



Использование озонобезопасных альтернатив ГХФУ в коммерческом секторе

**Жолдошбек Жумалиев,
Кыргызская ассоциация холодильщиков
«Экохолод»**

**Встреча региональной озоновой сети (ЕЦА)
Охрид, БЮР Македония, 21-23 Мая 2013**

ЦЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ

- Общая цель этого исследования проинформировать ассоциации (РАС) в странах Центральной Азии, о возможности замены ГХФУ в коммерческом секторе, альтернативными технологиями с использованием двуокиси углерода (CO_2) или аммиака (NH_3) и исследовать возможность применения двухкаскадной системы охлаждения NH_3/CO_2 в секторе коммерческого холодильного оборудования в странах с жарким климатом.
- Исследование рассматривает технические параметры каскадных систем CO_2 и NH_3 , климатические условия их использования, вопросы цены, и рентабельность.



АКТУАЛЬНОСТЬ

- **Коммерческий сектор холодильного оборудования в Кыргызстане** является самым крупным сектором по сравнению с остальными. На долю коммерческого сектора приходится наибольшее количество испарений парниковых газов, разрушающих озоновый слой и ускоряющих глобальное изменение климата .
- Количество супермаркетов с площадью торгового зала от 500 до 20 000 м² **во всем мире** оценивается примерно в 530 000 (по данным 2006 года.) Банк хладагентов оценивается в 547 000 тонн, распределяющихся по типам хладагентов на ХФУ (30 процентов), ГХФУ (55 процентов), ГФУ (15 процентов) и другие; углеводороды или СО₂ составляют незначительную долю в этом секторе. **Из-за высокой нормы утечки хладагентов коммерческая холодильная техника вызывает больше выбросов хладагентов, чем любая другая область применения холодильной техники.**



ТРИДЦАТОЕ СОВЕЩАНИЕ РАБОЧЕЙ ГРУППЫ ОТКРЫТОГО СОСТАВА СТОРОН МОНРЕАЛЬСКОГО ПРОТОКОЛА

- В ходе тридцатого совещания Рабочей Группы открытого состава Сторон Монреальского Протокола проходившего в Женеве в июне 2010 года, было представлено **предварительное исследование, касающееся альтернатив гидрохлорфторуглеродам в секторах холодильного оборудования и кондиционирования воздуха, согласно которому, в свете замечаний, высказанных Сторонами на двадцать первом Совещании и озабоченности по поводу:**
 - **-отсутствия удовлетворительных альтернатив ГХФУ** для применения в условиях высоких температур окружающего воздуха;
 - **-трудностей**, возникающих в результате этого у некоторых Сторон в достижении своих целей, связанных с ГХФУ;
 - - требований **доступности, приемлемости по цене и обслуживания** соответствующих новых технологий и необходимости создания потенциала в этой области;
 - -а также необходимости проведения **углубленного исследования альтернативных технологий** и их возможных негативных последствий,

Были даны задания провести исследования существующих альтернатив ГХФУ

ТРИДЦАТОЕ СОВЕЩАНИЯ РАБОЧЕЙ ГРУППЫ ОТКРЫТОГО СОСТАВА СТОРОН МОНРЕАЛЬСКОГО ПРОТОКОЛА

В отношении сектора коммерческой рефрижераторной техники, были сделаны следующие выводы:

- **в автономных установках** с применением уже существующих технологий охлаждения в условиях высоких температур можно легко использовать четыре возможных хладагента: ГФУ-134а, УВ-600а, УВ-290 и ГФУ-1234yf.
- **В централизованных системах** в условиях высоких температур можно использовать установки с промежуточным хладоносителем, поскольку температура испарения варьируется в небольшом диапазоне.
- **Возможными заменителями ГХФУ-22** в крупном **коммерческом холодильном оборудовании** служат такие смеси ГФУ с высоким потенциалом глобального потепления, как **R-404A** или даже **R-422D** либо **R-427A**

ВИДЫ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

- **Одиночные системы охлаждения**
- **Компрессорно-конденсаторные агрегаты**
- **Распределенные системы охлаждения**
- **Косвенные системы охлаждения**
- **Гибридные и каскадные системы охлаждения**



УСЛОВИЯ ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВ ДЛЯ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ В РАЗВИТЫХ СТРАНАХ

- Высокие налоги на использование ГХФУ и ГФУ хладагентов.
 - Наличие законодательной базы, ограничивающей или полностью запрещающей использование ГХФУ, ГФУ хладагентов.
 - Наличие специальных государственных программ по регулированию выбросов вредных веществ в атмосферу.
 - Наличие современного оборудования.
 - Наличие квалифицированного персонала и финансовой состоятельности.
 - Наличие благоприятных климатических условий (средние климатические температуры) для использования природных хладагентов в коммерческом секторе.
- 

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАСКАДНЫХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ

ГОДОВОЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ХЛАДАГЕНТНЫХ СИСТЕМ В
СУПЕРМАРКЕТАХ

Хладагент	По отношению к R 404	Энергопотребление [kWh/m]
косвенный R717	+15 %	3,441
R717/R744 МТ+LT	-13 %	2,603
R290/R744 МТ+LT	0 %	2,992
прямой R744	0 %	2,992

ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ КАСКАДНЫХ СИСТЕМ **R717/R744** НА 13-18% НИЖЕ ПО
СРАВНЕНИЮ С R404. (СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОММЕРЧЕСКИХ СИСТЕМ
ОХЛАЖДЕНИЯ И ОБОРУДОВАНИЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА КЛИМАТ
(ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ОТЧЕТ ДАНИЯ 2009Г.)



ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАСКАДНЫХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ

- Заряд хладагента для косвенных систем R717, каскадных систем R717/R744, R290/R744, прямые системы R744.

Хладагент	Заряд хладагента [kg/m]
R404A MT + R744 LT	2.7 kg R404A 0.5 kg R744
R717/R744 MT+LT	0.5 kg R744 0.15 kg R717
R290/R744 MT+LT	1.1 kg R290 0.8 kg R744
прямой R744	3.0
косвенный R717	0.75

(Сравнительный анализ коммерческих систем охлаждения и оборудования и их влияние на климат (Исследовательский отчет Дания 2009г.)



ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАСКАДНЫХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ СУПЕРМАРКЕТЫ

Инвестиционные затраты		
	Возрастающие цены по отношению к R404	Инвестиционные затраты
Косвенный R717	+27 %	472,000
R717/R744 MT+LT	+28 %	474,000
R290/R744 MT+LT	+15 %	426,000
Прямой R744	+20 %	444,000

Годовые затраты		
	Цена за 1 киловат 0.13 €	Полные эксплуатационные затраты
Косвенный R717	45,000	8,000
R717/R744 MT+LT	34,000	8,000
R290/R744 MT+LT	39,000	6,500
Прямой R744	39,000	7,800



ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАСКАДНЫХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ ГИПЕРМАРКЕТЫ

	Возрастающие цены по отношению к R404	Инвестиционные затраты
Косвенный R717	+28 %	1,024,000
Прямой R744	+20 %	960,000

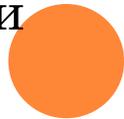
Годовые затраты		
	Цена за 1 киловат 0.13€	Полные эксплуатационные затраты евро
Косвенный R717	115,000	20,000
Прямой R744	105,000	20,000

ПЛЮСЫ И МИНУСЫ КАСКАДНЫХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ NH₃/CO₂

Среди плюсов каскадных систем охлаждения NH₃/CO₂ можно назвать:

- Низкое количество потребляемой электроэнергии, на 13%-18% ниже по сравнению с ГФУ и ГХФУ оборудованием.
- Возможность получения низких температур охлаждения (до -70°C и выше).
- Низкие показатели или полное отсутствие ПГП (потенциал глобального потепления).
- Низкие показатели или полное отсутствие ОРС (озоноразрушающая способность).

Низкие показатели потребления электроэнергии, по сравнению с ГФУ и ГХФУ оборудованием, безусловно, весомое преимущество. Но в мире существуют такие страны, где цены на электроэнергию не столь высокие, данный плюс является актуальным лишь при высоких тарифах на электроэнергию.



ПЛЮСЫ И МИНУСЫ КАСКАДНЫХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ NH₃/CO₂

Среди минусов каскадных систем охлаждения можно назвать:

- Высокая стоимость оборудования по сравнению с оборудованием на ГФУ и ГХФУ.
- Длительная самоокупаемость оборудования.
- Необходимость в опытных, сертифицированных специалистах, имеющих специальные лицензии для работы с токсичными хладагентами и сосудами под высоким давлением.
- Наличие особых смазочных материалов, выдерживающих сверхнизкие температуры.
- Среди главных минусов каскадных систем охлаждения, пожалуй, можно считать высокую стоимость оборудования, которая в разы увеличивает срок окупаемости. Многие потенциальные покупатели каскадных систем охлаждения, не решаются покупать данный тип холодильного оборудования из-за высокой цены.



ОПИСАНИЕ ТЕКУЩЕЙ СИТУАЦИИ В КОММЕРЧЕСКОМ СЕКТОРЕ КЫРГЫЗСТАНА

Применение хладагентов в холодильном секторе Кыргызстана

Область применения	Традиционные Хладагенты	Альтернативные Хладагенты
Бытовые холодильники	R22	R134a, R600a
Коммерческие холодильники	R22, R12	R22, R134a, R404a
Промышленные холодильники	R12, R22, R717, R502	R22, R717, R134a, R404a, R507

Применение хладагентов в климатической технике Кыргызстана

Область применения	Традиционные хладагенты	Альтернативные Хладагенты
Бытовые кондиционеры	R12	R22, R410a
Центральные кондиционеры	R22, R12	R22, R134a, R407c, R410a
Системы кондиционирования общественных и промышленных зданий	R12, R22, R717, R502	R22, R717, R134a, R404, R507, R407c, R410a



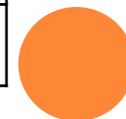
ОПИСАНИЕ ТЕКУЩЕЙ СИТУАЦИИ В КОММЕРЧЕСКОМ СЕКТОРЕ КЫРГЫЗСТАНА

- Необходимо заметить, что в Кыргызстане в коммерческом секторе, в большинстве случаев, используются ГХФУ и ГФУ хладагенты, такие как R12, R22, R404, R410. На сегодняшний день переход на природные хладагенты, такие как R744 и R717 (за исключением промышленного сектора) еще не осуществлен, в силу различных причин, таких как отсутствие технологий и компонентов, квалифицированного персонала, специальных программ.



