

УДК 621.56

Сравнительный анализ циклов бытового холодильника на хладагентах R134a, R600a

Лариса Владимировна Сумзина, к.т.н., зав. каф. сервиса, e-mail: byttech@yandex.ru

Александр Васильевич Максимов, к.т.н., доцент, каф. сервиса

Юрий Владимирович Кудров, аспирант, каф. сервиса, e-mail: yurakudrov@yandex.ru
ФГБОУ ВПО «Российский государственный университет туризма и сервиса», Москва

Представлены результаты сравнительного анализа потерь эксергии в процессах цикла бытового холодильника при применении хладагентов R134a и R600a; на основе проведенных расчетов построены диаграммы распределения потоков эксергии в процессах цикла; установлено, что анализ показателей термодинамической эффективности цикла холодильного агрегата бытового холодильника подтверждает преимущества хладагента R600a по сравнению с хладагентом R134a.

The article offers results of a comparative analysis of exergy loss in processes of the household refrigerator cycle with application of R134a and R600a cooling agents. Basing on their calculations, the authors provide diagrams of exergy direction control in the cycle processes and state that the analysis results of the cycle thermodynamic effectiveness indicators for the refrigerating unit of a household refrigerator prove advantages of R600a cooling agent in comparison with R134a cooling agent.

Ключевые слова: цикл холодильного агрегата, энтальпия, эксергия, потери эксергии, термодинамическая эффективность цикла, эксергетический КПД.

Keywords: cycle of a refrigerator set, enthalpy, exergy, exergy loss, cycle thermodynamic effectiveness, exergetic efficiency factor.

В настоящее время в качестве рабочих веществ бытовых компрессионных холодильников наибольшее распространение получили холодильные агенты R134a (тетрафторэтан CH_2FCF_3) и R600a (изобутан C_4H_{10}). С точки зрения экологии изобутан R600a в качестве хладагента имеет явные преимущества по показателям влияния на озоновый слой Земли ($\text{ODP} = 0$) и возможности возникновения парникового эффекта ($\text{GWP} = 0,001$). Анализ физических свойств также подтверждает эффективность изобутана, которая проявляется в снижении энергопотребления и уровня шума холодильников.

Термодинамический анализ циклов холодильных агрегатов, работающих на хладагентах R134a и R600a, целесообразно начать с рассмотрения диаграммы «энтальпия–эксергия» (рис.1). С помощью этой диаграммы можно оценить эксергетический потенциал применяемых хладагентов и потери эксергии в процессах цикла. Расчет производился для исходных данных, приведенных в [2]. Результаты расчетов сведены в табл. 1.

Эксергию процесса сжатия применительно к рассматриваемому циклу можно считать затратами эксергии на входе в систему e' , а эксергию процесса кипения – суммарной полезной эксергией на выходе системы e'' [1].

Эксергетический КПД η_e цикла холодильного агрегата определяется по формуле

$$\eta_e = \frac{e''}{e'}$$

Таблица 1. Результаты расчета энтальпии и эксергии в цикле холодильного агрегата

№ точки цикла	R134a		R600a	
	i , кДж/кг	e , кДж/кг	i , кДж/кг	e , кДж/кг
1	453,16	0,23	287,66	0,21
2	393,10	0,63	177,91	4,25
3	444,45	0,00	275,28	0,00
4	393,10	2,77	177,91	6,55
5	579,27	-46,42	515,59	-81,65
6	630,63	-52,05	612,96	-93,21
7	696,25	13,58	727,69	21,52
8	618,71	4,33	609,83	8,66
9	456,10	0,34	295,18	0,44

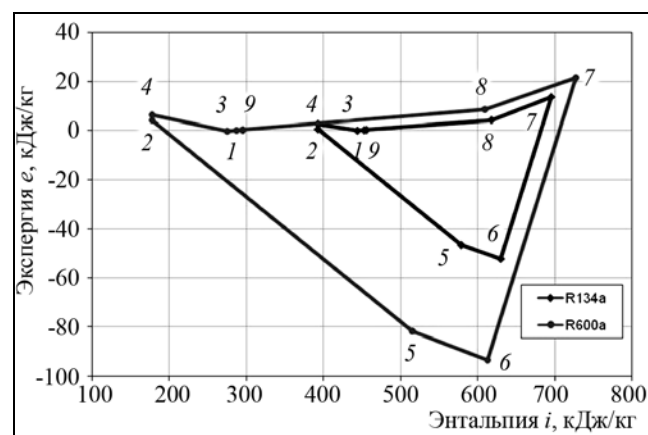


Рис. 1. Диаграммы «энтальпия–эксергия» для хладагентов R134a и R600a

На основе проведенных расчетов (см. табл. 1) можно определить потери эксергии в процессах

