

Wrocław, 04 kwietnia 2022 roku

Autor: mgr inż. Andrzej Nowak

Promotor: dr hab. inż. Sławomir Pietrowicz, prof. Uczelni

Promotor pomocniczy: dr hab. inż. Artur Nemś, prof. Uczelni

Tytuł: Identyfikacja struktur przepływowych w pulsacyjnych rurkach ciepła w warunkach mikrogravitacji

## Streszczenie pracy doktorskiej

Niniejsza dysertacja podejmuje zagadnienie związane bezpośrednio z wykorzystaniem pasywnych układów transportu ciepła w technologiach kosmicznych. Jak pokazuje literatura naukowa oraz dokumenty udostępniane przez najważniejsze instytucje zajmujące się eksploracją kosmosu (między innymi japońska, amerykańska i europejska agencja kosmiczna), układy transportu ciepła opierające się na przepływach wielofazowych są obecnie najbardziej obiecującym kierunkiem w systemach zarządzającymi temperaturą w trakcie misji. Wynika to przede wszystkim ze stosunkowo dużej wydajności cieplnej urządzeń pasywnych, niskiej masy oraz braku urządzeń peryferyjnych takich jak np. pompy obiegowe.

We wprowadzeniu do pracy opisano najważniejsze metody transferu ciepła, stosowane obecnie w technologiach kosmicznych. Przedstawiono również zasadę działania pulsacyjnej rurki ciepła, którą uznaje się za jedno z najbardziej obiecujących urządzeń. Szczególnie skomplikowanym zagadnieniem jest w tym przypadku symulacja przepływu dwufazowego w warunkach mikrogravitacji, gdzie siły związane z oddziaływaniem pola grawitacyjnego zostają całkowicie zdominowane przez siły napięcia powierzchniowego i inercji. Niewątpliwym wkładem dysertacji w rozwój dyscypliny naukowej jest uwzględnienie przepływów dynamicznych, tj. takich w których przyspieszenie przepływu jest niezerowe.

Rozdział drugi zawiera przegląd literatury, zawierający najważniejsze publikacje dotyczące struktur przepływowych występujących w rurkach zarówno kapilarnych jak i o średnicy przekraczającej średnicę kapilarną, w warunkach zarówno grawitacji ziemskiej jak również mikrogravitacji. Wykorzystywane dotychczas kryteria określające struktury przepływowe nawet po uwzględnieniu bardzo dużej liczby parametrów (średnicy, prędkości, spadku ciśnienia, lepkości, napięcia powierzchniowego itp.), nie pozwalają na dokładne zdefiniowanie kryteriów dla jakich należy spodziewać się przejścia pomiędzy strukturami przepływowymi. Pod koniec rozdziału, opisano najważniejsze liczby bezwymiarowe wykorzystywane w mechanice płynów wielofazowych oraz zaprezentowano metody obrazowania przepływu, które były rozważane przy projektowaniu stanowiska badawczego.

W rozdziale trzecim określono cel oraz tezę rozprawy doktorskiej. W tej części dysertacji został opisany zakres pracy jaką należało wykonać na drodze uzyskania oryginalnych wyników wnoszących istotne oraz nowe treści do rozwoju dziedziny.

Proces powstawania projektu stanowiska badawczego został pokazany w rozdziale czwartym. Pierwsza część dotyczy projektu koncepcyjnego oraz procesu budowy z podziałem na część mechaniczną, przepływową oraz pomiarową. W drugiej części rozdziału umieszczono przegląd najważniejszych parametrów fizycznych (np. prędkość, amplituda i częstotliwość przepływów oscylacyjnych) występujących w pulsacyjnych rurkach ciepła co pozwoliło na badanie przepływów w warunkach zbliżonych do rzeczywistych.



W trakcie badań prowadzono rejestrację przepływu z wykorzystaniem kamer szybko-klatkowych, w związku z tym rozdział piąty opisuje zastosowaną procedurę analizy obrazu oraz sposób automatycznej identyfikacji struktur przepływowych.

W pierwszej części rozdziału szóstego przedstawiono wyniki badań wykonanych w centrum badań mikrogravitacji w ośrodku naukowym ZARM (Brema, Niemcy). W trakcie analiz zaproponowano nową hipotezę, która została zaprezentowana i potwierdzona w tym rozdziale. W ostatniej części przedstawiono zarejestrowane obrazy wykrytych zjawisk rozpadu i łączenia bąbli parowych oraz odniesiono momenty rejestracji na mapach przepływowych. Wyniki te są wstępem do opracowania jednoznacznego kryterium, które pozwoli na przewidywanie struktur przepływowych w warunkach mikrogravitacji, a ostatecznie pozwoli na modelowanie przepływu w pulsacyjnych rurkach ciepła pod kątem technologii kosmicznych.

W ostatnim rozdziale, umieszczono podsumowanie otrzymanych wyników wraz z dyskusją wyników. Podsumowanie potwierdziło realizację tezy głównej pracy oraz potwierdziło realizację celów pomocniczych. Zdefiniowane zostały również najważniejsze prace, które należy w przyszłości wykonać, w celu dalszego rozwoju dyscypliny oraz zrozumienia zjawisk rozpadu i łączenia bąbli parowych w warunkach mikrogravitacji.



