

УДК 621.565

## ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИКЛОВ КАСКАДНЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН С ПРИМЕНЕНИЕМ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА

Хрёкин А.С. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – профессор, доктор технических наук, Баранов И.В.  
(Университет ИТМО)

**Введение.** По результатам проведенного ранее сравнения и термодинамического анализа циклов и составляющих процессов холодильных машин были получены результаты, которые показывают, что для верхнего каскада предпочтительны экологически безопасные нетоксичные хладагенты с низким показателем глобального потепления (GWP), класса пожарной опасности А1, однокомпонентные, азеотропные или зеотропные с незначительным температурным глайдом [1].

### Основная часть.

Указанным требованиям из разрешенных в настоящее время и приемлемых к применению в рассматриваемых условиях отвечают хладагенты R134a, R404a, R450a, R507a, R1234yf. Из них все хладагенты, кроме дорогостоящего R1234yf (различие на порядок), в полной мере не отвечают запрету Регламента Европейского Союза № 517/2014 на использование хладагентов группы ГФУ.

Удовлетворяют экологическим запретам с эксплуатационными ограничениями пожароопасные природные хладагенты: углеводороды и аммиак. Из них для каскадных холодильных систем применяют в основном аммиак (R717) и редко пропан (R290), что связано с повышенной пожарной опасностью последнего и ограниченной номенклатурой выпускаемого оборудования для его использования в холодильных системах.

Для сравнительного анализа двухступенчатых и каскадных циклов, для верхнего каскада приняты хладагенты R134a, R507a, (гидрофторуглерод) R1234yf, R717.

Выполненный сравнительный анализ энергетических показателей циклов верхней ступени при работе на R744 и верхнего каскада при работе на рассматриваемых в сравнении хладагентах показал преимущества каскадного варианта, особенно для условий, когда транскритический режим работы на CO<sub>2</sub> преобладает [2].

**Выводы.** Применение каскадных схем в низкотемпературных холодильных машинах, с использованием хладагентов R744 в нижнем каскаде и работающих при субкритических режимах хладагентов в верхнем каскаде, является перспективным направлением по увеличению энергетической эффективности данных машин и сокращению тепловых выбросов в атмосферу.

При применении R744 в нижнем каскаде, целесообразно внешнее охлаждение пара, нагнетаемого компрессором, до его подачи в конденсатор-испаритель. Приведены результаты анализа эффективности внешнего охлаждения.

### Список использованных источников:

1. Khrekin A., Baranov I.V. Comparative Analysis of the Refrigeration Machine Cycles Efficiency // AIP Conference Proceedings - 2021, Vol. 2412, pp. 030009.
2. Хрёкин А.С., Баранов И.В., Никитин А.А. Анализ эффективности циклов каскадных холодильных машин с применением диоксида углерода // Омский научный вестник. Серия Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение - 2021. - Т. 5. - № 4. - С. 55-64

Хрёкин А.С. (автор)

Подпись

Баранов И.В. (научный руководитель)

Подпись