

AUTOREFERAT
Kształtowanie charakterystyk cieplnych
grzejników w instalacjach ogrzewczych poprzez
analizę i dobór parametrów zaworów
regulacyjnych

Dr inż. Damian Piotr Muniak

Instytut Maszyn i Urządzeń Energetycznych
Politechnika Krakowska
Al. Jana Pawła II 37
31-864 Kraków

1. Imię i nazwisko: Damian Piotr Muniak**2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/artystyczne z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej:**

2009: Tytuł zawodowy *magistra inżyniera* w dyscyplinie naukowej *Energetyka*, specjalności *Systemy i Urządzenia Energetyczne*, Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny, Instytut Maszyn i Urządzeń Energetycznych.

Tytuł pracy magisterskiej: *Równoważenie hydrauliczne obiegów centralnego ogrzewania zespołu pomieszczeń biurowych*, **praca magisterska została obroniona z wyróżnieniem.**

W pracy podjęto zagadnienie optymalizacyjne związane z równoważeniem hydraulicznym zespołu pomieszczeń biurowych zakładu produkcyjnego HERZ ARMATURA I SYSTEMY GRZEWCZE Sp. z o.o. z siedzibą w Wieliczce. Wyniki optymalizacji posłużyły do modyfikacji parametrów pracy systemu ogrzewczego ww. zakładu.

2014: Stopień naukowy *doktora nauk technicznych*, w dyscyplinie naukowej *Energetyka*, specjalności *Ogrzewnictwo*, uzyskany w Wydziale Mechanicznym Politechniki Krakowskiej. Tytuł rozprawy doktorskiej: *Wpływ autorytetu wewnętrznych regulacyjnych zaworów grzejnikowych na ich dobór i charakterystyki hydrauliczne* (promotor dr hab. inż. Wiesław Zima, prof. PK), **praca doktorska została obroniona z wyróżnieniem.**

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/artystycznych

- 2010-2014 – asystent naukowo-dydaktyczny w Instytucie Maszyn i Urządzeń Energetycznych Politechniki Krakowskiej
- od 2015 – adiunkt naukowo-dydaktyczny w Instytucie Maszyn i Urządzeń Energetycznych Politechniki Krakowskiej
- Lipiec 2017 – Lipiec 2018 – Menadżer Produktu Techniki Grzewczej, Instalacji Sanitarnych i Gazowych, Dział Rozwoju Produktu, Armatura Kraków SA
- Lipiec 2018 – do teraz – Menadżer Produktu Techniki Grzewczej, Instalacji Sanitarnych i Gazowych, Dział Sprzedaży i Marketingu, Armatura Kraków SA

4. Wskazanie osiągnięcia naukowego wynikającego z art. 16 ust. 2 z dnia 14 marca 2003 r. stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311.):**4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego:**

Kształtowanie charakterystyk cieplnych grzejników w instalacjach ogrzewczych poprzez analizę i dobór parametrów zaworów regulacyjnych

4.2. Osiągnięcia naukowe – złożone z jednotematycznego cyklu publikacji naukowych, patentu oraz oryginalnego osiągnięcia technicznego:a) Monografie:

Jestem autorem **6** monografii, w tym samodzielny autorem **5** z nich.

[1.] Muniak D.: *Radiators in hydronic heating installations. Structure, selection and thermal characteristics*, Springer, Cham, Switzerland 2017. Edytor serii: Prof. dr hab. inż. Janusz Kacprzyk

[2.] Muniak D.: *Regulation fixtures in hydronic heating installations. Types, structures, characteristics and applications*, Springer, Cham, Switzerland 2018. Edytor serii: Prof. dr hab. inż. Janusz Kacprzyk.

[3.] Muniak D.: *Grzejniki w wodnych instalacjach grzewczych. Konstrukcja, dobór i charakterystyki cieplne*, WNT/PWN, Warszawa 2016. Recenzent: Prof. dr hab. inż. Janusz Wojtkowiak

[4.] Muniak D.: *Armatura regulacyjna w wodnych instalacjach grzewczych. Typy, konstrukcje, charakterystyki, zastosowania*, PWN, Warszawa 2017. Recenzent: Prof. dr hab. inż. Stanisław Gumuła

[5.] Muniak D.: *Grzejniki w wodnych instalacjach grzewczych. Konstrukcja, dobór i charakterystyki cieplne, Wydanie II, poprawione i rozszerzone*, WNT/PWN, Warszawa 2019 (przyjęte do druku z datą publikacji 2019). Recenzent: Prof. dr hab. inż. Janusz Wojtkowiak

[6.] Zima W., Muniak D, Cisek P., Ojczyk G., Pacura P.: *Zagadnienia cieplne, hydrauliczne oraz jakości wody w instalacjach grzewczych*, Wydawnictwa Politechniki Krakowskiej, Kraków 2015. Recenzent: Prof. dr hab. inż. Janusz Wojtkowiak

Jestem autorem rozdziału dot. armatury regulacyjnej, współautorem rozdziałów dot. ogrzewania płaszczyznowego oraz zaworów bezpieczeństwa. Ponadto jestem współautorem korekt redakcyjnych całości pracy. Mój udział procentowy szacuję na 25%.

b) Wybrane artykuły w czasopismach recenzowanych

Jestem samodzielnym autorem wskazanych poniżej publikacji naukowych.

[7.] Muniak D.: *A new methodology to determine the pre-setting of the control valve in a heating installation. A general model*, Applied Energy, 135/12/2014, str.: 35-42

Czasopismo z listy JCR, IF = 7,90, IF-5 = 7,888, (w roku 2014 IF = 5,613, IF-5 = 6,33) lista A MNiSW – 45 pkt.

[8.] Muniak D.: *A proposal for a new methodology to determine inner authority of the control valve in the heating system*, Applied Energy, 155/10/2015, str.: 421-433

Czasopismo z listy JCR, IF = 7,90, IF-5 = 7,888, (w roku 2015 IF = 5,74, IF-5 = 6,22), lista A MNiSW – 45 pkt.

[9.] Muniak D.: *Control valve with a constant inner authority value*, Journal of Thermal Science, Vol.27, No.5 (2018), str.: 487-495

Czasopismo z listy JCR, IF = 0,678, IF-5 = 0,709, lista A MNiSW – 15 pkt.

[10.] Muniak D.: *The impact of the use of antifreeze substances on the heating installation thermohydraulic parameters and energy use*, Heat Transfer Engineering (artykuł jest po recenzjach I został przyjęty do druku w 2019 roku)

Czasopismo z listy JCR, IF = 1,216, IF-5 = 1,334, lista A MNiSW – 25 pkt.

- [11.] Muniak D.: *Sizing the radiator control valve taking account of inner authority*, *Procedia Engineering*, 157 (2016), str.: 98-105, **15 pkt.**
- [12.] Muniak D.: *Thermal comfort conditions and Polish legal requirements regarding temperatures in residential rooms*, *E3S Web of Conferences 2017*, *E3S Web of Conferences 13*, 01003 (2017), **15 pkt.**
- [13.] Muniak D.: *Analityczna metoda wymiarowania zaworów regulacyjnych, cz I*, *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja*, 47/06/2016, str.: 234-240, **lista B MNiSW – 10 pkt.**
- [14.] Muniak D.: *Analityczna metoda wymiarowania zaworów regulacyjnych, cz II*, *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja*, 47/07/2016, str.: 277-283, **lista B MNiSW – 10 pkt.**
- [15.] Muniak D.: *Zawór regulacyjny o stałej wartości autorytetu wewnętrznego*, *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja*, 48/01/2017, str.: 9-15, **lista B MNiSW – 10 pkt.**
- [16.] Muniak D.: *Wpływ wartości współczynnika wzmocnienia głowicy termostatycznej termoregulatora grzejnikowego na wahania temperatury w pomieszczeniu. Cz. I*, *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja*, 48/09/2017, str.: 359-364, **lista B MNiSW – 10 pkt.**
- [17.] Muniak D.: *Wpływ wartości współczynnika wzmocnienia głowicy termostatycznej termoregulatora grzejnikowego na wahania temperatury w pomieszczeniu. Cz. II*, *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja*, 48/10/2017, str.: 407-411, **lista B MNiSW – 10 pkt.**
- [18.] Muniak D.: *Wpływ wartości współczynnika wzmocnienia głowicy termostatycznej termoregulatora grzejnikowego na wahania temperatury w pomieszczeniu. Cz. III*, *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja* 48/11/2017, str.: 449-454, **lista B MNiSW – 10 pkt.**
- [19.] Muniak D.: *Propozycja nowej metodyki wyznaczania wstępnej nastawy zaworu regulacyjnego*, *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja*, 44/10/2013, str.: 427-433, **lista B MNiSW – 5 pkt.**
- [20.] Muniak D.: *Warunki komfortu cieplnego a polskie wymagania prawne odnośnie do temperatury w pomieszczeniach mieszkalnych*, *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja*, 47/10/2016, str.: 427-434, **lista B MNiSW – 10 pkt.**
- [21.] Muniak D.: *Regulacyjne zawory grzejnikowe. Autorytet zaworu*, *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja*, 42/12/2011, str.: 515-519, **lista B MNiSW – 6 pkt.**

c) Rozdziały w monografiach

Jestem samodzielnym autorem wskazanych poniżej rozdziałów w monografiach.

