

## ТЕПЛОБМЕН ПРИ КИПЕНИИ ЧИСТЫХ ФРЕОНОВ И МАСЛОФРЕОНОВЫХ СМЕСЕЙ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗКАХ

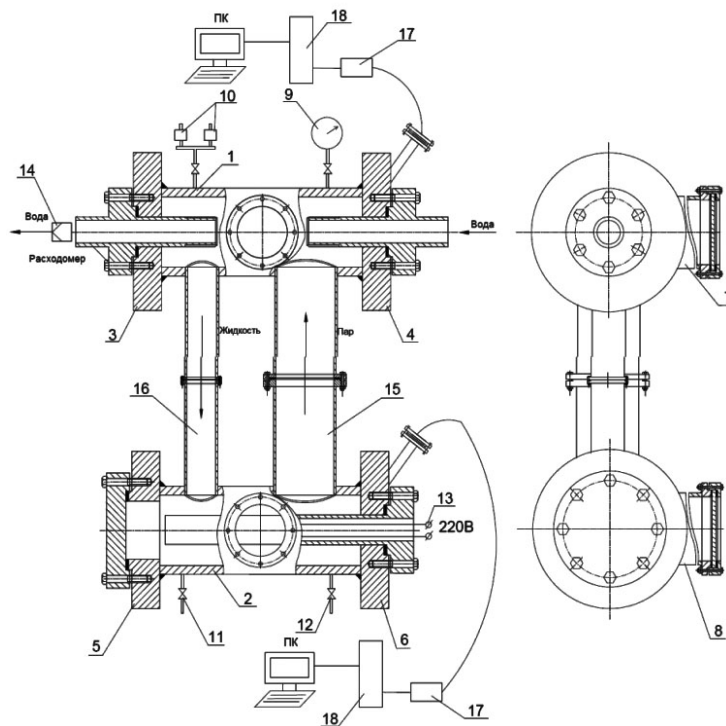
П. А. Ковальчук, А. И. Аршуков

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель А. В. Овсянник

Исследование процессов теплообмена при кипении озонобезопасных хладагентов и их маслофреоновых смесей является важным и перспективным направлением в области работы холодильной техники и теплонасосных установок. Для расчета испарителей таких установок необходимо знать расчетные зависимости для определения коэффициентов теплоотдачи, которые могут быть определены только экспериментальным путем [1].

Для решения этой задачи на кафедре «Промышленная теплоэнергетика и экология» Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого была разработана комплексная экспериментальная установка кипения–конденсации жидкостей, представленная на рис. 1. Работа установки регулируется в широком диапазоне тепловых нагрузок ( $1\text{--}140\text{ кВт/м}^2$ ) [1].



*Рис. 1. Комплексный экспериментальный стенд.*

- 1, 2 – рабочие камеры; 3–6 – фланцы; 7, 8 – смотровые иллюминаторы;  
 9 – манометр; 10 – предохранительный клапан; 11, 12 – вентиль;  
 13 – нагреватель; 14 – расходомер; 15 – паровой канал;  
 16 – жидкостной канал; 17 – аналого-цифровой преобразователь;  
 18 – компьютер

Целью и задачами исследования являлось экспериментальное исследование процессов теплообмена при развитом пузырьковом кипении озонобезопасных хладагентов и их маслофреоновых смесей на гладких и развитых теплообменных поверхностях с установлением зависимостей для определения коэффициентов теплоотдачи и влияния на них различных факторов, определяющих интенсивность теплоотдачи при фазовых переходах в аппаратах холодильных, теплонасосных установок и систем кондиционирования воздуха.

Впервые проведены экспериментальные исследования процессов теплообмена при кипении хладагентов R404a, R407c и их маслофреоновых смесей R404a, R407c на гладких и оребренных поверхностях в широком диапазоне тепловых нагрузок ( $1-140 \text{ кВт/м}^2$ ) [1].