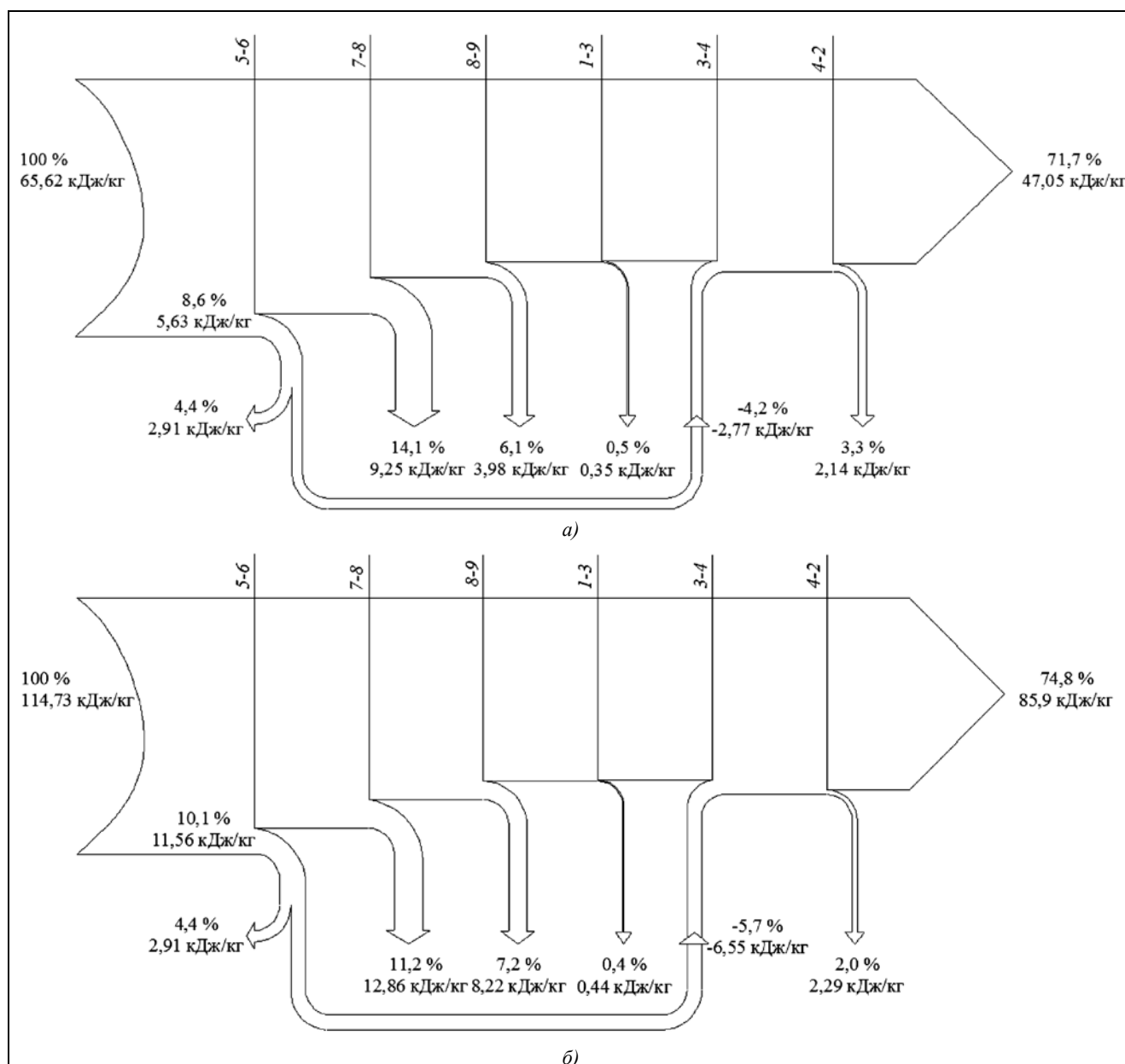


Рис. 2. Диаграмма распределения потоков эксергии: а – хладагент R134a; б – хладагент R600a

цикла и построить диаграмму распределения потоков эксергии (рис. 2).

Рассмотрение диаграммы распределения потоков эксергии показывает, что максимальные потери эксергии для двух рассматриваемых хладагентов наблюдаются в процессе отвода теплоты от сжатых паров в окружающую среду (кривые 7 – 8) и конденсации хладагента (кривые 8 – 9). В данных процессах потери при применении хладагента R134a выше, чем у R600a.

