu w toku).

Głównym celem obu projektów badawczych było (i jest) zweryfikowanie tezy, czy i jak zastosowanie rozwiniętej powierzchni grzejnych w mini przestrzeniach wpływać będzie na współczynnik przejmowania ciepła, struktury przepływu dwufazowego oraz opory przepływu. Różnie ważnym analizowanym zagadnieniem jest wpływ orientacji przestrzennej kanału na wspomniane zagadnienia. W ramach pierwszej z wymienionych powyżej prac badawczych, zgromadzono większość danych, które posłużyły do napisania monografii mojego autorstwa.

Łącznie w okresie po uzyskaniu doktoratu do chwili obecnej opublikowałam 71 artykułów. Wyniki badań eksperymentalnych i teoretycznych zostały przedstawione na licznych konferencjach, w większości międzynarodowych zagranicznych. 35 referatów prezentowałam osobiście wygłaszając lub w formie posterów (w tym 32 po obronie doktoratu). Część wymienionych prac po obronie doktoratu prezentowanych było przeze mnie osobiście na 7 międzynarodowych konferencjach zagranicznych, które odbyły się w USA, Francji, Szwajcarii, Portugalii i w Czechach.

Jestem pomysłodawcą i współautorem (udział 80%) patentu *Struktura intensyfikująca wymianę ciepła przy wrzeniu* (nr PL 217287 B1, zakres terytorialny ochrony patentowej - Polska, Urząd Patentowy RP).

Mając na względzie bardzo istotny aspekt praktyczny zastosowania badań nad powierzchniami rozwiniętymi przedstawiłam własne propozycje wykorzystania takich powierzchni w zastosowaniach praktycznych, realizowane w ramach programów stażowych w przedsiębiorstwach oraz w pracy badawczej współfinansowanej przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Europejskiego, omówione szczegółowo w kolejnym punkcie.

5.3. Wykonane ekspertyzy lub inne opracowania na zamówienie, staże naukowe w przedsiębiorstwach

➤ Brałam udział w 2 programach stażowych współfinansowanych przez Unię Europejską w ramach EFS (Europejskiego Funduszu Społecznego), w ramach których wykonałam następujące prace:

1) wykonane w ramach programu stażowego w ramach projektu *INWENCJA – Potencjał młodych naukowców oraz transfer wiedzy i innowacji wsparciem dla kluczowych dziedzin świętokrzyskiej gospodarki*;

- Analiza możliwości wykorzystania zaawansowanych procesów intensyfikacji ciepła w mini kanałach przy projektowaniu wysokoefektywnych zwartych wymienników ciepła w układach zamkniętych c.o; okres realizacji: 15.05-30.06.2012;
- Opracowanie założeń technicznych do projektu wykorzystania paneli fotowoltaicznych do zasilania ciągłego lub/i awaryjnego urządzeń i osprzętu kotłowni ekologicznej; analiza technologii i ocena możliwości uzyskania niezależności od zewnętrznej sieci energetycznej sterowników i pieców na biomasę/pelety; okres realizacji: 1-30.06.2012;
- Analiza działania i obliczenia bilansu cieplnego prototypu kolektora słonecznego płaskiego z absorberem w postaci układu równoległych miedzianych rurek gładkich; okres realizacji: 01.07-15.08.2012;
- Opracowanie wytycznych do projektowania dualnych systemów solarnych do ogrzewania i wspomagania c.o. i c.w.u. w zespołach kolektor słoneczny/ogniwo fotowoltaiczne; okres realizacji: 1.08-15.09.2012;
- Analiza działania i obliczenia bilansu cieplnego prototypu kolektora słonecznego płaskiego z absorberem w postaci układu równoległych rurek z mini wgłębieniami wykonanymi metodą piaskowania; okres realizacji: 1-31.09.2012;
- Analiza działania i obliczenia bilansu cieplnego prototypu kolektora słonecznego płaskiego z absorberem z mini wgłębieniami wykonanymi techniką elektroerozji; okres realizacji: 01.10-15.11.2012;
- Opracowanie wytycznych do zastosowania powierzchni porowatych w nowoprojektowanych konstrukcjach pieców na biomasę; okres realizacji: 16.11-31.12.2012;
- Analiza i obliczenia bilansu cieplnego koncepcji kolektora słonecznego płaskiego z absorberem z mikro wgłębieniami wykonanymi laserowo; okres realizacji: 01.01-15.02.2013;
- Analiza techniczna wykonanych prototypów kolektorów i koncepcji wraz z analizą ekonomiczną; okres realizacji: 1-28.02.2013.

