

# Поршневые компрессоры серий ECOLINE и SL для CO<sub>2</sub>

в гибридных установках на R134a/CO<sub>2</sub> в коммерческом  
холоде

Michael Henchoz  
BITZER Kühlmaschinenbau GmbH, Sindelfingen, Germany



# Содержание

- Хладагенты  
Вызовы & возможные решения
- Новые поршневые компрессоры ECOLINE  
Оптимизированные для R134a
- Новые поршневые компрессоры для CO<sub>2</sub>  
Новая версия мотора для докритического применения
- Гибридные решения с компрессорами ECOLINE  
CO<sub>2</sub> / R134a Каскадная система
- Резюме

# Хладагенты

## - Вызовы & возможные решения

### / Хладагент R404A

- Является основным в Европе в холодильных технологиях
  - Супермаркеты и др. коммерческий холод
  - Потенциал разрушения озонового слоя **ODP = 0**

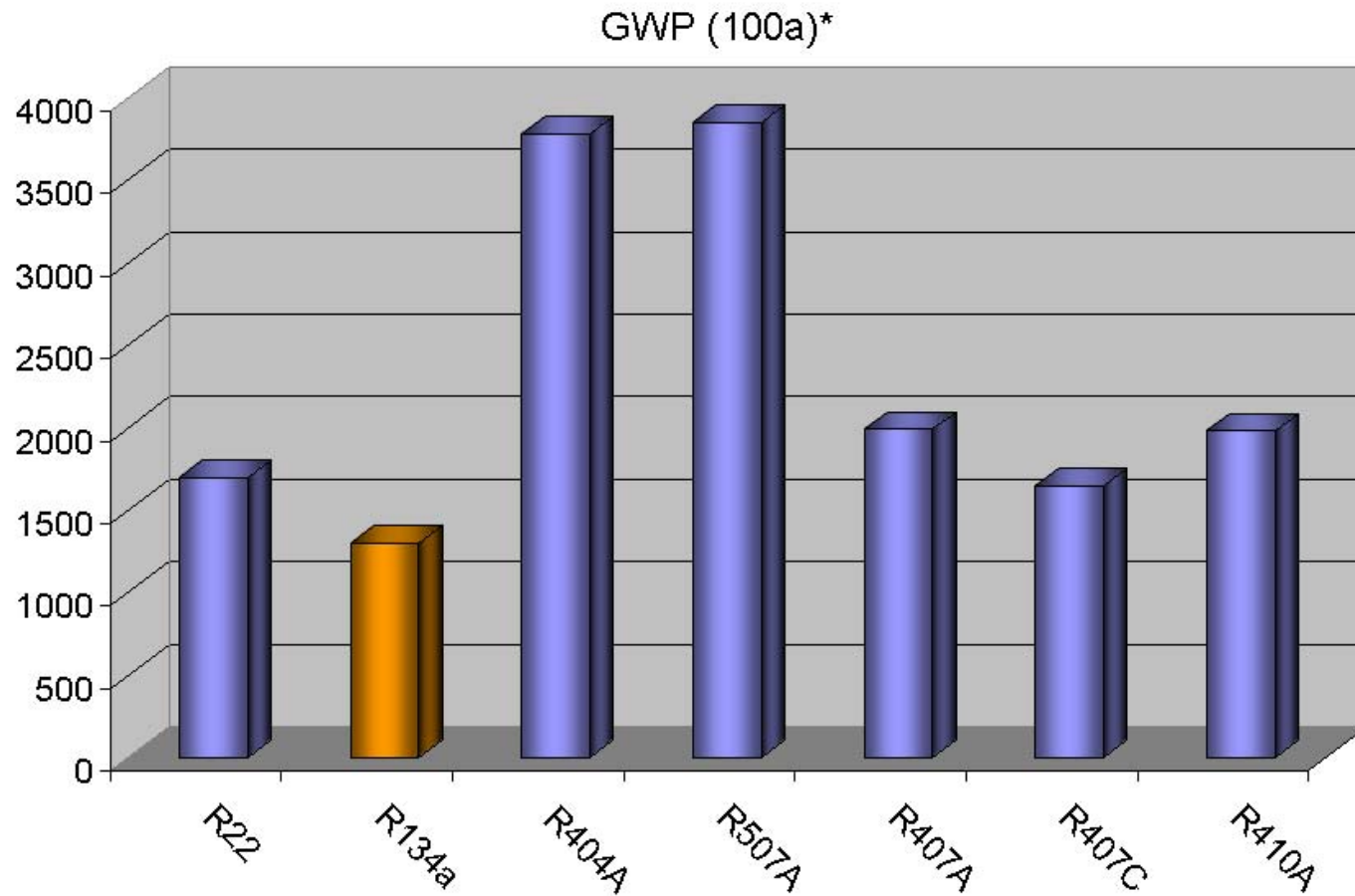
но:

- Потенциал глобального потепления **GWP<sub>100a</sub> = 3780**
  - Вывод из обращения R22 предрешён и уже осуществляется. Сегодня R404A попадает в фокус политических и общественных дискуссий из-за высокого GWP
  - Перспективы HFC хладагентов с высоким GWP обсуждаются правительствами стран ЕС, Австралии и, с недавнего времени, США

# Хладагенты

## - Вызовы & возможные решения

### / Потенциал глобального потепления различных хладагентов



\* Values according to IPCC III (Intergovernmental panel on climate change)

