

УДК 658.261:621.56

ТЕПЛООБМЕН ПРИ КИПЕНИИ ОЗОНОБЕЗОПАСНЫХ ХЛАДАГЕНТОВ И ИХ МАСЛОФРЕОНОВЫХ СМЕСЕЙ

А. В. Овсянник, А. И. Аршуков, П. А. Ковальчук

Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

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

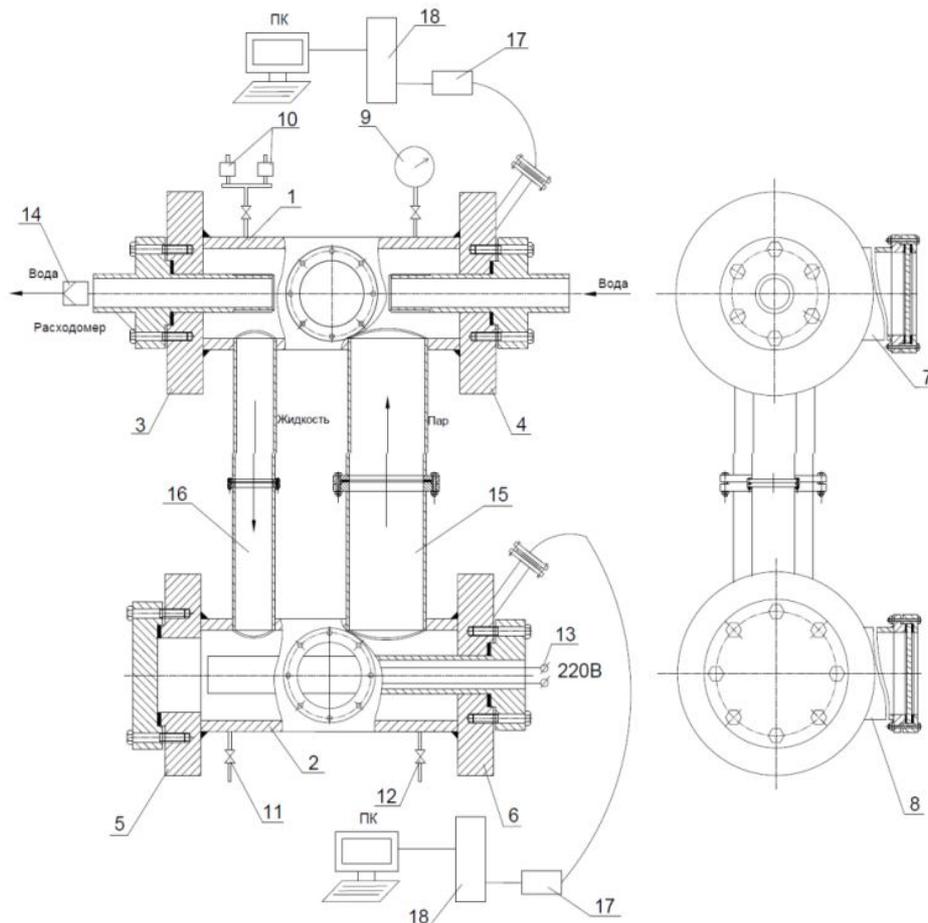


Рис. 1. Комплексный экспериментальный стенд: 1, 2 – рабочие камеры; 3, 4, 5, 6 – фланцы; 7, 8 – смотровые иллюминаторы; 9 – манометр; 10 – предохранительный клапан; 11, 12 – вентиль; 13 – нагреватель; 14 – расходомер; 15 – паровой канал; 16 – жидкостной канал; 17 – аналого-цифровой преобразователь; 18 – 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 (1,1–140 кВт/м²) [2].

Результаты экспериментальных исследований зависимости интенсивности теплообмена от режимных параметров представлены на рис. 2–5, от концентрации масла – на рис. 6 и 7.