- 2) wykonane w ramach programu stażowego w ramach projektu *INWENCJA II – Transfer wiedzy, technologii i innowacji wsparciem dla kluczowych specjalizacji świętokrzyskiej gospodarki i konkurencyjności przedsiębiorstw*:
- Wykonanie projektu prototypowego hybrydowego kolektora słonecznego oraz opracowanie założeń technicznych do projektu wykorzystania paneli fotowoltaicznych do zasilania ciągłego – analiza technologii i ocena możliwości uzyskania; okres realizacji: 16.11-15.12.2013;
 - Wykonanie prototypowego hybrydowego kolektora wraz z instalacją badawczą oraz wykonanie koncepcji na zasadę działania zespołu: kolektor słoneczny/minikanalę/powierzchnia rozwinięta wraz z oceną możliwości jego zastosowania dla budownictwa jednorodzinnego; okres realizacji: 16.12.2013 -15.02.2014;
 - Analiza możliwości wykorzystania zastosowania pasywnego systemu ogrzewania – ściany Trombe’a z autonomicznym wewnętrznym kolektorem słonecznym oraz ocena możliwości zastosowania dla budownictwa jednorodzinnego oraz analiza wyników badań wymiany ciepła przy wrzeniu podczas przepływu płynu przez moduły z minikanalami na stanowisku badawczym; okres realizacji: 16.02-15.03.2014;
 - Analiza działania i obliczenia bilansu cieplnego hybrydowego kolektora słonecznego z panelami PV oraz analiza możliwości wykorzystania procesu intensyfikacji wymiany ciepła w minikanalach kolektora słonecznego w cyklu pracy kolektorów słonecznych na podstawie analizy energetycznej; okres realizacji: 16.03-15.04.2014;
 - Analiza techniczna koncepcji wykonanego prototypu hybrydowego kolektora wraz z analizą ekonomiczną oraz opracowanie wytycznych do projektowania wysokoefektywnych kolektorów słonecznych; okres realizacji: 16.04-15.05.2014.
- Podczas realizacji pracy badawczej *Wytworzenie prototypowego hybrydowego kolektora solarnego z absorberem o powierzchni rozwiniętej, analiza pracy urządzenia pod kątem jego efektywności energetycznej i możliwości zastosowania w przemyśle*, w ramach projektu *Perspektywy RSI Świętokrzyskie - IV etap* współfinansowanego przez Unię Europejską w ramach EFS, zrealizowałam następujące prace:
- Wykonanie koncepcji hybrydowego kolektora solarnego z absorberem o powierzchni rozwiniętej, wraz z zaprojektowaniem instalacji przepływowej oraz prądowej; okres realizacji: 03.01-31.01.2014;
 - Wykonanie projektu hybrydowego kolektora solarnego z absorberem o powierzchni rozwiniętej oraz wytworzenie głównej części składowej urządzenia - kolektora solarnego z absorberem o powierzchni rozwiniętej; okres realizacji: 03.02-28.02.2014;
 - Wykonanie projektu instalacji przepływowej oraz prądowej oraz wytworzenie hybrydowego kolektora solarnego z absorberem o powierzchni rozwiniętej; okres realizacji: 03.03-31.03.2014;
 - Analiza prób działania hybrydowego kolektora solarnego z absorberem o powierzchni rozwiniętej, wraz z analizą pracy instalacji przepływowej oraz prądowej, ocena szczelności układu; okres realizacji: 03.04-30.04.2014;
 - Analiza wyników działania hybrydowego kolektora solarnego z absorberem o powierzchni rozwiniętej wraz ze wstępną oceną efektywności energetycznej urządzenia; okres realizacji: 05.05-30.05.2014;
 - Analiza pracy hybrydowego kolektora solarnego pod kątem jego efektywności energetycznej i możliwości zastosowania w przemyśle; okres realizacji: 02.06-30.06.2014.