- [22.] Muniak D.: *Nowa metodyka wyznaczania nastawy wstępnej zaworu regulacyjnego*, *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Odnawialne Źródła Energii*, red. Zima W., Taler D., WTiUE Kraków 2013, str.: 157-178, ISBN 978-83-7242-721-2
- [23.] Muniak D.: *Pakiety CAD w procedurze równoważenia hydraulicznego instalacji c.o.*, *Systemy, technologie i urządzenia energetyczne*, red. Taler J., WTiUE Kraków 2010, vol.2, str.: 949-960, ISBN 978-83-7242-544-7

d) Udzielone patenty międzynarodowe i krajowe oraz zgłoszenia patentowe:

W walidacji jest wniosek patentowy: Muniak D.: *Grzejnikowy zawór regulacyjny*, złożony w Urzędzie Patentowym RP z zakresem terytorialnym ochrony na terenie RP. Data zgłoszenia - 05.12.2017, numer zgłoszenia – P.423705.

Przedmiotem zgłoszonego rozwiązania jest zawór grzejnikowy podwójnej regulacji, o stałym zakresie ruchu elementu bieżącej regulacji i stałej wartości autorytetu wewnętrznego. Przeznaczony jest on przede wszystkim do ilościowej, poprzez zmianę strumienia płynącego czynnika grzewczego, regulacji wydajności cieplnej grzejników w instalacjach grzewczych. Ponadto rozwiązanie może być zastosowane w instalacjach ciepłej wody użytkowej, a także w każdej instalacji i obiegu hydraulicznym, w którym zastosowana jest ilościowa regulacja jego parametrów, bądź parametrów maszyny lub urządzenia, wykonujących pracę, lub oddających ciepło (np. urządzenia regulacyjne turbin cieplnych i wodnych, silników spalinowych, obiegów sprężarkowych, pomp, obiegów czterpalnych wody, itp.)

4.3. Omówienie prac wchodzących w skład głównego osiągnięcia naukowego

Przedstawiony do oceny dorobek naukowych składa się z 6 monografii i 15 publikacji naukowych, w tym 4 publikacji z listy Journal Citation Report (tzw. *lista filadelfijska*). Dwie ze wskazanych sześciu monografii zostały opublikowane w języku angielskim na międzynarodowym rynku wydawniczym, przez wydawnictwo SPRINGER. Pozostałe monografie zostały opublikowane w języku polskim – przez Wydawnictwa Naukowo-Techniczne WNT i Polskie Wydawnictwa Naukowe PWN, oraz w języku angielskim – przez Wydawnictwa Politechniki Krakowskiej. Za pozycje te otrzymałem kilka nagród Rektora Politechniki Krakowskiej.

W opracowaniach tych skupiono się na analizie zagadnienia współpracy elementów regulacyjnych-zaworów, z elementami regulowanymi w instalacji-grzejnikami i zaproponowaniu zarówno modelu matematycznego opisującego tę współpracę i proces regulacji, jak i modeli matematycznych oraz rozwiązań praktycznych pozwalających optymalizować parametry pracy instalacji ogrzewczej, a także poszczególnych jej elementów. Zaproponowany, autorski model uwzględnia nie tylko indywidualne charakterystyki regulacyjne elementów regulacyjnych i regulowanych, ale także wpływ elementów zakłócających proces regulacji na końcowe charakterystyki regulacyjne. Jest to model uniwersalny, który znalazł zastosowanie w praktycznych realizacjach.

W pracach [1, 3, 5, 6, 8] skupiono się na opracowaniu i zaprezentowaniu modeli matematycznych statycznych charakterystyk cieplnych grzejników konwekcyjnych (grzejników stalowych płytowych i płytowo-konwektorowych grzejników oraz członowych aluminiowych i żeliwnych) oraz grzejników podłogowych. W modelach tych uwzględniono zarówno zmienność współczynnika wnikania ciepła od zewnętrznej strony ścianki grzejnika (pomiędzy ścianką a powietrzem) w funkcji średniej różnicy temperatury pomiędzy ścianką grzejnika, a powietrzem, jak też jego zmienność od wewnętrznej strony (pomiędzy ścianką a wodą) w funkcji strumienia masowego czynnika. Do modeli zaimplementowano standardowo podawane przez producentów i wymagane prawnie, zgodnie z normą zharmonizowaną *PN-EN 442 – Radiatory i konwektory*, parametry cieplne grzejników. Model taki był niezbędny, aby móc opracować kompletny model matematyczny układu regulacji zawór-instalacja-grzejnik. Dostępne dotychczasowo modele matematyczne nie pozwalały na taką implementację i wykorzystanie ich w tym celu, bez konieczności stosowania metod iteracyjnych obejmujących pętlą iteracyjną cały proces obliczeń parametrów pracy instalacji.

Pozostałe wskazane publikacje poświęcone są elementom regulacyjnym w instalacjach ogrzewczych oraz parametrom eksploatacyjnym instalacji ogrzewczych, z uwzględnieniem parametrów komfortu cieplnego człowieka.

W pracach [6, 7, 19, 22] zaprezentowano model matematyczny doboru nastawy wstępnej zaworów regulacyjnych. W modelu używane są funkcje wielomianowe opisujące zmienność wymaganych wielkości. Wykonano przykładowe obliczenia dla wybranych zaworów regulacyjnych według proponowanej metodyki oraz według metodyk alternatywnych, w tym metodyki powszechnie przyjętej i używanej w praktyce projektanckiej, porównując ponadto otrzymane wyniki. Wykazano, że proponowana metodyka daje wyniki zbieżne z danymi eksperymentalnymi, będąc ponadto bardziej dokładną i uniwersalną, niż metodyki porównywane.

W pracach [8, 21] zaprezentowano model matematyczny obliczania tzw. *autorytetu* zaworu, jako jednego z podstawowych parametrów odpowiadających za jakość procesu regulacji z użyciem zaworu. Przeprowadzono obliczenia z użyciem tego modelu, dla wybranych zaworów regulacyjnych, oraz porównano wyniki obliczeń z wynikami uzyskiwanymi przy użyciu metodyki alternatywnej, zaproponowanej w ostatnich latach przez Victora Pyrkova i Władysława Szaflika. Wyniki z tych dwóch wariantów porównano z danymi eksperymentalnymi. Porównanie wskazało na wyższość metodyki zaproponowanej przez mnie. W pracy [8] przedstawiono ponadto, oprócz metody analitycznej, dwie metody eksperymentalnego określenia wewnętrznego autorytetu zaworu regulacyjnego. Metody takie nie zostały wcześniej zaprezentowane w piśmiennictwie.

W pracach [9, 15] analizowano możliwość opracowania takiego rozwiązania technicznego konstrukcji zaworu regulacyjnego, które zagwarantowałoby stałość wartości autorytetu wewnętrznego tym samym niezmięnionej postaci jego charakterystyki regulacyjnej, niezależnie od zadanej nastawy wstępnej.

Wskazano, powołując się na publikacje innych autorów, własne opracowania i weryfikacje eksperymentalne, że wartość autorytetu zaworu, tak wewnętrznego, jak i zewnętrznego oraz całkowitego nie jest wartością stałą. Co za tym idzie, charakterystyka regulacyjna zaworu również nie ma stałego przebiegu, gdyż zależy on od wartości autorytetu zaworu. Jest to zjawisko niekorzystne, gdyż charakterystyka zaworu regulacyjnego powinna być dobrana do charakterystyki obiektu regulowanego i mieć określony kształt, aby zapewnić odpowiednie charakterystyki końcowe regulacji i dzięki temu dobrą jej jakość. W rzeczywistości, zarówno z uwagi na brak w dotychczasowej praktyce inżynierskiej prawidłowych formuł służących obliczaniu faktycznej wartości autorytetu zaworu, jak i niemożności utrzymania go na odpowiednio wysokim poziomie z uwagi na przyjęte rozwiązania konstrukcyjne zaworów, postulat ten nie był realizowany.

Zmienność wartości autorytetu całkowitego zaworu zamontowanego w sieci przewodów może mieć dwojaki charakter. W przypadku zaworów podwójnej regulacji z jednym regulowanym przekrojem przepływu cieczy wartość tego parametru rośnie wraz ze wzrostem wstępnego dławienia, będącego funkcją nastawienia wstępnego zaworu. W przypadku zaworów z dwoma regulowanymi przekrojami przepływu cieczy, będącymi obecnie najpopularniejszym rozwiązaniem grzejnikowej techniki regulacyjnej, sytuacja jest odwrotna. W obu przypadkach zmienność ta wynika głównie ze zmiany wartości autorytetu wewnętrznego. W przypadku natomiast zaworów pojedynczej regulacji wartość autorytetu wewnętrznego jest stała. Zmienność kształtu charakterystyki regulacyjnej wynika jedynie ze zmiany wartości autorytetu zewnętrznego, tj. np. zmiany oporu hydraulicznego dołączonej sieci przewodów.

W artykułach udowodniono, że jest możliwe opracowanie takiego rozwiązania technicznego konstrukcji zaworu regulacyjnego, które pozwoli na zachowanie stałości autorytetu wewnętrznego w

funkcji nastawy wstępnej. Zaproponowano model matematyczny i wykonano obliczenia, porównując je z danymi eksperymentalnymi. Uzyskano zgodność wyników.

