

POLITECHNIKA KOSZALIŃSKA

Wydział Mechaniczny

Katedra Energetyki



Marcin Kruzel

**MODELOWANIE SKRAPLANIA
CZYNNIKA CHŁODNICZEGO
W PIONOWYM MINIKANALE RUROWYM**

Rozprawa doktorska

Promotor: prof. dr hab. inż. Tadeusz Bohdal

Promotor pomocniczy: dr inż. Małgorzata Sikora

KOSZALIN 2018

STRESZCZENIE

"Modelowanie skraplania czynnika chłodniczego w pionowym minikanale rurowym"

Rozprawa doktorska dotyczy wybranych problemów cieplno-przepływowych skraplania czynników chłodniczych w minikanalach rurowych. Prace badawcze zrealizowano w obszarze skraplania proekologicznych czynników chłodniczych w minikanale pionowym, w warunkach chłodzenia powietrzem.

Uzasadnieniem celowości podjęcia badań jest przede wszystkim znikoma liczba prac z zakresu podanego tematu. Badania eksperymentalne wykonano w celu określenia parametrów procesu skraplania wybranych czynników chłodniczych w pojedynczych minikanalach rurowych o różnej średnicy. Do badań wykorzystano najczęściej aktualnie stosowane trzy proekologiczne czynniki chłodnicze, tzn.: R404A, R407C i R410A. Analiza wyników badań eksperymentalnych pozwoliła na opracowanie zależności umożliwiających określenie lokalnych i średnich wartości współczynnika przejmowania ciepła oraz oporów przepływu podczas skraplania wymienionych czynników chłodniczych w pionowych minikanalach rurowych w warunkach chłodzenia powietrzem.

Pierwszy rozdział stanowi wprowadzenie do zagadnień cieplno-przepływowych w procesie skraplania w minikanalach. Zwrócono uwagę na aktualne kierunki badań nad procesem skraplania czynników chłodniczych i tendencje dotyczące konstrukcji kompaktowych wymienników ciepła.

Drugi rozdział pracy poświęcono opisowi aktualnego stanu wiedzy zawartej w literaturze światowej i krajowej w zakresie tematu rozprawy. Przedstawiono analizę mechanizmu procesu skraplania, zwłaszcza w kanałach o małej średnicy. Podano wybrane problemy klasyfikacji kanałów stosowanych w budowie wymienników ciepła. W rozdziale zawarto obszerny opis zagadnień dotyczących modelowania wymiany ciepła oraz spadków ciśnienia, w procesie skraplania

Rozdział trzeci prezentuje genezę, cel rozprawy, hipotezy badawcze i zakres prac badawczych.

W rozdziale czwartym podano opis budowy stanowiska badawczego, metodykę badań oraz metody prezentacji wyników.

W rozdziale piątym zawarto wyniki badań eksperymentalnych skraplania trzech czynników chłodniczych w pionowym minikanale rurowym o średnicy wewnętrznej $d_w = 0,5 \div 2,5$ mm. Wyniki badań porównano z wynikami obliczeń według zależności wielu autorów. Zwrócono uwagę na istotny problem związku wyników badań z identyfikacją struktur przepływu dwufazowego.

Rozdział szósty poświęcono prezentacji opracowań własnych eksperymentalnych zależności opisujących wymianę ciepła i spadek ciśnienia w minikanalach pionowych chłodzonych powietrzem. Przedstawiono analizę wpływu gęstości strumienia ciepła na proces wymiany ciepła. Przedstawiono własny uniwersalny model służący do predykcji wymiany ciepła w warunkach chłodzenia powietrzem i wodą w pionowym minikanale rurowym.

Rozdział siódmy zawiera posumowanie wyników badań autora oraz wnioski i zalecenia o charakterze poznawczym i aplikacyjnym.

ABSTRACT

"Modeling of refrigerants condensation in vertical pipe minichannel"

This doctoral dissertation deals with issues of heat exchange and flow resistance during refrigerants condensation in pipe minichannels. Research works concern the area of pro-ecological refrigerants condensation in the vertical channel, in air cooling conditions.

The desirability of research undertaken as part of the dissertation is justified by a small number of works regarding this topic. Experimental research was carried out to determine the parameters of the condensing process of refrigerants in single minichannels. The currently available, most commonly used pro-ecological refrigerants proposed as substitutes for endured freons, i.e. R404A, R407C and R410A, were used for this research. The research aimed to determine the main aspect of condensation process during flow and to develop dependencies that allow calculation of local and average values of heat transfer coefficient and flow resistance during condensation of refrigerants.

The first chapter is an introduction to the issues described in this work. This chapter draws attention to current trends regarding the construction of heat exchangers. It also indicates the directions of research on the refrigeration condensation process.

The second chapter of the work is devoted to the description of the current state of knowledge described in national and world publications. The author of the work analyzes the mechanism of condensation in channels with small diameters. There is also a comprehensive description of available and commonly used refrigerants and selected problems of classification of channels used for the construction of heat exchangers. The chapter contains a comprehensive comparison of researchers achievements in the field of heat exchange and pressure drop modeling.

In the third chapter, the author presents the description of experimental facility, the genesis and purpose of the dissertation, research hypotheses and the scope of research.

The fourth chapter contains a description of experimental research, including the aim and scope of research, a description of the measurement stand and detailed research methodology.

The fifth chapter contains the results of experimental tests of three refrigerants condensation in a vertical mini-pipe with an internal diameter $d_w = 0,5 \div 2,5$ mm. The results of the research were compared with the results of calculations according to the dependence of many authors. Attention was drawn to the significant problem of the relationship between the test results and identification of two-phase flow regimes.

The sixth chapter is devoted to the development of own empirical correlations describing heat exchange and pressure drop in air-cooled vertical minichannels. This chapter analyzes the impact of heat flux density on the heat exchange process. Hereby a universal model is presented that can be used for heat transfer coefficient values prediction in air and water cooling conditions.

The results of the research are summarized in the seventh chapter. The last chapter contains conclusions that meet the cognitive and application objective of the work.