5.4. Zrealizowane osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne

- 1) **Piasecka M.**, 2013, Zaprojektowanie i wykonanie trzech własnych prototypowych kolektorów słonecznych płaskich, z absorberami o powierzchniach rozwiniętych:
 - w postaci układu równoległych rurek z miniwłgłębieniami wykonanymi metodą piaskowania,
 - z miniwłgłębieniami wykonanymi techniką elektroerozji,
 - z mikrowłgłębieniami wykonanymi laserowo,oraz kolektora słonecznego płaskiego - kolektora wzorcowego (odniesienia), z gładkimi rurkami absorbera.

Politechnika Świętokrzyska, Kielce.

- 2) **Piasecka M.**, 2014, Zaprojektowanie i wykonanie własnego prototypu hybrydowego kolektora słonecznego z absorberem o powierzchni rozwiniętej i zespołem fotoogniw, Politechnika Świętokrzyska, Kielce.

Prototypy ww. urządzeń powstały w ramach stażów i pracy badawczej, omówionych w poprzednim punkcie.

5.5. Członkostwo w międzynarodowych i krajowych organizacjach oraz komitetach naukowych konferencji

Byłam członkiem następujących międzynarodowych komitetów naukowych konferencji:

- 2nd International Conference on Microchannels and Minichannels, Rochester, NY, USA, 17-19.07.2004;
- 3rd International Conference on Microchannels and Minichannels, the University of Toronto, Kanada, 13-15.06.2005;
- 4th International Conference on Nanochannels, Microchannels and Minichannels, the University of Limerick, Irlandia, 19-21.06.2006;
- 5th International Conference on Nanochannels, Microchannels and Minichannels, the Universidad De Las Americas, Puebla, Meksyk, 18-20.06.2007;
- 6th International Conference on Nanochannels, Microchannels and Minichannels, Darmstadt, Germany, 23-25.06.2008;
- 7th International Conference on Nanochannels, Microchannels and Minichannels, Pohang, Korea Południowa, 22-24.06.2009;
- 8th International Conference on Nanochannels, Microchannels and Minichannels, Montreal, Kanada, 2-4.08.2010;
- 9th International Conference on Nanochannels, Microchannels and Minichannels, Edmonton, Kanada, 19-22.06.2011.

Biorę udział w pracach następujących organizacji:

- Stowarzyszenie Zbiorowego Zarządzania Prawami Autorskimi Twórców Dzieł Naukowych i Technicznych (KOPIPOL), członek od 2003;
- Sekcja Termodynamiki, Komitet Termodynamiki i Spalania PAN, członek od 2008;
- Podsekcja Przepływów Wielofazowych i Płynów Nienewtonowskich, Sekcja Mechaniki Płynów, Komitet Mechaniki PAN, członek od 2003;
- European Research Community on Flow, Turbulence and Combustion (ERCOFTAC), Polskie Centrum Pilotowe ERCOFTAC, członek od 2003.

5.6. Udział w komitetach organizacyjnych międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych oraz w organizacji konferencji

- **Sekretarz (komitet organizacyjny)** międzynarodowej konferencji (warsztatów): International Workshop on Size effects in microfluidics and micro heat transfer. Fundamental and practical aspects, 16.09.2004, Kielce, Politechnika Świętokrzyska;
- Udział w organizacji konferencji naukowych:
 - 3rd International Conference on Transport Phenomena in Multiphase Systems HEAT'02, 2002, Baranów Sandomierski,
 - 2nd International Conference on Heat Transfer and Transport Phenomena in Multiphase Systems HEAT'99, 1999, Kielce,
 - 1st International Conference on Heat Transfer with Change of Phase HEAT'96, 1996, Kielce.

