

Politechnika
Wrocławska

Autoreferat

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego
z dnia 26 września 2016r.

(Dz.U. z 2016r., poz. 882 i 1311, rozdział 2, §12.2 pkt.2)

Maciej Zawiślak

Nazwa osiągnięcia naukowego:

***Metoda projektowania i modernizacji maszyn
oraz układów przepływowych z zastosowaniem
numerycznej mechaniki płynów***

Wrocław, 2018

Spis treści

1. Dane osobowe.....	4
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe i odbyte szkolenia.....	5
2.1. Stopnie, tytuły naukowe i zawodowe	5
2.2. Odbyte szkolenia	6
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.....	6
4. Osi gni cie naukowe.....	7
4.1. Tytułosi gni cia naukowego.....	7
4.2. Autor, tytułpublikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa, recenzenci wydawniczy ...	7
4.3. Omówienie celu naukowego pracy i osi gni tych wyników wraz z omówieniem ich wykorzystania	7
4.3.1. Wprowadzenie.....	7
4.3.2. Uzasadnienie podj cia studiów nad tematyk i jej zasadno ci w kontek cie rozwoju nauki.....	9
4.3.3. Cel naukowy pracy.....	10
4.3.4. Charakterystyka monografii.....	10
4.3.5. Opis autorskiej metody projektowania i modernizacji maszyn i ukłádów przepływowo- wych z zastosowaniem numerycznej mechaniki płynów	12
Przykład zastosowania metody.....	24
5. Omówienie pozostałych osi gni naukowo . badawczych	26
5.1. Udziaływ projektach badawczych i strategicznych	26
5.2. Uzyskane patenty i zgłoszenia patentowe.....	28
5.3. Opracowane technologie i metody dla przemysłu	30
5.4. Współpraca mi dzynarodowa.....	31
5.5. Współpraca z przemysłem w ramach centrów badawczo rozwojowych.....	31
5.6. Praktyki i sta e naukowe.....	32
5.7. Nagrody i wyróż nienia	33
5.8. Pełnione funkcje.....	33
5.9. Konferencje i seminaria naukowe . pełnione funkcje.....	33
5.10. Cytowania	34
Według bazy Web of Science	34
Według bazy Research Gate	34
Według bazy Google Scholar.....	34
5.11. Osi gni cia dydaktyczne.....	35
5.11.1. Utworzone kursy.....	35
5.11.2. Prowadzone zaj cia	35
5.11.3. Promotorstwo prac dyplomowych.....	35
5.11.4. Promotorstwo pomocnicze prac doktorskich	35
5.11.5. Współtworzenie nowych kierunków studiów.....	36

5.11.6. Szkolenia dla przemysłu.....	36
6. SUMARYCZNE ZESTAWIENIE KRYTERIÓW OSIAGNI WNIOSKODAWCY Wg Rozporz dzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wy szego z dnia 01.09.2011 r. w sprawie kryteriów oceny osi gni osoby ubiegaj cej si o nadanie stopnia doktora habilitowanego	36
7. Dalsze kierunki bada	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.

1. Dane osobowe

Maciej Zawislak

ur. 13.01.1976 r.

mail: maciej.zawislak@pwr.edu.pl

telefon: 888 99 77 33

Miejsce stałego zatrudnienia i stanowisko

Politechnika Wrocławska

Wydział Mechaniczny

Katedra Konstrukcji i Badań Maszyn

50-370 Wrocław, Wybrzeże Wyspiańskiego 27

Adiunkt

Obszar zainteresowań naukowych:

- Mechanika Płynów
- Matematyka: analiza matematyczna, równania różniczkowe
- Metody numeryczne w obliczeniach inżynierskich
- Metodologia projektowania maszyn i urządzeń technicznych
- Konstrukcja i eksploatacja maszyn i urządzeń przepływowych
- Modelowanie i symulacja przepływów w urządzeniach przemysłowych
- Budowa i eksploatacja jednostek pływających na wodzie płynącej
- Zjawiska termiczno-przepływowe oraz procesy chemiczne zachodzące podczas procesów spalania
- Inżynieria pojazdów
- Toksyczność rzeczywista mieszanin gazowych (metoda Bat Cell)
- Herpetologia (konstrukcje terrarystyczne i rozwijania systemowe)
- Edukacja uniwersytecka

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe i odbyte szkolenia

2.1. Stopnie, tytuły naukowe i zawodowe

2000 - magister in inier

Politechnika Wrocławska, Wydział Mechaniczny, studia magisterskie, kierunek: mechanika i budowa maszyn

Tytuł pracy: Analiza przepływu profili nożnych z zastosowaniem systemu obliczeniowego FIDAP+

Promotor: prof. dr hab. inż. Jan Kulczyk

W ramach pracy wykonano numeryczną analizę przepływu wokół profili nożnych stosowanych w lotnictwie oraz okrętownictwie. Wykonano charakterystyki oporowe oraz charakterystyki sił nożnych dla trzech wybranych profili wykorzystując metodę elementów skończonych, na której bazował program FIDAP.

Praca była pierwszą pracą magisterską na Wydziale Mechanicznym Politechniki Wrocławskiej z zastosowaniem numerycznej mechaniki płynów.

2005 – doktor nauk technicznych

Politechnika Wrocławska, Wydział Mechaniczny, studia doktoranckie

Rozprawa doktorska pt. Wpływ głębokości drogi wodnej na opór lepki ciał statku różni kształtu

Promotor: prof. dr hab. inż. Jan Kulczyk

Rozprawa doktorska została wyróżniona.

W ramach pracy opracowano nową metodę wyznaczania oporu lepkiego statków w stosowanej metodzie Freudego z współczynnikami kształtu, zmieniając dotychczasowe podejście do obliczenia oporu całkowitego statku na wodzie płynącej. Na bazie równania Naviera-Stokesa oraz modeli turbulencji wyprowadzono zależności do wyznaczania składowego lepkiego oporu dla modelu i dla statku. Metoda ta w porównaniu do stosowanego dotychczas podejścia pozwoliła na eliminację zakłóceń fizycznych zjawiska oraz otrzymanie najlepszych wyników. Wdrożona została w Ośrodku Hydromechaniki Okrętowej w Gdańsku jako narzędzie wspomagające wyznaczenie oporu jednostek pływających na wodzie płynącej.

2.2. Odbyte szkolenia

2009. Workbench 2 . geometria, siatki, CFD post

Szkolenie związane było ze zdobyciem wiedzy z zakresu nowych metod modelowania siatki numerycznej. Podczas szkolenia udoskonalono ponadto umiejętność prawidłowej budowy siatki obliczeniowej oraz definiowania warunków brzegowych obliczeń przepływowych w aspekcie ich wpływu na jakość wyników analiz numerycznych.

2013 . Zarządzanie Projektami (szkolenie i warsztaty praktyczne)

W ramach szkolenia zdobyto wiedzę teoretyczną, kompetencje i umiejętności zarządzania interdyscyplinarnym zespołem naukowym.

2014 . Zintegrowane Zarządzanie Projektami. Kompendium Project Managera.

W ramach szkolenia podniesiono wiedzę, kompetencje i umiejętności zarządzania interdyscyplinarnym zespołem naukowym.

2016 . Szkolenie z doskonalenia techniki jazdy Szkoła Jazdy SUBARU . szkolenie związane z zainteresowaniami pozanaukowymi

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

2005 – 2008 . Politechnika Wrocławska, Wydział Mechaniczny, Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn, Zakład Modelowania Maszyn i Urządzeń Hydraulicznych oraz Statków Ródlodowych . asystent

2008 – 2014 . Politechnika Wrocławska, Wydział Mechaniczny, Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn Zakład Modelowania Maszyn i Urządzeń Hydraulicznych oraz Statków Ródlodowych . adiunkt

2015 – Politechnika Wrocławska, Wydział Mechaniczny, Katedra Konstrukcji i Badań Maszyn . adiunkt

4. Osi gni cie naukowe

4.1. Tytułosi gni cia naukowego

Tytułem osi gni cia naukowego wynikaj cego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o 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.) jest:

Metoda projektowania i modernizacji maszyn oraz ukłádów przepływowych z zastosowaniem numerycznej mechaniki pływów

Metod przedstawiono w monografii o tym samym tytule.

4.2. Autor, tytułpublikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa, recenzenci wydawniczy

Autor: Maciej Zawilak

Tytułpublikacji: Metoda projektowania i modernizacji maszyn oraz ukłádów przepływowych z zastosowaniem numerycznej mechaniki pływów

Rok wydania: 2017

Nazwa wydawnictwa: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, liczba stron 309

ISBN 978-83-7143-472-6

Recenzenci wydawniczy:

prof. dr hab. inż. Jan Kulczyk

dr hab. inż. Jarosław Bartoszewicz, prof. PP

4.3. Omówienie celu naukowego pracy i osi gni tych wyników wraz z omówieniem ich wykorzystania

4.3.1. Wprowadzenie

Dynamiczny postęp w dziedzinie nauk technicznych w ciągu ostatnich dziesięcioleci spowodował konieczność rozwoju narzędzi matematycznych i numerycznych wspomagających rozwiązywanie licznych problemów naukowych i inżynierskich w projektowaniu, poprawie sprawności oraz parametrów użytkowych maszyn i urządzeń.

Numeryczna mechanika pływów, przy odpowiednim podejściu naukowym i do wiadczeniu praktycznym użytkownika, jest idealnym narzędziem do poprawy klasycznych metod stosowanych w projektowaniu maszyn przepływowych. Powszechnie wykorzystywane

metody klasyczne projektowania powstawały na przestrzeni lat, na bazie doświadczeń projektantów, wypracowane zalecenia i metody matematyczne oraz badania doświadczalne i dotyczą zazwyczaj konkretnej grupy urządzeń (np. pomp, wentylatorów, zaworów), a nie całych układów przepływowych. Metody te cechują ponadto pewne ograniczenia, ponieważ nie wszystkie zachodzące zjawiska można przewidzieć (w szczególności w aspekcie działania całego układu przepływowego) i zaobserwować. Dopiero metody CFD umożliwiają obserwację całego przepływu w przestrzeni wirtualnej i poprawę elementów/systemów przepływowych w obszarach, których w metodach klasycznych nie można było zidentyfikować.

Można zaryzykować stwierdzenie, że wszystkie klasyczne metody projektowania maszyn i urządzeń przemysłowych (a szczególnie całych układów) wymagają weryfikacji. Przede wszystkim dotyczy to poprawy ogólnej sprawności i energochłonności urządzeń i systemów przepływowych dużej mocy. Obecnie skuteczne projektowanie sprawnych, przepływowych urządzeń przemysłowych bez stosowania metod CFD wydaje się wręcz niemożliwe.

Metody CFD umożliwiają dodatkowo (w przeciwieństwie do klasycznych metod projektowania) analizowanie urządzeń przepływowych wraz z ich otoczeniem. Można tu przytoczyć prosty przykład wentylatora swobodnie montowanego w wyrobisku kopalnianym. Metody klasyczne pozwalają na zaprojektowanie go, natomiast nie umożliwiają wykonania analizy wpływu kształtu czerpni powietrza na zjawiska przepływowe. Dopiero metody numeryczne CFD umożliwiają obserwację przepływu w całym układzie i wyciągnięcie odpowiednich wniosków.