ПОТРЕБЛЕНИЕ ГХФУ НА 2009 Г. (ТОННЫ)

Категория оборудования	Потребление
Коммерческое холодильное оборудование с мощностью до 3000 ватт	11.06
Коммерческое/Промышленное холодильное оборудование с мощностью свыше 3000 ватт	9.87
Климатическая техника	15.00
Холодильники в грузовых машинах	2.56
Обслуживание смонтированного оборудования	23.27
Общее обслуживание холодильного оборудования	61.76
Общее потребление ГХФУ-22	61.76



ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КАСКАДНЫХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ NH₃/CO₂ В КОММЕРЧЕСКОМ СЕКТОРЕ КЫРГЫЗСТАНА

- К сожалению, в настоящее время, каскадные системы NH₃/CO₂, в Кыргызстане не применяются. Мы, в рамках настоящего исследования, не смогли найти опыт их применения также и в соседних республиках Центральной Азии.
- У Кыргызстана был некоторый опыт применения каскадных систем охлаждения, но это было во времена Советского Союза и они работали на ХФУ хладагентах, таких как R12 и R13. Но даже наличие такого опыта не дает в настоящее время никаких преимуществ природным хладагентам в коммерческом секторе, так как широко используемые ГХФУ и ГФУ хладагенты имеют ряд выгодных по сравнению с ними технико-экономические параметры.



СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ЦЕНЫ НА ХЛАДАГЕНТЫ ПРЕДСТАВЛЕННЫХ НА МЕСТНОМ РЫНКЕ (\$/KG)

ХФУ-12	ГХФУ-22	ГФУ-134a	ГФУ-404a	ГФУ-407c	ГФУ-410a	ГФУ-507a	R-600a	Аммиак
8-9	5-6	14-16	20-26	15-16	15-18	15-18	12.00	1.00-2.00

ГХФУ-141b	С-пентан	Н-пентан	ГФУ-245a	Форан 427	R-422d	R-417a
6.00-7.00	2.75-3.30	1.95-2.20	8.90-9.60	17.00*	35.00*	51.00*



СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ЦЕНЫ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ОБОРУДОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГХФУ И ИХ АЛЬТЕРНАТИВ (\$/УСТАНОВКА ИЛИ СИСТЕМА)

Тип оборудования	ГХФУ	ГФУ	Другое
Конденсаторные агрегаты(10-16 kW)	1,700-2,000 (ГХФУ-22)	2,300-2,800 (ГФУ-404a)	n/a
Морозильные камеры (10-15 кВт)	4,200-5,200 (ГХФУ-22)	5,000-7,000 (ГФУ-404a)	n/a
Чиллеры (120 кВт)	16,000 (ГХФУ-22)	16,000 (смеси ГФУ)	n/a



ЦЕНЫ

- Стоимость двухкаскадной холодильной установки NH₃/CO₂ мощностью 5-10 кВт составляет от 25 000-30 000 \$
- Стоимость аналогичной холодильной установки на ГФУ составляет от 2 500 -3 000 \$

Большая разница в цене усложняет применение каскадных систем охлаждения NH₃/CO₂ в коммерческом секторе Кыргызстана



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

К сожалению на сегодняшний день каскадные системы охлаждения не используются в коммерческом секторе Кыргызстана.

Среди причин невозможности их применения можно выделить:

- Длительный срок окупаемости (около 75-100 лет при цене на электроэнергию за кВт для коммерческого потребления 0.015 USD)
- Дорогая цена по сравнению с аналогичными холодильными установками работающих на ГХФУ и ГФУ
- Отсутствие сопутствующего оборудования и комплектующих на рынке Кыргызстана для каскадных систем охлаждения NH₃/CO₂
- Отсутствие опыта применения каскадных систем охлаждения NH₃/CO₂ у специалистов Кыргызстана
- Низкая стоимость электроэнергии в Кыргызстане
- Законодательные стимулы



ДВУХСТУПЕНЧАТАЯ ХОЛОДИЛЬНАЯ УСТАНОВКА НА CO₂ – ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ

- цена на данный тип оборудования гораздо ниже, по сравнению с каскадными системами охлаждения NH₃/CO₂
- технологичность
- наличие оборудования у местных производителей малой и средней холодопроизводительности
- в отличие от ГУ (пропан, пропилен, изобутан) и аммиака, CO₂ не является горючим и ядовитым хладагентом
- энергоэффективность
- наличие международного опыта использования двухступенчатой холодильной установки CO₂ в условиях жаркого климата



АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ХЛАДАГЕНТЫ ДЛЯ СТРАН С ЖАРКИМ КЛИМАТОМ