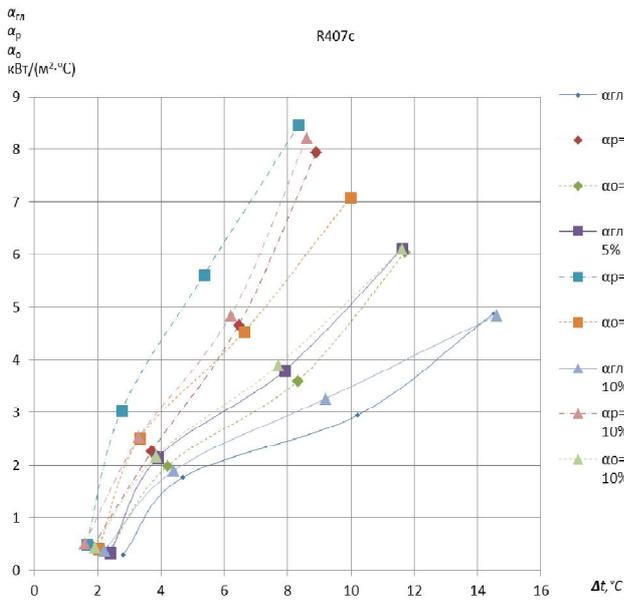


Рис. 2. Зависимость коэффициента теплоотдачи от температурного напора для фреона R407c

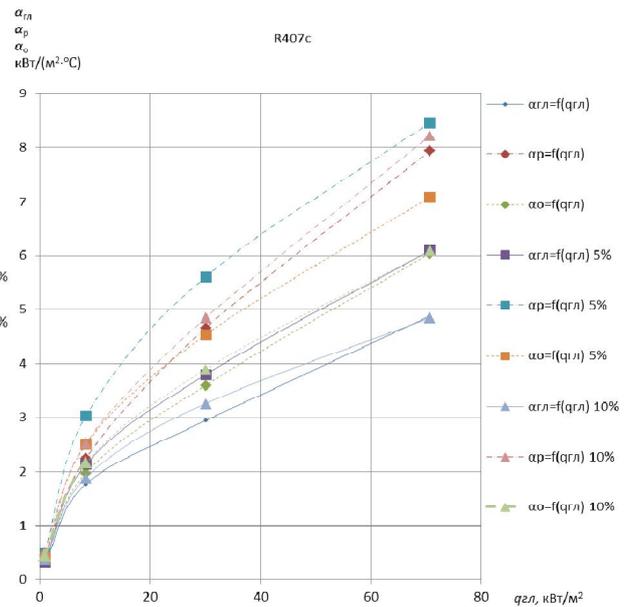


Рис. 3. Зависимость коэффициента теплоотдачи от плотности теплового потока для фреона R407c

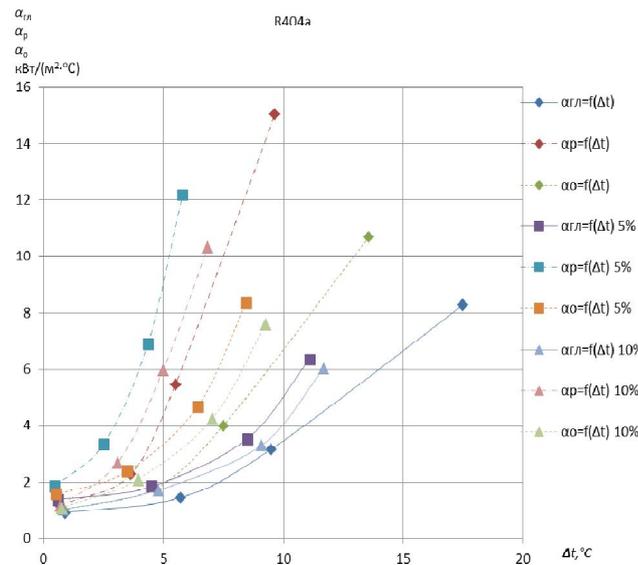


Рис. 4. Зависимость коэффициента теплоотдачи от температурного напора для фреона R404a