Wieloletnie doświadczenia naukowe, również we współpracy z przemysłem, w obszarze konstrukcji maszyn przepływowych oraz innych obiektów i systemów technicznych związane z przepływem płynu, skłoniły mnie do przedstawienia możliwości zastosowania numerycznej mechaniki płynów (CFD - *Computational Fluid Dynamics*) jako bardzo skutecznego narzędzia, do rozwiązywania problemów z pogranicza nauki i inżynierii, a przede wszystkim do zdefiniowania metody projektowania i modernizacji maszyn oraz układów przepływowych z zastosowaniem CFD.

Metoda, z której zastosowaniem można projektować lub modernizować zarówno pojedyncze maszyny, jak i całe systemy przepływowe jest pierwszą uniwersalną metodą projektowania z zastosowaniem numerycznej mechaniki płynów.

4.3.2. Uzasadnienie podjęcia studiów nad tematyką i jej zasadności w kontekście rozwoju nauki

Podczas dotychczasowej pracy naukowej w obszarze projektowania i modernizacji maszyn oraz układów przepływowych stwierdziłem i przeanalizowałem niedoskonałości stosowanych klasycznych metod projektowania w obszarze m.in. wyznaczania oporu statków na wodzie płynącej. Dzięki zastosowaniu numerycznej mechaniki płynów w 2005 roku zaproponowałem metodę własną, stosowaną do dnia dzisiejszego w Centrum Techniki Obronowej w Gdańsku.

Bazując na doświadczeniu naukowym oraz praktycznym w roku 2012, biorąc udział w jednym z projektów strategicznych, opracowałem również metodę projektowania kotłów energetycznych dla technologii spalania w atmosferze utleniającej z zastosowaniem CFD.

Stosując numeryczną mechanikę płynów opracowałem zatem dwie autorskie metody szczególne:

- Metoda wyznaczania oporów kadłuba statku na wodzie płynącej
- Metoda projektowania płynowych kotłów energetycznych w technologii spalania OXY

Osobiście te skłoniły mnie rozpocząć badania nad opracowaniem uogólnionej metody projektowania maszyn i układów przepływowych z zastosowaniem numerycznej mechaniki płynów.

W celu potwierdzenia potrzeby opracowania metody przeprowadzono dwuetapowe studium literaturowe:

- 1) ETAP 1 . analiza publikacji w celu zapoznania się z problemami, które rozwijane są obecnie dzięki CFD w różnych obszarach nauki:
 - Energetyce
 - Modelowaniu zjawisk aerodynamicznych i hydrodynamicznych
 - Budownictwie oraz ochronie zdrowia i środowiska człowieka
 - Inżynierii chemicznej, bioinżynierii i biotechnologii
- 2) ETAP 2 . analiza publikacji w zakresie metod projektowania maszyn i urządzeń przepływowych oraz teorii projektowania inżynierskiego.

Na podstawie wnikliwej analizy stwierdzono:

- brak uogólnionej, syntetycznej metody projektowania maszyn i układów przepływowych
- liczne błędy metodologiczne i projektowe w pracach naukowych oraz projektach technicznych dotyczących maszyn i układów przepływowych

- konieczno opracowania metody pozwalaj cej na prowadzenie prac naukowych oraz projektowych w obszarze budowy i eksploatacji zarówno maszyn, jak i układow przeplywowych w sposob pozwalaj cy na redukcj a wr cz eliminacj najcz ciej popejnianych by dów.

Zjawiska zwi zane z przeplywem medium roboczego (gazowego lub ciekjeg o) towarzysz niew tpliwie wi kszo ci maszyn oraz systemów technicznych wplywaj c w wi kszym lub mniejszym stopniu na ich sprawno , trwaö i niezawodno .

Analiza problemów naukowych zwi zanych z badaniem wplywu zjawisk przeplywowych na etapie projektowania i eksploatacji maszyn i systemów technicznych, a w efekcie opracowanie oryginalnej metody projektowania i modernizacji maszyn oraz układow przeplywowych z zastosowaniem metod numerycznej mechaniki plynów, stanowi znac z cy wkład w rozwój dyscypliny naukowej Budowa i Eksploatacja Maszyn.

4.3.3. Cel naukowy pracy

Celem naukowym pracy byö opracowanie metody projektowania i modernizacji maszyn oraz układow przeplywowych z zastosowaniem numerycznej mechaniki plynów w oparciu o dotychczasowe osi gni cia nauki, oraz do wiadczenia wjasne w sposob:

- ujmuj cy problem caö ciowo i logicznie,
- przedstawiaj cy kolejno post powania i wykorzystuj c do rozwi za w skali mikro istniej ce metody, w tym przede wszystkim oprogramowanie CFD,
- proponuj cy rozwi zanie zada brzegowo-pocz tkowych przez profesjonalne, kompleksowe, zintegrowane oraz interaktywne podej cie.

4.3.4. Charakterystyka monografii

W monografii przedstawiono przykjady zastosowania metod numerycznych w modelowaniu i symulacji procesów zachodz ych z udziaem plynów (cieczy i gazów) w zró nicowanych warunkach, zaö eniach oraz dla osi gni cia ró nych celów naukowych oraz uzytecznych. Przedstawiono obszary techniczne gdzie istniej wytyczne i zalecenia do projektowania oraz obszary gdzie takich wytycznych praktycznie nie ma.

W celu wprowadzenia w podstawy teoretyczne numerycznej mechaniki plynów, w rozdziale drugim przedstawiono i krótko scharakteryzowano podstawowe wja ciowo ci plynów, rodzaje stosowanych metod badawczych, podstawowe równania opisuj ce przeplyw oraz podstawy teoretyczne metody RANS. Przedstawiono równie etapy projektowania w

modelowaniu CFD, omawiając poszczególne kroki budowy modelu geometrycznego, dyskretnego, wyboru modelu obliczeniowego, warunków brzegowych oraz interpretacji wyników obliczeń. Określono także miejsce CFD w projektowaniu.

W rozdziale trzecim zaprezentowano wyniki analizy trendów aplikacyjnych numerycznej mechaniki płynów, rozdzielając je tematycznie na cztery główne obszary: 1) energetykę, 2) modelowanie zjawisk aerodynamicznych i hydrodynamicznych, 3) budownictwo i ochronę zdrowia człowieka, 4) inżynierię chemiczną, bioinżynierię i biotechnologię. Przytoczono również najbardziej oryginalne i interesujące naukowo, zdaniem autora, publikacje w danym obszarze zastosowań.

W kolejnych rozdziałach pracy omówiono najbardziej interesujące, pod względem naukowym oraz osigniętych rezultatów, przykłady badań własnych autora tej monografii, w których zastosowano narzędzia numerycznej mechaniki płynów. Tym rozpoczyna rozdział czwarty, w którym opisano zastosowanie metod CFD w rozwiązywaniu problemów jednostek pływających. Zaprezentowano podstawowe zagadnienia związane z jednostkami pływającymi, takie jak fizyczne czynniki i uwarunkowania powstawania oporu ruchu statku i metody wyznaczania oporu. Następnie przedstawiono przykłady wyznaczania oporu całkowitego białek dla wody słodkiej oraz analiz pod kątem możliwości zalewania pokładu jednostki pływającej i mostu przeprawowego.

W rozdziale piątym opisano doświadczenia autora w znanym modelowaniu procesów spalania w głąb. Omówiono szczegółowo modele CFD w procesie spalania oraz teorię modelowania spalania z uwzględnieniem radiacji i chemizmu formowania się zanieczyszczeń. Sposób zastosowania modeli podano na przykładzie obiektu rzeczywistego – pieca opadowego. Przedstawiono również przykład modelowania czynnika konwekcyjnej kotła i przykład obliczeń pieca rusztowego.

Rozdział szósty jest poświęcony modelowaniu przepływu powietrza i spalin przez kanały przemysłowe. Rozdział podzielono tematycznie na dwa główne zagadnienia różniące się charakterem przepływającego medium: kanały wentylacyjne powietrza czystego oraz kanały spalin. Przedstawiono przykłady z obu przypadków różniące się geometrią oraz celem wykonywanych symulacji. W rozdziale omówiono: określenie wymiarów wyrobisk dolotowych do głównego szybu wentylacyjnego, poprawę sprawności instalacji przepływowej przez modernizację dolotu powietrza procesowego do wentylatorów, analizę przepływu powietrza pierwotnego i wtórnego w bloku energetycznym elektrowni. W odniesieniu do spalin podjęto także kwestie jak osadzanie się pyłów w kanałach, problem erozji cieńrej oraz poprawa skuteczności działania systemu odpylającego.

W rozdziale siódmym zaprezentowano zagadnienie poprawy sprawności maszyn i urządzeń z roboczym elementem wirującym. Omówiono najczęściej występujące problemy, a następnie podano konkretne przykłady rozwiązań problemów eksploatacyjnych takich

urządzenia, jak wentylatory (osiowe, promieniowe) oraz pompy wirowej, gdzie skupiono się w szczególności na kawitacji. Zaprezentowano także przykład ciekawych i nietypowych obliczeń dotyczących rozprysku oleju w mechanizmie różnicowym pojazdu. Rozdział zakończono przykładem aplikacji przemysłowej, jak były obliczenia mieszalnika cieczy wieloskładnikowej w celu poprawy jego sprawności.

Efektywność teoretycznych i praktycznych autorów monografii zawarto w ósmym rozdziale. Omówiono w nim numeryczną mechanikę płynów jako interdyscyplinarną naukę obliczeniową oraz metodę integracji teorii i eksperymentu. Jest to wprowadzenie do przedstawienia autorskiej metody projektowania i modernizacji maszyn oraz układów przepływowych na bazie metod CFD. Podkreślono znaczenie priorytetu przepływowego dla projektowania i modernizacji maszyn i urządzeń przepływowych, o czym wielu projektantów zapomina. Wprowadzono wieloetapową analizę danych potrzebnych do projektowania układów przepływowych. W metodzie podkreślono znaczenie obserwacji zjawisk przepływowych wizualizowanych za pomocą CFD, podzielonej na trzy etapy, jako głównego elementu zarówno w diagnostyce, jak i predykcji charakterystyki pracy projektowanych lub modernizowanych maszyn, albo układów przepływowych. Wprowadzono zestaw dwudziestu pytań, na które należy odpowiedzieć na etapie wnioskowania w celu oceny rozwiązania numerycznego (szczegółowo przedstawionych w monografii). Wprowadzono pięć ek krytycznych w procesie projektowania, które prowadzą do terminacji projektu.

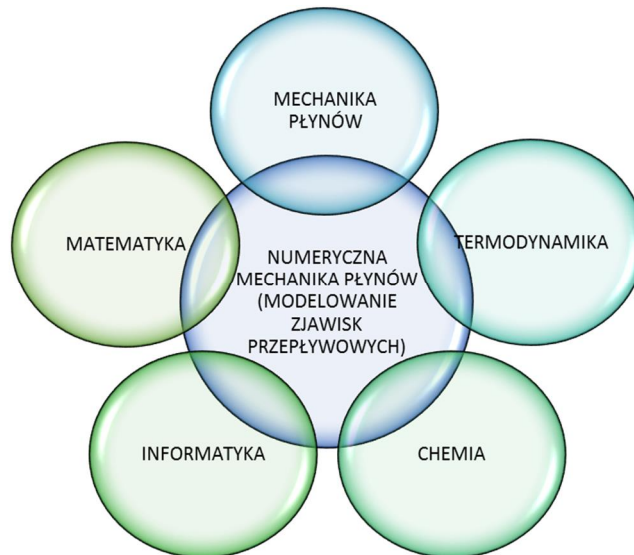
4.3.5. Opis autorskiej metody projektowania i modernizacji maszyn i układów przepływowych z zastosowaniem numerycznej mechaniki płynów

Mechanika płynów, będąca działem mechaniki ośrodków ciągłych zajmującym się analizą ruchu płynu, to także dziedzina techniki i działalności inżynierskiej. Nie będzie bowiem przesadą stwierdzenie, że większość procesów przemysłowych, w sposób oczywisty, bazuje na zjawiskach występujących w obszarze mechaniki płynów. Oczywiście ta wiara się opiera na specyficznym, branżowym nazewnictwie (niestosującym bezpośrednio pojęcia ciecz, gaz lub płyn). Jednak analiza większości projektów inżynierskich i technicznych wskazuje, że zachodzące na obiekcie technicznym zjawiska fizyczne, determinujące całość procesu projektowania, choć ściślej można opisać za pomocą modeli z obszaru komputerowej mechaniki płynów (Computational Fluid Mechanics) nazywanej również numeryczną mechaniką płynów.