Наименование хладагента	ПГП	ОРС	Заменитель хладагента	Сектор применения	Классификация безопасности
Opteon yf (HFO-1234yf) (Dupont) Solstice yf (HFO-1234yf) (Honeywell)	4	0	ГФУ 134А	Автомобильные кондиционеры	Средне горючий (A2L)
XP 10 (Dupont)	600	0		Гибридные, каскадные системы CO2	Негорючий (1)
DR 2 (Dupont)	10	0		Чиллеры Высокотемпературные тепловые насосы Хладоноситель	Негорючий (1)
N-13 (Honeywell)	600	0		Чиллеры, среднетемпературное холодильное оборудование	Негорючий (A1)
DR 33 (Dupont)	1400	0	ГФУ 404А	Ретрофит и новые системы	Негорючий (1)
DR 7 (Dupont)	250	0		Оборудование с небольшим зарядом (компрессорно-конденсаторные агрегаты)	Средне горючий (2L)
N-40 (Honeywell)	1300	0		Низкотемпературное холодильное оборудование	Негорючий (A1)
L-40 (Honeywell)	200-300	0		Низкотемпературное холодильное оборудование	Средне горючий (A2L)
L-41 (Honeywell)	500	0	ГФУ 410А	Стационарные кондиционеры	Средне горючий (A2L)
DR 5 (Dupont)	500	0			Средне горючий (2L)
N-20 (Honeywell)	1000	0	ГХФУ 22	Стационарные кондиционеры, холодильное оборудование	Негорючий (A1)
L-20 (Honeywell)	350	0		Стационарные кондиционеры, холодильное оборудование	Средне горючий (A2L)
DR 3 (Dupont)	150	0			Средне горючий (2L)

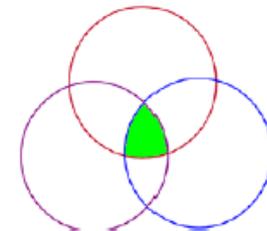
Свойства хладагентов

	R-404A	DR-7	DR-33
100 yr GWP	3922	~250	~1400
Flammability	None	2L	None
Boiling Point °C	-47	-48	-46
Critical Point °C	72	81	82
Vapor Pressure at 25°C in kPa	1254	1372	1271
Liquid Density at 25°C in kg/m ³	1044	1133	1139
Vapor Density at 25°C in kg/m ³	65.3	46.8	48.9

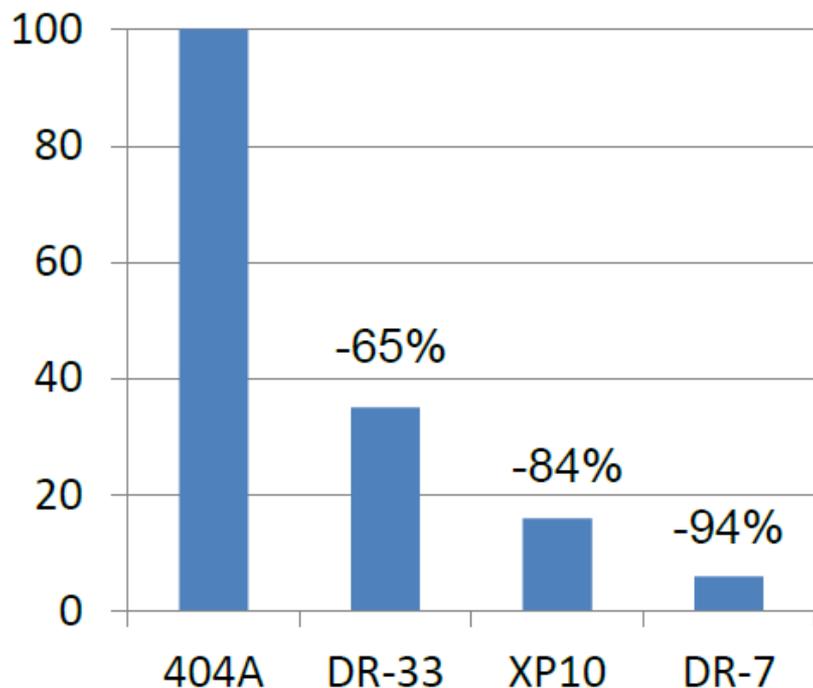


Хладагенты «ортеон» для замены R404a с низким ПГП

Ведущие Кандидаты



GWP Reduction



DR-33

- ПГП-1400, что на 65% ниже чем у R404a,
- характеристики производительности
- близки к R404a не горючий , применение ретрофит и новые системы

