

Spis treści

Wstęp	7
Rozdział 1. Historia a współczesność	9
Rozdział 2. Podstawy teoretyczne	19
2.1. Model oporu konwekcyjnego	19
2.2. Model dwóch oporów: opór konwekcyjny i płynu	21
2.3. Metoda LMTD	23
2.4. Metoda efektywność-NTU	24
2.5. Porównanie modeli efektywności wymiennika ciepła, oporu konwekcyjnego, dwóch oporów (dla stałego strumienia ciepła) i oporu całkowitego	26
2.6. Inne zalety stosowania metodologii wymienników ciepła	28
2.6.1. Efekt wypychania	28
2.6.2. Określenie wpływu omijania (bypass)	29
2.7. Spadek ciśnienia i wymiana ciepła w radiatorach o wlocie powietrza prostopadłym od góry	38
Rozdział 3. Badania odbioru ciepła wydzielanego przez procesor komputera PC za pomocą radiatora chłodzonego powietrzem	47
3.1. Opis instalacji i badania wstępne	47
3.2. Wpływ temperatury radiatora na pracę wentylatora	51
3.3. Współczynnik wnikanie ciepła	51
Rozdział 4. Badania chłodzenia wodnego	61
4.1. Budowa bloku wodnego Zalman ZM-WB3 Gold	61
4.2. Opis stanowiska laboratoryjnego	64
4.2.1. Obliczanie bloku chłodzącego	65

4.3.	Obliczenia dla danych eksperymentalnych	66
4.3.1.	Przykład obliczeniowy	67
4.4.	Wyniki obliczeń	68
4.5.	Podsumowanie	75

Rozdział 5. Nanopłyyny 77

5.1.	Synteza nanopłynów	78
5.2.	Gęstość nanopłynów	78
5.3.	Dynamiczny współczynnik lepkości	80
5.4.	Współczynnik przewodzenia ciepła	80
5.4.1.	Pomiar współczynnika przewodzenia ciepła nanopłyynu z zastosowaniem metody Transient Hot Wire (THW)	85
5.4.2.	Budowa i zasada działania urządzenia pomiarowego	86
5.4.3.	Pomiar i opracowanie wyników	88

Rozdział 6. Chłodzenie nanocieczą procesora komputera osobistego 95

6.1.	Pomiary	95
6.2.	Numeryczna mechanika płynów (CFD)	97
6.2.1.	Preprocesor	99
6.2.2.	Solwer	99
6.2.3.	Postprocesor.....	100
6.3.	Opis bloku chłodzącego i modelowania za pomocą preprocesora Gambit.....	100
6.3.2.	Tworzenie siatki	102
6.4.	Modelowanie CFD we Fluencie	103
6.4.1.	Woda jako medium chłodzące	103
6.4.2.	Symulacje chłodzenia nanopłylnem woda – CuO	108
6.4.3.	Podsumowanie	112
6.5.	Rozważania i obliczenia Korpysia	112
6.5.1.	Model CFD	114
6.5.2.	Wyniki	116
6.5.3.	Podsumowanie	130

Rozdział 7. Postępy w chłodzeniu procesorów 133

7.1.	Przewodzenie	133
7.2.	Chłodzenie powietrzem	135
7.2.1.	Wentylatory	138
7.2.2.	Osady na powierzchni wymiany ciepła	138

7.2.3.	Innowacje	140
7.2.4.	Podsumowanie	151
7.3.	Alternatywne metody chłodzenia procesorów PC	153
7.3.1.	Piezowentylatory	153
7.3.2.	Syntetyczne strumienie chłodzące	153
7.3.3.	Nanobłyskawice	154
7.3.4.	Chłodzenie cieczą	154
7.3.5.	Ciepłowody	156
7.3.6.	Zimne płytki	157
7.3.7.	Mikrokanały i minikanały	157
7.3.8.	Chłodzenie elektrohydrodynamiczne i elektrozwilżanie	161
7.3.9.	Chłodzenie ciekłym metalem	162
7.3.10.	Chłodzenie przez zanurzenie	164
7.3.11.	Uderzenie strumienia cieczy	170
7.3.12.	Chłodzenie aerozolem	171
7.3.13.	Chłodzenie w ciele stałym	173
7.3.14.	Chłodzenie w supersieci i heterostrukturze	177
7.3.15.	Chłodzenie termojonowe i termotunelowe	178
7.3.16.	Materiały bazujące na przemianie fazowej i akumulatory ciepła	179
7.4.	Chłodzenie ekstremalne	181
7.5.	Wnioski dotyczące rozwoju chłodzenia procesorów	186
7.5.1.	Podejście fenomenologiczne	186
7.5.2.	Architektura systemu oparta na technikach zarządzania ciepłem	186
7.5.3.	Monitorowanie obciążenia cieplnego	187
7.5.4.	Zrównoważony rozwój	187
7.5.5.	Potrzeba standaryzacji charakteryzacji opisu wydajności cieplnej hardware'u	187
7.6.	Podsumowanie	188
Spis oznaczeń		203
Skorowidz		205