Результаты экспериментальных исследований зависимости интенсивности теплообмена от режимных параметров представлены на рис. 2 и 3, от концентрации масла – на рис. 4, от отношения давлений  $p_{\text{нас}}/p_{\text{кр}}$  – на рис. 5.

На рис. 2–5 приняты следующие обозначения:  $\alpha_{\text{гл}}$  – коэффициент теплоотдачи на гладкой поверхности;  $\alpha_{\text{р}}$  – коэффициент теплоотдачи на оребренной поверхности;  $\alpha_{\text{о}}$  – общий коэффициент теплоотдачи;  $q_{\text{гл}}$  – плотность теплового потока на гладкой поверхности;  $\Delta t$  – разность температур на образце и температуры насыщения в испарителе; 5, 10 % – концентрация масла.

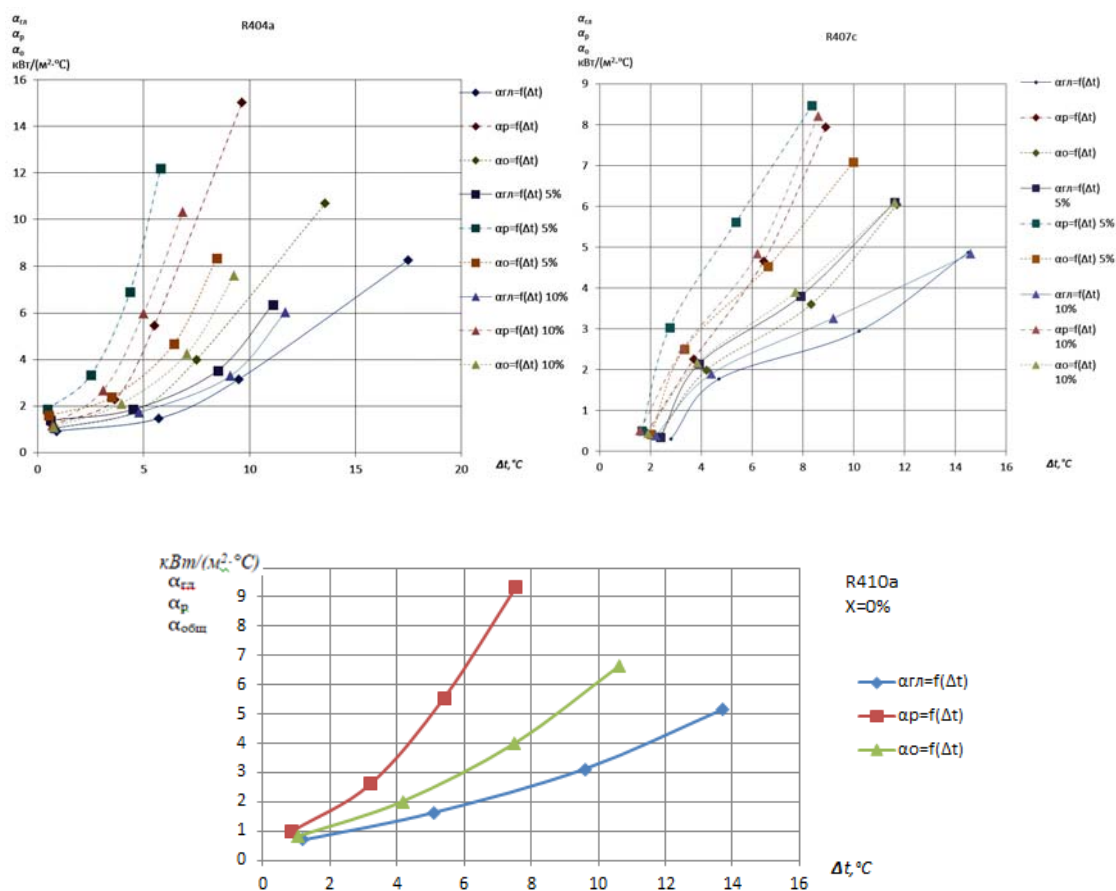


Рис. 2. Зависимость коэффициента теплоотдачи от температурного напора для фреонов, R410a, R404a и R407c

