

Spis treści

Ważniejsze oznaczenia	5
1. Wprowadzenie i przegląd literatury	9
1.1. Właściwości fizyczne zawiesiny lodowej	9
1.2. Transport hydrauliczny zawiesiny lodowej	14
1.2.1. Właściwości reologiczne zawiesiny lodowej	14
1.2.2. Struktury przepływu zawiesiny lodowej	16
1.2.3. Opory przepływu zawiesiny lodowej	17
1.2.3.1. Przepływ w rurach prostych	18
1.2.3.2. Przepływ przez łuki i kolana	19
1.2.3.3. Przepływ w wymiennikach ciepła	21
1.3. Wymiana ciepła	22
1.3.1. Wymiana ciepła zawiesin	22
1.3.2. Wymiana ciepła zawiesiny lodowej	24
1.3.2.1. Wymiana ciepła w rurach prostych	24
1.3.2.2. Wymiana ciepła w wymiennikach ciepła	25
2. Cel i zakres pracy	27
3. Badania wymiany ciepła i oporów przepływu w przewodach prostych oraz łukach i kolanach zawiesiny lodowej	29
3.1. Stanowisko badawcze	29
3.2. Wyznaczanie udziału masowego lodu	33
3.3. Metody pomiaru oporów przepływu	36
3.4. Wyznaczanie współczynnika przejmowania ciepła	37
3.5. Pomiar wielkości kryształków lodu	38
3.6. Analiza niepewności pomiarowych	39
4. Opory przepływu zawiesiny lodowej – badania eksperymentalne	43
4.1. Opory przepływu w rurach	43
4.2. Opory przepływu w kanałach o przekroju prostokątnym	50
4.3. Opory przepływu w łukach i kolanach	52
5. Wymiana ciepła zawiesiny lodowej – badania eksperymentalne	56
5.1. Wymiana ciepła w rurach	56
5.2. Wymiana ciepła w kanałach o przekroju prostokątnym	61
6. Metody obliczania oporów przepływu zawiesiny lodowej	67
6.1. Przepływ zawiesiny lodowej jako przykład przepływu cieczy Bingham'a	69
6.1.1. Przepływ przez rury – równania kryterialne	69
6.1.2. Kryterium zmiany charakteru ruchu – przepływ przez rury	70
6.1.3. Przepływ przez kanały o przekroju prostokątnym	74
6.1.4. Kryterium zmiany charakteru ruchu – przepływ przez kanały o przekroju prostokątnym	76
6.1.5. Przepływ przez łuki i kolana	77

6.2. Przepływ zawiesiny lodowej jako uogólniony przepływ cieczy nienewtonowskiej	81
6.2.1. Kryterium zmiany charakteru ruchu uogólnionego przepływu cieczy nienewtonowskiej na przykładzie zawiesiny lodowej.....	87
6.2.2. Wielofazowy przepływ zawiesiny lodowej a kryterium zmiany charakteru ruchu	88
6.2.3. Uogólniony przepływ zawiesiny lodowej przez łuki i kolana.....	89
7. Wymiana ciepła zawiesiny lodowej – metody obliczania współczynnika przejmowania ciepła.....	95
7.1. Wymiana ciepła w rurach	96
7.2. Wymiana ciepła w kanałach o przekroju prostokątnym	100
8. Modelowanie procesów przepływowych i cieplnych zawiesiny lodowej za pomocą metod CFD	103
8.1. Równania opisujące przepływ zawiesiny lodowej	104
8.1.1. Modelowanie przepływu jednofazowego	104
8.1.2. Modelowanie przepływu wielofazowego	107
8.2. Równania opisujące proces wymiany ciepła zawiesiny lodowej	112
8.3. Właściwości fizyczne etanolu i zawiesiny lodowej	113
8.3.1. Właściwości fizyczne etanolu.....	113
8.3.2. Właściwości fizyczne zawiesiny lodowej	115
8.4. Wyniki obliczeń symulacyjnych	117
8.4.1. Symulacja przepływu zawiesiny lodowej.....	117
8.4.1.1. Symulacja adiabatycznego przepływu w rurach	119
8.4.1.2. Symulacja adiabatycznego przepływu w kanale o przekroju prostokątnym.....	125
8.4.1.3. Symulacja adiabatycznego przepływu w kanale o przekroju szczelinowym.....	128
8.4.1.4. Symulacja adiabatycznego przepływu przez łuki i kolana ...	131
8.4.2. Symulacja wymiany ciepła zawiesiny lodowej	134
8.4.2.1. Symulacja wymiany ciepła podczas przepływu przez rury ...	135
8.4.2.2. Symulacja wymiany ciepła podczas przepływu przez kanał o przekroju prostokątnym	139
8.4.2.3. Symulacja wymiany ciepła podczas przepływu przez kanał o przekroju szczelinowym	143
9. Zakończenie	149
Literatura.....	157
Streszczenia	165