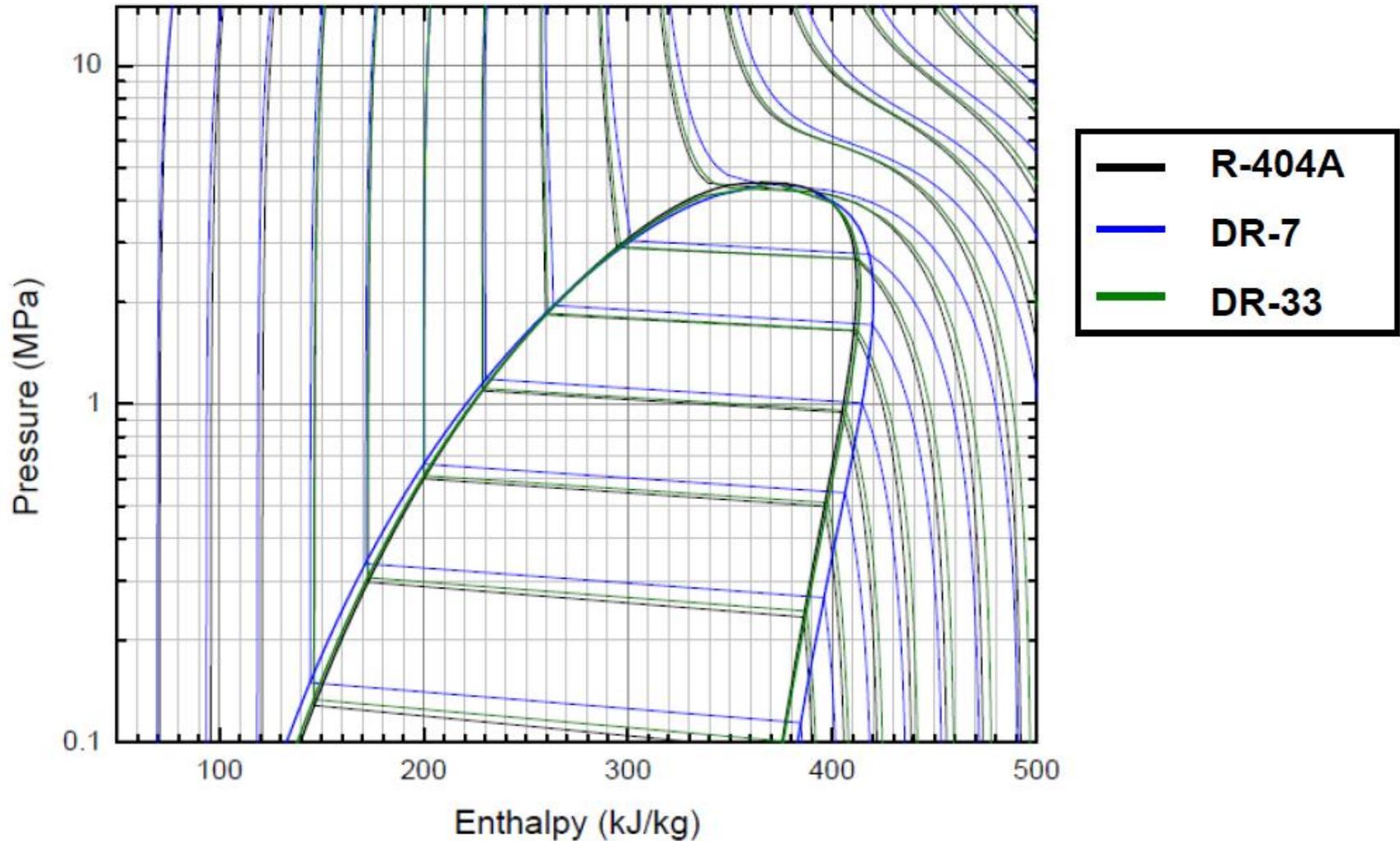
XP10

- ПГП -600, что на 84% ниже чем у R404a
- характеристики производительности
- близки к R404a, применение ретрофит и новые системы, предпочтителен для гибридных каскадных систем CO2

DR-7

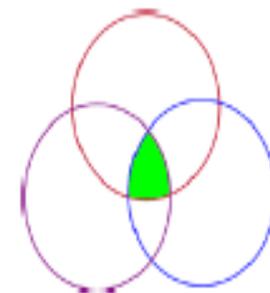
- ПГП-650, что на 94% ниже чем у R404a,
- характеристики производительности
- близки
- к R404a, средне горючий (2L) применение для систем с небольшим зарядом (конденсаторные агрегаты)