5.7. Uczestnictwo w programach europejskich

- Prowadzenie pracy badawczej *Wytworzenie prototypowego hybrydowego kolektora solarnego z absorberem o powierzchni rozwiniętej, analiza pracy urządzenia pod kątem jego efektywności energetycznej i możliwości zastosowania w przemyśle* (kierownik projektu) w ramach projektu *Perspektywy RSI Świętokrzyskie - IV etap* współfinansowanego przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Europejskiego, realizowanego w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki, okres realizacji projektu: 1.01.2014-30.06.2014;
- Udział w programie stażowym w ramach projektu *INWENCJA II – Transfer wiedzy, technologii i innowacji wsparciem dla kluczowych specjalizacji świętokrzyskiej gospodarki i konkurencyjności przedsiębiorstw*, współfinansowanym przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego, realizowanym w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki, (umowa stażowa pomiędzy Świętokrzyskim Centrum Innowacji i Transferu Technologii Sp. z o.o. a firmą Technika Grzewcza i Sanitarna „SOLARIX” w Kielcach); okres realizacji projektu: 17.11.2013- 17.06.2014;
- Udział w programie stażowym w ramach projektu *INWENCJA – Potencjał młodych naukowców oraz transfer wiedzy i innowacji wsparciem dla kluczowych dziedzin świętokrzyskiej gospodarki*, współfinansowanym przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego, realizowany w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki, (umowa stażowa pomiędzy Świętokrzyskim Centrum Innowacji i Transferu Technologii Sp. z o.o. a firmą Technika Grzewcza i Sanitarna „SOLARIX” w Kielcach); okres realizacji projektu: 17.05.2012-31.03.2013;
- Udział w projekcie *Politechnika Świętokrzyska – uczelnia na miarę XXI wieku*, projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego, realizowany w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki, przygotowanie audiowizualnych modułów zajęć on-line wraz z opracowaniem scenariusza i materiałów pomocniczych w formie elektronicznej i papierowej, z przedmiotów: *Energia wiatrowa* (wykłady, ćwiczenia), *Aerodynamika* (wykłady, ćwiczenia) oraz *Urządzenia grzewcze na biomasę* (ćwiczenia) oraz konsultacje i prowadzenie prac dyplomowych dla studiów podyplomowych on-line *Odnawialne Źródła Energii*; okres realizacji projektu: 2012/2013, 2013/2014, 2014/2015;

- Udział w projekcie *Program Rozwojowy Potencjału Dydaktycznego Politechniki Świętokrzyskiej w Kielcach: kształcenie na miarę sukcesu*, projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego, realizowany w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki, prowadzenie ćwiczeń z przedmiotów *Ochrona cieplna budynków oraz Źródła ciepła i chłodu* dla studiów podyplomowych *Audyt energetyczny*; okres realizacji projektu: 2008-2009;
- Udział w projekcie *Politechnika Świętokrzyska – uczelnia na miarę XXI wieku* Program Operacyjny Kapitał Ludzki – projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego, realizowany w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki, uczestnictwo w 60-godzinny specjalistycznym kursie językowym dla nauczycieli akademickich, prowadzących zajęcia lub zamierzających prowadzić zajęcia w języku angielskim (*Intermediate-level course in specialist mechanical engineering English for academic teachers*), okres realizacji projektu: 2011/2012, 2012/2013, 2013/2014.

5.8. Nagrody i wyróżnienia

Za prowadzoną działalność naukową uzyskałam następujące nagrody i wyróżnienia:

- Nagroda indywidualna Rektora III stopnia za otrzymanie finansowania projektu uzyskanego w ramach konkursu Narodowego Centrum Nauki, Politechnika Świętokrzyska w Kielcach, 2013 ;
- Nagroda zespołowa Rektora I stopnia za publikacje w czasopismach z listy filadelfijskiej, Politechnika Świętokrzyska w Kielcach, 2012;
- Nagroda zespołowa Rektora I stopnia za publikacje w czasopismach z listy filadelfijskiej, Politechnika Świętokrzyska w Kielcach, 2011;
- Nagroda zespołowa Rektora I stopnia za publikacje w czasopismach z listy filadelfijskiej, Politechnika Świętokrzyska w Kielcach, 2010;
- Nagroda zespołowa Rektora I stopnia za publikacje w czasopismach z listy filadelfijskiej, Politechnika Świętokrzyska w Kielcach, 2009;
- Nagroda zespołowa Rektora III stopnia za działalność organizacyjną na rzecz Wydziału Mechatroniki i Budowy Maszyn, Politechnika Świętokrzyska w Kielcach, 2004;
- Nagroda zespołowa Rektora III stopnia za osiągnięcia naukowe, Politechnika Świętokrzyska w Kielcach, 2003 (praca doktorska obroniona z wyróżnieniem – nagroda Rektora Politechniki Świętokrzyskiej);
- I Nagroda w sesji posterowej za poster pt. "*Applying enhanced heating surfaces in heat transfer devices*", XVth Int. Conf. on Heat Transfer and Renewable Sources of Energy HTRSE-2014, 10-13.09.2014, Międzyzdroje;
- Wyróżnienie za pracę pt. „*Zastosowanie powierzchni rozwiniętych, uzyskanych w procesach teksturowania laserowego, elektroerozji i piaskowania, w urządzeniach wymieniających ciepło*”, VIII Konferencja Naukowo-Techniczna Terotechnologia 2013, 26-27.09.2013, Kielce;
- Nagroda za zgłoszenie patentowe autorstwa: *Piasecka M.* (udział 80%), *Depczyński W.* (udział 20%), na wynalazek pt. *Struktura intensyfikująca wymianę ciepła przy wrzeniu*, nr A1 396579, w IV edycji konkursu „*Świętokrzyski Racjonalizator*” organizowanego przez Urząd Marszałkowski Województwa Świętokrzyskiego w Kielcach, 2012;

- Wyróżnienie za najlepszy debiut naukowy - za pracę pt. „Wykorzystanie laserowego teksturowania powierzchni grzejnej w badaniach wymiany ciepła w mini kanałach”, VII Konferencja Naukowo-Techniczna Terotechnologia 2011, 29-30.09.2011, Kielce;
- Uzyskanie stypendium konferencyjnego z Fundacji na rzecz Nauki Polskiej, I edycja, zima 2004 (dotacja w wysokości 4 000 PLN) z tytułu uczestnictwa w 2nd International Conference on Microchannels and Minichannels, Rochester, NY, USA, 17-19.07.2004, w tym wygłoszenie referatu „Influence of selected parameters on boiling heat transfer in minichannels” oraz prowadzenie (chairman) sesji *Boiling*.

5.9. Wykonanie recenzji publikacji

Wykonałam recenzje publikacji do następujących czasopism:

- *International Journal of Heat and Mass Transfer* (2013, 2014) - 2 recenzje,
- *Annals of Nuclear Energy* (2013) - 1 recenzja,
- *Pomiary Automatyka Kontrola* (2013) - 1 recenzja,
- *Experimental Heat Transfer* (2012, 2014) - 2 recenzje.

6. Charakterystyka dorobku dydaktycznego

1) Wykładane przedmioty i realizowane ćwiczenia, zajęcia laboratoryjne i projektowe:

➤ Politechnika Świętokrzyska w Kielcach

- *Mechanika płynów* (wykład, ćwiczenia, zajęcia laboratoryjne),
- *Mechanika cieczy i gazów* (ćwiczenia, zajęcia laboratoryjne),
- *Hydraulika* (ćwiczenia, zajęcia laboratoryjne),
- *Termodynamika* (ćwiczenia, zajęcia laboratoryjne),
- *Termodynamika II* (wykłady, ćwiczenia),
- *Termodynamika i wymiana ciepła* (wykłady),
- *Podstawy techniki cieplnej* (wykłady, ćwiczenia),
- *Pompy, wentylatory i sprężarki* (zajęcia projektowe),
- *Chemia techniczna* (ćwiczenia),
- *Ekologia i zarządzanie środowiskiem* (zajęcia projektowe),
- *Matematyka* (ćwiczenia),
- *Ochrona cieplna budynków* (ćwiczenia),
- *Źródła ciepła i chłodu* (ćwiczenia),
- *Energia wiatrowa* (wykłady, ćwiczenia),
- *Urządzenia grzewcze na biomasę* (ćwiczenia),
- *Aerodynamika* (wykłady, ćwiczenia),

➤ Wszechnica Świętokrzyska w Kielcach

- *Podstawy informatyki* (zajęcia projektowe).