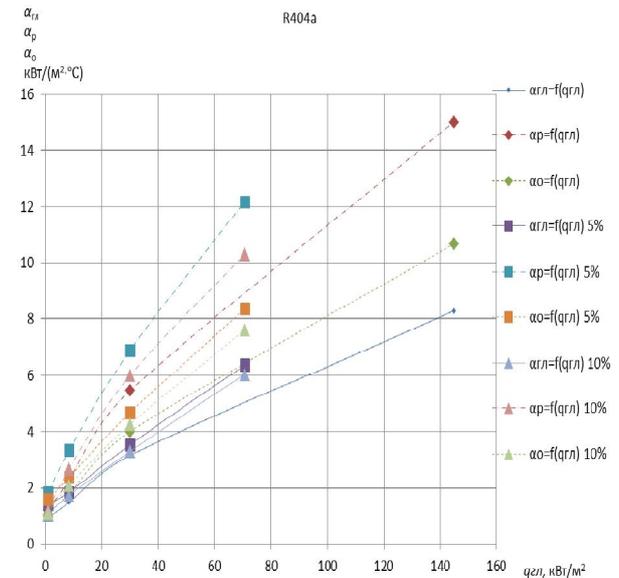


Рис. 5. Зависимость коэффициента теплоотдачи от плотности теплового потока для фреона R404a

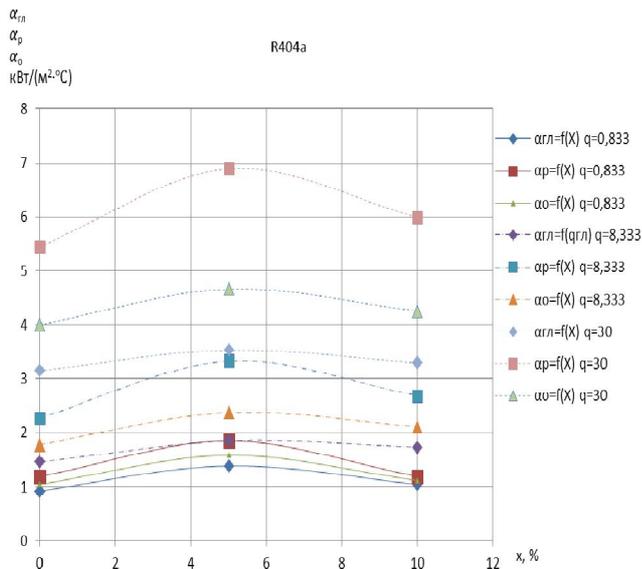


Рис. 6. Зависимость коэффициента теплоотдачи от концентрации масла для фреона R404a

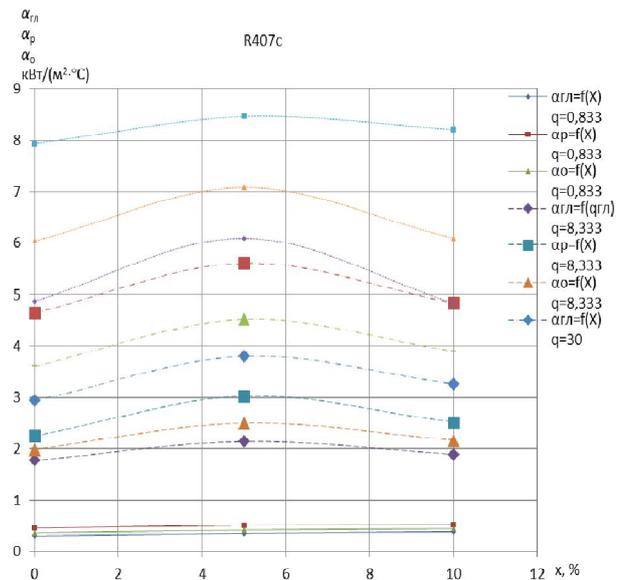


Рис. 7. Зависимость коэффициента теплоотдачи от концентрации масла для фреона R407c

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

Обозначения

$\alpha_{гл}$ – коэффициент теплоотдачи на гладкой поверхности; α_p – коэффициент теплоотдачи на оребренной поверхности; α_o – общий коэффициент теплоотдачи; $q_{гл}$ – плотность теплового потока на гладкой поверхности; Δt – разность температур на образце и температуры насыщения в испарителе.