# Хладагенты

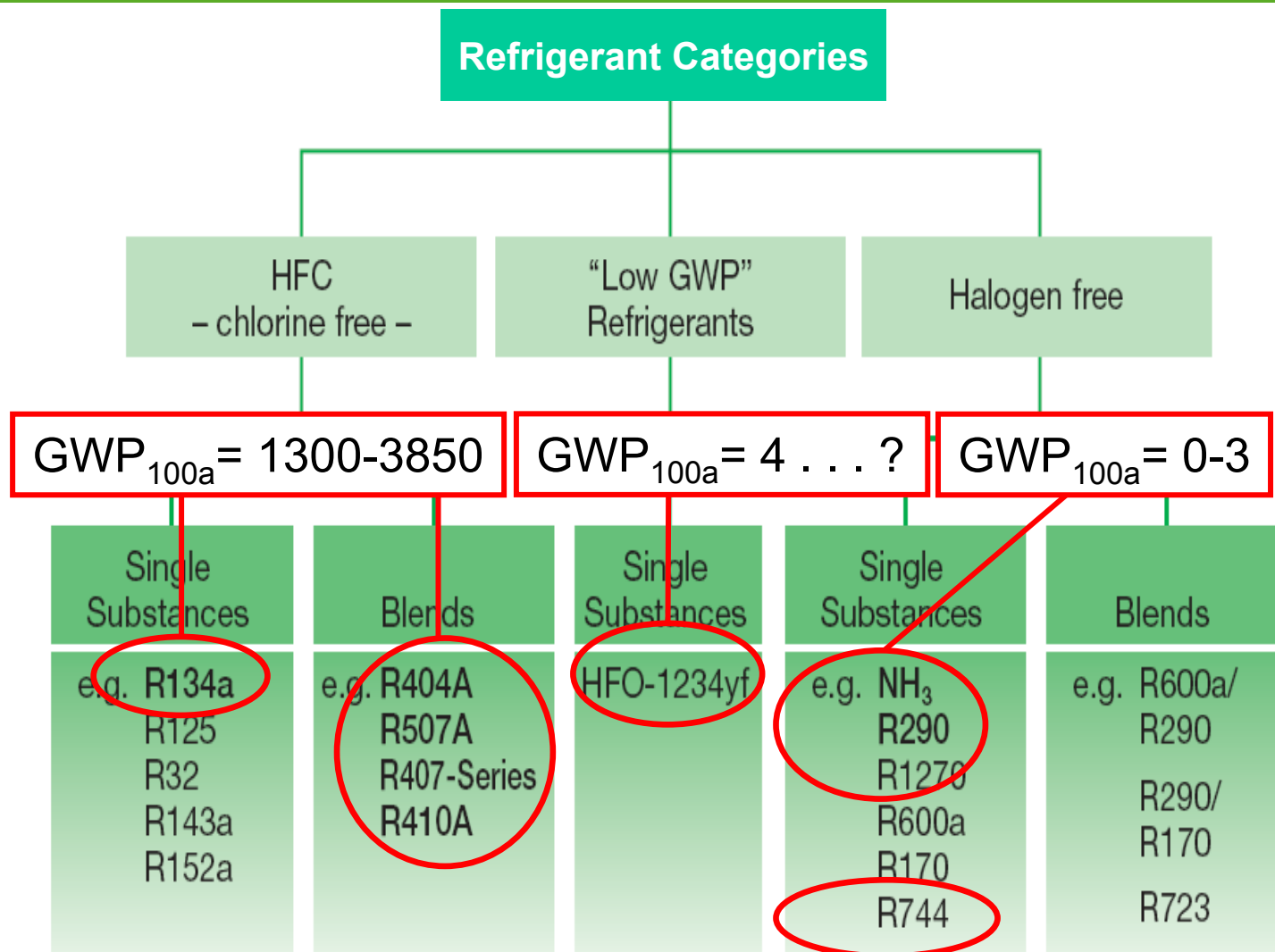
## - Вызовы & возможные решения

### / Постановления стран ЕвроСоюза (EU)

- F-Gas Регулирование  $\Rightarrow$  в настоящее время правительства наблюдают ход его выполнения
  - $\rightarrow$  велика вероятность полного запрещения HFC-хладагентов с высоким GWP
- EuP Eco-маркировка A/C агрегатов и тепловых насосов
  - $\rightarrow$  уже распространяется только на установки с хладагентами GWP < 2000
- Ограничение применения HFC хладагентов и суровое налогообложение за их использование
  - $\rightarrow$  В Дании и Норвегии

# Хладагенты

## - Вызовы & возможные решения



# Хладагенты

## - Вызовы & возможные решения

Хладагент	Эффективность vs. R22 [%]		Удельная объемная холодопроизвод. vs. R22 [%]		Давление vs. R22 [%] SDT 45°C ①	Темп. глайд [K]	GWP	Категория безопас-ти ③	Матер. совместимость
	MT ①	LT ①	MT ①	LT ①					
HFC хладагенты									
<b>R134a</b>	102	--	62	--	67	0	1300	A1	✓
<b>R404A</b> (R507A)	95	105	102	112	118 (122)	0.7	3780 (3850)	A1	✓
<b>R407A</b>	99	106	96	95	108	6.6	1990	A1	✓
<b>R410A</b>	95	94	140	145	157	< 0.2	1980	A1	✓
Природные хладагенты NH <sub>3</sub> , R290, R1270 в обзоре на рассматриваются									
<b>CO<sub>2</sub></b> ②	85	100	470	720	500 (транскритический)	0	1	A1	☺ Эластомеры
HFO Хладагент(ы) с низким GWP									
<b>HFO1234yf</b>	~ 98	--	~ 60	N/A	~ 65	0	4	A2L	✓ ④

① HFC, HFO - условия по стандарту EN12900

② CO<sub>2</sub>:

- MT (транскритический): SST -7 / tgc 35°C / 86bar
- LT (субкритический): SST -32 / SDT -5°C

③ A2L ⇒ Слабо горючее вещество

④ Долгосрочная химическая и термическая стабильность еще на доказаны

# Содержание

- Хладагенты

Вызовы & возможные решения

- Новые поршневые компрессоры ECOLINE

Оптимизированные для R134a

- Новые поршневые компрессоры для CO<sub>2</sub>

Новая версия мотора для докритического применения

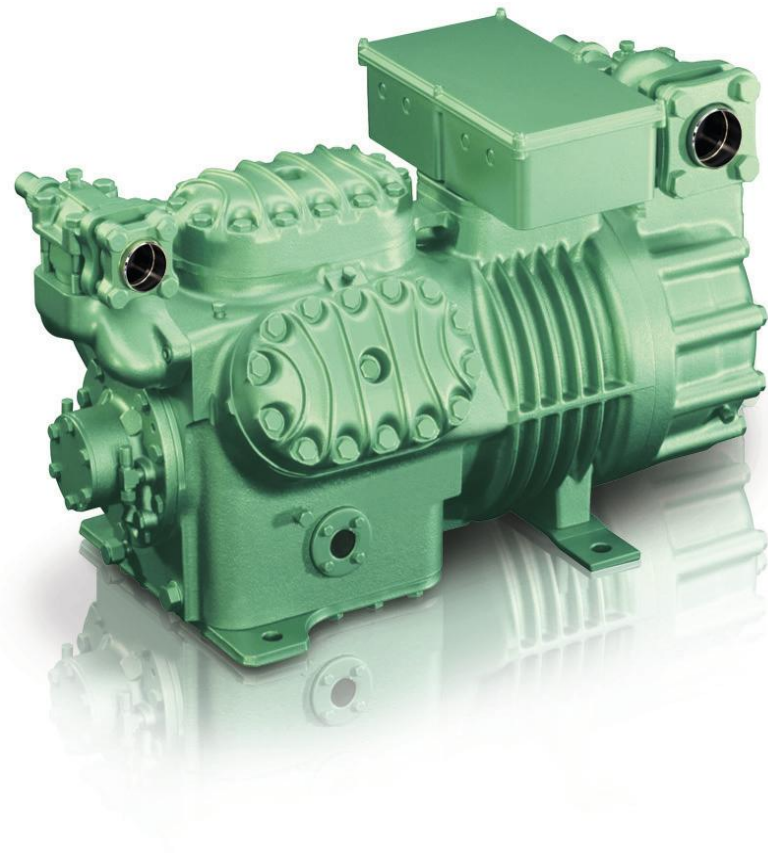
- Гибридные решения с компрессорами ECOLINE