W pracach [11, 13, 14] zaprezentowano model matematyczny i analityczną metodę wyznaczania geometrii grzybka zaworu regulacyjnego, w celu zapewnienia wymaganej charakterystyki regulacyjnej, przy uwzględnieniu wpływu autorytetu wewnętrznego na jej kształt. Zaprezentowano i porównano przebiegi krzywych regulacyjnych wykreślonych z uwzględnieniem i bez uwzględniania wpływu autorytetu wewnętrznego. Ponadto zaprezentowano kształty końcowych krzywych regulacyjnych, przy współpracy zaworu regulacyjnego z typowym grzejnikiem konwekcyjnym. Proponowaną metodykę zweryfikowano i potwierdzono eksperymentalnie. Proponowana metodyka ma zastosowanie do zaworów regulacyjnych podwójnej regulacji z jednym regulowanym przekrojem przepływu cieczy. Nie ma zastosowania do zaworów z dwoma regulowanymi przekrojami przepływu cieczy. Rozwiązanie techniczne tego problemu przedstawiono w późniejszych pracach, wyszczególnionych w niniejszym wniosku i opisanych na dalszych stronach.

W pracach [16, 17, 18] omówiono wpływ wartości współczynnika wzmocnienia głowicy termostatycznej termoregulatora grzejnikowego na wahania temperatury w pomieszczeniu. Podano, w jaki sposób wahania temperatury w pomieszczeniu wpływają na punkt pracy termostatycznego termoregulatora grzejnikowego, a także omówiono zjawisko sprzężenia zwrotnego układu, w postaci odpowiedzi termoregulatora na te zmiany. Zaproponowano model matematyczny opisujący to zjawisko, jako część końcowego modelu regulacyjnego instalacji ogrzewczej. Rozważania uzupełniono przykładowymi obliczeniami.

W pracy [10] omówiono wpływ stosowania środków przeciwmroźniowych na parametry cieplno-hydrauliczne instalacji grzewczej z grzejnikami konwekcyjnymi. Dokonano porównawczej analizy teoretycznej i obliczeniowej pomiędzy sytuacją stosowania wody, jako czynnika grzewczego, oraz wodnego roztworu glikolu etylenowego i propylenowego. Wskazano, że stosowanie środków przeciwmroźniowych i ich roztworów w miejsce wody powodować może obniżenie mocy cieplnej grzejników, wzrost oporów hydraulicznych oraz, wynikowo, wzrost kosztów eksploatacyjnych instalacji i spadek jej sprawności. Zabieg taki ma wpływ na parametry eksploatacyjne systemu, w tym na charakterystyki regulacyjne zaworów i końcowe charakterystyki regulacyjne instalacji.

W pracach [12, 20] omówiono parametry komfortu cieplnego mieszkalnych środowisk wewnętrznych. Odniesiono je do polskich wymagań prawnych, wskazując różnice i niektóre ich skutki, zarówno w punkcie widzenia ergonomii użytkowania pomieszczeń, jak i aspektów ekonomicznych. Wskazano, że przyjmowanie w procesie projektowania i użytkowania instalacji temperatury zgodnej z polskimi wymaganiami prawnymi, nie zaś z optymalnymi warunkami komfortu cieplnego może mieć, oprócz pozytywnych skutków ekonomicznych, kilka negatywnych skutków ergonomicznych, przede wszystkim:

- obniżona kategoria cieplna pomieszczenia (z punktu widzenia wymagań normy międzynarodowej PN-EN ISO 7730:2006: *Ergonomia środowiska termicznego - Analityczne wyznaczanie i interpretacja komfortu termicznego z zastosowaniem obliczania wskaźników PMV i PPD oraz kryteriów miejscowego komfortu termicznego*),
- zwiększony odsetek osób niezadowolonych z warunków mikroklimatu pomieszczenia,
- konieczność stosowania dodatkowego ubioru, ponad odzież wierzchnią;

Przyjęta do obliczeń temperatura pomieszczeń ma bezpośredni wpływ na parametry pracy elementów instalacji, w tym na parametry zaworów regulacyjnych i grzejników. Jest więc istotna z punktu widzenia procesu dobru ich parametrów cieplno-hydraulicznych.

W pracy [23] wskazano i omówiono podstawowe zasady obliczania wybranych parametrów pracy instalacji ogrzewczych przy wykorzystaniu pakietów komputerowych wspomagających obliczenia

cieplno-hydrauliczne takich systemów. Analizując wyniki obliczeń wskazano, iż wybrane modele matematyczne aplikowane w takich programach nie są prawidłowe.

W pracach [2, 4, 7, 9] zebrano całość opracowanych modeli matematycznych, weryfikacji eksperymentalnych oraz propozycji rozwiązania technicznego zgłoszonego do ochrony patentowej do Urzędu Patentowego RP [24]. Podano w nich propozycje modeli matematycznych służących do:

- wyznaczania wartości nastawy wstępnej zaworu regulacyjnego pojedynczej regulacji
- wyznaczania wartości nastawy wstępnej zaworu regulacyjnego podwójnej regulacji, w tym zaworu termostaticznego
- wyznaczania, metodą eksperymentalną, wartości autorytetu wewnętrznego zaworu regulacyjnego pojedynczej regulacji
- wyznaczania, metodą eksperymentalną, wartości autorytetu wewnętrznego zaworu regulacyjnego podwójnej regulacji
- wyznaczania, metodą analityczną, wartości autorytetu wewnętrznego, zewnętrznego i całkowitego zaworu regulacyjnego pojedynczej regulacji
- wyznaczania, metodą analityczną, wartości autorytetu wewnętrznego, zewnętrznego i całkowitego zaworu regulacyjnego podwójnej regulacji, w tym zaworu termostaticznego
- wyznaczania, metodą analityczną, wymaganego kształtu grzybka zaworu regulacyjnego, w celu zoptymalizowania jego charakterystyki regulacyjnej i uwzględnienia wpływu autorytetu zaworu na nią.

Oprócz tego zostało w nich opisane rozwiązanie techniczne w postaci zaworu grzejnikowego podwójnej regulacji, o stałym zakresie ruchu elementu bieżącej regulacji i stałej wartości autorytetu wewnętrznego, jako efekt wcześniej opracowanych i opublikowanych modeli matematycznych. Przeznaczony jest on przede wszystkim do ilościowej, poprzez zmianę strumienia płynącego czynnika grzewczego, regulacji wydajności cieplnej grzejników w instalacjach ogrzewczych. Ponadto rozwiązanie może być zastosowane w instalacjach ciepłej wody użytkowej, a także w każdej instalacji i obiegu hydraulicznym, w którym zastosowana jest ilościowa regulacja jego parametrów, bądź parametrów maszyny lub urządzenia, wykonujących pracę, lub oddających ciepło.

W pracach zaprezentowano również przykłady obliczeniowe, konfrontujące proponowane metodyki obliczeniowe nastawy wstępnej i autorytetu zaworu z metodykami powszechnie stosowanymi w praktyce i metodykami opracowanymi przez innych czołowych naukowców zajmujących się tą tematyką – *Victorem Pyrkovem i Władysławem Szaflikiem*. Obliczenia wykonano z użyciem parametrów zaworów dostępnych na rynku, nie zaś zakładając teoretyczne wartości parametrów. Analiza obliczeniowa pozwoliła sformułować następujące wnioski:

➤ Posługując się stosowaną powszechnie metodą obliczeniową doboru wartości nastawy wstępnej, nie oblicza się niezbędnej jej wartości bezpośrednio, a jedynie oblicza się wymaganą wartość tzw. współczynnika przepływu i posługując się nią dobiera wartość nastawy wstępnej w sposób tabelaryczny. Wynika z tego, iż jeśli wymagana wartość współczynnika przepływu leży pomiędzy dwiema zdefiniowanymi wartościami tego parametru, dobór właściwej wartości nastawy wstępnej, odpowiadającej pośredniej wartości współczynnika przepływu, przebiega w sposób uznaniowy, z mniejszym, lub większym błędem. W praktyce sytuacja taka ma miejsce niemal za każdym razem. Dobiera się wówczas najczęściej wyższą wartość nastawy wstępnej, co w przypadku zaworów ręcznych wymaga dodatkowego doregulowania zaworu na już pracującej instalacji, jeśli mają być zapewnione zamierzone wartości przepływów i parametry pracy układu. Implikuje to dodatkowe nakłady czasowe i inwestycyjne. Ponadto w przypadku zaworów ręcznych używana powszechnie metoda pozwala obliczyć jedynie autorytet zewnętrzny, nie umożliwia natomiast obliczenia autorytetu całkowitego zaworu, która to wielkość odpowiada za wypadkowe charakterystyki zamykania zaworu zamontowanego w sieci przewodów.

W przypadku zaś zaworów termostatycznych, w których zawór ma pracować z pośrednim położeniem organu zamykającego, nie wyznaczany jest nawet autorytet zewnętrzny, a jedynie wielkość wynikająca z udziału strat ciśnienia na zaworze w całościowych stratach w obiegu. Dlatego też, w tej sytuacji, stosowana powszechnie metoda nie pozwala obliczyć ani autorytetu zewnętrznego, ani tym bardziej całkowitego, nie dając możliwości określenia końcowych cieplnych charakterystyk statycznych, z jakimi będzie pracował grzejnik. Ponadto metoda ta nie pozwala obliczać zmian strumienia objętości przy zmienianiu wartości nastawy wstępnej zaworu, lub przy regulacji bieżącej, zmieniając położenie organu zamykającego nad gniazdem. Nie jesteśmy zatem w stanie określić jaką moc oddawał będzie grzejnik przy dowolnym położeniu organu zamykającego i/lub dławiącego zaworu, tj. na przykład w sytuacji dobrania wartości nastawy wstępnej innej, niż wymagana. Proponowane w moich pracach modele matematyczne pozwalają na to.

