

Spis zawartości

Strona tytułowa	
Spis zawartości	I-II
Wykaz ważniejszych oznaczeń	III-IV
1. Wstęp	1
1.1. Motywacja	1
1.2. Definicja weryfikacji i walidacji	5
1.2.1. Terminologia	5
1.2.2. Metody weryfikacji	10
Metoda sztucznych rozwiązań	11
Wzorce analityczne	11
Wzorce numeryczne	12
Metoda określania zbieżności na podstawie ekstrapolacji Richardsona	12
Indeks zbieżności siatki (GCI)	14
Metoda określania zbieżności procedur iteracyjnych	14
Inne metody estymacji błędów dyskretyzacji	15
1.2.3. Metody walidacji	15
1.3. Przegląd literatury	18
1.4. Zakres i cel pracy	21
2. Weryfikacja symulacji numerycznych przepływów lepkich i termicznych	23
2.1. Matematyczne sformułowanie problemu	23
2.2. Metoda różnic skończonych (SOLVSTR)	25
2.2.1. Opis metody	25
2.2.2. Weryfikacja programu SOLVSTR	29
2.3. Metoda bezsiatkowa (SOLVMEF)	38
2.3.1. Opis metody	38
2.3.2. Weryfikacja programu SOLVMEF	39
2.4. Wzorzec numeryczny dla przepływów lepkich i termicznych	43
2.4.1. Definicja wzorca	43
2.4.2. Procedura weryfikacyjna	44
2.4.3. Definicja rozwiązania wzorcowego	47
3. Metoda oceny wiarygodności symulacji numerycznych	53
3.1. Opis metody	53
3.2. Przykład zastosowania metody oceny wiarygodności	56
3.2.1. Sformułowanie problemu	56
3.2.2. Analiza wrażliwości	57
3.2.3. Wnioski	62

4. Badania eksperymentalne	64
4.1. Opis konfiguracji	64
4.2. Układ pomiarowy i system akwizycji danych	66
4.3. Metody pomiarowe	68
4.3.1. Cyfrowa anemometria obrazowa (PIV)	68
4.3.2. Cyfrowa termometria obrazowa (PIT)	69
4.3.3. Wizualizacja struktur przepływu	73
4.3.4. Punktowe pomiary temperatury	74
4.4. Przebieg eksperymentów	74
4.5. Wyniki badań eksperymentalnych	75
4.5.1. Wyniki badań dla $\Delta T < 14^{\circ}\text{C}$	77
4.5.2. Wyniki badań dla $\Delta T \in (14^{\circ}\text{C}, 25^{\circ}\text{C})$	81
4.5.3. Wyniki badań dla $\Delta T > 25^{\circ}\text{C}$	85
4.6. Definicja wzorca eksperymentalnego	89
4.7. Analiza zerwania stacjonarności przepływu	92
5. Walidacja symulacji numerycznych	107
5.1. Procedura walidacji	107
5.2. Przykłady walidacji obliczeń numerycznych	108
5.2.1. Wzorzec numeryczny	108
5.2.2. Wyższe liczby Rayleigh	120
5.2.3. Konfiguracja z pionowym gradientem temperatury	131
6. Podsumowanie i wnioski	135
7. Bibliografia	140
8. Dodatek	148