Numeryczna mechanika płynów (rys. 1) jako dział nauk obliczeniowych, jest dziedziną badań o charakterze interdyscyplinarnym w następujących obszarach:

- mechaniki płynów (bazowej dyscypliny naukowej lub inżynierskiej, kładącej nacisk na wiedzę oraz właściwą interpretację uzyskanych rezultatów badań),

- informatyki (zagadnienia efektywności metod i algorytmów numerycznych, ich zastosowania do obliczeniowych oraz realizacji komputerowych),
- matematyki (precyzja sformułowania aproksymacyjnych i badanie ich własności, takich jak zbieżność, dokładność oraz funkcje optymalizacyjne),
- termodynamiki (zjawiska przemian gazowych),
- chemii (własności cząsteczek jako indywidualności chemicznych).



Rys. 1. Graficzna interpretacja interdyscyplinarnego ujęcia numerycznej mechaniki płynów

Interdyscyplinarność nauki komputerowej, jak jest numeryczna mechanika płynów oraz celowość jej stosowania do rozwoju mechaniki płynów, wynikają ze specyfiki podstawowego równania, na którym bazuje cała dyscyplina – równania Naviera-Stokesa. Mogłoby się wydawać, że sytuacja, w której zjawiska zachodzące w analizowanych przepływach definiuje jedno równanie jest znacznym ułatwieniem dla badaczy. W rzeczywistości rozwiązanie tego równania dla istotnej klasy przepływów nie jest możliwe. Jest to jeden z siedmiu tzw. problemów milenijnych matematyki. Nadal aktualna jest ufundowana w 2000 r. przez Clay Mathematics Institute nagroda w wysokości 1 miliona dolarów dla naukowca, który wykaże matematycznie jednoznacznie rozwiązanie tego pozornie prostego równania.

Ze względu na to zasadniczo trudno rozwój mechaniki płynów na przestrzeni wieków odbywał się powoli i własności dopiero w ostatnich dziesięcioleciach można mówić o znacznym postępie, zapoczątkowanym pracami genialnego obserwatora przepływów Ludwiga Prandtla, a następnie rozwojem metod numerycznych (metod CFD), bazujących na metodzie RANS, które dzięki podejściu iteracyjnemu umożliwiają uzyskanie zbioru przybliżonych rozwiązań nierozwiązalnych matematycznie równań.

Należy tu podkreślić nieprzypadkowe użycie słowa obserwator w odniesieniu do postaci Ludwika Prandtla. Mechanika płynów i wszystkie teorie z nią powiązane w dużej mierze polegają bowiem na obserwacji. Najlepszym przykładem jest wykorzystanie obserwacji przepływowych występujących naturalnie w przyrodzie, na podstawie których można z całą pewnością wyciągać wnioski mogące znaleźć zastosowanie podczas projektowania maszyn i urządzeń przepływowych. Można by przewrotnie powiedzieć, że płyn nie należy suchy, jak ma płyn, a należy mu jedynie nie przeszkadzać. Obserwacja przepływu, a dla CFD obserwacja wizualizacji wyników obliczeń przepływu (w tym animacja) jest podstawą procesu wnioskowania (w zasobach Internetu można spotkać również tzw. art bran owoy w postaci humorystycznego tłumaczenia skrótu CFD jako Colour Fine Drawing, tj. kolorowe, ładne rysowanie). Z tego względu czysto powołać warto ciałymi wynikami badań rysunki oraz, w przepływach niestacjonarnych, animacje obrazujące analizowane parametry przepływu (np. pola ciśnień, prędkości, stężenia, linie prądu, pola temperatur).

Wiadomo, że poznanie rzeczywistości i analiza zjawisk może być w wyniku postępowania do wiadczalnego (empirycznego) oraz teoretycznego. Zatem można przyjąć, że do wiadczalnego i teoria stanowi dwa powszechne, fundamentalne filary nauki. Niewątpliwie do wiadczalnego sugeruje i uwiarygodnia teorię, natomiast teoria sugeruje i interpretuje do wiadczalnego. Metody obliczeniowe mają istotne znaczenie zarówno w fazie tworzenia nowej teorii, jak i wspomagania eksperymentu.

Sugerowanie teorii może nastąpić z jednej strony dzięki wykonywaniu bardzo dokładnych obliczeń na bazie wyników eksperymentu. Z drugiej strony teoria umożliwia interpretację wyników otrzymanych z zastosowania metod komputerowych.

Należy również pamiętać, że metody numeryczne, jak CFD, mogą dostarczać informacji o zjawiskach, których badanie eksperymentalne jest trudne czy wręcz niemożliwe (przez modelowanie i symulacje rzeczywistych procesów. np. procesów: spalania, odlewniczych, przepływu płynów o parametrach nadkrytycznych). Obliczenia CFD mogą umożliwić uniknięcie wpływu tzw. efektu skali w opływie swobodnym przez modelowanie obiektów w rozmiarach rzeczywistych. Dzięki wykonanym symulacjom można również sugerować rodzaj i typ eksperymentu, analizować jego wynik czy wspomagać sterowanie aparatury pomiarowej (sugerować lokalizację punktów monitoringu itp.). Eksperyment dostarcza również danych, które dzięki symulacji komputerowej mogą być podstawą powiązania teorii z do wiadczalnym.

Najważniejszymi cechami numerycznej mechaniki płynów w aspekcie zastosowania teorii i eksperymentu do projektowania inżynierskiego są:

- kompleksowo modelowanych zjawisk
- możliwość eliminacji eksperymentu
- wizualizacja zjawisk.

Należy podkreślić, że CFD, ze względu na swoją specyfikę, nie jest typowym narzędziem inżynierskim (jak to często bywa w oprogramowaniu typu CAE), a naukowym. Jak wspomniano, aby poprawnie z niego korzystać, należy mieć wiedzę obejmującą kilka obszarów nauki. Na podstawie programów CFD można jednak stworzyć typowe narzędzie inżynierskie, tzw. nakładkę na system. Umożliwia ona obliczanie jednego branżowego rozwinięcia technicznego bez szerszego zgłębiania teorii przepływu.

Interpretowanie wyników symulacji polega głównie na obserwacji modelowanych zjawisk przepływowych. Obserwacji wyników można podzielić na:

- 1) fizyczne rozwinięcia
- 2) analizę ryzyka
- 3) adekwatność wyników do celów.

Metody CFD, przy odpowiednim podejściu naukowym i do wiadomości praktycznym użytkownika, są idealnym narzędziem do poprawy klasycznych metod stosowanych w projektowaniu maszyn przepływowych. Powszechnie wykorzystywane metody klasyczne powstawały na przestrzeni lat, na bazie doświadczeń projektantów, wyprowadzone zaleźno z matematycznych oraz badań doświadczalnych. Mają one jednak pewne ograniczenia, ponieważ nie wszystkie zachodzące zjawiska można przewidzieć (w szczególności w aspekcie działania całego układu przepływowego) i zaobserwować. Dopiero metody CFD umożliwiają obserwację całego przepływu w przestrzeni wirtualnej i poprawę elementów/systemów przepływowych w obszarach, których w metodach klasycznych nie można było zidentyfikować. Można zaryzykować stwierdzenie, że wszystkie klasyczne metody projektowania maszyn i urządzeń przemysłowych (a szczególnie całych układów) wymagają weryfikacji. Przede wszystkim dotyczy to poprawy ogólnej sprawności i energochłonności urządzeń i systemów przepływowych dużej mocy. Obecnie skuteczne projektowanie sprawnych, przepływowych urządzeń przemysłowych bez stosowania metod CFD wydaje się wręcz niemożliwe.

Podczas projektowania instalacji przemysłowej ważne jest jasne sprecyzowanie znaczenia poszczególnych zjawisk zachodzących w instalacji i nadanie im priorytetów w procesie projektowania. Jeżeli jest to instalacja, w której dominujące znaczenie mają procesy przepływowe, to priorytet w procesie projektowania, w oczywisty sposób, powinny mieć zjawiska związane z przepływem. Niestety, bardzo często można spotkać się z sytuacją, w której priorytetowe znaczenie nadaje się branży budowlanej przygotowującej np. wytyczne pod konstrukcję hali produkcyjnej. Określa się po prostu elementy linii technologicznej, a potem następuje dowolne ułożenie elementów systemu przepływowego dopasowane do wytycznych branży budowlanej. W efekcie somija się + kanałami procesowymi filary, belki stropowe itp. Powoduje to niekorzystne przepływowo

poprowadzenie kanałów przepływowych, co w konsekwencji powoduje szybsze ich zużycie oraz prac układowe sprawności mniejsze niż oczekiwana.

Schemat metody projektowania i modernizacji maszyn oraz układów przepływowych z zastosowaniem CFD

Projektowanie techniczne w obecnych czasach wymaga stosowania zasad i praw z wielu dziedzin nauki, między innymi z teorii informacji, teorii systemów oraz podejmowania decyzji w celu doboru odpowiednich metod analizy i syntezy. Wynikiem postępowania projektotwórczego jest rozwiązanie projektu. Projekt musi być:

- adekwatny . stanowi rozwiązanie konkretnego problemu (zadania projektowego),
- trafny . czyli zgodny z przyjętymi kryteriami oceny oraz współczesnym stanem wiedzy,
- wykonalny . rozwiązanie problemu musi być możliwe do zrealizowania w praktyce technicznej.

