



جامعة الموصل  
كلية الهندسة

# مقارنة انتقال الحرارة وهبوط الضغط خلال عملية تكثيف موائع تثليج مختلفة في أنبوب عمودي

نجاح عبدالله حمد

رسالة ماجستير علوم في  
الهندسة الميكانيكية / قوى حرارية

بإشراف

الأستاذ المساعد

د. عدنان محمد عبدالله الصفاوي

2018 م

1439 هـ

## الخلاصة

تضمن البحث تقديم تحليل نظري لانتقال الحرارة وهبوط الضغط وخصائص الجريان لموائع ثنائية الطور خلال عملية التكثيف لنمط الجريان الحلقي في أنبوب عمودي. واستخدمت طريقة (Gauss Seidel) لحل المعادلات المتحكممة بعملية الجريان وتمت كتابة البرنامج الحاسوبي بلغة EES (Engineering Equation Solver). وتم إجراء المقارنة بين الموائع المستخدمة بعد معرفة تأثير تغير قطر الأنبوب وسرعة التدفق الكتلية للبخار والفرق بين درجة حرارة التشبع للبخار ودرجة حرارة سطح الأنبوب في معامل انتقال الحرارة وهبوط الضغط وسمك طبقة المائع المتكثف وكسر الجفاف وكسر الفراغ وسرعتي طور السائل والبخار ومعدل تدفق كتلتي السائل والبخار وطول أنبوب التكثيف للمائع R407c. وقد تم اختيار الموائع (R407c و R410a و R290) بوصفها موائع صديقة للبيئة وبديله للمائع R22 الذي أجريت معه المقارنة كذلك. وأجريت الدراسة للمائع R407c عند ثلاثة أقطار للأنابيب هي (8 و 10 و 12mm)، وثلاث سرع تدفق كتلية وهي (75 و 100 و  $125\text{kg/m}^2.\text{s}$ )، وثلاث قيم للفرق بدرجات الحرارة بين البخار المشبع المار في الأنبوب وجدار الأنبوب وهي (2 و 4 و 6K). وبينت نتائج المائع R407c أن لتغير الفرق بدرجات الحرارة تأثير كبير في معامل انتقال الحرارة ومعظم خصائص الجريان الثنائي الطور يليه تأثير تغير سرعة التدفق الكتلية للبخار، وإن أقل تأثير هو لتغير قطر الأنبوب إذ بلغ معدل نسبة الزيادة في معامل انتقال الحرارة عند صغر قطر الأنبوب من (12 mm) إلى (8 mm) 3.738% وبلغ معدل نسبة الزيادة في هذا المعامل عند زيادة سرعة التدفق الكتلي من ( $75\text{kg/m}^2.\text{s}$ ) إلى ( $125\text{kg/m}^2.\text{s}$ ) 20.516% في حين بلغ معدل نسبة النقصان في هذا المعامل عند زيادة الفرق بدرجات الحرارة من (2 K) إلى (6 K) 27.574%. وتم إجراء دراسة المقارنة بين الموائع المستخدمة عند قطر الأنبوب (8mm) وسرعة تدفق كتلية ( $75\text{kg/m}^2.\text{s}$ ) وقيمة الفرق بدرجات الحرارة بين البخار المشبع المار في الأنبوب وجدار الأنبوب (6K)، إذ تبين من نتائج المائع R407c عند هذه الظروف أعطت أقصر طول لأنبوب التكثيف الحلقي. كما تبين من نتائج البحث أن أعلى قيم لمعامل انتقال

الحرارة هي للمائع R290 في حين يمتلك المائع R22 أقل قيم لمعامل انتقال الحرارة إذ بلغ معدل نسبة الزيادة في هذا المعامل للمائع R290 عن المائع R22 26.295%. كما استنتج من هذه المقارنة بان أفضل بديل للمائع R22 هو المائع R407c سيما وان طول الأنبوب لإتمام عملية التكثيف الحلقي متقارب جدا للمائعين. وتمت مقارنة نتائج معامل انتقال الحرارة الموضوعي لنموذج الدراسة الحالية للمائعين R22 و R410a مع نتائج لبحوث عملية وكان معدل نسبة الاختلاف بحدود ( 1.442 - 3.057) % .

## Abstract

This thesis included a providing of a theoretical analysis for heat transfer, pressure drop and flow characteristics of the two-phase flow of refrigerants during condensation process for the annular flow pattern in the vertical tube. The (Gauss Seidel) method was used to solve the governing equations together with the constitutive relations, and a computer program in EES (Engineering Equation Solver) language had been established. A comparison between the fluids used was accomplished after knowing the effect of the change of tube diameter, mass velocity of vapor, and the difference between saturation temperature of the vapor and the tube surface temperature in the heat transfer coefficient, pressure drop, thickness of the film condensation, dryness fraction, void fraction, velocities of liquid phase and vapor phase, mass flow rate of liquid phase and vapor phase and the length of tube through the condensation of fluid R407c. R407c, R410a and R290, has been selected as environmentally friendly fluids and replacement fluids for R22, which was conducted with the comparison also. The study was conducted for R407c fluid at three different tube diameters of (8, 10 and 12 mm), three mass flow velocities, namely, (75, 100 and 125 kg/m<sup>2</sup>.s), and three values of temperature difference between the saturated vapor flowing in tube and tube wall, namely, (2, 4 and 6K). The results for the refrigerant R407c, showed that the change in temperature difference have a significant effect on a heat transfer coefficient, and on most two phase flow characteristics followed by the effect of changing the massflow velocity of vapor, and the less the effect is the change of tube diameter. The ratio of the increase rate in heat transfer coefficient reached 3.738% when tube diameter reduced from (12 mm) to (8 mm) and the ratio of the rate was 20.516% when the mass flow velocity of vapor increased from (75 kg/m<sup>2</sup>.s) to (125 kg/m<sup>2</sup>.s), while the ratio of the decreasing rate when increasing the temperature difference from (2 K) to (6 K) 27.574%. A comparison was made between the fluids used at the diameter of the pipe (8mm), the mass flow velocity (75kg) and the difference in temperature between the saturated vapor passing through the pipe and the tube wall (6K), and the results showed that

the shortest tube annular condensation length was for R407c under these conditions. The results, also, showed that the highest values of heat transfer coefficient was for R290, while R22 has less values of heat transfer coefficient compared with the other fluids, where the ratio of the increasing rate in this coefficient for R290 reached to 26.295% with respect to R22. Also, it was concluded from the results of this comparison that the best alternative for R22 is the R407c especially when the length of the tube to complete the process of annular condensation very close for the both fluids. The values of the local heat transfer coefficient of the present work for R22 and R410a were compared with the other experimental works and the rate of difference was reached about (1.442 -3.057) % .

**University of Mosul  
College of Engineering**



# **Comparison of Heat Transfer and Pressure Drop during Condensation Process for Different Refrigerants in a Vertical Tube**

**Najah Abdullah Hamad**

M.SC. Thesis in  
Mechanical Engineering / Thermal Power

Supervised by  
Assistant professor

**Dr. Adnan M.A.Saffawi**

**2018 A. D**

**1439 A. H**