CO<sub>2</sub> / R134a Каскадная система

- Резюме



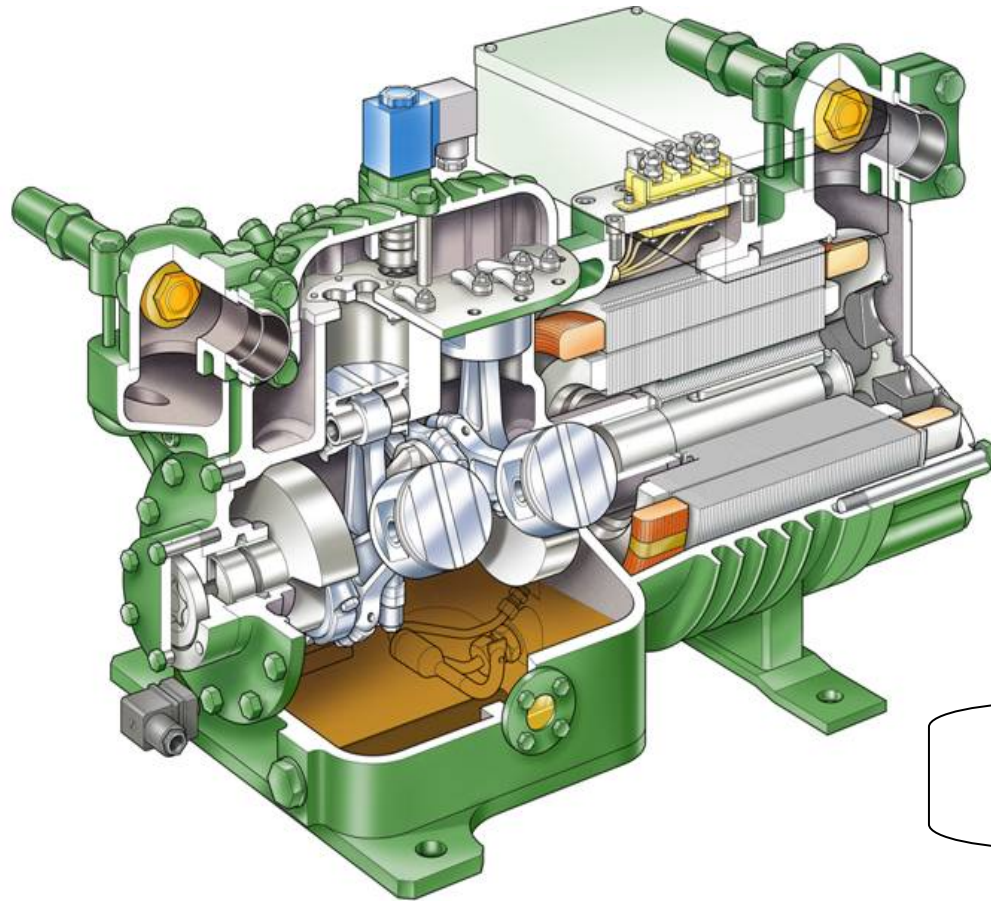
# Новые поршневые компрессоры ECOLINE - Оптимизированные для R134a



# Новые поршневые компрессоры ECOLINE - Оптимизированные для R134a

- / Серия компрессоров спроектирована для перспективных среднетемпературных установок на R134a → HFO1234yf или смесей
- Расширенный диапазон температур конденсации
- Высокая эффективность
- Меньшее воздействие на окружающую среду
- Адаптированная для среднетемпературного охлаждения область допустимого применения
- Сниженные затраты на электроподключение
- Эффективное регулирование производительности
- Оптимальный баланс между
  - Экологическими аспектами
  - Экономическими требованиями
  - Технической реализуемостью

# Новые поршневые компрессоры ECOLINE - Оптимизированные для R134a



**6FE-40Y**

**E = ECOLINE**

# Новые поршневые компрессоры ECOLINE

## - Оптимизированные для R134a

### / Специфические особенности серии Ecoline

- Новая оптимизированная конструкция клапанных досок
- Увеличенные внутренние сечения проточных полостей
  - ➔ Уменьшенные внутренние потери давления
- Новые высокоэффективные моторы
- Широкий диапазон частотного регулирования 25...70Hz даже со стандартным мотором 380-420В/3ф/50Гц
  - ➔ Повышение холодопроизводительности ~ на 35 %
- Плавная и тихая работа
  - ➔ Более низкие показатели шума и вибрации по сравнению с R404A
- Те же внешние габаритные размеры и дополнительное оборудование, что и у стандартных компрессоров
- Более низкие затраты на электроподключение (контакторы, предохранители, кабели)