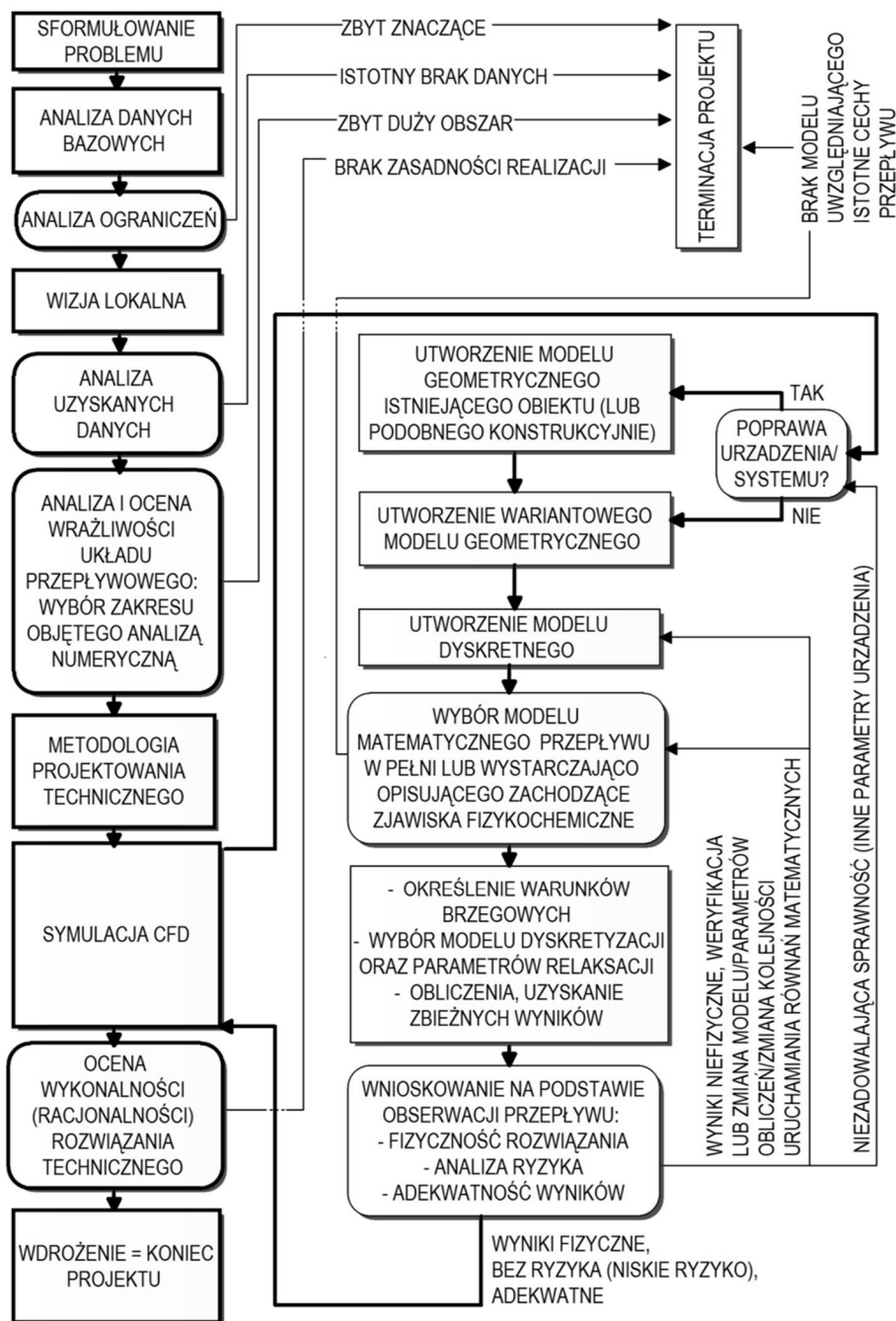
Wynikiem, częściowo opisanego w tej książce, do wiadomości autora w modelowaniu zjawisk przepływowych dla obiektów istniejących i nowo projektowanych jest stworzenie metody postępowania w projektowaniu maszyn i układów przepływowych (rys. 2).

W metodzie podkreślono znaczenie wnioskowania na podstawie obserwacji, w procesie projektowania tej grupy urządzeń i systemów technicznych.

W książce przedstawionych w książce przykładów wykonanych przy zastosowaniu opisanej autorskiej metody zostały wdrożone do praktyki gospodarczej, potwierdzone badaniami i zweryfikowane w długookresowej eksploatacji, co uzasadnia stosowanie opracowanej metody w praktyce projektowej.

Autorska metoda ujmuje problem projektowania i modernizacji maszyn i układów przepływowych częściowo, w sposób logiczny przedstawiając kolejno postępowania i wykorzystując do rozwiązania w skali mikro istniejące metody . przede wszystkim metody CFD.

W literaturze krajowej i zagranicznej brak jest kompleksowego podejścia, integracji baz danych, wizji lokalnych, wyników eksperymentalnych i oprogramowania specjalistycznego. Metoda ta proponuje rozwiązanie zadań brzegowo-początkowych poprzez profesjonalne, zintegrowane, interaktywne podejście.

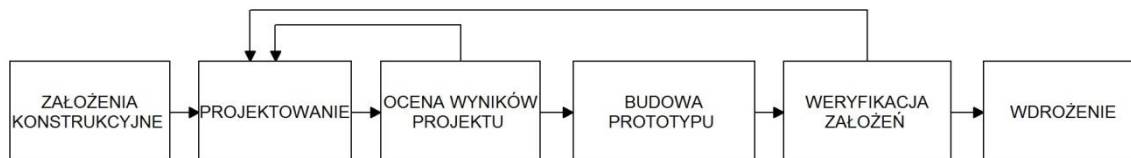


Rys. 2. Schemat metody projektowania i modernizacji maszyn i układów przepływowych z zastosowaniem programów CFD

Pomimo istnienia licznych publikacji po wi conych metodom projektowania maszyn i systemów technicznych nie spotkano si z publikacjami po wi conymi metodom projektowania maszyn i ukłdów przepływowych w uj ciu cao ciowym, które wymagaj specyficznego podej cia do projektowania z uwzgl dnieniem priorytetów przepływowych.

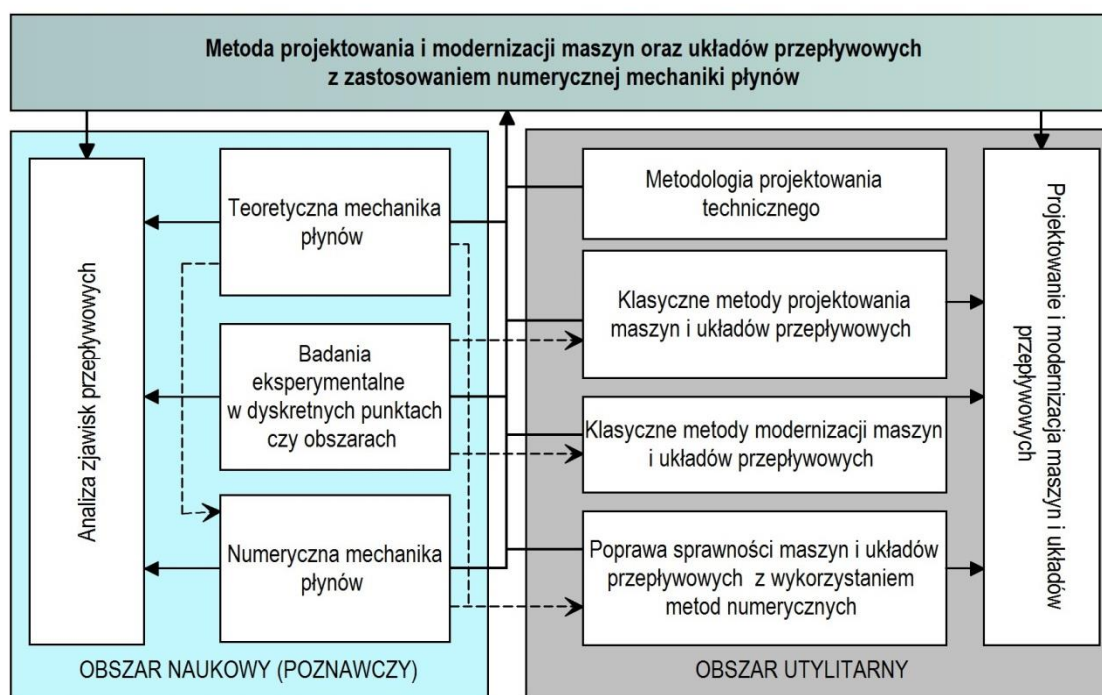
Prezentowane w publikacjach metody ogólne projektowania, których przykjadem s metody przedstawione przez takich autorów jak Dietrich i inni, Dziama, Pahl, Tarnowski, Khandani, Kowalski, Osi ski, jak równie metody zorientowane na specyficzne problemy, jak

na przykład problemy eksploatacyjne (np. Ójkowski i inni) czy problemy logistyczne (np. Rohaty ski i inni) oraz metody proponuj ce zastosowanie komputerowego wspomagania projektowania (np. Pawjowski) mog zosta opisane weduj ogólnego schematu przedstawionego na rysunku rys. 3.



Rys. 3. Schemat klasycznej metody projektowania technicznego

Umieszczenie autorskiej metody projektowania i modernizacji maszyn oraz ukłádów przeplywowych z zastosowaniem CFD na tle obszaru poznawczego i uzytarnego przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Umieszczenie metody na tle obszaru poznawczego i uzytarnego

Podstawowym etapem w metodzie projektowania z zastosowaniem metod CFD (jak równie w innych projektach) jest prawidowe i precyzyjne sformulowanie problemu. Naley zdefiniowa obszar techniczny i naukowy, którego dotyczy problem, obiekt oraz procesy w nim zachodz ce (np. chemiczne), a tak e okre li przesłanki do podj cia problemu. Konieczne jest równie szacunkowe okre lenie zakresu ukłádu, który powinien by obj ty analiz przeplywow . Od tego istotnie zaley dalsze post powanie . jest to wst pne

przyjęcie lub odrzucenie wyzwania projektowego w zależności od możliwości obiektywnej oceny projektanta co do realnych możliwości wykonania zadania.

Następnym etapem jest analiza i weryfikacja posiadanych danych, np. aktualność posiadanej dokumentacji technicznej dla istniejącej instalacji (z wprowadzonymi wszystkimi ewentualnymi zmianami remontowymi) oraz parametrów dotyczących przepływu. Zazwyczaj na tym etapie diagnozowane są braki w zakresie podstawowych, niezbędnych do realizacji projektu danych, a czasami identyfikowany jest brak możliwości ich pozyskania z różnych przyczyn. Zdarzają się sytuacje, w których pewne informacje są niejawne, a nawet ściśle chronione, tzw. Know-how (np. skład mieszaniny płynnego medium roboczego w układzie). Punktem krytycznym są te ograniczenia stawiane przez zleceniodawcę – oczekiwanie przez zleceniodawcę osiągnięcia zakładanego efektu przy braku jakiegokolwiek ingerencji w geometrię czy położenie elementu/układu przepływowego nie jest czymś rzadko spotykanym. Na pozór prozaiczne lokalne uwarunkowania techniczne, np. wszelkiego rodzaju przeszkody budowlane (słupy, filary czy giętkie komunikacyjne, przejście medium do następnych faz produktu, możliwości mocowania i fundamentowania), czasem ograniczają możliwości poprawy czy projektowania nowego elementu przepływowego. Jest to, wspomniany wcześniej, brak zachowania priorytetu przepływowego. Podjęcie decyzji o zasadności realizacji projektu na tym etapie musi poprzedzić dogłębna analiza zgromadzonych materiałów. Jeśli zostanie stwierdzone, że napotkane ograniczenia będą prowadziły do niepowodzenia projektu, na tym etapie należy go zakończyć.

Istotnym etapem realizacji metody jest konieczne przeprowadzenie wizji lokalnej. Jest ona nieodzowna przy projektowaniu zarówno nowych, jak i modernizacji istniejących układów i elementów przepływowych. Na tym etapie często okazuje się, że posiadane (przekazane) materiały nie są jednak kompletne, a narzucone wcześniej ograniczenia są mniejsze lub, co gorsza, większe niż na początku twierdzono. Wizja lokalna umożliwia także stwierdzenie, czy istnieją możliwości techniczne do wykonania dodatkowych pomiarów i zdobycia dodatkowych danych projektowych (np. obecność wężów, króćców pomiarowych). Można również określić zasadność przeprowadzenia badań inwazyjnych. Gdy istnieje możliwość przeprowadzenia badań nieinwazyjnych, określa się miejsce wykonania takich pomiarów. Podczas wizji lokalnej można również określić, czy istnieje swobodny i bezpieczny dostęp do poszczególnych elementów układu. Wizja lokalna jest szczególnie ważna dla zbierania danych projektowych; często również determinuje zasadność kontynuacji realizacji projektu.