Pyrkov i *Szaflik* zaproponowali metodę obliczeniową doboru wartości nastawy wstępnej dla zaworów ręcznych. Brak natomiast takiej dla zaworów termostatycznych i dla zaworów z dwoma regulowanymi przekrojami przepływu cieczy. Podane są zależności pozwalające obliczać autorytet wewnętrzny zaworu termostatycznego z dwoma regulowanymi przekrojami przepływu cieczy. Jak jednak dowodzi analiza teoretyczna i weryfikacja eksperymentalna., zależności te nie są prawidłowe i użycie ich nie daje możliwości poprawnej analizy odkształcenia charakterystyki regulacyjnej zaworu.

W przypadku zaworów ręcznych metoda zaproponowana przez *Pyrkova* i *Szaflika* daje możliwość zarówno obliczenia bezpośrednio wymaganej wartości nastawy wstępnej zaworu, jak i określenia wartości jego autorytetu całkowitego. Jednak, jak wynika z porównania z danymi eksperymentalnymi, formuły nie dają zbieżnych z nimi rezultatów. Ponadto, metoda zaproponowana przez *Pyrkova* i *Szaflika* wymaga znajomości wartości szeregu parametrów, jak autorytet wewnętrzny, autorytet zewnętrzny, czy opis matematyczny pierwotnej charakterystyki zamykania/dławienia. Zaproponowana przeze mnie metodyka nie wymaga tego.

➤ W przypadku obliczania parametru odpowiadającego za końcowe odkształcenie krzywej regulacyjnej *Pyrkov* i *Szaflik* słusznie posługują się autorytetem całkowitym zaworu, tj. iloczynem autorytetu wewnętrznego i zewnętrznego. Jednak w każdym z omawianych przypadków proponują obliczać wartość autorytetu zewnętrznego dla pełnego otwarcia zaworu i maksymalnego zakresu ruchu elementu regulacyjnego, tj. przy jego maksymalnej wartości nastawy wstępnej, pomimo faktu, że dobrane zostały inne wartości nastawy wstępnej, z którymi zawór rzeczywiście pracuje. Wartość autorytetu zewnętrznego powinna być policzona dla tych wartości nastawy wstępnej, które zostały dobrane. W taki sposób opracowałem proponowane modele matematyczne. Podejście zaprezentowane przez *Pyrkova* i *Szaflika* byłoby słuszne, gdyby dobór wartości nastawy wstępnej nie przebiegał przez ograniczenie maksymalnego zakresu ruchu (skoku) grzybka zaworu i wynikający stąd wzrostu oporu hydraulicznego zaworu, jak to ma miejsce w tym przypadku i gdyby regulacja bieżąca odbywała się za każdym razem od maksymalnego dostępnego zakresu ruchu, tj. gdyby zawór mógł otwierać się ponad zadaną wartość. Wówczas nie mielibyśmy jednak do czynienia z zadawaniem nastawienia wstępnego, a z określaniem współczynnika przepływu w funkcji nastawy wstępnej takim sposobem, jak dla zaworów termostatycznych, gdzie organ zamykający pracuje bez ograniczenia dostępnego, maksymalnego zakresu ruchu, ale pozycja obliczeniowa odpowiada pośredniemu wnioskowi.

W przypadku autorytetu wewnętrznego w zaworach z jednym regulowanym przekrojem przepływu cieczy badacze zakładają stałość wartości tego parametru, niezależnie od wartości nastawy wstępnej. Tym samym nie uwzględniają faktu, iż w zaworach takich opór hydrauliczny regulowanego przekroju zwiększa się wraz z ograniczaniem maksymalnego dostępnego zakresu ruchu elementu regulacyjnego, a co za tym idzie zwiększa się wartość autorytetu wewnętrznego i

zmienia krzywizna charakterystyki regulacyjnej. Policzona metodą zaproponowaną przez *Pyrkova* i *Szaflika* wartość odpowiada jedynie sytuacji dobrania maksymalnej dostępnej wartości nastawy wstępnej i – podobnie jak w przypadku autorytetu zewnętrznego – słuszna będzie jedynie w sytuacji pracy zaworu z tą wartością nastawy.

Posługując się metodami proponowanymi przeze mnie, w przypadku obliczania wartości nastawy wstępnej, otrzymuje się wyniki zgodne z wartościami wymaganymi, wynikającymi z pomiarów eksperymentalnych dokonanych na zaworach. Dotyczy to zarówno obliczeń dla zaworu ręcznego i termostaticznego z jednym regulowanym przekrojem przepływu cieczy, jak i zaworu ręcznego i termostaticznego z dwoma regulowanymi przekrojami przepływu cieczy. W przytoczonych pracach zaprezentowano dwie metodyki określania nastawy wstępnej zaworu. W jednej z nich nie jest wymagana znajomość parametrów innych, niż standardowo podawane wprost przez producentów zaworów. Nie ma konieczności wyznaczania wartości autorytetu wewnętrznego, autorytet zewnętrznego, ani opisu matematycznego pierwotnej charakterystyki zamykania/dławienia. W metodyce drugiej posłużono się autorytetem wewnętrznym w funkcji nastawy wstępnej, nie zaś jego wartością średnią, jak podaje *Pyrkov* i *Szaflik*, gdyż w przypadku zmienności obliczonej wartości, takie ujęcie pozwala prawidłowo wyznaczyć wymaganą wartość nastawy wstępnej. Dwie zaproponowane metody wyznaczania wartości nastawy wstępnej różnią się zasadniczo. Metoda pierwsza nie wymaga ani znajomości pierwotnej charakterystyki zamykania lub dławienia zaworu, ani znajomości wartości autorytetu wewnętrznego i zewnętrznego, tak w przypadku organu zamykającego zaworu, jak i dławiącego. Jest to jednak metoda iteracyjna, w której szukana wielkość jest zapisana równaniem uwikłanym. Wszystkie te wielkości są natomiast niezbędne, jeśli chce się wyznaczyć szukaną wartość nastawy wstępnej z wykorzystaniem zależności zapisanych na tę wielkość wprost, według metody drugiej. Obliczenia więc metodą niewymagającą znajomości wartości tych wielkości, według metody pierwszej, są mniej skomplikowane i mniej czasochłonne. Ma ona jednak teoretycznie pewną wadę w porównaniu z metodą drugą. Otóż aby wyznaczyć wymaganą wartość nastawy wstępnej, niezbędna jest znajomość wartości współczynników przepływu (bądź np. oporów hydraulicznych) dla każdej wartości nastawy wstępnej dostępnej dla zaworu. W innym przypadku nie da się utworzyć wymaganej funkcji zmienności tego współczynnika od nastawy wstępnej. W przypadku metody drugiej nie wyznacza się tej funkcji, ale proponuje się wyznaczenie funkcji zmienności autorytetu wewnętrznego od nastawy wstępnej, więc również konieczna jest określonych wielkości dla wszystkich wartości nastawy wstępnej. Jeśli jednak znany jest dokładny opis matematyczny pierwotnej charakterystyki zamykania/dławienia zaworu, to również obliczane wartości autorytetu wewnętrznego dla danej wartości nastawy wstępnej będą stałe i nie będzie trzeba wyznaczać funkcji jego zmienności, co upraszcza model matematyczny. Taka jego wersja również jest zaprezentowana w moich pracach. Wówczas, aby określić opis matematyczny pierwotnej charakterystyki zamykania/dławienia wymagane są w najkorzystniejszej sytuacji, jedynie dwa punkty pomiarowe: dla pełnego otwarcia zaworu i dla dowolnego innego. Nie jest więc konieczna znajomość przebiegu całej, dla wszystkich dostępnych wartości nastawy wstępnej, wypadkowej charakterystyki zamykania i/lub dławienia, co jest zaletą tego wariantu tej metody. W praktyce jednak takie pomiary standardowo są wykonywane przez producentów dla każdego zaworu regulacyjnego co sprawia, że obie metody, w których wykorzystywane są funkcje zmienności współczynnika przepływu i autorytetu wewnętrznego zaworu od nastawy wstępnej, mają podobną funkcjonalność

Autorytet zewnętrzny w proponowanej metodyce wyznaczania tego parametru obliczany jest zgodnie z uwzględnieniem pierwotnego podziału oporów hydraulicznych w obiegu instalacji. W przypadku zaworu ręcznego strata ciśnienia na elemencie regulacyjnym liczona jest wówczas dla faktycznie dobranej wartości nastawy wstępnej, która gwarantuje wydławienie wymaganej nadwyżki ciśnienia w obiegu. W przypadku zaś zaworów termostaticznych dla faktycznie dobranej wartości

nastawy wstępnej i maksymalnego zakresu ruchu organu zamykającego. Autorytet wewnętrzny zaworu ręcznego z jednym regulowanym przekrojem przepływu cieczy liczony jest z uwzględnieniem zmienności oporu hydraulicznego części zamykającej w funkcji ograniczenia maksymalnego zakresu jej ruchu i tym samym z uwzględnieniem zmienności podziału oporów hydraulicznych wewnątrz zaworu. Autorytet wewnętrzny zaworu termostaticznego z jednym i dwoma regulowanymi przekrojami przepływu cieczy liczony jest z uwzględnieniem zmienności oporu hydraulicznego części dławiącej. Im mniejsza jest wartość nastawy wstępnej, tym mniejsze pole powierzchni przepływu cieczy przekroju dławiącego, większy opór hydrauliczny tej części i mniejszy autorytet wewnętrzny części zamykającej, o ustalonym, wstępnym oporze. Autorytet całkowity obliczony proponowaną metodą obrazuje zatem faktycznie odkształcenie charakterystyki zamykania obu typów zaworu zamontowanego w sieci przewodów, pracującego z określoną wartością nastawy wstępnej.