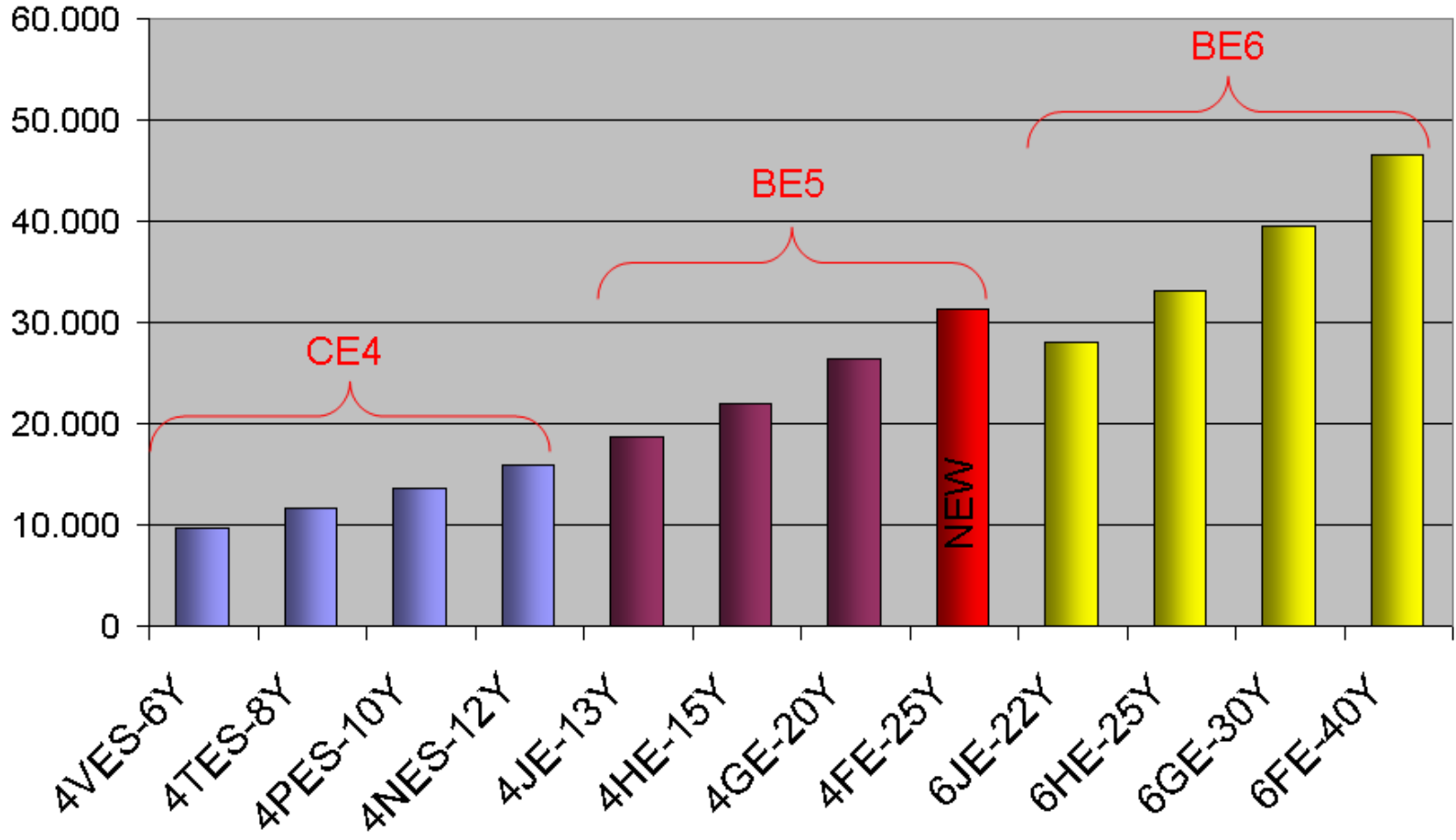
# Новые поршневые компрессоры ECOLINE

## - Оптимизированные для R134a

### ECOLINE Motor 2: Cooling capacity

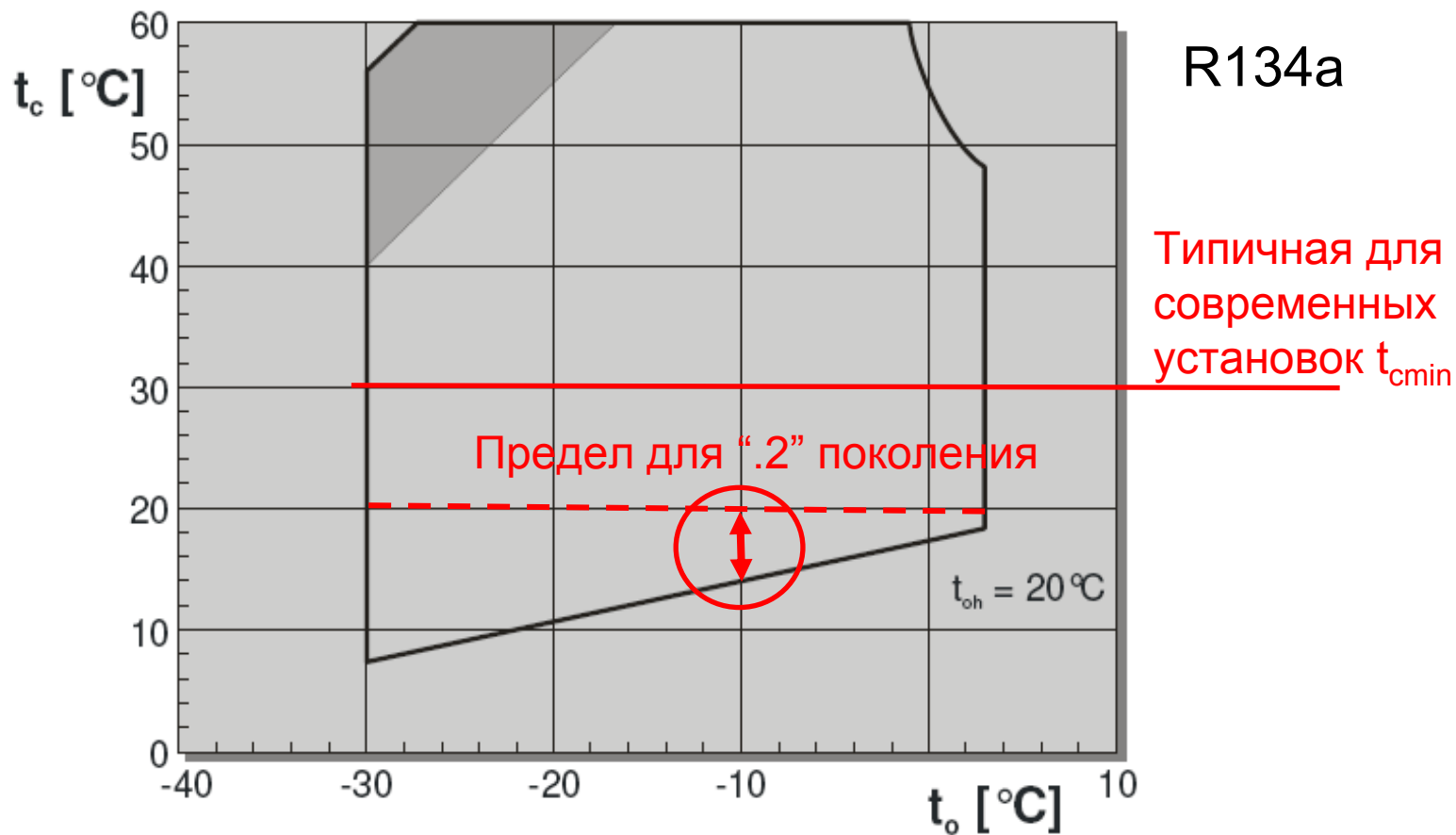
$t_o = -10^\circ\text{C}$ ;  $t_c = 45^\circ\text{C}$ ;  $t_{oh} = 20^\circ\text{C}$ ; without subcooling

[W]



# Новые поршневые компрессоры ECOLINE - Оптимизированные для R134a

## / Область допустимого применения



# Новые поршневые компрессоры ECOLINE - Оптимизированные для R134a

Расширенная в сторону низких температур конденсации  
область применения

Пример:  $t_o = -10^\circ\text{C}$

4NCS-12.2Y: COP=4,12 @  $t_c=20^\circ\text{C}$

+16%



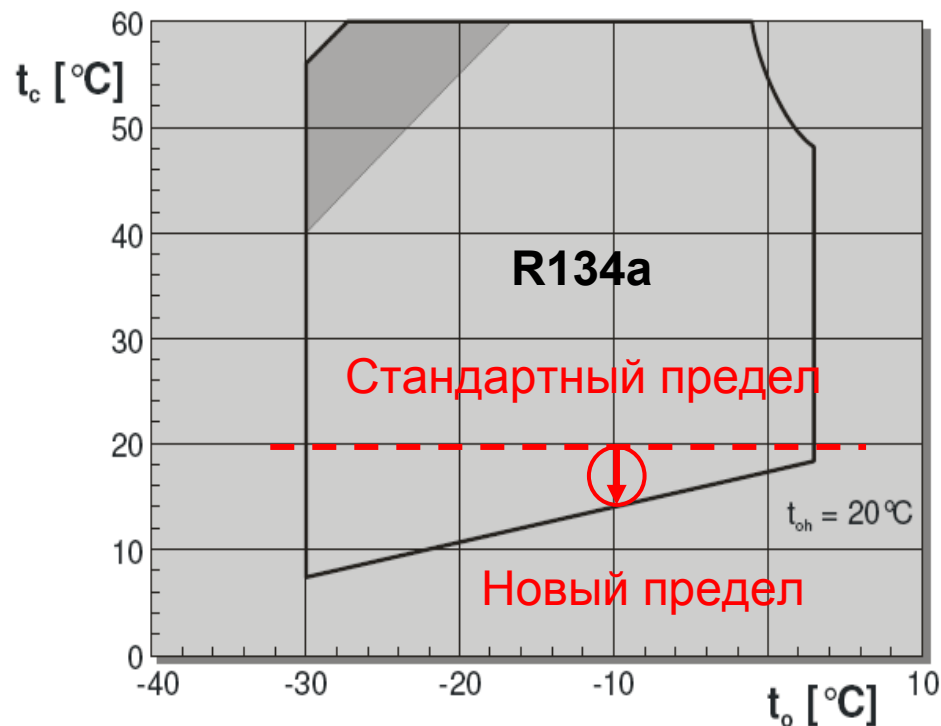
4NES-12Y: COP=4,78\* @  $t_c=20^\circ\text{C}$