Сравнительная диаграмма с R404a

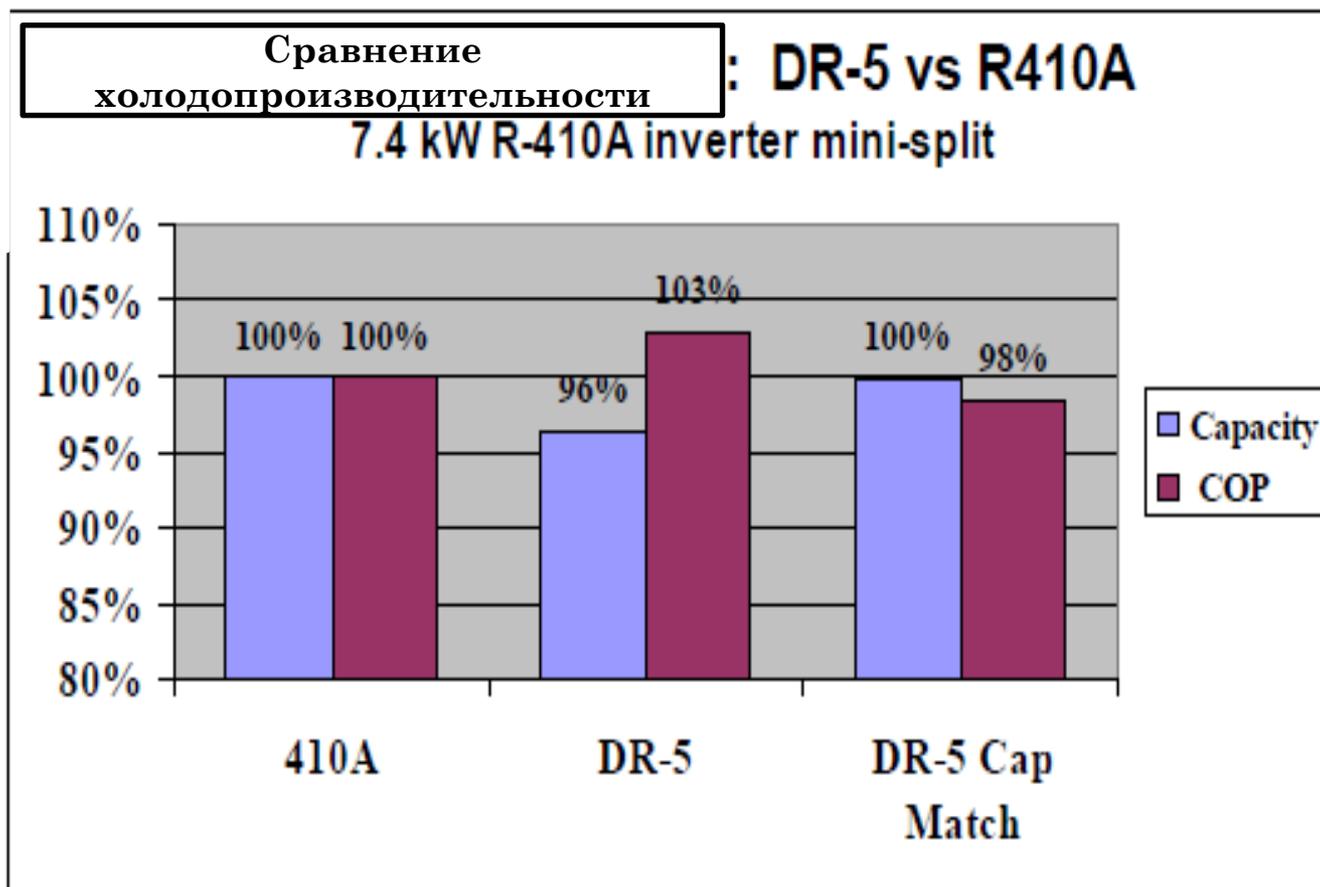
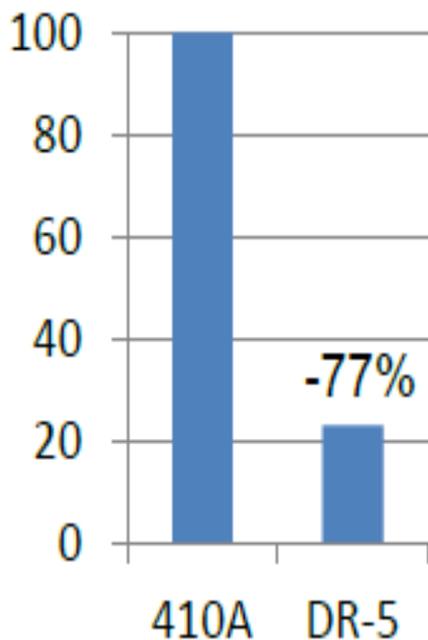


Хладагенты «ортеон» для замены R404a с низким ПГП

Ведущие Кандидаты-DR5



Сокращение ПГП



Solstice™ ze

Равнозначная (лучшая) эффективность в сравнении с R134a, ПГП на 99.7% ниже

Solstice™ N-13

Сравнительная эффективность по отношению к R134a,

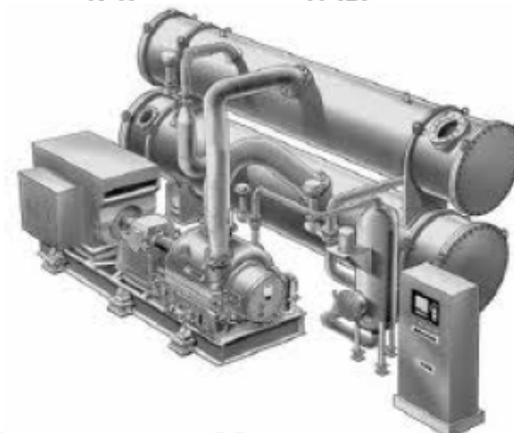
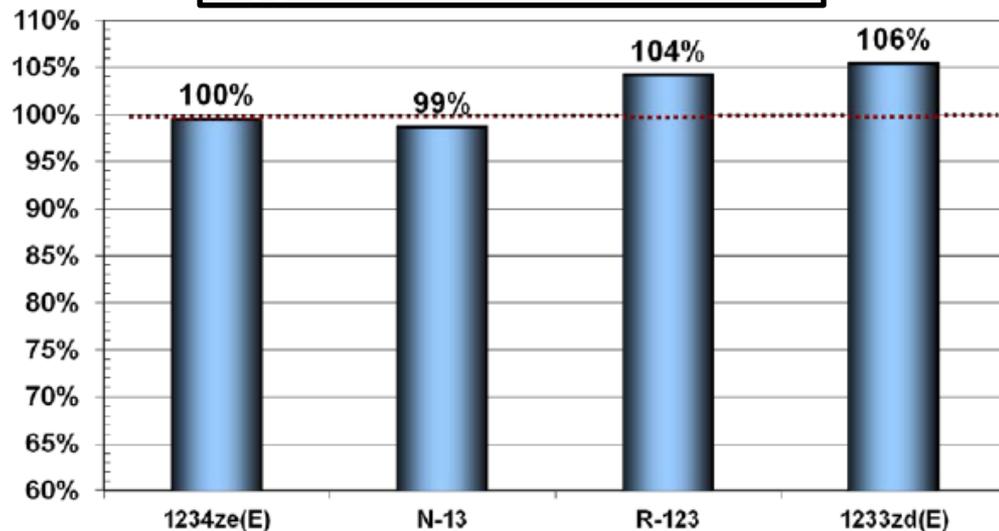
- негорючий, потенциал для ретрофита, ПГП на 60% ниже