Z porównania wyników obliczeń autorytetu zaworu uzyskanych metodą powszechnie stosowaną i proponowaną przeze mnie wynika, iż parametr ten może przybierać diametralnie różne wartości. Opierając obliczenia na dotychczasowej metodyce bardzo łatwo spełnić powszechnie stawiany w praktyce warunek liczbowy na ten parametr: $0,3 \div 0,7$. Jeśli jednak obliczy się wartość autorytetu całkowitego, czyli parametru, który faktycznie należy konfrontować z tym przedziałem liczbowym, to okaże się, że najczęściej warunek nie jest spełniony, a nawet że otrzymana wartość jest o kilka rzędów wielkości niższa, niż minimalna wymagana. Jest to sytuacja bardzo niekorzystna z regulacyjnego punktu widzenia, ale jest naturalnym zjawiskiem w przypadku zaworów z dwoma regulowanymi przekrojami przepływu cieczy, które są obecnie najpopularniejszymi zaworami na rynku. Rozwiązaniem tego problemu jest proponowane przeze mnie i zgłoszone do ochrony patentowej w Urzędzie Patentowym RP, rozwiązanie techniczne zaworu regulacyjnego.

W przytoczonych przeze mnie pracach powoływany jest zakres, w którym, według powszechnie przyjętego kryterium, powinna zawierać się wartość autorytetu całkowitego zaworu, $0,3 \div 0,7$. Niemniej, jak wskazują wyniki obliczeń i weryfikacji eksperymentalnej, w praktyce najczęściej nie jest możliwe spełnienie tego warunku. Wynika to stąd, iż maksymalne wartości autorytetu wewnętrznego zaworów regulacyjnych najczęściej są nie większe, niż 0,4. Są więc bliskie dolnej dopuszczalnej wartości wymaganej dla autorytetu całkowitego, nawet bez uwzględniania dodatkowego spadku pod wpływem oporów hydraulicznych sieci dołączonych przewodów i urządzeń. W przypadku natomiast typowych grzejnikowych zaworów regulacyjnych podwójnej regulacji (dwa regulowane przekroje przepływu cieczy) wspomniany warunek nie jest możliwym do spełnienia (autorytet wewnętrzny wielokrotnie mniejszy, niż 0,4). Wynika z tego wniosek, że w przypadku zaworów regulacyjnych do instalacji ogrzewczych, zwłaszcza grzejnikowych zaworów regulacyjnych, autorytet całkowity zaworu nie powinien być jedynym parametrem, na podstawie którego ocenia się zdolności regulacyjne zaworu i wpływ na charakterystyki końcowe regulacji, jak to ma miejsce obecnie w praktyce. Jest to bowiem jeden z dwóch czynników związanych z zaworem, które decydują o końcowych krzywych regulacyjnych. Równie ważna jest pierwotna charakterystyka regulacyjna zaworu. Za każdym razem zmniejszanie wartości autorytetu wewnętrznego i zewnętrznego (a więc też całkowitego) odkształca ją, powodując często niebezpieczeństwo pracy dwupozycyjnej zaworu (otwarty, lub zamknięty).

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowych – badawczych

5.1. Publikacje naukowe

Jestem autorem 6 monografii, wydanych w Polsce i za granicą, w tym autorem samodzielnym 5 z nich. Ponadto jestem samodzielnym autorem ponad 30 publikacji naukowych i dydaktycznych, w tym 4 z listy Journal Citation Raport (lista filadelfijska) oraz 2 rozdziałów w monografiach. Sumaryczna liczba zebranych punktów, określona zgodnie z wykazem Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, to ponad 530 punktów. Sumaryczny Impact Factor **to 17,694** według aktualnych na rok 2018 statystyk czasopism, w których opublikowałem prace składające się omawiane osiągnięcie naukowe, oraz **12,582** według statystyk z okresu, kiedy poszczególne prace były publikowane.

5.1.1. Statystyka publikacji

Podsumowanie publikacji naukowo-badawczych habilitanta

Okres doktoratu:

Prace związane z moim doktoratem pt. *Wpływ autorytetu wewnętrznych regulacyjnych zaworów grzejnikowych na ich dobór i charakterystyki hydrauliczne* wykonywałem w latach 2011 – 2014. Na potrzeby podjętego w pracy tematu zaprojektowałem stanowisko pomiarowe. Promotorem mojej rozprawy doktorskiej był dr hab. inż. Wiesław Zima, prof. PK. Praca doktorska została obroniona z wyróżnieniem. Otrzymałem również za nią nagrodę Rektora Politechniki Krakowskiej.

W pracy doktorskiej skupiłem się na analizie wpływu autorytetu zaworów regulacyjnych na ich właściwości regulacyjne i charakterystyki hydrauliczne. Opracowałem nową metodykę i model matematyczny obliczenia autorytetu wewnętrznego, zewnętrznego i całkowitego zaworu regulacyjnego oraz doboru jego nastawy wstępnej. Metodyki te zostały zweryfikowane eksperymentalnie i potwierdzone. Zaprezentowane w pracy modele matematyczne posłużyły do modyfikacji algorytmów obliczeniowych w powszechnie używanych programach komputerowych służących wymiarowaniu i równoważeniu ciepłno-hydraulicznemu obiegów instalacji ogrzewczych. Ponadto, dzięki opracowaniom, zostałem laureatem programu *SPIN-Skuteczny Przedsiębiorca i Naukowiec*, edycja 2013, realizowanego w ramach programu operacyjnego UE Kapitał Ludzki, Narodowa Strategia Spójności. Celem programu było opracowanie strategii biznesowej wdrożenia rozwiązania technicznego i komercjalizacji wyników badań.

W trakcie doktoratu byłem kierownikiem lub wykonawcą w kilku następujących projektach badawczych, zadaniach badawczych i projektach aplikacyjnych:

- *Analiza rozptyłu ciepła i cieczy w wymienniku ciepła*. Projekt realizowany w ramach działań badawczych związanych z rozwojem młodych naukowców, numer M9/490/DS-M/2011 – **kierownik projektu**
- *Wpływ autorytetu wewnętrznych regulacyjnych zaworów grzejnikowych na ich dobór i charakterystyki hydrauliczne*. Projekt realizowany w ramach działań badawczych związanych z rozwojem młodych naukowców, numer M9/391/DS-M/2012 – **kierownik projektu**
- *SPIN-Skuteczny Przedsiębiorca i Naukowiec*, edycja 2013, realizowanym w ramach programu operacyjnego UE Kapitał Ludzki, Narodowa Strategia Spójności, okres realizacji: 27.10.2012-02.31.02.2013 – **laureat**

- *Opracowanie technologii dla wysokosprawnych zero-emisyjnych bloków węglowych zintegrowanych z wychwytem CO₂ ze spalin*, realizowanym w ramach strategicznego programu badań naukowych i prac rozwojowych pt *Zaawansowane technologie pozyskiwania energii*, finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR), numer: SP/E/1/67484/10, okres realizacji: 01.05.2010 - 30.04.2015 – **wykonawca zadania**
- *Opracowanie zintegrowanych technologii wytwarzania paliw i energii z biomasy, odpadów rolniczych i innych*, dofinansowanym w ramach strategicznego programu badań naukowych i prac rozwojowych pt *Zaawansowane technologie pozyskiwania energii*, finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR), numer: SP/E/4/65786/10, okres realizacji: 01.07.2010 - 31.05 – **wykonawca zadania**

Okres po doktoracie:

Po doktoracie moje badania i aktywność naukowa skupiała się na badaniu i optymalizacji wybranych cieplno-hydraulicznych parametrów pracy instalacji ogrzewczych, związanych przede wszystkim ze współpracą grzejników z zaworami regulacyjnymi i opracowaniu nowego rozwiązania technicznego zaworu regulacyjnego. Cel ten był podyktowany wnioskami z przeprowadzonych wcześniej analiz. Wskazane w nich i potwierdzone zostało, że obecnie używane modele matematyczne są ułomnie i nie zwracają wyników pokrywających się z weryfikacją eksperymentalną. Ponadto udowodniono, że obecnie dostępne i stosowane zawory regulacyjne uniemożliwiają osiągnięcie parametrów eksploatacyjnych optymalnych z punktu widzenia jakości regulacji w systemach ogrzewczych. Zaproponowane i zweryfikowane modele matematyczne pozwoliły na opracowanie koncepcji zaworu regulacyjnego, który spełnia wymagane postulaty, postawione i omówione we wcześniejszych moich opracowaniach.