+21%



4NES-12Y: COP=5,79\* @  $t_c=14^\circ\text{C}$

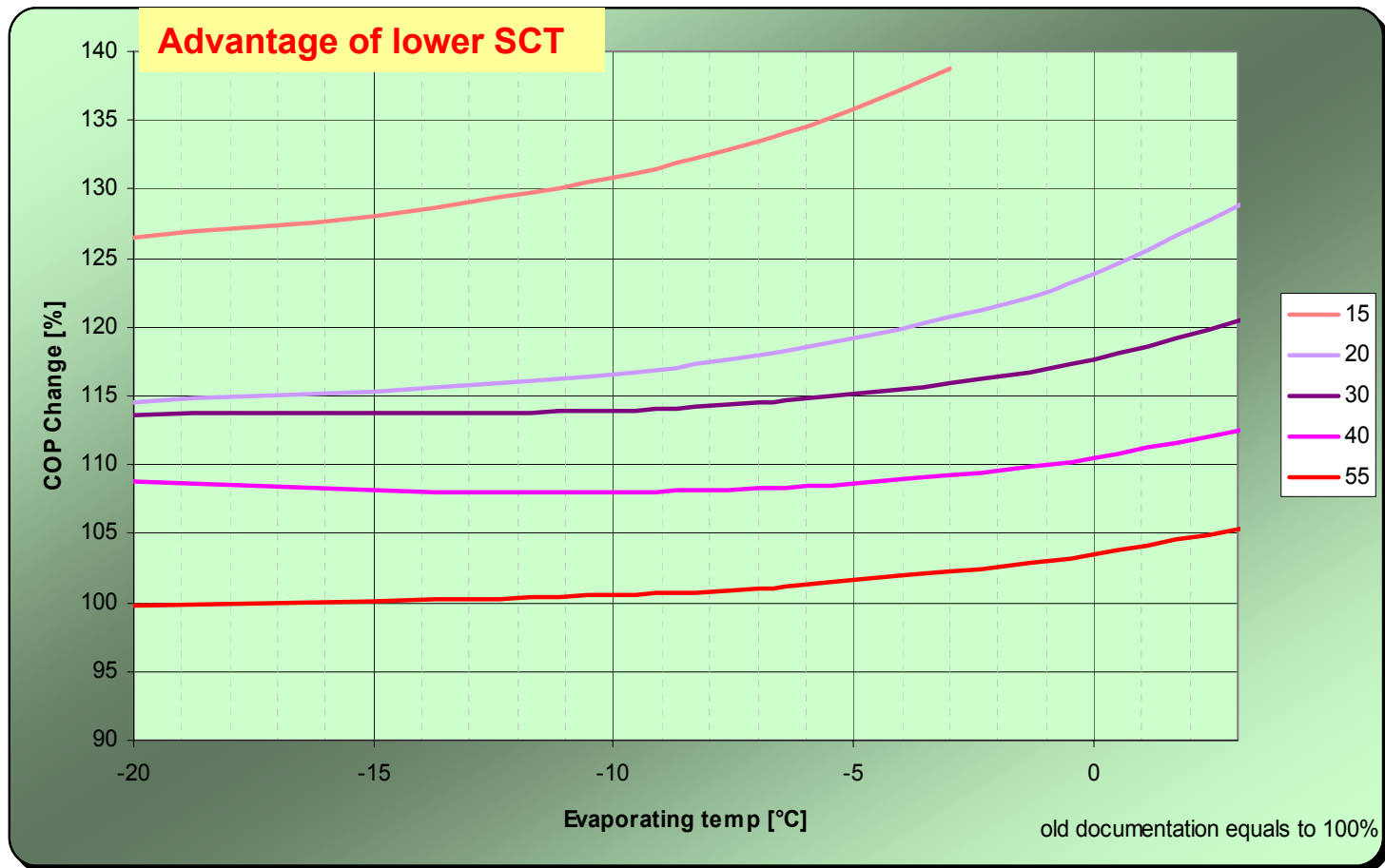
**Суммарное повышение COP 40%**



\* предварительные данные

# Новые поршневые компрессоры ECOLINE - Оптимизированные для R134a

/ Сравнение эффективности 4G-20.2Y и оптимизированного 4GE-20Y



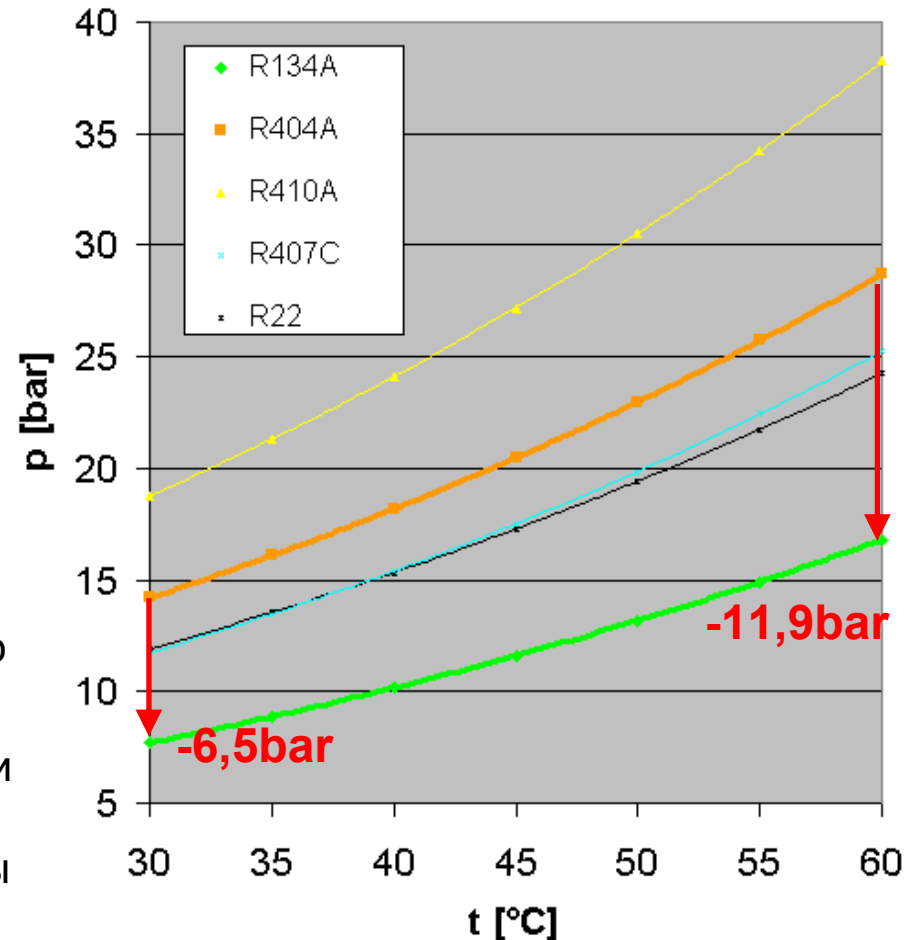
# Новые поршневые компрессоры ECOLINE - Оптимизированные для R134a