Литература

1. Овсянник А. В. Теплообмен и моделирование при кипении на теплоотдающих поверхностях. LAMBERT Academic Publishing, 2018. – 348с.
2. Арефьева Е. И., Аладьев И. Т. О влиянии смачиваемости на теплообмен при кипении. // ИФЖ. 1958. Т. 1. № 7. С. 11–17.
3. Фритц В., Энде В. Исследование механизма парообразования с помощью киносъёмки паровых пузырей // Вопросы физики кипения. М.: Мир, 1964. С. 162–188.
4. Плессет М. С., Цвик С. А. Рост паровых пузырей в перегретых жидкостях // Вопросы физики кипения. М.: Мир, 1964. С. 189–211.
5. Форстер Г., Зубер Н. Рост парового пузыря в перегретой жидкости // Вопросы физики кипения. М.: Мир, 1964. С. 212–225.
6. Лабунцов Д. А. Теплообмен при пузырьковом кипении жидкости // Теплоэнергетика. 1959. № 12. С. 19–26.
7. Лабунцов Д. А. Обобщенные зависимости для критических тепловых нагрузок при кипении жидкостей в условиях свободного движения // Теплоэнергетика. 1960. № 7. С. 76–80.
8. Борнхорст У. Д., Хэтсопулос Г. Н. Определение скорости роста пузырей с учетом дискретности у поверхности раздела фаз // Прикладная механика. 1967. Т. 89. № 4. С. 125.

9. Ягов В. В. Исследование кипения жидкостей в области низких давлений: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1971.

10. Кутателадзе С. С. Основы теории теплообмена. Новосибирск: Наука, 1970. – 660 с.

УДК 658.261:621.56

ТРИГЕНЕРАЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ НА ДИОКСИДЕ УГЛЕРОДА С ДВУКРАТНЫМ ПЕРЕГРЕВОМ С УСТАНОВКОЙ ТУРБОДЕТАНДЕРА И КОТЛА-УТИЛИЗАТОРА

А. В. Овсянник, А. И. Аршуков, П. А. Ковальчук, В. П. Ключинский

*Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого, г. Гомель,
Республика Беларусь*

Рациональное использование природных ресурсов – одна из наиболее актуальных задач энергетики. Повышение термодинамической, энергетической и технико-экономической эффективности генерации энергии различных видов необходимо рассматривать как один из возможных путей решения этой задачи [1].

В настоящее время все больше и больше внимания уделяется поиску как можно более эффективных и безопасных рабочих тел для энергетических установок прямого и обратного циклов. Одними из таких рабочих тел являются природные хладагенты и, в частности, диоксид углерода. Основными преимуществами применения CO_2 в холодильной технике в сравнении с ГФУ-хладагентами является их эффективность, безопасность, экологичность и низкая стоимость [2]. На основании энергетических, технических и экологических показателей использования CO_2 в энергетических установках для получения электрической, тепловой энергии и холода предлагается использование диоксида углерода для получения этих видов энергии в турбодетандерном цикле. Отличительной особенностью такой установки является то, что используется только одно рабочее тело для выработки всех трех видов энергии – CO_2 , а также возможность отпуска CO_2 в жидком или газообразном состоянии для коммерческих целей. Схема тригенерационной установки на диоксиде углерода на вторичных энергоресурсах с производством жидкой и газообразной углекислоты представлена на рис. 1.

Принцип работы предлагаемой установки основан на использовании теплоты отходящих продуктов сгорания (металлургических, стеклоплавильных печей, котлоагрегатов и т. д.) с целью повышения энергетической эффективности теплоэнергоустановок и снижения их тепловых потерь. Кроме того, решается экологическая проблема улавливания диоксида углерода и предотвращения выброса его в окружающую среду. Предлагаемая установка работает на вторичных энергоресурсах, которые в настоящее время используются в крайне ограниченных объемах.

Установка подключается через теплофикационный узел, состоящий из двух теплообменников 24 и 25, к источнику продуктов сгорания или дымовых газов. Теплообменники 24 и 25 теплофикационного узла предназначены для подогрева сетевой воды для целей отопления и горячего водоснабжения. После теплофикационного узла дымовые газы направляются в абсорбционно-десорбционную установку, где осуществляется улавливание и выделение CO_2 . Выделенная углекислота сжимается и направляется в сепараторы 22, 23 и бак-сборник 19 турбодетандерного контура. Турбодетандерный контур (турбодетандер 12 – испаритель 11 – перегреватель 10 – конденсатор 13 – насос 16 – ресивер – накопитель 19) может рабо-