Solstice™ zd

- Эффективность выше чем у R134a-лидер по эффективности, ПГП на 94% ниже

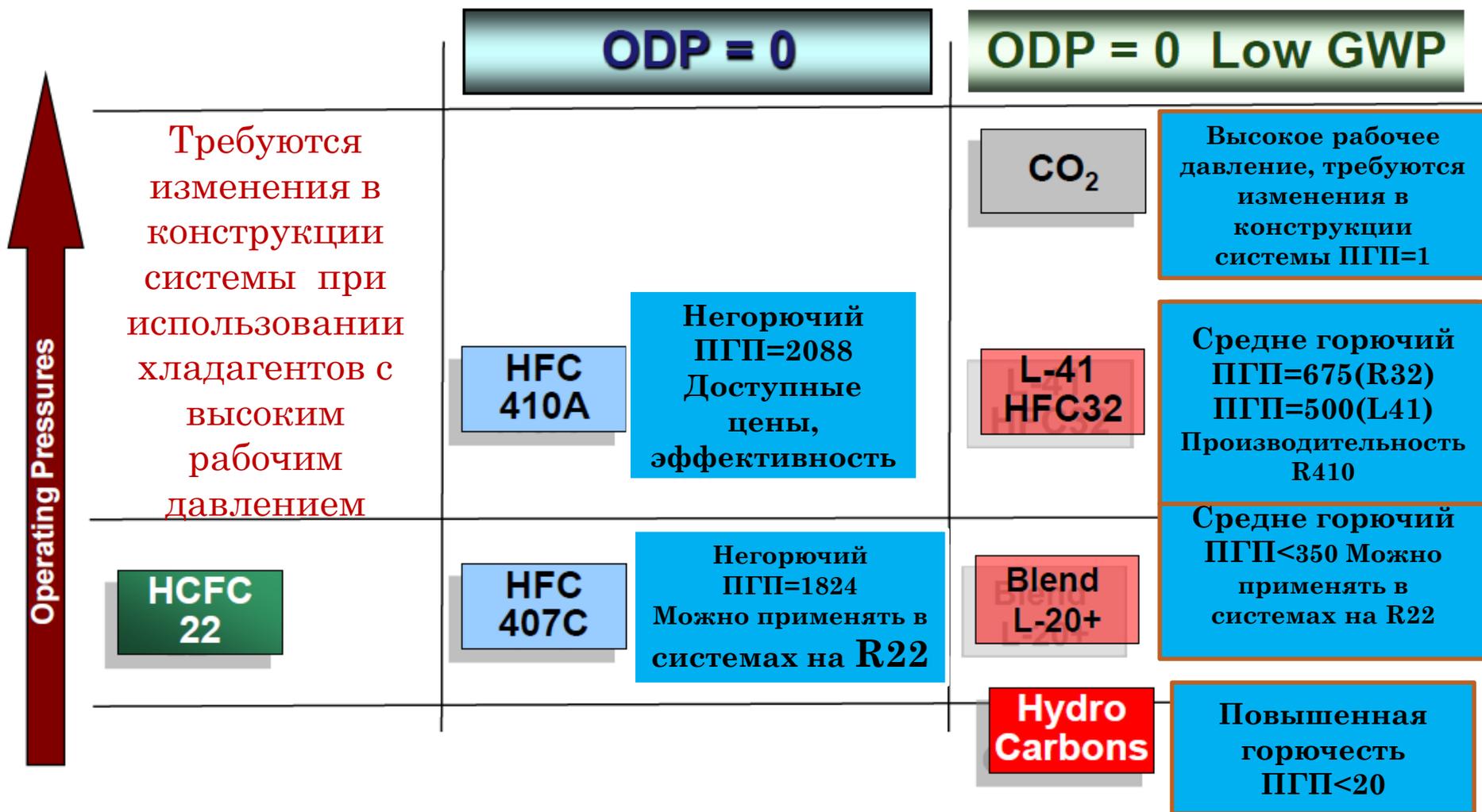
Производительность Solstice ze, zd, N13

Эффективность относительно R134A



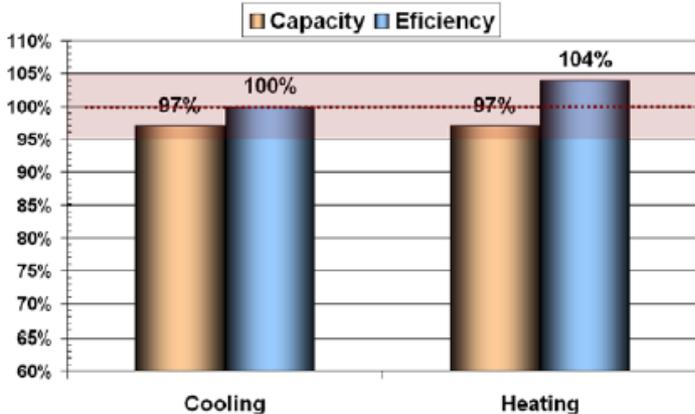
Применение ГФО ведет к существенному сокращению ПГП /Высокой эффективности