- 2) Promotorstwo dyplomowych prac inżynierskich i magisterskich oraz podyplomowych
- 18-tu prac dyplomowych magisterskich oraz 2 grup projektów inżynierskich (18 prac) o tematyce odnawialnych źródeł ciepła na Wydziale Zarządzania i Modelowania Komputerowego PŚk, kierunek: Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, lata 2004-2012;
 - 1 pracy dyplomowej magisterskiej o tematyce wymiany ciepła w minikanalach na Wydziale Mechatroniki i Budowy Maszyn PŚk kierunek: Mechanika i Budowa Maszyn, 2008, nagrodzona przez Fundację im. Stanisława Staszica w Kielcach (2009), autorka została doktorantką Swiss Federal Institute of Technology (EPFL), Laboratory of Heat and Mass Transfer w Lozannie (Szwajcaria);
 - 31 prac podyplomowych zakończonych dyplomem na studiach podyplomowych on-line *Odnawialne Źródła Energii*, w tym: 9 prac - edycja 1(2012/2013), 22 prace, edycja 2 (2013/2014), planowane kolejnych 25 prac w edycji 3 (2014/2015) (deklaracja pisemna słuchaczy i ustalenie tematów prac z promotorem).

7. Popularyzacja nauki

- Wygłoszenie referatów na międzynarodowych i krajowych konferencjach tematycznych (lub przedstawienie posterów)
- **Piasecka M.**, Applying enhanced heating surfaces in heat transfer devices, 2014, XVth International Conference on Heat Transfer and Renewable Sources of Energy HTRSE-2014, Międzyzdroje.
 - **Piasecka M., Maciejewska B.**, Identification of the heat transfer coefficient in a vertical minichannel at developed boiling by the nodeless Trefftz method, 2014, XVth International Conference on Heat Transfer and Renewable Sources of Energy HTRSE-2014, Międzyzdroje.
 - **Pastuszko R., Piasecka M., Nadstawna E.**, Pool and flow boiling on surfaces with micro-cavities, 2014, XVth International Conference on Heat Transfer and Renewable Sources of Energy HTRSE-2014, Międzyzdroje.
 - **Piasecka M.**, Application of heat transfer correlations for FC-72 flow boiling heat transfer in minichannels with various orientations, 2014, 101 EURO THERM Seminar Transport Phenomena in Multiphase Systems, Kraków.
 - **Piasecka M., Maciejewska B.**, Impact of variable spatial orientation on the heat transfer coefficient during flow boiling in a minichannel with an enhanced surface, 2014, 5th International Conference on Heat Transfer and Fluid Flow in Microscale, Marseilles, France.
 - **Piasecka M.**, Zastosowanie powierzchni rozwiniętych, uzyskanych w procesach teksturowania laserowego, elektroerozji i piaskowania, w urządzeniach wymieniających ciepło, 2013, VIII Konferencja Naukowo-Techniczna Terotechnologia 2013, Politechnika Świętokrzyska, Kielce.
 - **Piasecka M., Maciejewska B.**, Heat transfer coefficient determination for flow boiling in vertical and horizontal minichannels, 2013, International Conference Experimental Fluid Mechanics, Kutná Hora, Czech Republic.
 - **Hożejowska S., Piasecka M.**, Numerical modeling of temperature fields in the flow boiling liquid through a vertical minichannel with an enhanced heating surface, 2013, International Conference Experimental Fluid Mechanics, Kutná Hora, Czech Republic.