Po zakończeniu poprzednich etapów dochodzi się do etapu analizy oceny wrażliwości układu na projektowany element. Na tym etapie należy ocenić precyzyjnie, jak duży obszar należy analizować i modelować przepływowo oraz ustalić, czy w instalacji nie będą prowadzone inne prace modernizacyjne. Obszar, który podlega analizie, powinien być na

tylko do tego, aby obejmowały wszystkie wpływy zewnętrzne, które mogą powodować pracę projektowanego elementu poza punktem maksymalnej sprawności. Należy pamiętać o priorytecie przepływowym dla takich układów oraz ich zachowaniu, co często jest niemożliwe ze względu na zewnętrzne warunki techniczne i budowlane.

Na tym etapie projektowania może dojść do terminacji projektu z powodu zbyt dużego obszaru, który należy przyjąć do obliczeń lub braku możliwości zachowania priorytetu przepływowego.

Metoda projektowania i modernizacji maszyn i układów przepływowych z zastosowaniem CFD nie może nie uwzględniać elementów teorii zawartej w metodologii projektowania technicznego. Niestety, bardzo często jest ona pomijana podczas pracy projektantów. W efekcie powstają urządzenia i modernizacje urządzeń w utartych schematach (bez innowacji czy nowego spojrzenia na zagadnienie). Układy przepływowe to systemy z dużym potencjałem do wprowadzenia nowych rozwiązań technicznych, dzięki czemu są często idealnym obiektem do prac metodologicznych. Jak zaobserwowano na podstawie własnych doświadczeń oraz studium literaturowego, wychodzenie poza schematy często daje bardzo dobre wyniki poprawy wydajności (sprawności) czy innych parametrów maszyn i urządzeń przepływowych.

Warto tu wspomnieć o dwóch metodach innowacyjnego projektowania technicznego:

- Gordona . podejście syntetyczne
- G.S.Altzullera, zwana ARIZ (z języka rosyjskiego: algorytm rozwiązania izobrietatielskiej zadacji)

Dzięki stosowaniu elementów metodologii projektowania technicznego jesteśmy w stanie uzyskać zbiór nieoczywistych (w tym również nietypowych) koncepcji projektowych danego problemu, które często na etapie modelowania i symulacji okazują się rozwiązaniami najkorzystniejszymi.

Podstawą metody projektowania i modernizacji maszyn i układów przepływowych z zastosowaniem metod CFD są symulacje przepływowe, w których należy podkreślić pewne jego elementy.

Jednym z nich jest utworzenie geometrii rozwiązania w przestrzeni wirtualnej. Na początku należy zdefiniować, czy celem projektu jest poprawa istniejącego urządzenia/układu, czy jest to zupełnie nowe urządzenie/układ. W pierwszym przypadku należy do obliczeń zbudować geometrię urządzenia/układu poprawianego, a następnie przejść do geometrii wariantowej. Gdy celem projektu jest zaprojektowanie nowego urządzenia, trzeba przejść do tworzenia geometrii wariantowej. Jest to istotne dla analizy wielkości obszaru obliczeń. Wprowadzane modyfikacje muszą mieć miejsce na tyle w dziedzinie obliczeniowej, aby wpływ warunków brzegowych był dokładnie taki sam dla każdego wariantu geometrii. Umoliwia to zapewnienie podobnej wielkości (w tym także ci

takiej samej) modelu dyskretnego, co jest związane również z zachowaniem błąd numerycznego na tym samym poziomie. Podejście takie powoduje, że parametry obliczeń i relaksacji oraz szybkość zbiegania się obliczeń również będą zbliżonymi poziomami. Tworzenie modelu dyskretnego powinno przebiegać zgodnie z zaleceniami co do budowy poprawnego modelu dyskretnego.

Innym istotnym elementem jest wybór modelu matematycznego. Warto przypomnieć, że modele matematyczne tylko w przybliżeniu określają fizyczne zjawiska. Im bardziej skomplikowany przepływ, tym więcej stałych i współczynników jest potrzebnych do poprawnego określenia przepływu. Wtedy należy zdecydować, czy dostępne modele matematyczne są wystarczające, aby poprawnie zamodelować przepływ i przeprowadzić proces projektowania. Jeśli nie dysponujemy istotnymi danymi do modelu matematycznego, na tym etapie należy zakończyć proces projektowania.

Następnie przeprowadza się dalsze kroki w obliczeniach CFD: założenia warunków brzegowych i początkowych oraz sposobu dyskretyzacji równań parametrów relaksacji, a także samych obliczeń aż do momentu uzyskania zbieżności.

Przy diagnostyce wszelkich układów przepływowych podstawą jest obserwacja przepływu i jego zjawisk. Etap wnioskowania na podstawie obserwacji przepływu jest zatem jednym z najważniejszych i zarazem najbardziej charakterystycznych etapów metody projektowania maszyn, urządzeń i systemów przepływowych. Można wyróżnić tu trzy główne elementy obserwacyjne:

Pierwszym jest stwierdzenie, czy wyniki są fizyczne, a jeśli nie, wyjaśnienie, co jest przyczyną zaistniałej sytuacji. Przyczyną może być problem z modelem dyskretnym, jego jakością, brakiem dostatecznych zagęszczeń w dziedzinie lub warstwie przyściennej. Można również wiążąc z modelem matematycznym, będącymi parametrami, stałymi równania, kolejno określić wyznaczania wielkości poszukiwanych. Wtedy należy powrócić do modelu dyskretnego lub do modelu matematycznego i dokonać odpowiedniej ich korekty. Jeśli wyniki są fizyczne, przechodzi się do drugiego elementu – analizy ryzyka. Ten etap jest najtrudniejszy w ocenie rozważania. Trudno jest go sparametryzować. Wynika on bowiem przede wszystkim z doświadczenia projektanta oraz znajomości procesów fizycznych i fizyczno-chemicznych danego, modelowanego, zjawiska przepływowego. Na tym etapie można na podstawie błędów, oceniając zjawisko ryzykowne jako zjawisko z brakiem ryzyka. Można podjąć próby zdefiniowania parametrów w celu oceny ryzyka poszczególnych zagadnień przepływowych, natomiast trudno tu określić kryterium globalne dla nich wszystkich. Choć ryzyko jest pojęciem interdyscyplinarnym, wieloznacznym i różnym (inaczej definiuje je inżynierowie, inaczej ekonomiści, a inaczej lekarze czy prawnicy), wszystkie jego definicje mają pewien obszar wspólny, skupiony wokół prawdopodobieństwa zaistnienia zdarzenia niekorzystnego.

Ryzyko projektu, związane z technicznymi warunkami jego realizacji, zostało wyodrębnione przez badaczy, a zarządzanie ryzykiem projektowym definiuje się jako identyfikację, kontrolowanie i decydowanie w celu ograniczenia ryzyka oraz ochrony przed zagrożeniami.

Według Ch. Chapmana i S. Warda ryzyko to implikacje istnienia znacznej niepewności odnoszącej się do poziomu rezultatów, które mogłyby osiągnąć przez projekt. Podkreślają oni również, iż źródłem ryzyka jest każdy czynnik, który oddziałuje na parametry i wyniki projektu, przy czym ryzyko znacznie zwiększa się wówczas, kiedy oddziaływanie to jest niepewne, a jego wpływ na osiągnięcia projektu jest znaczny.

Mając na uwadze powyższe definicje, w zaproponowanej metodyce, jako zbyt duże ryzyko związane z realizacją technicznego projektu, przyjęto zbyt duże uzależnienie przebiegu zjawiska przepływowego w urządzeniu/systemie przepływowym od istotnych (w ocenie projektanta) czynników, których zaistnienie spowoduje bezpośrednio uszkodzenie urządzenia/systemu, jego awarię, bezpośrednio zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi (np. rozszczelnienie się instalacji) oraz utratę zakładanych parametrów funkcjonalnych.

Jeżeli oceniane zjawisko jest zdaniem projektanta zbyt ryzykowne, wówczas powraca się do modelu geometrycznego i dokonuje jego korekty (przeprojektowuje potencjalnie niebezpieczny element instalacji), wykonując ponownie cały modelowanie CFD.

Trzecim elementem jest wnioskowanie dotyczące zgodności wyników w stosunku do celów projektu. Można rozróżnić tu dwie sytuacje:

1. Kiedy otrzymuje się wyniki fizyczne oraz określone jako bezpieczne lub o niskim ryzyku, ale niespełniają one w pełni założonych celów co do parametrów sprawności lub innych przepływowych. Przechodzi się wtedy do etapu tworzenia modelu geometrycznego. Należy poprawić model i przejść ponownie cały proces modelowania. Na końcu procesu trzeba ponownie przejść etap obserwacji przepływu, w którym można stwierdzić np. że wyniki są niefizyczne lub z ryzykiem albo że wyniki są poprawne z bardziej zadowalającymi wielkościami wyjściowymi symulacji. Jeżeli uda się poprawić model i wyniki są zadowalające, przechodzi się do dalszego etapu. Jeżeli nie, wraca się do modelu matematycznego, dyskretnego lub geometrii. Takich iteracji może być wiele. Ich liczba zależy od tego, jak bardzo rygorystycznie podejź się do założonych parametrów, które chce się uzyskać. Może okazać się, że te parametry są nierealne i liczba iteracji może być nieskończona, ale jednak nie osiągnie się zakładanego efektu. Etap ten zależy też bardzo od doświadczenia w projektowaniu oraz znajomości zjawisk przepływowych, ich chemizmu i fizyki.

2. Kiedy otrzymuje się wyniki fizyczne, bez ryzyka, które umożliwiają osiągnięcie celu projektu co do poszukiwanych wielkości przepływowych. Wówczas przechodzi się do oceny wykonalności projektu technicznego.

Obserwacja przepływu (wyników symulacji) wymaga pewnego doświadczenia i może sprawiać trudności początkującym, w zastosowaniu numerycznej mechaniki płynów, projektantom. Z tego względu w monografii przedstawiono autorski zestaw, podstawowych dla jakości wyników, pytań, na które należy odpowiedzieć na etapie wnioskowania. Pytania podzielono na trzy główne obszary obserwacji wyników.

Przedostatnim etapem projektowania maszyn i układów przepływowych jest ocena wykonalności rozwiązania technicznego. Etap ten zależy przede wszystkim od: technologiczności, techniczności oraz czynników ekonomicznych (koszty inwestycyjne i eksploatacyjne) danego rozwiązania. Jest to ostatni etap, na którym może liwa jest terminacja projektu bez osiągnięcia sukcesu polegającego na wdrożeniu. Oczywiście, terminowanie projektu na tym etapie jest najbardziej kosztowne, ze względu na poniesione nakłady i zaangażowanie w proces projektowy. Podczas całego projektowania, szczególnie na etapie wdrożenia elementów metodologii projektowania technicznego oraz budowy wariantowych modeli geometrycznych, do wiadzonego konstruktora technolog powinien mieć na uwadze wykonalność projektu i nie dopuszczać rozwiązań technicznych i technologicznych, które na tym etapie terminują projekt. Jeśli chodzi o analizę ekonomiczną, to trzeba wziąć pod uwagę wiele jej aspektów: nie tylko sam koszt wytworzenia elementu, ale przede wszystkim koszt całej inwestycji oraz okres jej zwrotu. Należy bowiem wykazać, że wysoki koszt inwestycyjny będzie zasadny, biorąc pod uwagę np. wydłużony żywotność całego układu. Wątpliwym jest tu ten aspekt środowiskowy i bezpieczeństwa pracy, które czasem trudno jest przełożyć na pieniądze, np. liczba rozszczelnień instalacji w celu przeglądów lub remontów czyszczeniowych ma znaczenie w aspekcie narażenia zdrowia i życia osób obsługujących instalację przepływającą przez niebezpieczne medium.