## / Давления хладагентов

$t_c$ [°C]	R404A [bar]	R134a [bar]	$\Delta p$ [bar]
30	14,2	7,7	6,5
45	20,5	11,6	8,9
60	28,7	16,8	11,9

/ Уровень давления R134a на 43%  
ниже, чем у R404A @  $t_c = 45^\circ\text{C}$

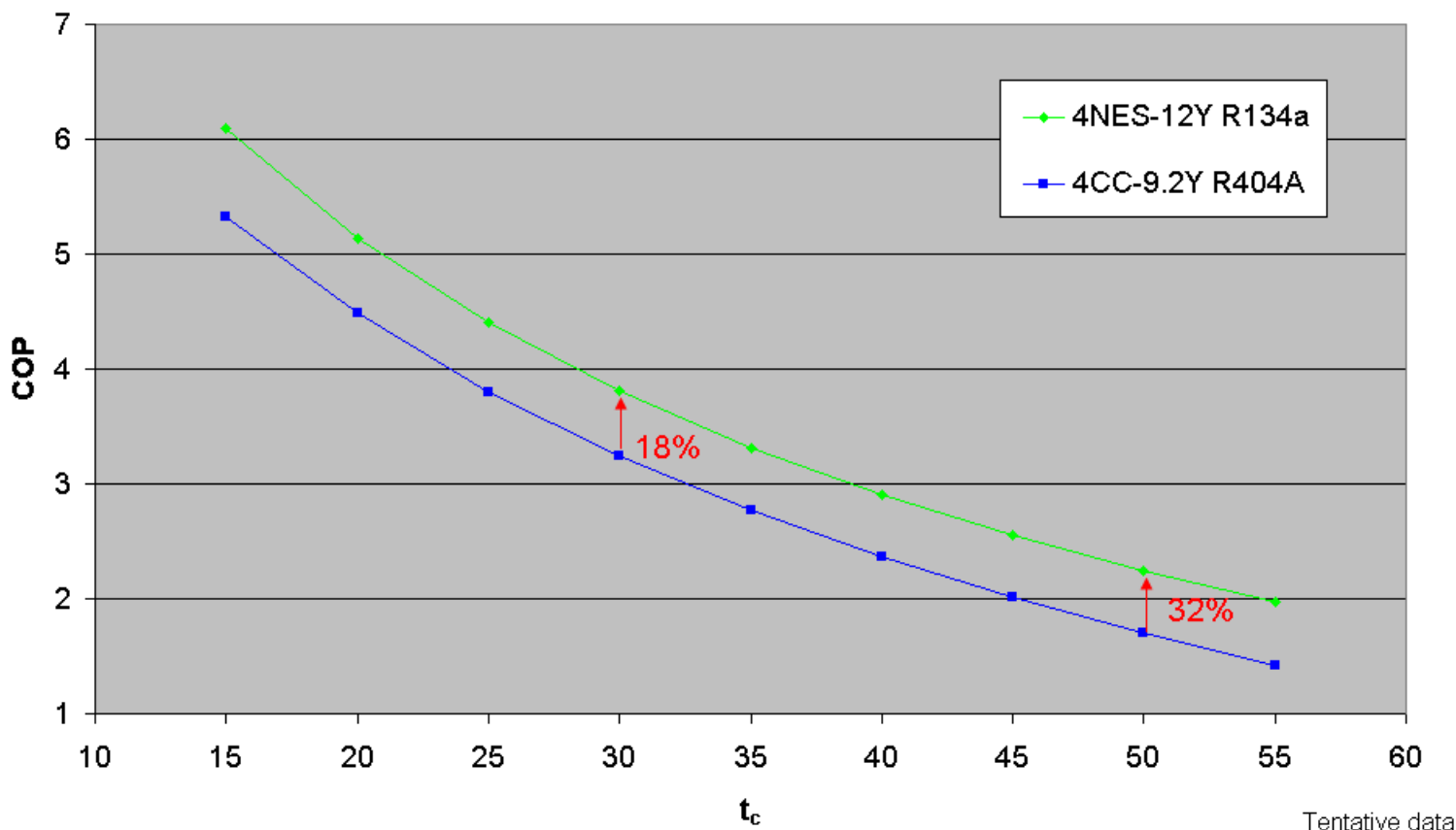
- Расширенная область допустимого применения
- Дополнительный запас надёжности при работе с высокими температурами окружающей среды



# Новые поршневые компрессоры ECOLINE - Оптимизированные для R134a

/ Компрессор 4NES-12Y имеет увеличенный COP во всём среднетемпературном диапазоне

$t_o = -7^\circ\text{C}$ ;  $\Delta t_{cu} = 2\text{K}$ ;  $\Delta t_{oh} = 20\text{K}$  (7K useful)



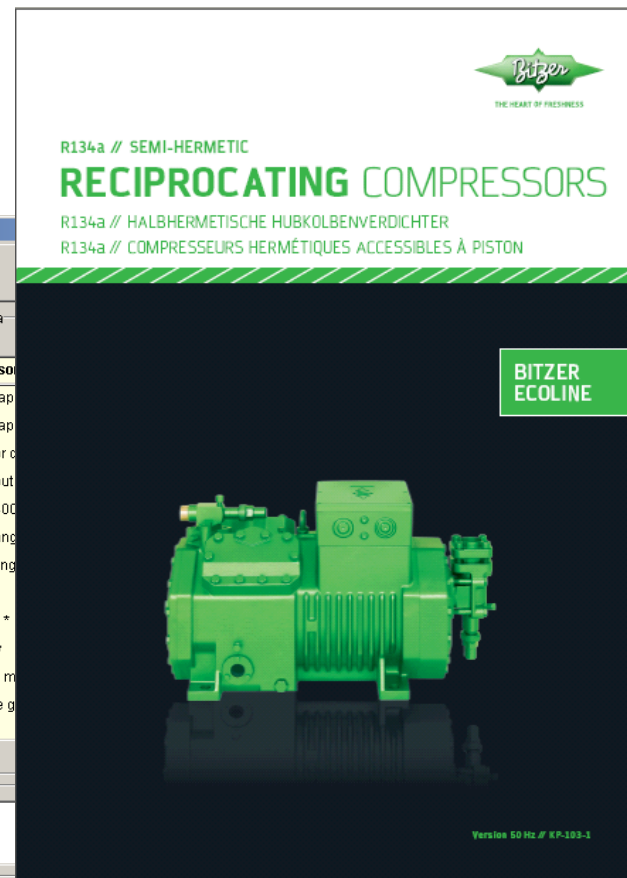
Tentative data

# Новые поршневые компрессоры ECOLINE - Оптимизированные для R134a

## / Документация

- Данные в программе Software 5.3.1
- Проспект KP-103

The screenshot shows the 'Semi-hermetic Reciprocating Compressors' software window. It features a top toolbar with icons for 'Calculate', 'Export', 'Limits', 'T. Data', and 'Tables'. The main interface is divided into 'Input data' and 'Output data' sections. The 'Input data' section includes fields for Refrigerant (R134a), Reference temperature (Dew point temp.), Compressor type (Single Compressor), Compressor model (4NES-12Y), Evaporating SST (-10 °C), Condensing SDT (45 °C), Liquid subcooling (0 K), Suction gas temperature (20 °C), Useful superheat (100%), Operating mode (Auto), Power supply (50 Hz, 400V-PW (40P)), and Capacity Control (100%). The 'Output data' section lists various performance metrics. A 'Messages' box at the bottom displays 'Tentative Data. \*According to EN12900 (20°C suction gas temp., 0K liquid subcooling)'. The window title is 'Semi-hermetic Reciprocating Compressors'.