- **Piasecka M.**, Heat transfer mechanism and pressure drop during flow boiling of FC-72 in horizontal and vertical minichannels with enhanced walls, 2013, 8th World Congress on Experimental Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics, Lisbon, Portugal.
- **Maciejewska B., Piasecka M.**, Flow boiling in a minichannel: applications of numerical methods in heat transfer coefficient determination, 2013, 8th World Congress on Experimental Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics, Lisbon, Portugal.
- **Piasecka M.**, Experimental study of flow boiling heat transfer in a rectangular minichannel by using various enhanced heating surfaces, 2012, 6th European Thermal Sciences Conference – Eurotherm 2012, Poitiers Futuroscope, France.
- **Piasecka M.**, Experimental investigation of flow boiling heat transfer in a vertical rectangular minichannel with one enhanced heating surface, 2012, ECI 8th International Conference on Boiling and Condensation Heat Transfer, Lausanne, Switzerland.
- **Piasecka M.**, Wykorzystanie laserowego teksturowania powierzchni grzejnej w badaniach wymiany ciepła w minikanalach, 2011, VII Konferencja Naukowo-Techniczna Terotechnologia 2011, Politechnika Świętokrzyska, Kielce.
- **Piasecka M.**, Investigation into flow boiling heat transfer in a minichannel with enhanced heating surface, 2011, International Conference Experimental Fluid Mechanics, Jičín, Czech Republic.
- **Piasecka M., Maciejewska B.**, The solution of the two-dimensional inverse heat transfer problem with the use of the FEM in combination with Trefftz functions, 2011, International Conference on Experimental Fluid Mechanics, Jičín, Czech Republic.
- **Piasecka M.**, Boiling heat transfer research in a vertically and horizontally oriented minichannel, 2011, 6th International Conference on Transport Phenomena in Multiphase Systems HEAT 2011, Ryn.
- **Piasecka M., Maciejewska B.**, The solution of inverse heat transfer problem by means of Beck's method with the use of Trefftz method, 2011, 6th International Conference on Transport Phenomena in Multiphase Systems HEAT 2011, Ryn.
- **Piasecka M.**, Koncepcja stanowiska do badania wrzenia w przepływie przez minikanal z grzejnikiem porowatym, 2010, 14th International Conference on Computer Systems Aided Science, Industry and Transport TRANSCOMP 2010, Zakopane.
- **Piasecka M.**, Oszacowanie dokładności pomiaru temperatury powierzchni w termografii ciekłokrystalicznej, 2010, 14th International Conference on Computer Systems Aided Science, Industry and Transport TRANSCOMP 2010, Zakopane.
- **Hożejowska S., Piasecka M.**, Wygładzanie danych pomiarowych funkcjami Trefftza przy wyznaczaniu współczynnika przejmowania ciepła, 2010, 14th International Conference on Computer Systems Aided Science, Industry and Transport TRANSCOMP 2010, Zakopane.
- **Piasecka M., Maciejewska B.**, Zastosowanie metody współczynników wrażliwości z wykorzystaniem funkcji Trefftza w badaniach wymiany ciepła w minikanale, 2010, 14th International Conference on Computer Systems Aided Science, Industry and Transport TRANSCOMP 2010, Zakopane.
- **Piasecka M., Maciejewska B.**, Wyznaczenie współczynnika przejmowania ciepła w minikanale metodą MES z wykorzystaniem funkcji Trefftza, 2010, XIV Sympozjum Wymiany Ciepła i Masy SWCiM-2010, Międzyzdroje.