Ostatnim etapem jest wdrożenie wyników projektu, a tym samym jego zakończenie. Faktycznym sukcesem realizacji projektu dla każdego projektanta (i niewątpliwie wielką satysfakcją) jest jednak empiryczna weryfikacja założeń, która może liwa jest jedynie po wdrożeniu i uruchomieniu rozwiązania technicznego. Pełna weryfikacja niekiedy może zakończyć się nawet po kilku, kilkunastu latach, jeśli dotyczy np. przedłużenia żywotności układu przepływowego.

Opracowana metoda projektowania jest efektem doświadczeń autora w praktyce przemysłowej i naukowej. Wszystkie przytoczone w monografii przykłady opierają się na zdefiniowanej przez autora, oryginalnej metodzie w praktyce (w mniej lub bardziej oczywisty sposób).

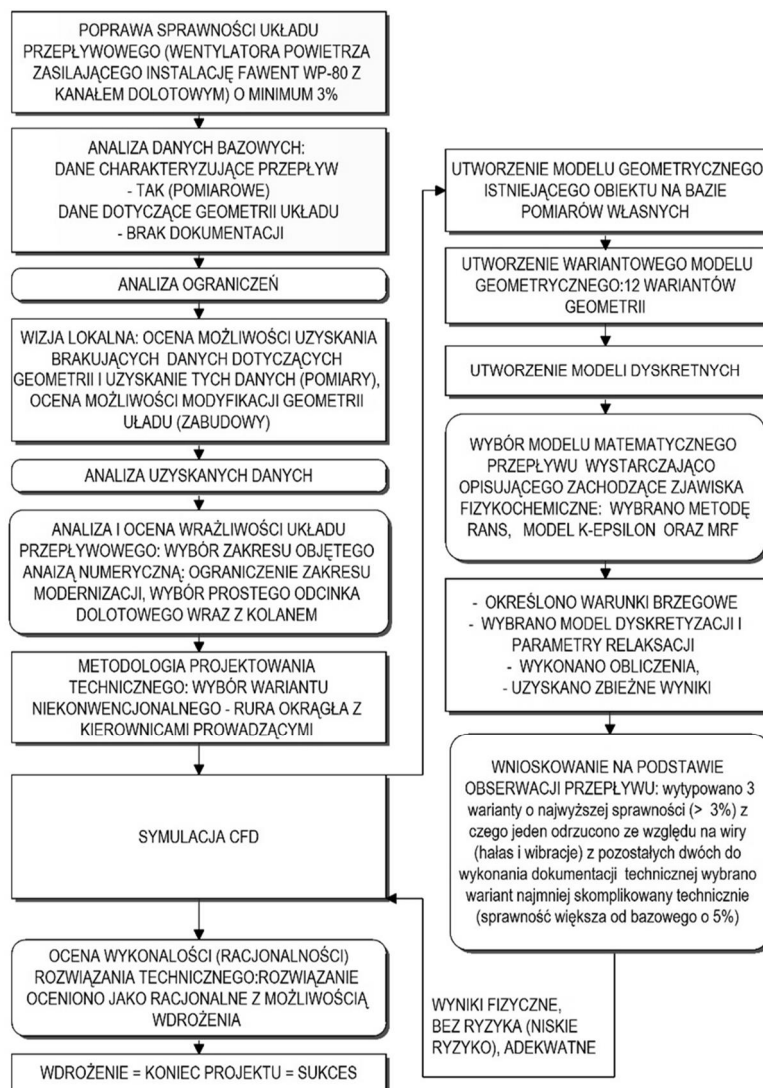
Przykład zastosowania metody

Zleceniodawca zwrócił się z zapytaniem o możliwość poprawy sprawności układu przepływowego. Sformułowano problem jako: poprawa o minimum 3% sprawności układu przepływowego, składającego się z wentylatora powietrza zasilającego instalację oraz kanału dolotowego. Przystąpiono do gromadzenia i analizy niezbędnych danych bazowych. Uzyskano dane dotyczące charakterystyki przepływu (rodzaj medium, ciśnienia w kanale, temperatury), jednak nie uzyskano niezbędnych danych dotyczących geometrii z powodu braku dokumentacji technicznej. Znany był jedynie typ i model wentylatora, co uniemożliwiło wykonanie jego geometrii wewnętrznej, a w dalszej kolejności modelu i obliczeń. Przeprowadzono wizję lokalną, podczas której oszacowano możliwość rozbudowy/modyfikacji geometrii (dostępna przestrzeń), jak również dokonano pomiarów wymiarów geometrii kanału dolotowego oraz zabudowy wentylatora. Uzyskane dane przeanalizowano, a następnie, na ich podstawie, dokonano analizy sprawności układu i wybrano obszar do analizy numerycznej. W tym przypadku prosty odcinek kanału wraz z kolanem. Opierając się na metodologii projektowania inżynierskiego, rozważono możliwości rozwoju geometrii, wyciągając wnioski z rozwiązań konwencjonalnych i rozwiązań niekonwencjonalnych dla tego typu instalacji. Zdecydowano się na rozwiązanie niekonwencjonalne: rur okrągłych z kierownicami prowadzącymi strugi powietrza. Potem przystąpiono do obliczeń CFD: wykonano model geometryczny rozwiązania bazowego (na podstawie pomiarów uzyskanych podczas wizji lokalnej) oraz 12 wariantów jego geometrii (na podstawie własnej wiedzy i doświadczenia), a następnie zdyskretyzowano modele. Do obliczeń wybrano model matematyczny (metoda RANS, modele k-epsilon i MRF), wystarczająco opisujący przepływ. Na podstawie charakterystyki rzeczywistej przepływu (dane pomiarowe zleceniodawcy) określono warunki brzegowe do modelowania, określono model dyskretyzacji i parametry relaksacji, a także wykonano serie obliczeń dla wszystkich wariantów geometrii oraz wariantu bazowego, uzyskując zbiorcze wyniki. Ponieważ uzyskano wyniki fizyczne oraz z uwagi na fakt uzyskania w różnym wariantach obliczeń oczekiwanej poprawy sprawności, nie stwierdzono potrzeby wykonania kolejnych wariantów geometrycznych.

Dokonano obserwacji uzyskanych wyników w celu wyciągnięcia wniosków z obliczeń. Z dwunastu wariantów geometrii wybrano trzy o najwyższej sprawności (nieco powyżej 5% wyższej od wariantu bazowego), z których wyeliminowano jeden, ze względu na zaobserwowane zawirowanie, mogące z dużym prawdopodobieństwem prowadzić do wystąpienia zwiększonej emisji drgań i hałasu. Z dwóch pozostałych wariantów, zbliżonych pod względem uzyskanej sprawności, do wykonania dokumentacji technicznej wybrano mniej skomplikowany technicznie (co zmniejsza koszty wdrożenia). Rozwiązanie

uznano za fizyczne, adekwatne do założonego celu, bez ryzyka braku możliwości technicznego wdrożenia, oceniono je jako racjonalne i wdrożono do praktyki przemysłowej. W efekcie uzyskano wyniki oczekiwane przez zleceniodawcę sprawnego układu, które, po wdrożeniu wyników pracy, zweryfikowano pomiarowo przez zleceniodawcę. Projekt zatem zakończono z sukcesem (potwierdzonym empirycznie).

Przykład zastosowania metody dla wybranego przykładu – modernizacji dolotu powietrza procesowego do wentylatora w celu poprawy sprawności instalacji przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Przykład zastosowania metody projektowania do modernizacji dolotu powietrza procesowego do wentylatora w celu poprawy sprawności instalacji

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

5.1. Udział w projektach badawczych i strategicznych

Wszystkie kierowane i realizowane przeze mnie projekty, wymienione w rozdziale, związane były (lub są) z zagadnieniami przepływowymi (dotyczyły lub dotyczą maszyn, układów oraz elementów przepływowych) będących przedmiotem moich zainteresowań naukowych.

W roli kierownika:

1. UOD-DEM-1-527 (2013 - 2017) Demonstrator + opracowanie i przetestowanie w skali demonstracyjnej innowacyjnego, kompaktowego modułu wytwarzania energii elektrycznej z biomasy+. KIEROWNIK PROJEKTU po stronie Uczelni
2. Badania przemysłowe nad elementem systemu nawiewowego pojazdu o długotrwałych właściwościach zapachowych, bezpiecznym dla zdrowia użytkowników K2/H12/2/182016/NCBIR/12 (2012 - 2014) - KIEROWNIK PROJEKTU po stronie Uczelni
3. Opracowanie zintegrowanego urządzenia nowej generacji do kompleksowego oczyszczania powierzchni (2013-2014) POIG.01.04.00-10-111/13 - KIEROWNIK PROJEKTU po stronie Uczelni
4. Utworzenie Centrum B+R systemów kinematycznych i statycznych podzespołów z tworzyw sztucznych dla Automotive POIG.04.05.02-00-030/12-00 (2012 - 2015) - KIEROWNIK PROJEKTU po stronie Uczelni
5. Badania nad innowacyjną dyszą nawiewową poprawiającą jakość powietrza wewnątrz kabiny pojazdu POIG.01.04.00-02-154/13 (2013-2014) - KIEROWNIK PROJEKTU po stronie Uczelni
6. Badania przemysłowe nad serią innowacyjnych, dedykowanych, poprawiających dobrostan zwierząt oraz komfort hodowcy, terrariów dla gadów i płazów INNOTECH - K3/HI3/35/225862/NCBR/14 (2014 - 2015) - KIEROWNIK PROJEKTU po stronie Firmy
7. Prace B+R nad stworzeniem proekologicznej mikro turbiny wodnej ECOTURBINE przeznaczonej dla cieków wodnych o niskich spadkach i naturalnych spiętrzeniach POIR.01.01.01-00-0839/16 (2017 - 2019) - KIEROWNIK PROJEKTU po stronie Uczelni

8. Centrum Badawczo-Rozwojowe opracowywania innowacyjnych powłok o zaawansowanych właściwościach POIR.02.01.00-00-00-0298/16 (2017 - 2020) - KIEROWNIK PROJEKTU po stronie Uczelni
9. Innowacyjna technologia efektywnej ekonomicznie obróbki mikrobiologicznej biomasy lignocelulozowej (w formie trocin) na potrzeby zasilania procesu produkcji biogazu w beztlenowej fermentacji metanowej akronim: CELGAS POIR.01.02.00-00-0214/16 (2017 - 2019) - KIEROWNIK PROJEKTU po stronie Uczelni

W roli wykonawcy:

- 2001 - 2003 . Innowacyjne zestawy pchane na pyłtynie wody ródł dowe, V Program Ramowy UE w obszarze GROWTH, Projekt INNOVATIVE BARGE TRAINS FOR EFFECTIVE TRANSPORT ON INLAND SHALLOW WATER (INBAT), Nr G3RD . CT . 2001-0458,
- 2001-2002 . Modelowanie maszyn i urządzeń hydraulicznych oraz statków ródł dowych. VI 2001 . IX 2002 (34.218.6/W-10) - wykonawca
- 2002-2003 . Modelowanie procesów transformacji energii w hydraulicznych układach i maszynach oraz statkach ródł dowych (34.232.2/W-10) - wykonawca
- 2003 - Numeryczne modelowanie przepływu lepkiego wokół kadłuba statku ródł dowego na ograniczonej drodze wodnej (9T12C 007 19)- wykonawca, 2003,
- 2004-2005 . Modelowanie procesów energetycznych w maszynach i urządzeniach hydraulicznych oraz sterowanie wielo ródłowymi układami nap dowymi (34.250.6/W-10) . wykonawca VII 2004 . IX 2005.
- 2005-2006 . Energetyczna i ekologiczna optymalizacja maszyn i układów hydraulicznych (34.265.0/W-10) . wykonawca
- 2006 - Optymalny kształt dziobu towarowego statku ródł dowego (4T12C 014 27) wykonawca