Microsite: [www.bitzer-ecoline.com](http://www.bitzer-ecoline.com)

# Содержание

- Хладагенты
  - Вызовы & возможные решения
- Новые поршневые компрессоры ECOLINE
  - Оптимизированные для R134a
- Новые поршневые компрессоры для CO<sub>2</sub>
  - Новая версия мотора для докритического применения
- Гибридные решения с компрессорами ECOLINE
  - CO<sub>2</sub> / R134a Каскадная система
- Резюме

# OSTAGON SL – для CO<sub>2</sub> докритического применения – Новая продукция

## Усовершенствования

- Расширенная область допустимого применения:
  - Более высокая T конденсации +15°C
  - Более высокая T испарения -15°C
- Выше производительность:
  - До +20% COP
  - Повышенная холодопроизводительность
- Выше Maximum давление:
  - LP: 25 bar      ⇒      **LP: 30 bar**
  - HP: 40 bar      ⇒      **HP: 53 bar**



**Current**

**New**

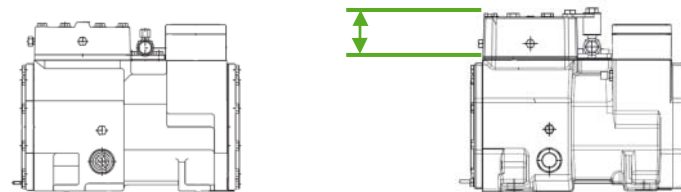
**2MHC...4NHC** ⇒ **2MSL...4NSL**

# OSTAGON SL – для CO<sub>2</sub> докритического применения

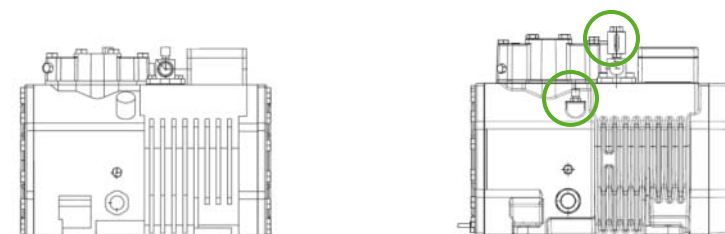
## – Новая продукция

Current	New	I <sub>MAX</sub> [A]	I <sub>LR</sub> [A]
2MHC-05K →	2MSL-07K	1,7 → 2,5	12 → 15
2KHC-05K →	2KSL-1K	2,9 → 3,5	12 → 23
2JHC-07K →	2JSL-2K	3,8 → 4,6	15 → 26
2HHC-2K →	2HSL-3K	4,5 → 6,0	23 → 26
2GHC-2K →	2GSL-3K	5,1 → 6,8	23 → 40
2FHC-3K →	2FSL-4K	6,3 → 8,6	26 → 40
2EHC-3K →	2ESL-4K	8,0 → 9,7	37 → 44
2DHC-3K →	2DSL-5K	9,3 → 11,3	37 → 62
2CHC-4K →	2CSL-6K	10,5 → 13,9	44 → 62
4FHC-5K →	4FSL-7K	12,2 → 15,7	62 → 82
4EHC-6K →	4ESL-9K	15,2 → 18,9	62 → 97
4DHC-7K →	4DSL-10K	18,2 → 22,0	82 → 97
4CHC-9K →	4CSL-12K	21,6 → 26,7	82 → 105
4VHC-10K →	4VSL-15K	26,2 → 33,5	99 → 158
4THC-12K →	4TSL-20K	32,6 → 40,0	113 → 158
4PHC-15K →	4PSL-25K	37,5 → 48,3	132 → 220
4NHC-20K →	4NSL-30K	43,0 → 56,5	158 → 220

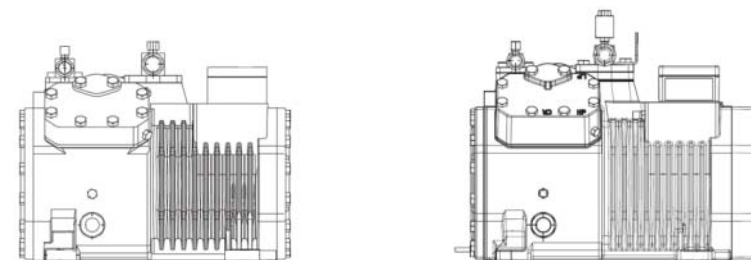
C1



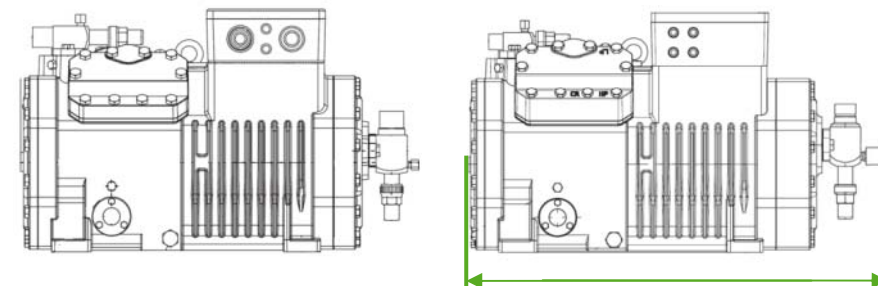
C2



C3

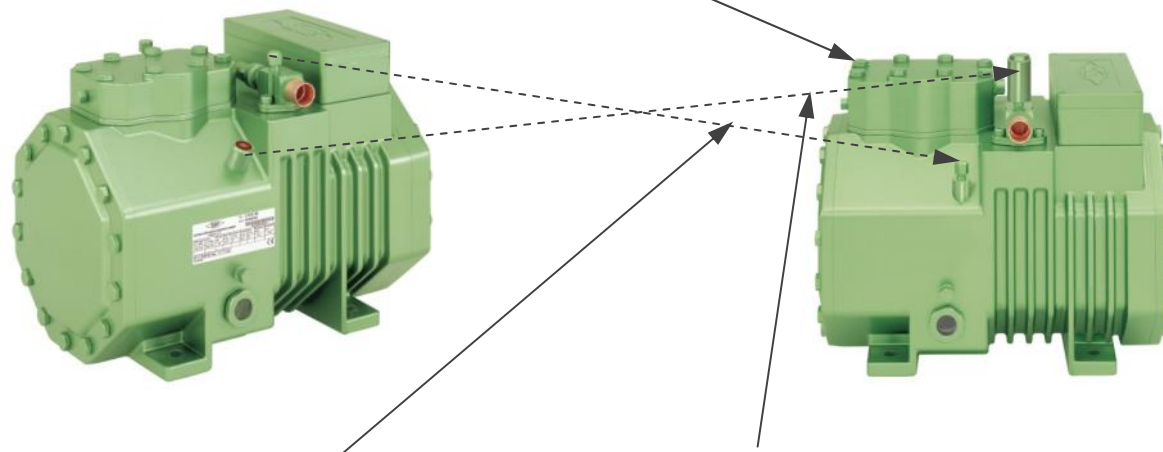


C4



# OSTAGON SL – для CO<sub>2</sub> докритического применения – Новая продукция

## Изменения в конструкции



Увеличен объём под крышкой головки цилиндров

Новое положение сервисных присоединений и предохранительного клапана давления

## Дополнительные изменения:

- Испытательное давление LP/HP: +100 bar/+170 bar
- Новые моторы: 3,8 HP ø 160 mm / 12,5 HP ø 190 mm
- Масло BSE 60K вместо BSE 85K
- Поршни со специальной установкой поршневых колец и покрытием
- Клапанные доски адаптированные для больших  $\Delta p$