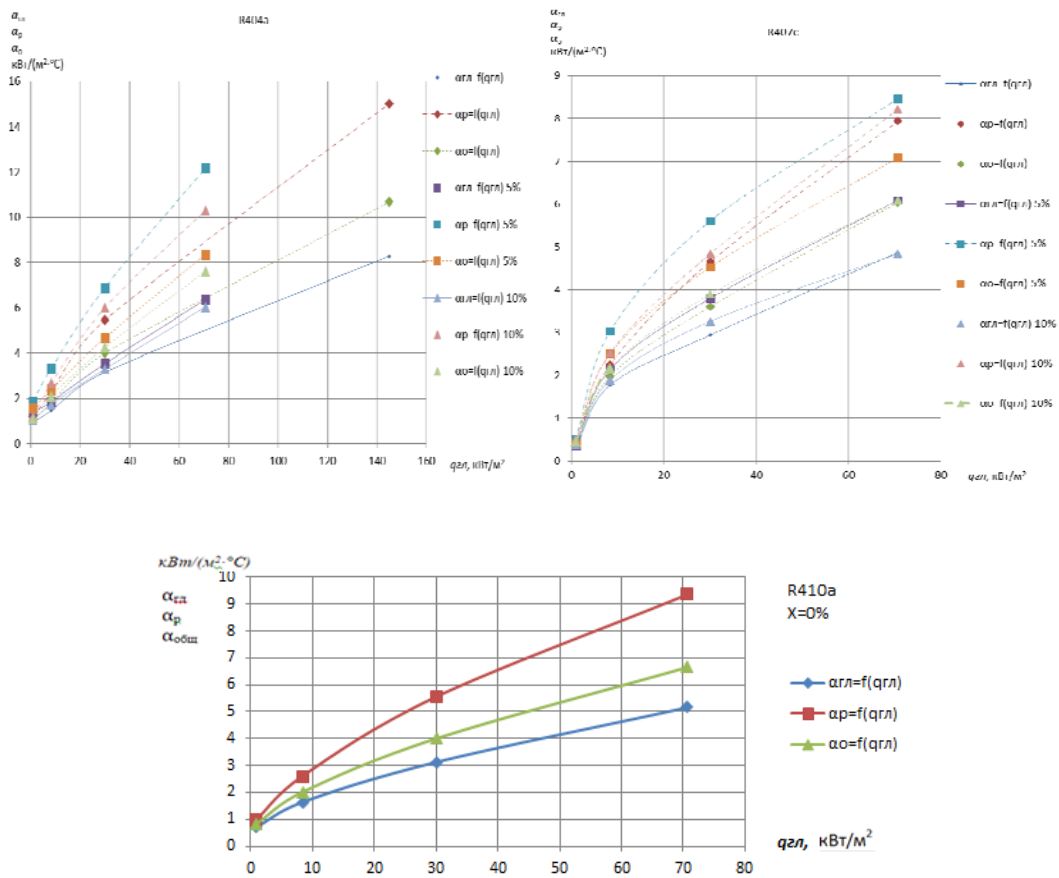


Рис. 3. Зависимость коэффициента теплоотдачи от плотности теплового потока для фреонов R410a, R404a и R407c