Pozostałe wybrane projekty realizowane dla przemysłu:

- É Uczestnictwo w projekcie sBlok 5 . Przebudowa kanałów spalin na odcinku kocioła elektrofiltr+ . dla PGE Elektrownia Turów S.A. . poprawa kanałów ze względu na uszkodzenia erozji ciennej, projekt nowego kompensatora
- É Poprawa sprawności wentylatora poprzez modelowanie przepływu przez wentylator osiowy głównego przewietrzania . dla KGHM Polska Miedź S. A. Zakłady Górnicze RUDNA Polkowice

- É Poprawa funkcjonalności piekarnika poprzez modelowanie przepływu we wnętrzu piekarnika . dla FagorMastercook Wrocław
- É Poprawa kształtu kanałów powietrznych poprzez modelowanie przepływu powietrza pierwotnego i wtórnego przez kanały powietrzne . dla PGE Elektrownia Turów S.A
- É Poprawa funkcjonalności pieca poprzez modelowanie przepływu powietrza przez komory paleniskowe pieca rusztowego . dla Sefako S.A.
- É Poprawa funkcjonalności maszyny papierniczej poprzez modelowanie przepływu przez wlew maszyny papierniczej . dla PMPoland Jelenia Góra
- É Poprawa funkcjonalności pieca poprzez modelowanie przepływu przez komory podmuchowe pieca rusztowego . dla Sefako S.A.
- É Modyfikacja kanałów wentylacyjnych dla KGHM
- É Uczestnictwo w projekcie badawczym "Opracowanie technologii spalania tlenowego dla kotłów pyłowych i fluidalnych zintegrowanych z wychwytem CO₂" . modelowanie procesu spalania pyłu w gwałtownego
- É Modelowanie przepływu ciepła w gniazdach dla proszku . współpraca z Uniwersytetem Przyrodniczym we Wrocławiu
- É Modelowanie opływu wody turystycznej do kopalni . dla Zabytkowa Kopalnia Węgla Kamiennego GUIDO Zabrze.

Te oraz pozostałe projekty realizowane dla przemysłu z wykorzystaniem autorskiej metody projektowania maszyn i układów przepływowych wymieniono i opisano w załączniku sWykaz opublikowanych prac naukowych lub twórczych prac zawodowych oraz informacja o osiągnięciach dydaktycznych, współpracy naukowej i popularyzacji nauki+ w rozdziale II punkt B i F

5.2. Uzyskane patenty i zgłoszenia patentowe

Uzyskane patenty międzynarodowe

- Vehicle air supply system, zgłoszenie patentu międzynarodowego PCT/PL2015/050072, Instytucja: EPO, Opubl. 26.10.2017 r. Patent nr WO2016105224,

Zgłoszone do ochrony w następujących regionach i krajach (Designated States):

AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,

VC, VN, ZA, ZM, ZW

European Patent Office (EPO) : AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU,

LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR

African Intellectual Property Organization (OAPI) : BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG

African Regional Intellectual Property Organization (ARIPO) : BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ,

TZ, UG, ZM, ZW

Eurasian Patent Organization (EAPO) : AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM

Uzyskane patenty krajowe

1. Patent. Polska, nr 225097. Transporter pędzących elementów w procesach produkcyjnych Int. Cl. B65G 51/03 Zgłosz. nr 404704 z 15.07.2013. Opubl. 28.02.2017 2017
2. Patent. Polska, nr 225094. Transporter pędzących elementów w procesach produkcyjnych Int. Cl. B65G 51/03 Zgłosz. nr 404700 z 15.07.2013. Opubl. 28.02.2017 2017
3. Patent. Polska, nr 225096. Transporter pędzących elementów w procesach produkcyjnych Int. Cl. B65G 51/03 Zgłosz. nr 404702 z 15.07.2013. Opubl. 28.02.2017 2017
4. Patent. Polska, nr 225095. Transporter pędzących elementów w procesach produkcyjnych Int. Cl. B65G 51/03 Zgłosz. nr 404701 z 15.07.2013. Opubl. 28.02.2017 2017
5. Patent. Polska, nr 221157. Dysza nawiewowa Int. Cl. F24F 13/06, B60H 3/00, B01D 53/86, F24F 7/06 Zgłosz. nr 399472 z 11.06.2012. Opubl. 29.02.2016 2016
6. Patent. Polska, nr 220670. Sposób pomiaru wpływu mieszanin gazowych na ywe komórki nt. Cl. C12M 1/34, C12M 1/36, C12M 1/38, G01N 33/00 Zgłosz. nr 400646 z 04.09.2012. Opubl. 30.11.2015
7. Patent. Polska, nr Urz dzień do napachniania filtra powietrza, zwłaszcza filtra pojazdu samochodowego. Zgłosz. nr 407159 z 12.02.2014

Uzyskane wzory u ytkowe

1. Wzór U ytkowy Polska nr Urz dzień do pomiaru wpływu toksyczności mieszanin gazowych i cz stek stałych. nr 125585 z dnia 18.03.2013

Zgłoszenia patentowe Ę krajowe

1. Zgłoszenie Patentowe Polska System nawiewowy i sposób oczyszczania powietrza. Zgłosz. pat. nr P 401436 z 31.10.2012
2. Zgłoszenie Patentowe Polska System do zabezpieczenia drzwi terrarium Zgłosz. nr 415766 z dnia 31.12.2015
3. Zgłoszenie Patentowe Polska System nawadniaj cy obiegu zamkni tego do wiwarium, zwýszcza terrarium dla gadów, pýżów i paj czaków Zgłosz. nr 415685 z dnia 31.12.2015
4. Zgłoszenie Patentowe Polska Sposób nakýdania powýoki odpornej na cieranie, zwýszcza pier cienia lizgowego i powýoka odporna na cieranie, zgýoszenie nr P.415858 z dnia: 19.01.2016
5. Zgýoszenie Patentowe Polska Sposób wytwarzania inteligentnych mebli funkcjonalnych, w szczególni ci biurowych, zgýoszenie P.421017 z dnia 29.03.2017
6. Zgýoszenie Patentowe Polska Turbina, zwýszcza wodna, zgýoszenie nr. P.406226

Wkýad autorski w realizacji wszystkich patentów i zgýosze opisano w zaý czniku sWykaz opublikowanych prac naukowych lub twórczych prac zawodowych oraz informacja o osi gni ciach dydaktycznych, wspóýpracy naukowej i popularyzacji nauki+doý czonym do autoreferatu.

5.3. Opracowane technologie i metody dla przemysýu

- 2005 - Metoda wyznaczania oporu statków na wodzie pýytkiej
- 2012 - Metoda projektowania pyýowych kotýów energetycznych w technologii spalania OXY
- 2016 - Metoda udra niania na ruchu odcigów z Pieców Szybowych i gazoci gów Suchej Oczyszczalni Gazów celem eliminacji zanieczyszcze emitowanych do rodowiska naturalnego (raport SPR, wdrono w KGHM Huta Miedzi)
- 2016 - Technologia laserowego nakýdania powýok celem wytwarzania innowacyjnych w glików przeobra onych przeznaczonych na nowej generacji oprawy zespoýów ýysk oraz pier cieni lizgowych (Raport SPR) . w trakcie wdra niania w firmie Global Technik
- 2017 - Innowacyjna, bezemisyjna technologia produkcji inteligentnych mebli funkcjonalnych dla AMZEL Sp. z o.o. (Raport serii SPR nr 26/2017).

5.4. Współpraca międzynarodowa

- 2012 . 2013 Dr. Schneider Kunststoffwerke GmbH, Niemcy
- 2012 . 2013 ACTS GmbH & Co. KG, Niemcy
- 2010 . Maritime Research Institute Netherlands, Holandia
- 2001 -2004 V PROGRAM RAMOWY „NBAT”
- DEUTSCHE BINNENREEDEREI BINNENSCHIFFFAHRT SPEDITION LOGISTIK GMBH Niemcy
 - ECKOLD GMBH & CO. KG, Niemcy
 - NECKAR-BOOTSBAU EBERT GMBH, Niemcy,
 - SADEF N.V., Belgia
 - SCHIFFKO GMBH, FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG MARITIMER SYSTEME, Niemcy
 - Eckold GmbH & Co KG, Niemcy
 - Volvo Penta

5.5. Współpraca z przemysłem w ramach centrów badawczo rozwojowych

Od roku 2012 . Ekspert merytoryczny w Centrum Badawczo-Rozwojowym realizującym badania nad oceną cytotoksyczności komórkowej działaniem alergenów z grupy produktów wytworzonych z tworzyw sztucznych dla branży motoryzacyjnej oraz ich przydatności w redukcji czynników oddziałujących na zdrowie ludzi, a także opracowaniem nowoczesnych systemów nawiewowych wyposażonych w zoptymalizowane kanały wentylacyjne Firmy dr Schneider Automotive Polska

Zakres współpracy:

- Prace nad opracowaniem fotokatalitycznego systemu oczyszczania powietrza we wnętrzu kabiny pojazdu . konstrukcja reaktora przepływowego
- Prace nad opracowaniem wirtualnych modeli numerycznych materiałów z tworzyw sztucznych do symulacji dynamicznych

Od roku 2016 . Ekspert merytoryczny w Centrum Badawczo-Rozwojowym Zaawansowanych Proekologicznych Rozwojów Termochemicznych Firmy CAD-MECH

Zakres współpracy:

- Opracowanie technologii materiałowego i energetycznego recyklingu kordu tekstylnego w celu uzyskania ekologicznych produktów przeznaczonych do zastosowania w przemyśle,
- Opracowanie zasilanego syngazem silnika z katalitycznym wspomaganie zapłonu i procesów spalania,
- Technologia uzyskiwania i wykorzystania katalizatorów procesów spalania w kotłach małej mocy.