Затраты эксергии на входе в систему e' , соответствующие работе процесса сжатия, у хладагента R600a на 80,8% выше, чем у хладагента R134a.

Суммарная полезная эксергия на выходе системы, соответствующая процессу кипения, на 74,8% выше у хладагента R600a. Для получения равной холодопроизводительности в холодильных агрегатах, работающих на рассмотренных хладагентах, в агрегате на R600a необходимо снизить массу циркулирующего в системе рабочего вещества, что приведет к снижению потребляемой компрессором мощности.

Проведем анализ термодинамической эффективности циклов на основе представленных в табл. 2 показателей.

Таблица 2. Показатели термодинамической эффективности циклов

Название показателя	Величина показателя	
	R134a	R600a
Удельная холодопроизводительность, q_0 , кДж/кг	186,2	337,7
Удельная теплота, отводимая от конденсатора, q_k , кДж/кг	162,6	314,7
Адиабатическая изоэнтروпическая работа компрессора, L_s , кДж/кг	65,6	114,7
Холодильный коэффициент, ε	2,84	2,94
Теоретический массовый расход хладагента, G_a , кг/с	0,0008	0,0004
Изоэнтропическая мощность компрессора, N_s , Вт	52,50	42,09
Теоретическая объемная производительность компрессора, V_d , м ³ /с	0,0002	0,0003
Эксергетический КПД, η_e	0,72	0,75

На рис. 3 приведены результаты расчета показателей термодинамической эффективности: удельной холодопроизводительности q_0 , удельной теплоты, отводимой от конденсатора q_k , и адиабатической изоэнтропической работы компрессора L_s .

Анализ полученных результатов показывает более высокую эффективность хладагента R600a: удельная холодопроизводительность выше на 81%, удельная теплота, отводимая от конденсатора, возрастает на 93%, а адиабатическая изоэнтропическая работа компрессора – на 75% по сравнению с хладагентом R134a. Результаты расчета холодильного коэффициента ε и основного показателя термодинамической эффективности цикла – эксергетического КПД η_e – приведены на рис. 4. Эксергетический КПД хладагента R600a на 4% выше, чем у хладагента R134a.

Таким образом, результаты проведенного сравнительного анализа показателей термодинамической

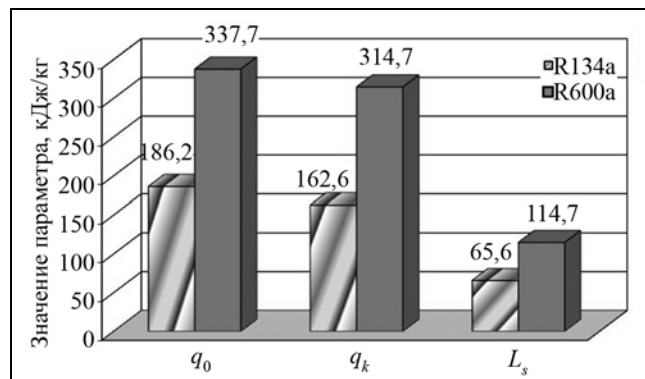


Рис. 3. Сравнительный анализ показателей термодинамической эффективности цикла для хладагентов R134a и R600a

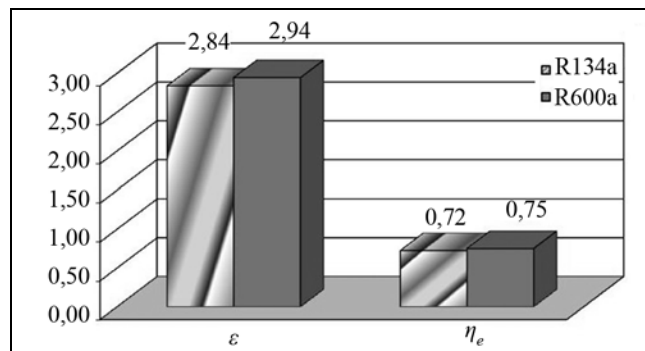


Рис. 4. Сравнительный анализ холодильного коэффициента и эксергетического КПД цикла для хладагентов R134a и R600a

эффективности цикла холодильного агрегата бытового холодильника подтверждают преимущества хладагента R600a.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бродянский В. М., Фратшер В., Михалек К. Эксергетический метод и его приложения. М.: Энергоиздат. 1988.
2. Сумзина Л. В., Максимов А. В. Анализ потерь эксергии в цикле компрессионного бытового холодильника // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2012. Т. 8. № 1. С. 37 – 39.

Поступила 22.03.2012 г.