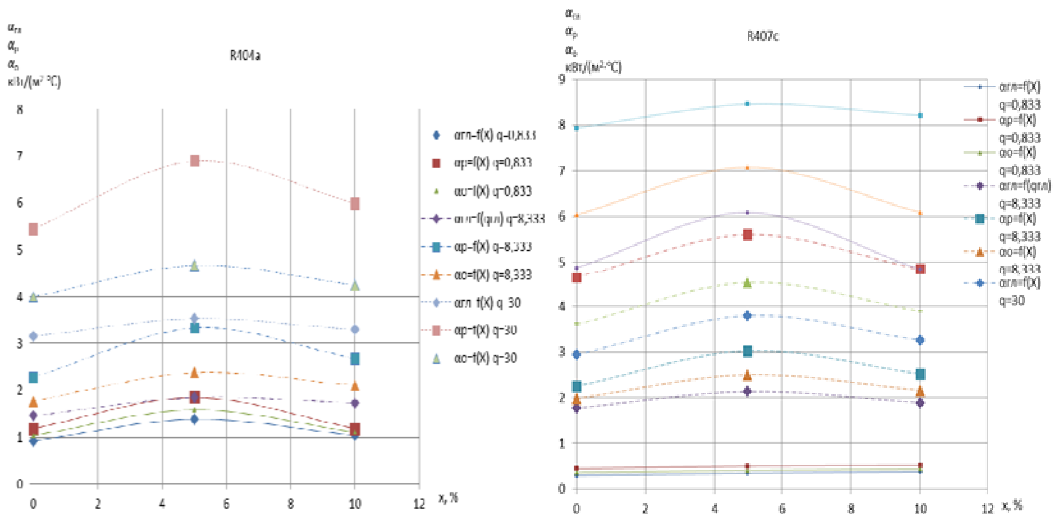


Рис. 4. Зависимость коэффициента теплоотдачи от концентрации масла для фреонов R404a и R407c

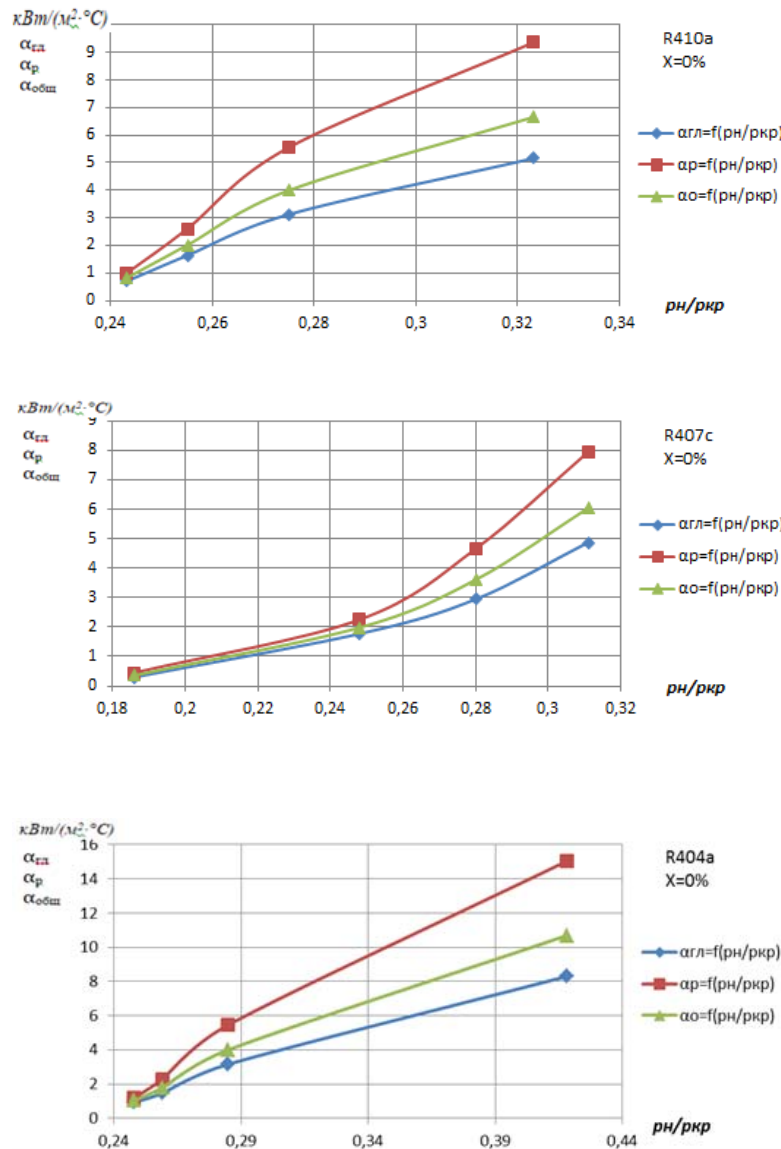


Рис. 5. Зависимость коэффициента теплоотдачи отношения давлений  $p_{нас}/p_{кр}$  для фреонов R410a, R404a и R407c