Część z moich opracowań teoretycznych, dotyczących optymalizacji parametrów pracy urządzeń stosowanych w instalacjach ogrzewczych, została wdrożona do realizacji przez podmiot komercyjny – firmę Armatura Kraków SA, z siedzibą przy ulicy Zakopiańskiej 72.

Wszystkie publikacje z listy A wykazu publikacji punktowanych Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego zostały przeze mnie opublikowane po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych. Statystykę moich publikacji oraz innych osiągnięć naukowych przedstawia Tabela 1.

Tabela 1 Wykaz osiągnięć naukowych przed i po okresie doktoratu

	Łącznie	Przed doktoratem	Po doktoracie
Sumaryczna liczba punktów MNiSW	535,66	63	472,66
Sumaryczny IF (stan na rok 2018)	17,694	0	17,694
Sumaryczny IF-5 (stan na rok 2018)	17,69	0	17,69
Sumaryczny IF (stan na rok publikacji)	12,582	0	12,582
Sumaryczny IF-5 (stan na rok publikacji)	14,593	0	14,593
Publikacje ogółem:	45	11	34
Publikacje z listy A MNiSW	4	0	4
Publikacje z listy B MNiSW	18	10	8
Monografie	10	1	9
Rozdziały w monografiach:	2	2	0
Publikacje w materiałach konferencyjnych:	3	2	1
Publikacje w materiałach konferencyjnych w języku angielskim	1	0	1
Publikacje w materiałach konferencyjnych w języku polskim	2	0	0
Rozprawa doktorska	1	1	0
Udział w konferencjach:	5	2	3
Konferencje krajowe	3	2	1
Konferencje międzynarodowe	2	0	2
Projekty badawcze ogółem	5	5	0
Zgłoszenia patentowe	1	0	1

Cytowania prac naukowych:

Statystyka cytowania prac wg bazy **Google Scholar** (wszystkie cytowania, https://scholar.google.com/citations?view_op=list_works&hl=pl&user=XzQENbEAAAAJ)

Indeksy cytowań	Wszystkie	Od 2013
Cytowania	80	75
h-indeks	6	6
i10-indeks	0	0

Statystyka cytowania prac wg bazy **Scopus** (wszystkie cytowania, <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56363042800>)

Indeksy cytowań	Wszystkie	Od 2015
Cytowania	11	11
h-indeks	2	2

Statystyka cytowania prac wg bazy **Web of Science (wszystkie cytowania)**:

Indeksy cytowań	Wszystkie	Od 2015
Cytowania	10	10
h-indeks	2	2

5.1.2. Udział w konferencjach naukowych krajowych i zagranicznych

Konferencje międzynarodowe:

1. IX International Conference on Computer Heat and Mass Transfer ICCHMT 2016, Kraków 23-26 Maj 2016, Referat pt: *Sizing the radiator control valve taking account of inner authority*
2. XI International Conference on Computational Heat, Mass and Momentum Transfer ICCHMT 2018, Kraków 21-24 Maj 2018, Referat pt: *Control valve with a constant inner authority value*
3. XI International Conference on Computational Heat, Mass and Momentum Transfer ICCHMT 2018, Kraków 21-24 Maj 2018, Referat pt: *The impact of the use of antifreeze substances on the heating installation thermohydraulic parameters and energy use*

Konferencje krajowe:

4. II konferencja Współczesne Technologie i Urządzenia Energetyczne WTiUE 2010, Kraków 15-17 Wrzesień 2010, Referat pt: *Pakiety CAD w procedurze równoważenia hydraulicznego instalacji c.o.*
5. III konferencja *Współczesne Technologie i Urządzenia Energetyczne WTiUE 2013*, Kraków 15-18 Październik 2013, Referat pt: *Nowa metodyka wyznaczania nastawy wstępnej zaworu regulacyjnego*
6. IV konferencja Współczesne Technologie i Urządzenia Energetyczne WTiUE 2016, Kraków 12-14 Październik 2016, Referat pt: *Warunki komfortu cieplnego a polskie wymagania prawne odnośnie temperatur w pomieszczeniach mieszkalnych*

5.2. Recenzje artykułów w czasopiśmie z wykazu A czasopism punktowanych Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego:

1. **Water**, ISSN 2073-4441, **lista A MNiSW, 30 punktów** – 4 recenzje
2. **Energies**, ISSN 1996-1073, **lista A MNiSW, 25 punktów** – 10 recenzji
3. **Sustainability**, ISSN 2071-1050, **lista A MNiSW, 20 punktów** – 2 recenzje
4. **Progress in Computational Fluid Dynamics**, ISSN 1468-4349, **lista A MNiSW, 15 punktów** – 1 recenzja

5.3. Kierowanie lub udział w grantach i projektach badawczych

Byłem kierownikiem w następujących projektach badawczych:

1. *Analiza rozptywu ciepła i cieczy w wymienniku ciepła*, realizowanego w ramach działań badawczych związanych z rozwojem młodych naukowców, numer M9/490/DS.-M/2011

Temat podzielony był na trzy części i realizowany w następujących etapach:

- 1) Opracowania funkcji i podprogramów do wyznaczania na bieżąco własności termo-fizycznych czynnika roboczego
- 2) Wyznaczania w trybie on-line czasowo-przestrzennego rozkładu współczynnika wnikania ciepła na wewnętrznej powierzchni rury wymiennika ciepła
- 3) Modelowania rozkładu temperatury czynnika wzdłuż wymiennika ciepła

W ramach etapu 1) opracowano funkcje i podprogramy pozwalające wyznaczać właściwości termofizyczne wody w całym rozpatrywanym zakresie zmienności temperatury i ciśnienia. Funkcje i podprogramy opracowano w oparciu o przedmiotową literaturę. Odpowiednie zależności uzyskano natomiast za pomocą programu komputerowego Table Curve 3D. Program ten umożliwia także automatyczne utworzenie kodu w wybranym języku programowania. Wybrano kod programu Fortran. Następnie napisano w tym języku program komputerowy pozwalający obliczać własności w trybie on-line. Dokładność uzyskiwanych wyników sprawdzono poprzez porównanie obliczanych własności, dla wybranych parametrów, z wartościami dokładnymi, podanymi w pracy *ASME Steam Tables. Sixth Edition, Thermodynamic and Transport Properties of Steam*. We wszystkich przypadkach uzyskano w pełni zadowalającą zgodność wyników. Ponadto opracowano zależności pozwalające obliczać własności termofizyczne wody na linii nasycenia w funkcji ciśnienia, takie jak: temperatura nasycenia, Entalpia wody wrzącej, objętość właściwa wody wrzącej, ciepło właściwe wody wrzącej, gęstość wody wrzącej, entropia wody wrzącej.

W ramach etapu 2) do wyznaczania na bieżąco rozkładu współczynnika wnikania ciepła na wewnętrznej powierzchni rury wykorzystano zależność podaną w pracy: Kuznetsov, N. W., Nitor, W. W., Dubovski, I. E. and Karasina, E. S.: *Teplovoi raschet kotelnyh agregatov* (in Russian). ENERGIA, Moskva, 1973.

Wykorzystując funkcje i podprogramy opracowane w punkcie 1), napisano program komputerowy pozwalający na obliczanie w trybie on-line czasowo-przestrzennego rozkładu współczynnika wnikania ciepła na wewnętrznej powierzchni rury wymiennika ciepła.

Jako przykład zastosowania napisanego programu, wykonano obliczenia testowe dla pierwszego stopnia podgrzewacza wody zasilającej (ECO-1) zainstalowanego w kotle OP-210. Obliczenia numeryczne przeprowadzono za pomocą opracowanego wcześniej modelu matematycznego wymiennika (układ: rura w rurze) opartego na równaniach bilansu energii. Model ten uzupełniono o podprogramy do wyznaczania na bieżąco termofizycznych własności wody w zależności od temperatury i ciśnienia.

Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzić można poprawność obliczania w trybie on-line własności termofizycznych wody w zależności od temperatury i ciśnienia oraz wartości współczynnika wnikania ciepła na wewnętrznej powierzchni rury. Otrzymane wartości temperatury wody zasilającej na wylocie z podgrzewacza odpowiadają bowiem wartościom zmierzonym na obiekcie rzeczywistym.

W etapie 3) modelowanym zbiornikiem był zasobnik ciepłej wody użytkowej BCH 120L marki ARISTON.

Przy zadanych warunkach początkowych i brzegowych, znanych wartościach wielkości wejściowych, szukany był rozkład temperatury przestrzeni podgrzewanej objętości wody w zasobniku w pionie, w funkcji czasu. Przestrzeń zasobnika dla wody podgrzewanej była całkowicie wypełniona. Zbiornik został zamodelowany jako doskonale zaizolowany cieplnie od zewnętrznej strony płaszcza. Obliczeń dokonano w pakiecie ANSYS 12.1.

2. *Wpływ autorytetu wewnętrznych regulacyjnych zaworów grzejnikowych na ich dobór i charakterystyki hydrauliczne*, realizowanego w ramach działań badawczych związanych z rozwojem młodych naukowców, numer M9/391/DS-M/2012

Temat podzielony był na trzy części i realizowany w następujących etapach:

- 1) Opracowanie modelu matematycznego wyznaczania autorytetu wewnętrznego zaworu regulacyjnego.
- 2) Weryfikacja zaproponowanego modelu matematycznego.
- 3) Porównanie wyników uzyskanych za pomocą proponowanego modelu matematycznego z wynikami generowanymi przez dedykowane pakiety komputerowe.