Od roku 2017 - Ekspert merytoryczny w Centrum Badawczo-Rozwojowym Opracowywania Innowacyjnych Powłok o Zaawansowanych Właściwościach Firmy Global Technik

Zakres współpracy:

- Prace nad opracowaniem szeregu innowacyjnych, alternatywnych dla zastosowania surowców krytycznych, powłok o właściwościach: antyerozyjnych, antykorozyjnych, antykawitacyjnych, antyadhezyjnych, katalizujących proces spalania oraz kombinowanych w autorskiej technologii laserowej
- Prace nad opracowaniem usługi modernizacji urządzeń przepływowych w oparciu o bezinercyjną diagnostykę układów z wykorzystaniem najnowszych metod pomiarowych (ultradźwiękowe i termowizyjne) z zastosowaniem metod numerycznej mechaniki płynów oraz nanoszeniem innowacyjnych powłok o właściwościach antyadhezyjnych, antyerozyjnych, antykorozyjnych celem poprawy parametrów przepływu w obszarach krytycznych
- Prace nad opracowaniem mikroturbiny wodnej ECOTURBINE przeznaczonej dla cieków wodnych o niskich spadkach i naturalnych spiętrzeniach z powłokami antykawitacyjnymi

5.6. Praktyki i staże naukowe

Staże zagraniczne:

1. Staż w ACTS Advanced Car Technology Systems GmbH & Co. KG, Niemcy (2012)

Staże krajowe:

1. Miesięczna praktyka w Orodku Hydromechaniki Obrótowej w Gdańsku. uczestnictwo w badaniach modelowych, badaniach kawitacyjnych rury napędowej, badaniach numerycznych opływu kadłuba statku (2012)

2. Miesięczna praktyka w biurze konstrukcyjnym w Zakładach Azotowych w Tarnowie . projekty instalacji chemicznych (2007)
3. Miesięczna praktyka w biurze konstrukcyjnym Zakładów Mechanicznych (zbrojeniowych) w Tarnowie (2006)

5.7. Nagrody i wyróżnienia

- 2017 . Nagroda Rektora w uznaniu wyróżniającego wkładu w działalność Uczelni
- 2014 . I miejsce za prezentację artykułu „Numerical analysis of impact of new BTX removal method application in vehicle interior on user exposure” na XII Międzynarodowej Konferencji COMPUTER AIDED ENGINEERING
- 2012 . Nominacja do Nagrody Ministra Gospodarki za projekt poprawy sprawności wentylatora przemysłowego
- 2005 . Wyróżnienie Rozprawy Doktorskiej

5.8. Pełnione funkcje

Pełnione funkcje w miejscu pracy

- 2012 . 2016 . Członek Rady Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej
- 2016 . Opiekun Studenckiego Koła Naukowego Modelowania Przepływów w Ranta Rheo+

Pełnione funkcje poza miejscem pracy

- 2012 . Członek Polskiego Towarzystwa Naukowego Silników Spalinowych
- 2013 . Recenzent i Ekspert Merytoryczny Polskiej Agencji Rozwoju Przemysłu

5.9. Konferencje i seminaria naukowe . pełnione funkcje

- É Uczestnictwo w Komitecie organizacyjnym 17th International Conference on Hydrodynamics in Ship Design, HYDRONAV '07 19 . 22 September 2007 Polanica-Zdrój
- É Uczestnictwo w pracach przygotowujących International Scientific . Technical Conference Hydraulics and Pneumatics 2007, October 10-12, 2007 Wrocław
- É Organizacja I Seminarium Centrum Badawczo Rozwojowego we współpracy z Wydziałem Mechanicznym Politechniki Wrocławskiej pt. „Problemy przepływowe maszyn i układów technicznych” (seminarium międzynarodowe), Sadybogoszcz, 6 września 2017

5.10. Cytowania

Według bazy Web of Science

Analiza cytowa za lata 2004-2017 według bazy Web of Science (stan bazy na dzień 06.11.2017r.)

Liczba cytowa : 22

Liczba prac cytowanych: 7

Indeks Hirsha: 1

Według bazy Research Gate

Analiza cytowa według bazy Research Gate (stan bazy na dzień 23.11.2017r.)

Liczba cytowa : 29

Liczba prac cytowanych: 8

Indeks Hirsha: 3

Według bazy Google Scholar

Analiza cytowa według bazy Google Scholar (stan bazy na dzień 22.11.2017r.)

Liczba cytowa : 64

Liczba prac cytowanych: 11

Indeks Hirsha: 3

List cytowanych publikacji wraz z pracami cytującymi dla bazy WoS przedstawiono w załączniku sWykaz opublikowanych prac naukowych lub twórczych prac zawodowych oraz informacja o osiągnięciach dydaktycznych, współpracy naukowej i popularyzacji nauki+dołączonym do autoreferatu.

5.11. Osi gni cia dydaktyczne

5.11.1. Utworzone kursy

- Fluent I . laboratorium
- Fluent II . laboratorium
- Bioprzepływy . laboratorium
- Mechanika Płynów . autorski program wykładu i wicze

5.11.2. Prowadzone zaj cia

- Fluent I . laboratorium
- Fluent II . laboratorium
- Bioprzepływy . laboratorium
- Mechanika Płynów . wiczenia, wykład
- Podstawy projektowania in yniarskiego (geometria wykre lna, zapis konstrukcji, statyka, metodologia projektowania technicznego) - projekt
- Praca przej ciowa konstrukcyjna . projekt
- Rodki transportu II . wykład, seminarium
- Systemy transportowe . wykład

5.11.3. Promotorstwo prac dyplomowych

Promotorstwo prac dyplomowych: 42 prace w tym:

w tym:

- promotor prac magisterskich w latach 2008 . 2017: 24
- promotorstwo prac in yniarskich w latach 2008-2017: 18

5.11.4. Promotorstwo pomocnicze prac doktorskich

Promotor pomocniczy:

1. Roman Hawranek, 2013-2015, Numeryczne uj cie mechanizmu filtracji wtr ce niemetalicznych w procesie przepływu cieczy wielofazowej w wysokich temperaturach . praca wyró niona
2. Aleksandra K ska (Pawlak) . 2015 - ò ., Analiza rozwoju europejskich standardów emisji spalin w aspekcie rzeczywistej toksyczno ci mieszaniny gazów emitowanych z silnika spalinowego

Opieka naukowa nad doktorantami:

1. Radosław Wójcowski, 2015 - o .. Wpływ zastosowania zjawiska fotokatalizy w konstrukcji systemu wentylacyjnego pojazdu drogowego na stan zanieczyszczenia wnętrza kabiny
2. Justyna Molska, 2017 - o , Zastosowanie reaktora fotokatalitycznego w systemie wentylacyjnym pojazdu w celu poprawy jakości mikro środowiska kabiny
3. Jakub Długosz, 2012-2015, Wybrane zagadnienia spalania tlenowego pyłu w glowego.
4. Maria Kostka, 2010-2013, Nawiewniki w systemach klimatyzacyjnych i wentylacyjnych o zmiennych strumieniach powietrza
5. Marta Laska, 2006-2008, Procedura tworzenia rozkładu numerycznego do analizy mikroklimatu obiektów

5.11.5. Współtworzenie nowych kierunków studiów

- Kierunek Transport . Wydział Mechaniczny Politechniki Wrocławskiej
- Kierunek Inżynieria Biomedyczna - Wydział Mechaniczny Politechniki Wrocławskiej

5.11.6. Szkolenia dla przemysłu

2016 . Cykl szkoleń z mechaniki płynów i podstaw numerycznej mechaniki płynów dla Działu Konstrukcyjnego Centrum Badawczo-Rozwojowego Firmy Dr Schnieder Automotive Polska

2004 . Szkolenie z podstaw numerycznej mechaniki płynów dla konstruktorów pomp i układów pompowych

6. [SUMARYCZNE ZESTAWIENIE KRYTERIÓW OSIĄGNIĘCIA OSOBY UBIEGAJĄCEJ SIĘ O NADANIE STOPNIA DOKTORA HABILITOWANEGO](#) Wzrost Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 01.09.2011 r. w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego

I.p.	Kryterium według §3 p.4, §4 i §5	TAK (liczba)/BRAK
1.	Publikacje naukowe w czasopismach z bazy Journal Citation Reports (JCR)	10
2.	Zrealizowane oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne	8
3.	Udzielone patenty: a) międzynarodowe b) krajowe	a) 1 b) 7 zgłoszenia patentowe 7 zgłoszenia wzorów użytkowych (1)
4.	Wynalazki oraz wzory użytkowe i przemysłowe, które zostały wystawione na międzynarodowych lub krajowych wystawach lub targach	2
5.	Monografie, publikacje naukowe w czasopismach innych niż znajdujące się w bazie JCR	57

6.	Opracowania zbiorowe, katalogi zbiorów, dokumentacja prac badawczych, ekspertyz	47
7.	Sumaryczny <i>impact factor</i> według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania:	9,543
8.	Liczba cytowań publikacji według baz Web of Science (WoS) Research gate Google Scholar	22 29 64
9.	Indeks Hirscha według baz Web of Science (WoS) Research gate Google Scholar	1 3 3
10.A	Kierowanie projektami badawczymi: a) międzynarodowymi b) krajowymi	a) 0 b) 9
10. B	Udział w projektach badawczych: a) międzynarodowych b) krajowych	a) 1 b) 4
11.	Międzynarodowe i krajowe nagrody za działalność naukową	0
12.	Wygłoszenie referatów na tematycznych konferencjach a) międzynarodowych b) krajowych	a) 12 b) 3
13.	Uczestnictwo w programach europejskich oraz innych programach międzynarodowych i krajowych	2
14.	Aktywny udział w konferencjach naukowych: a) międzynarodowych b) krajowych	a) 21 b) 4
15.	Udział w komitetach organizacyjnych konferencji naukowych: a) międzynarodowych b) krajowych	a) 3 b) 0
16.	Otrzymane nagrody i wyróżnienia inne niż wymienione wyżej	4
17.	Udział w konsorcjach i sieciach badawczych	5
18.	Kierowanie projektami realizowanymi we współpracy z: a) naukowcami z innych ośrodków polskich, b) naukowcami z ośrodków zagranicznych, c) przedsiębiorcami, innymi niż wymienione wyżej	a) 3 b) 0 c) 11
19.	Udział w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism	0
20.A	Członkostwo w międzynarodowych organizacjach oraz towarzystwach naukowych a) ogółem b) w tym z wyboru	a) 0 b) 0
20.B	Członkostwo w krajowych organizacjach oraz towarzystwach naukowych a) ogółem b) w tym z wyboru	a) 1 b) 1
21.	Osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki	4
22.	Opieka naukowa nad studentami	42
23.	Opieka naukowa nad doktorantami w charakterze: a) opiekuna naukowego b) promotora pomocniczego	a) 5 b) 2
24.	Staże w ośrodkach naukowych lub akademickich a) zagranicznych b) krajowych	a) 1 b) 3
25.	Wykonane ekspertyzy lub inne opracowania na zamówienie	20 W tym: 9 opinii o innowacyjności
26.	Udział w zespołach eksperckich i konkursowych	1
27.	Recenzowanie projektów: a) międzynarodowych b) krajowych	a) 0 b) 0
28.	Recenzowanie publikacji w czasopismach:	

	a) międzynarodowych b) krajowych	a) 8 b) 0
29.	Inne osiągnięcia	2
	łącznie liczba spełnionych kryteriów:	26

7. Dalsze kierunki badań

- Zastosowanie metody LES (Large Eddy Simulation) do obliczeń procesów spalania w autorskiej metodzie projektowania maszyn i układów przepływowych z zastosowaniem numerycznej mechaniki płynów.
Metoda LES jest obecnie rzadko stosowana ze względu na ograniczenia sprzętowe. Jak wykazano na przykładach zaprezentowanych w monografii autora, jest ona jednak dokładniejsza i lepiej opisuje niektóre zjawiska przepływowe (np. proces spalania).
- Poprawa sprawności kanałów gazów procesowych, w których występują zjawiska osiadania oraz spiekania się pyłów i erozji ścierniej, szczególnie w instalacjach wielkogabarytowych. Planuje się zastosowanie precyzyjnych systemów pomiarowych bezinwazyjnej diagnostyki przepływu (opartych na metodach termowizyjnych i ultradźwiękowych) w celu uzyskania warunków brzegowych do obliczeń oraz weryfikacji poprawności modeli numerycznych.
- Obliczenia opływu kadłuba barek śródlądowych w skali 1:1 na wodzie płytkiej z uwzględnieniem powierzchni swobodnej.

Uwe Zwikler