Значение коэффициента теплоотдачи при концентрации масла 5 % выше, чем у чистого фреона. Это можно объяснить тем, что при небольшой концентрации масла растет количество центров парообразования и следовательно это ведет к улучшению интенсивности теплообмена. При дальнейшем увеличении концентрации масла коэффициент теплоотдачи уменьшается.

Полученные экспериментальные данные позволяют производить расчет испарителей холодильных машин и теплонасосных установок по полученным зависимостям термодинамических характеристик процесса теплообмена при кипении фреонов на гладких и оребренных поверхностях.

#### Литература

1. Овсянник, А. В. Теплообмен и моделирование при кипении на теплоотдающих поверхностях / А. В. Овсянник // LAMBERT Academic Publishing. – 2018. – 348 с.

2. Толубинский, В. И. Теплообмен при кипении / В. И. Толубинский. – К. : Наукова думка, 1980. – 313 с.
3. Лабунцов, Д. А. Обобщенные зависимости для критических тепловых нагрузок при кипении жидкостей в условиях свободного движения / Д. А. Лабунцов // Теплоэнергетика. – 1960. – № 7. – С. 76–80.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ С ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ РЕЖИМОМ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ

С. С. Евдоченко

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель А. А. Капанский

Центробежные насосы являются наиболее распространенными машинами для перемещения жидкостей в различных отраслях промышленности. Они могут перекачивать воду, суспензии, химически активные и нейтральные жидкости с плотностью до  $1850 \text{ кг/м}^3$ . Поэтому для оптимизации работы с данными устройствами необходимо иметь представление о том, как изменяется потребление мощности системы *сеть–двигатель–насос*.

В данном исследовании был использован массив данных водопотребления УП «Витебскводоканал» водозабора «Песковатик». Существующий график водопотребления аппроксимирован полиномом 6-й степени:

$$Q(t) = a_1 t^6 + a_2 t^5 + a_3 t^4 + a_4 t^3 + a_5 t^2 + a_6 t + a_7.$$

Для приведения графика зависимости к номинальному значению потребления имеющегося насоса была применена нормализация функции методом Z-масштабирования данных на основе среднего значения и стандартного отклонения. Функция водопотребления приняла вид:

$$Q(t) = \frac{a_1 t^6 + a_2 t^5 + a_3 t^4 + a_4 t^3 + a_5 t^2 + a_6 t + a_7 + 30,09}{2,2}.$$

Нормализованный график водопотребления представлен на рис. 1.

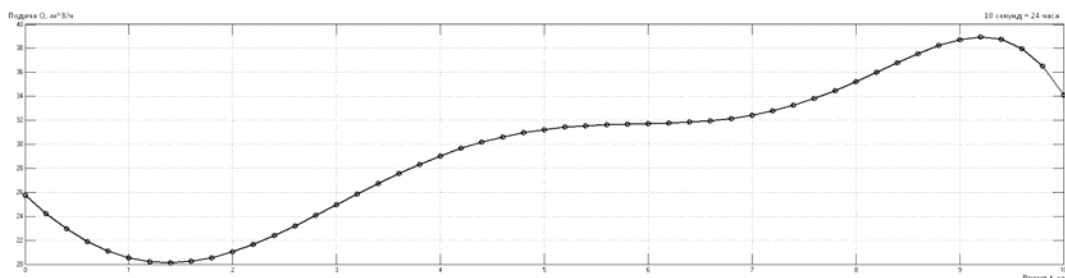


Рис. 1. Нормализованный график водопотребления