W ramach etapu 1) opracowano modele matematyczne obliczania autorytetu wewnętrznego, zewnętrznego oraz całkowitego zaworu regulacyjnego. Zaproponowano dwie alternatywne wersje tych modeli – jeden, w którym używane są opory hydrauliczne poszczególnych elementów składowych obiegu oraz drugi, w którym używane są spadki ciśnień na poszczególnych elementach składowych obiegu.

Analizy przeprowadzono dla wszystkich powszechnie stosowanych w praktyce typów grzybkowych zaworów regulacyjnych, tj. dla zaworów pojedynczej regulacji, zaworów podwójnej regulacji, zaworów z jednym regulowanym przekrojem przepływu cieczy, zaworów z dwoma regulowanymi przekrojami przepływu cieczy, zaworów ręcznych oraz zaworów termostatycznych.

Zaproponowano modele matematyczne pozwalające obliczać autorytet zaworu dla dowolnej wartości jego nastawy wstępnej. Oprócz metody analitycznej zaproponowano również metodę eksperymentalno-analityczną wyznaczania autorytetu wewnętrznego zaworu.

W ramach etapu 2) weryfikacji eksperymentalnej zaproponowanej metodyki dokonano analizując wyniki pomiarów charakterystyk hydraulicznych wybranych zaworów regulacyjnych, zarówno ręcznych, jak i termostatycznych. Analiza dotyczyła zarówno zaworów już nieprodukowanych, jak i tych, które znajdują się w powszechnym użyciu. Wyniki weryfikacji eksperymentalnej potwierdziły prawidłowość zaproponowanych algorytmów i modeli matematycznych.

W ramach etapu 3) do analizy wybrano jeden z najpopularniejszych dostępnych na rynku komputerowych programów obliczeniowych służących wymiarowaniu i równoważeniu cieplno-hydraulicznemu instalacji ogrzewczych – aplikację firmy Sankom, w dedykowanej wersji firmowej dla firmy Herz Armatura i Systemy Grzewcze Sp. z o.o. Jest to część pakietu oprogramowania, z którego korzysta większość projektantów-instalatorów w Polsce, a także projektanci za granicami naszego kraju.

W programie zaprojektowano typowy obieg ogrzewczy, składający się z grzejnika z wbudowanym zaworem regulacyjnym (wkładką zaworową), pompy i sieci przewodów. W celu skrócenia obliczeń, założono, że grzejnik podłączony jest do źródła ciepła przewodami prostymi, bez przeszkód miejscowych. Straty ciśnienia czynnika przy przepływie przez grzejnik, z powodu ich bardzo małej wartości, o kilka rzędów mniejszej, niż strata ciśnienia czynnika w na zaworze, pominięto. W obiegu pracowała pompa o konkretnej, zadanej wysokości podnoszenia. Z uwagi na fakt umieszczenia źródła ciepła na tym samym poziomie co odbiornik ciepła oraz braku wychłodzenia czynnika w przewodach, ciśnienia czynne było w prostej linii ciśnieniem wytwarzanym przez pompę. W takiej też postaci wprowadzony został model instalacji do programu. Po wykonaniu obliczeń zweryfikowano obliczoną wartość autorytetu zaworu. Okazało się, że metodyka obliczeń zawarta w kodzie programu jest metodyką powszechnie dotychczas używaną w

praktyce inżynierskiej, omówioną przeze mnie w moich publikacjach, porównaną z proponowaną i podważoną.

Ponadto uczestniczyłem, jako wykonawca, w realizacji następujących zadań badawczych i projektów aplikacyjnych:

3. *Opracowanie technologii dla wysokosprawnych zero-emisyjnych bloków węglowych zintegrowanych z wychwytem CO₂ ze spalin*, realizowanym w ramach strategicznego programu badań naukowych i prac rozwojowych pt *Zaawansowane technologie pozyskiwania energii*, finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR), numer: SP/E/1/67484/10, okres realizacji: 01.05.2010 - 30.04.2015
4. *Opracowanie zintegrowanych technologii wytwarzania paliw i energii z biomasy, odpadów rolniczych i innych*, dofinansowanym w ramach strategicznego programu badań naukowych i prac rozwojowych pt. *Zaawansowane technologie pozyskiwania energii*, finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR), numer: SP/E/4/65786/10, okres realizacji: 01.07.2010 - 31.05
5. *SPIN-Skuteczny Przedsiębiorca i Naukowiec*, edycja 2013, realizowanego w ramach programu operacyjnego UE Kapitał Ludzki, Narodowa Strategia Spójności, okres realizacji: 27.10.2012-02.31.02.2013.

Celem tego programu było opracowanie strategii biznesowej dla działalności gospodarczej opartej na autorskim pomysły i komercjalizacji wyników badań.

My role in tasks 3 and 4 consisted in preparing materials for analysis, assistance in calculations and analysis of calculation results. In project 5, thanks to the proposed business strategy and the idea proposed for implementation, I obtained the possibility of completing a three-month internship at the design company NTTG Nowoczesne Technologie w Technice Grzewczej.

5.4. Członkostwo w zespołach eksperckich i konkursowych

Byłem członkiem zespołu eksperckiego konkursu pt. *Innowator Małopolski*, edycja 10, rok 2016.

Mój udział w konkursie, jako eksperta, polegał na wykonaniu audytu jakościowo-produkcyjnego jednej z małopolskich firm zgłoszonych do udziału w programie oraz ocena innowacyjności proponowanych przez nią produktów na tle produktów firm konkurencyjnych, operujących na rynku polskim.

Po wykonaniu audytów wszystkich zgłoszonych firm, przez pozostałych ekspertów, dokonywana była prezentacja wyników audytów, wraz z rekomendacją do przyznania, bądź nie przyznania tytułu *Innowatora małopolskiego* i środków finansowych na rozwój firmy.

5.5. Nagrody i odznaczenia:

Jestem laureatem 7 nagród Rektora Politechniki Krakowskiej, indywidualnych i zespołowych, za osiągnięcia naukowe, dydaktyczne oraz organizacyjne:

1. Indywidualna Nagroda rektora PK za osiągnięcie naukowe – najwyżej punktowana publikacja naukowa w 2014 roku w Politechnice Krakowskiej.
2. Indywidualna Nagroda Rektora PK za osiągnięcie naukowe w 2014 roku – wyróżniona rozprawa doktorska
3. Indywidualna Nagroda rektora PK za osiągnięcie naukowe w 2015 roku – artykuł w czasopiśmie
4. Zespołowa Nagroda Rektora PK za osiągnięcia dydaktyczne w 2015 roku – podręcznik akademicki
5. Zespołowa Nagroda Rektora PK za osiągnięcia organizacyjne w 2016 roku – współorganizacja naukowej konferencji międzynarodowej
6. Indywidualna Nagroda Rektora PK za osiągnięcia dydaktyczne w 2016 roku – podręcznik akademicki
7. Indywidualna nagroda Rektora PK za osiągnięcia dydaktyczne w 2017 roku – podręcznik akademicki.

6. Omówienie osiągnięć organizacyjnych i dydaktycznych

6.1. Osiągnięcia organizacyjne

Konferencje naukowe – organizacja i uczestnictwo w Komitecie Organizacyjnym

- 2010: Członek komitetu organizacyjnego *II Konferencji Współczesne Technologie i Urządzenia Energetyczne*, Kraków, 15-17 Wrzesień 2010
- 2013: Członek komitetu organizacyjnego *III Konferencji Współczesne Technologie i Urządzenia Energetyczne*, Kraków, 15-18 Październik 2013
- 2016: Członek komitetu organizacyjnego *IV Konferencji Współczesne Technologie i Urządzenia Energetyczne*, Kraków, 12-14 Październik 2016. Jestem ponadto autorem książki abstraktów. Wykonałem opracowanie redakcyjne, skład i łamanie tej publikacji
- 2016: Członek komitetu organizacyjnego *IX International Conference on Computer Heat and Mass Transfer ICCHMT 2016*, Kraków, 23-26 Maj 2016. Jestem ponadto autorem książki abstraktów. Wykonałem opracowanie redakcyjne, skład i łamanie tej publikacji
- 2018: Członek komitetu organizacyjnego *XI International Conference on Computer Heat, Mass and Momentum Transfer ICCHMT 2018*, Kraków 21-24 Maj 2018.