Хладагенты с низким ПГП для кондиционеров



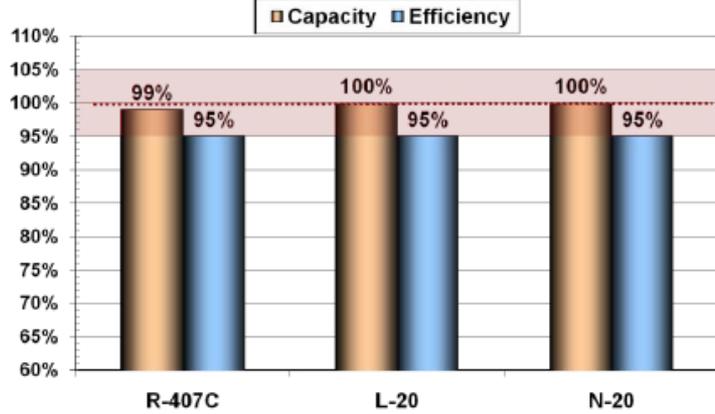


L41 в качестве
заменителя ГФУ
410А



L41-хорошие характеристики
производительности и
сокращение ПГП (<75%)
Возможность использования в
высокоэффективных системах,
устойчив к высоким
температурам в нагнетающей
стороне компрессора

L20 в качестве
заменителя
ГХФУ 407С



Заменит R407C в
кондиционерах без
существенных изменений в
системе, сокращение влияния
на природу из-за низкого ПГП,
хорошая производительность
при высоких температурах,
устойчив к высоким
температурам в нагнетающей
стороне компрессора





Безопаснее чем УГ

Использование аналогичных технологий как у R410A

Сокращение ПГП на 75% по сравнению с R410A

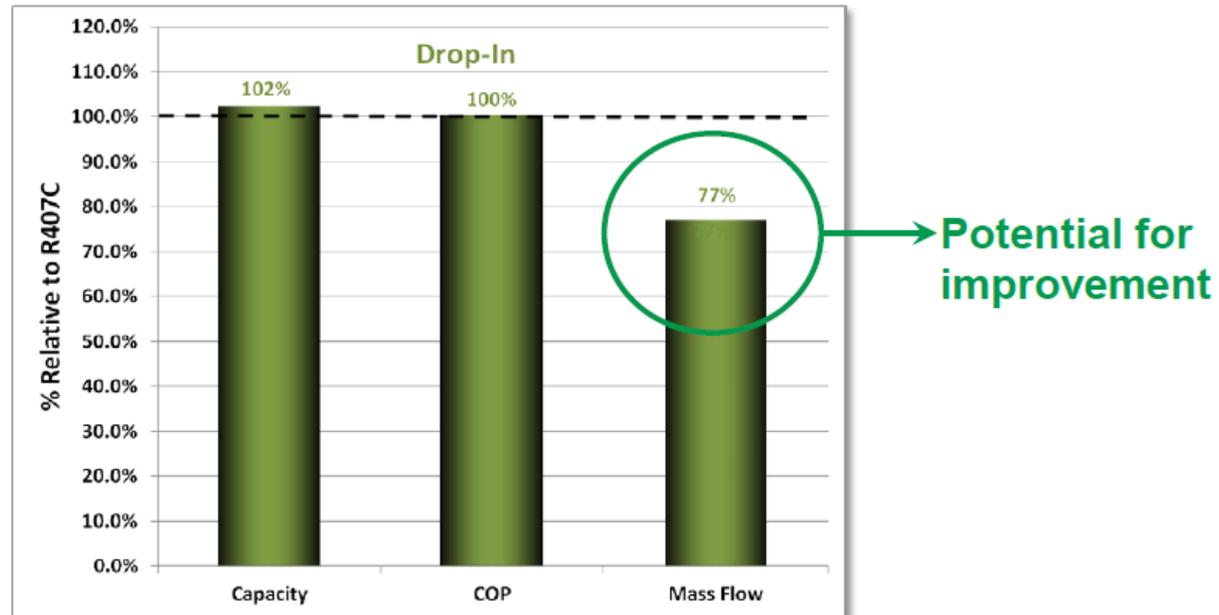
Сокращение ПГП на 30% по сравнению с R32

Снижение давления на нагнетательной стороне компрессора по сравнению с R32

Снижение температуры на нагнетательной стороне компрессора по сравнению с R32

Низкое энергопотребление по сравнению с R410A и R32 в условиях жаркого климата

L20 (R407C Replacement)



Применение (Drop In) показывает повышение холодопроизводительности до 102%, COP сравнительно (100%), уменьшение массы циркулирующего агента до 77%

Низкая скорость циркуляции указывает на возможность улучшения конструкции теплообменников

- Были рассмотрены потенциальные альтернативы хладагентов для чиллеров с воздушным охлаждением, объемными и центробежными компрессорами
- **Чиллеры с центробежными компрессорами среднего давления**
 - Solstice ze отличная альтернатива для нового оборудования благодаря своей эффективности, данный хладагент не представлен на рынке,
 - N13 многообещающая альтернатива для замены R134A в существующих установках
- **Чиллеры с центробежными компрессорами низкого давления**
 - Solstice zd благодаря хорошим показателям производительности и эффективности аналогичной R123 является хорошей альтернативой в установках с низким рабочими давлениями
- **Чиллеры с воздушным охлаждением и объемными компрессорами высокого давления**
 - L41 –хорошая альтернатива для замены R410A, могут потребоваться небольшие структурные изменения,
 - L20 многообещающая альтернатива для R407C

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