- **Piasecka M.**, Boiling incipience at fluid flow along a rectangular channel, 2010, XIIIth International Conference on Heat Transfer and Renewable Sources of Energy HTRSE-2010, Międzyzdroje.
 - **Piasecka M.**, Wykorzystanie termografii ciekłokrystalicznej do detekcji pola temperatury w badaniach wymiany ciepła podczas przepływu płynu chłodniczego w minikanale, 2009, 13th International Conference on Computer Systems Aided Science, Industry and Transport TRANSCOMP 2009, Zakopane.
 - **Piasecka M.**, Wyniki badań wymiany ciepła podczas przepływu płynu chłodniczego w minikanale, 2009, 13th International Conference on Computer Systems Aided Science, Industry and Transport TRANSCOMP 2009, Zakopane.
 - **Piasecka M.**, Analiza wpływu wybranych parametrów na inicjację wrzenia w przepływie płynu chłodniczego przez prostokątny minikanal o zmiennej orientacji przestrzennej, 2009, IX Ogólnopolska Konferencja „Przepływy Wielofazowe”, Gdańsk.
 - **Piasecka M.**, Eksperymentalne badania wymiany ciepła przy wrzeniu w przepływie płynu chłodniczego przez pionowy minikanal, 2006, VIII Ogólnopolska Konferencja „Przepływy Wielofazowe”, Gdańsk.
 - **Piasecka M., Hożejowska S.**, Analiza błędów pomiarowych w badaniach wymiany ciepła w minikanale, 2006, VIII Ogólnopolska Konferencja „Przepływy Wielofazowe”, Gdańsk.
 - **Piasecka M., Hożejowska S., Hożejowski L., Poniewski M. E.**, Wyznaczanie lokalnego współczynnika przejmowania ciepła w badaniach wymiany ciepła w minikanale, 2006, VIII Ogólnopolska Konferencja „Przepływy Wielofazowe”, Gdańsk.
 - **Piasecka M., Poniewski M. E.**, Influence of selected parameters on boiling heat transfer in minichannels, 2004, 2nd International Conference on Microchannels and Minichannels, Rochester, NY, USA.
 - **Piasecka M.**, Investigations on flow boiling heat transfer in minichannels, 2004, International Workshop on Size effects in microfluidics and micro heat transfer. Fundamental and practical aspects, Kielce.
 - **Piasecka M.**, Zastosowanie termografii w badaniach wymiany ciepła przy wrzeniu w przepływie przez wąski kanał, 2003, VII Ogólnopolska Konferencja „Przepływy Wielofazowe”, Gdańsk.
 - **Piasecka M., Poniewski M. E.**, Flow boiling incipience of subcooled Freon 123 in narrow rectangular channel, 2002, 3rd International Conference on Transport Phenomena in Multiphase Systems HEAT 2002, Baranów Sandomierski.
 - **Piasecka M., Hożejowska S., Poniewski M. E., Szetela G.**, Wyznaczanie współczynnika przejmowania ciepła przy wrzeniu w przepływie przez wąski kanał, 2001, Sympozjum Wymiany Ciepła i Masy, ITC Politechnika Śląska, KTis PAN, Gliwice-Szczyrk.
 - **Piasecka M., Piwowarski S.**, Heat transfer in narrow rectangular channel, II Int. Conf. on Heat Transfer and Transport Phenomena, 1999, 2nd International Conference on Transport Phenomena in Multiphase Systems HEAT 1999, Kielce.
- Prezentacja laboratoriów naukowych i dydaktycznych dla uczniów niepublicznych techników z Opatowa i Starachowic (woj. świętokrzyskie), 2011, zorganizowanie współpracy z Zakładem Doskonalenia Zawodowego w Kielcach w ramach projektu *Graj w Talent*.

- Przeprowadzenie w szkołach średnich promocji Politechniki Świętokrzyskiej oraz popularyzacji studiów na kierunkach technicznych na wydziale Mechatroniki i Budowy Maszyn wśród młodzieży z Buska-Zdroju (Zespół Szkół Ponadpodstawowych), przystępującej do egzaminu dojrzałości, 2004-05, prezentacja dorobku naukowo-dydaktycznego Katedry Mechaniki.
- Swoją działalność naukową prezentowałam na seminariach naukowych:
 - w Faculty of Mechanical Engineering, Technical University of Liberec (Czechy) w ramach uczestnictwa w programie *Erasmus*, 15-19.09.2014, przedstawiłam wykład *Flow boiling heat transfer in minichannels*, 18.09.2014;
 - na Wydziale Mechanicznym Politechniki Koszalińskiej, Koszalin, wygłosiłam referat przedstawiającego dorobek naukowy, dydaktyczny i organizacyjny, będący podstawą wszczęcia przewodu habilitacyjnego, 9.09.2014;
 - w Instytucie Wymiany Ciepła i Masy im. Łykowa, Mińsk (Białoruś) oraz Politechnice Kijowskiej, Kijów (Ukraina), pobyt studyjny i konsultacyjny, 8-14.11.1997.

Magdalena Piasecka