Nabór studentów na studia I i II stopnia w Wydziale Mechanicznym PK

- 2010: Członek Komisji Rekrutacyjnej Wydziału Mechanicznego Politechniki Krakowskiej
- 2011: Członek Komisji Rekrutacyjnej Wydziału Mechanicznego Politechniki Krakowskiej
- 2012: Członek Komisji Rekrutacyjnej Wydziału Mechanicznego Politechniki Krakowskiej

6.2. Osiągnięcia dydaktyczne

A) Jestem promotorem **50** prac dyplomowych, magisterskich oraz inżynierskich, prowadzonych na studiach stacjonarnych i niestacjonarnych, w tym promotorem **2** prac napisanych w języku angielskim, przez studentów zagranicznych, w ramach programu *Erasmus*. Jestem ponadto recenzentem **37** prac dyplomowych. Ponadto jestem promotorem pomocniczym w **2** następujących przewodach doktorskich:

1. Mgr inż. Tomasz Koszyła; tytuł przewodu doktorskiego: *Opracowanie systemu nagrzewania silnika spalinowego z hybrydowym układem napędowym przy zastosowaniu akumulatora ciepła*, data otwarcia przewodu: 04.07.2017
2. Mgr inż. Jarosław Król, tytuł przewodu doktorskiego: *Energy and economic analysis of combined heat and power plant using mathematical modeling (Analiza energetyczno-ekonomiczna elektrociepłowni z wykorzystaniem modelowania matematycznego)*, data otwarcia przewodu: 12.12.2018

➤ Celem pracy doktorskiej mgr inż. Tomasza Koszyły jest opracowanie metody zmniejszenia emisji toksycznych składników w gazach wylotowych podczas rozgrzewania silnika spalinowego pracującego z hybrydowym układem napędowym pojazdu. Proponowane rozwiązanie oparte jest na wykorzystaniu akumulatora ciepła do podgrzewania silnika spalinowego przed jego rozruchem. Opracowywany jest model matematyczny i symulacyjny układu chłodzenia/akumulacji, pozwalający na dobór parametrów akumulatora ciepła do danego typu silnika spalinowego. Wyniki symulacyjnych badań komputerowych modelu matematycznego zostaną porównane z wynikami doświadczalnymi obiektu rzeczywistego na stanowisku badawczym. Przeprowadzone dotychczas wstępne badania drogowe potwierdziły celowość stosowania zaproponowanego rozwiązania w pojazdach z hybrydowym układem napędowym.

W celu potwierdzenia celowości zastosowania akumulatora ciepła w pojeździe samochodowym z hybrydowym układem napędowym, na wstępie przeprowadzono badania drogowe dostępnych konstrukcji pojazdów z takim z układem napędowym. Podczas pomiarów wyznaczono przebiegi temperatury cieczy chłodzącej oraz obciążenia silnika spalinowego. Jako obiekt badań wybrano dwa produkowane seryjnie pojazdy z hybrydowym układem napędowym: Toyotę Yaris oraz Toyotę Prius I generacji. Wykonane pomiary rejestrowano od chwili uzyskania przez pojazd gotowości do jazdy podczas ruchu miejskiego w aglomeracji miasta Krakowa. Odczyt wartości mierzonych wielkości odbywał się poprzez złącze diagnostyczne EOBD za pomocą diagnoskopu typu CDIF/3. W samochodzie Toyota Prius wykonano dodatkowo pomiary dla rozgrzanego silnika przy włączonym układzie ogrzewania wnętrza, ustawionego na maksymalną moc grzewczą. Zapewniało to dodatkowe odprowadzenie ciepła z układu chłodzenia (oprócz ciepła rozpraszanego w komorze silnika), a także powodowało stały ruch powietrza w komorze silnika, wymuszony pracą wentylatora chłodnicy klimatyzacji, zwiększający efekt chłodzenia silnika spalinowego. Otrzymane wyniki potwierdziły znaczny udział fazy nagrzewania silnika spalinowego w całkowitym czasie jazdy pojazdu z hybrydowym układem napędowym podczas ruchu miejskiego. Nagrzewanie silnika spalinowego, będącego częścią hybrydowego układu napędowego, do temperatury roboczej jest procesem długotrwałym. Powolne osiągnięcie przez ciecz chłodzącą zadanej przez producenta temperatury jest wynikiem przerywanej pracy silnika spalinowego.

Opracowanie doboru akumulatora ciepła do układu chłodzenia silnika spalinowego oraz konfiguracji systemu i wyznaczenie algorytmu jego sterowania obejmuje następujący zakres prac:

- opracowanie modelu fizycznego, matematycznego a następnie symulacyjnego układu chłodzenia silnika spalinowego w pojeździe samochodowym z akumulatorem ciepła,
- analiza wyników symulacji komputerowej i wyznaczenie parametrów eksploatacyjnych układu napędowego hybrydowego,
- określenie najważniejszych cech akumulatora ciepła, dedykowanego dla danego silnika pojazdu z hybrydowym układem napędowym,

- konfiguracja układu chłodzenia, opracowanie algorytmu sterowania przepływem ciepła w układzie chłodzenia oraz akumulacji,
- budowa stanowiska pomiarowego zawierającego silnik spalinowy pojazdu z hybrydowym układem napędowym wraz z akumulatorem ciepła oraz infrastrukturą pomiarową,
- badania doświadczalne stanowiskowe, pomiar przebiegu temperatury cieczy chłodzącej w wybranych punktach układu chłodzenia,
- analiza wyników badań doświadczalnych oraz symulacyjnych,
- ewentualna modyfikacja modelu układu chłodzenia oraz algorytmu sterowania obiegiem czynnika chłodzącego, opracowanie wyników badań oraz wniosków.

Pomagam Panu mgr inż. Tomaszowi Kosztyle w analizie modeli matematycznych wymiany ciepła, doborze parametrów i właściwości termofizycznych substancji użytych w akumulatorze ciepła oraz badaniach doświadczalnych z zakresu wymiany ciepła dla analizowanych substancji.

➤ Celem pracy doktorskiej mgr inż. Jarosława Króla jest opracowanie matematycznego modelu energetyczno-ekonomicznego hybrydowej elektrociepłowni. Algorytm oblicza kompletny bilans energetyczny oraz wynik finansowy aktywowanego modułu produkcyjnego, w funkcji przyjętego zapotrzebowania na moc grzewczą. W efekcie operator instalacji może świadomie podejmować decyzję o najbardziej ekonomicznie optymalnej konfiguracji pracy hybrydowej elektrociepłowni. Model ten został wdrożony, przetestowany i użytkowany w jednej z istniejących elektrociepłowni w Polsce.

Poza wsparciem działalności operacyjnej, model matematyczny może być wykorzystany do bieżących oraz inwestycyjnych analiz, tj.: grafиковania produkcji, szacowania zużycia paliw, szacowania emisji, oceny projektów inwestycyjnych.

Pomagam Panu mgr inż. Jarosławowi Królowi w analizie literatury przedmiotu, przygotowywaniu artykułów naukowych, oraz weryfikuję wykonywane obliczenia i modele matematyczne.

B) Ponadto byłem koordynatorem i opiekunem, z ramienia Wydziału Mechanicznego Politechniki Krakowskiej, w łącznie 5 edycjach 3 studenckich programów płatnych wakacyjnych stażów przemysłowych. Wyszczególniono je poniżej.

1. *Zwiększenie liczby absolwentów na kierunku Energetyka Politechniki Krakowskiej poprzez uatrakcyjnienie procesu dydaktycznego i program stypendialny*, współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego, projekt nr UDA-POKL.04.01.02-00-050/10-00. Edycja 2013
2. *Zwiększenie liczby absolwentów na kierunku Energetyka Politechniki Krakowskiej poprzez uatrakcyjnienie procesu dydaktycznego i program stypendialny*, współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego, projekt nr UDA-POKL.04.01.02-00-050/10-00. Edycja 2014
3. *Inżynier energetyk–nowoczesny zawód dla gospodarki opartej na wiedzy*, współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego, projekt nr UDA- POKL.04.01.02–00-049/12-00. Edycja rok 2015
4. *Wysokiej jakości staże dla przyszłych inżynierów–energetyków i elektryków*, Projekt współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój, projekt nr UDA-POWR.03.01.00-00-S074/15. Edycja 2017
5. *Wysokiej jakości staże dla przyszłych inżynierów–energetyków i elektryków*, Projekt współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego w

ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój, projekt nr UDA-POWR.03.01.00-00-S074/15. Edycja 2018

Programy były skierowane do studentów III roku studiów stacjonarnych I stopnia na kierunku *Energetyka*. Głównym celem programów było podniesienie kwalifikacji zawodowych studentów, nabycie przez ich doświadczenia zawodowego i poprawa efektów kształcenia w oparciu o wymagania wskazywane przez stażodawców odnośnie do kompetencji absolwentów kierunku *Energetyka*. Tym samym efektem było podniesienie wartości, na rynku pracy, absolwentów tego kierunku.

W ramach swoich obowiązków byłem odpowiedzialny m.in. za:

- Wyszukiwanie, na terenie Polski, przedsiębiorstw o profilu działalności związanym z energetyką cieplną i elektroenergetyką, energetyką odnawialną, chłodnictwem i klimatyzacją oraz pokrewnymi
- Kontakt z ww. przedsiębiorstwami w celu prezentowania zasad programu stażowego i warunków przyjmowania studentów na staż oraz wystosowywania zapytań o chęć przystąpienia do programu
- Odpowiadanie na wszelkie pytania, pojawiające się ze strony przedsiębiorstw i związane z programem stażowym
- Kompletowanie i weryfikację dokumentów stażowych składanych przez studentów
- Przygotowywanie rankingu studentów, list osób zakwalifikowanych i rezerwowych, przekazywanie wyników konkursów kwalifikacyjnych
- Dyżury stażowe i pomoc w przeprowadzaniu studentów przez proces formalny związany z zawieraniem umów ze stażodawcami
- Hospitacje stażowe, polegające na wizytacji losowo wybranych zakładów pracy stażodawców, przeprowadzaniu niezależnych wywiadów z opiekunami stażów i stażystami odnośnie do przebiegu stażu, sprawdzaniu obecności stażystów, kart i godzin pracy, dokumentów potwierdzających odbycie szkolenia BHP, itp.

D. P. Muniak

Podpis Wnioskodawcy