# OSTAGON SL – для CO<sub>2</sub> докритического применения – Новая продукция

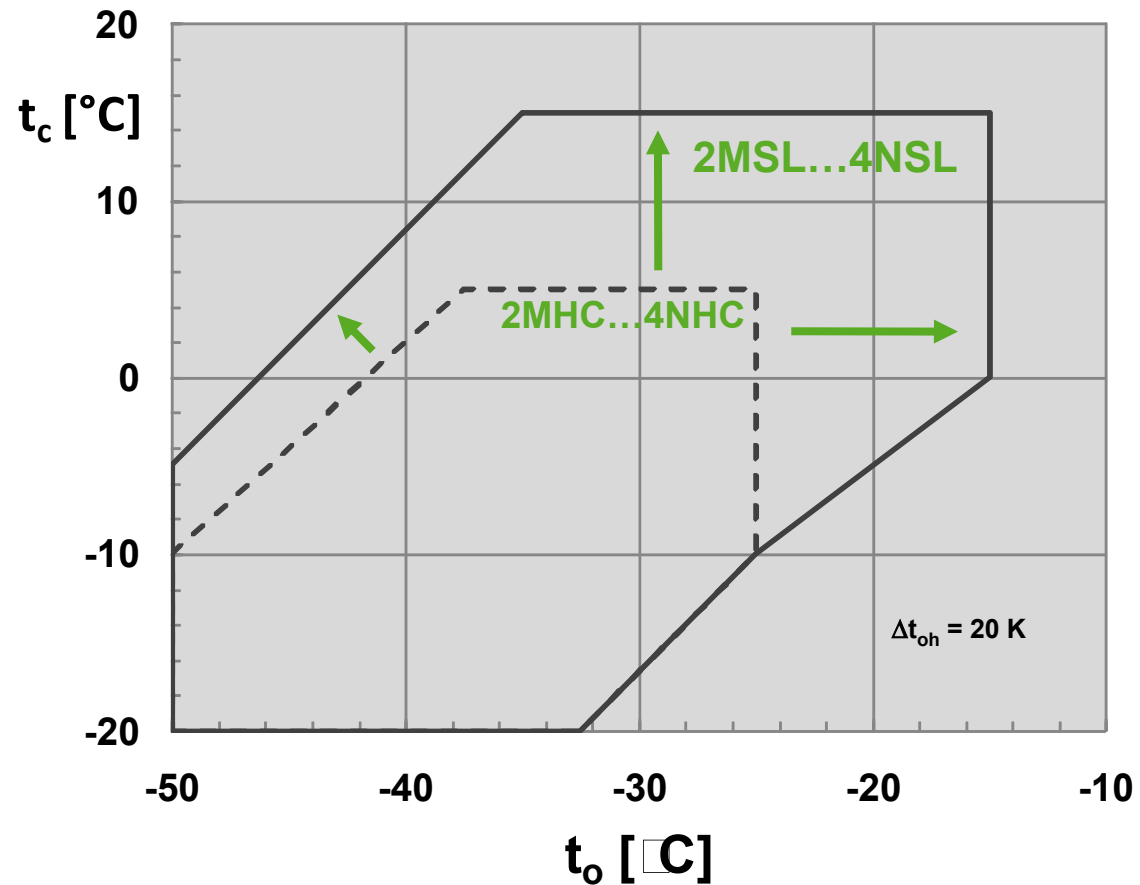
## Изменения в конструкции

- Поршни со специальной установкой поршневых колец и покрытием



# ОСТАГОН SL – для CO<sub>2</sub> докритического применения – Новая продукция

Расширенная область допустимого применения



# ОСТАГОН SL – для CO<sub>2</sub> докритического применения – Новая продукция

Current	New	I <sub>MAX</sub> [A]	I <sub>LR</sub> [A]
---------	-----	----------------------	---------------------

Доступность для заказа: ОСТАГОН SL – C1...C3

Опытные образцы: Немедленно / короткий срок

Партии: По особому соглашению

2EHC-3K	→	2ESL-4K	8,0	→	9,7	37	→	44
---------	---	---------	-----	---	-----	----	---	----

Доступность для заказа : ОСТАГОН SL – C4

Опытные образцы: Начиная со второго квартала

4DHC-7K	→	4DSL-10K	18,2	→	22,0	82	→	97
4CHC-9K	→	4CSL-12K	21,6	→	26,7	82	→	105
4VHC-10K	→	4VSL-15K	26,2	→	33,5	99	→	158
4THC-12K	→	4TSL-20K	32,6	→	40,0	113	→	158
4PHC-15K	→	4PSL-25K	37,5	→	48,3	132	→	220
4NHC-20K	→	4NSL-30K	43,0	→	56,5	158	→	220



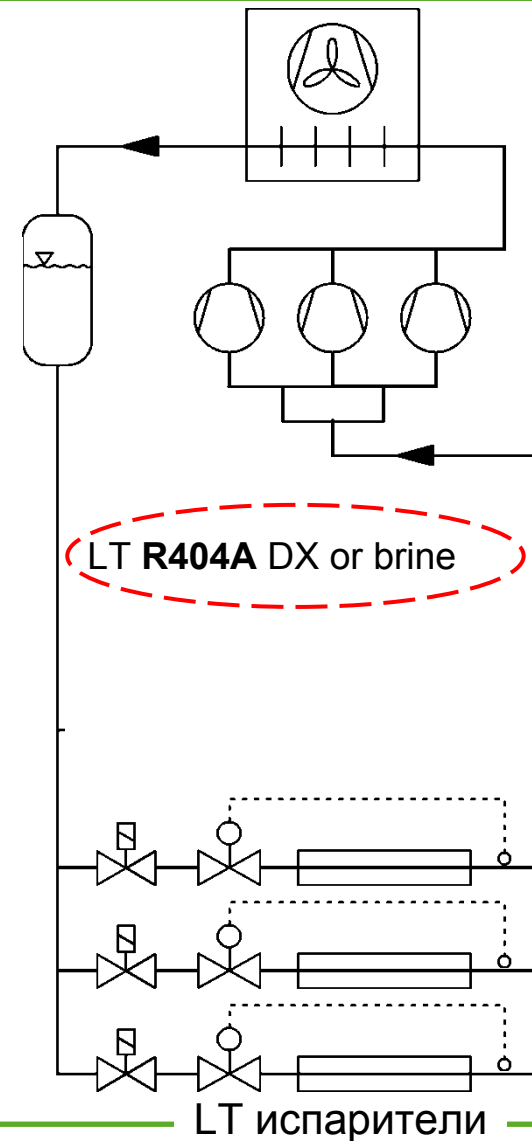
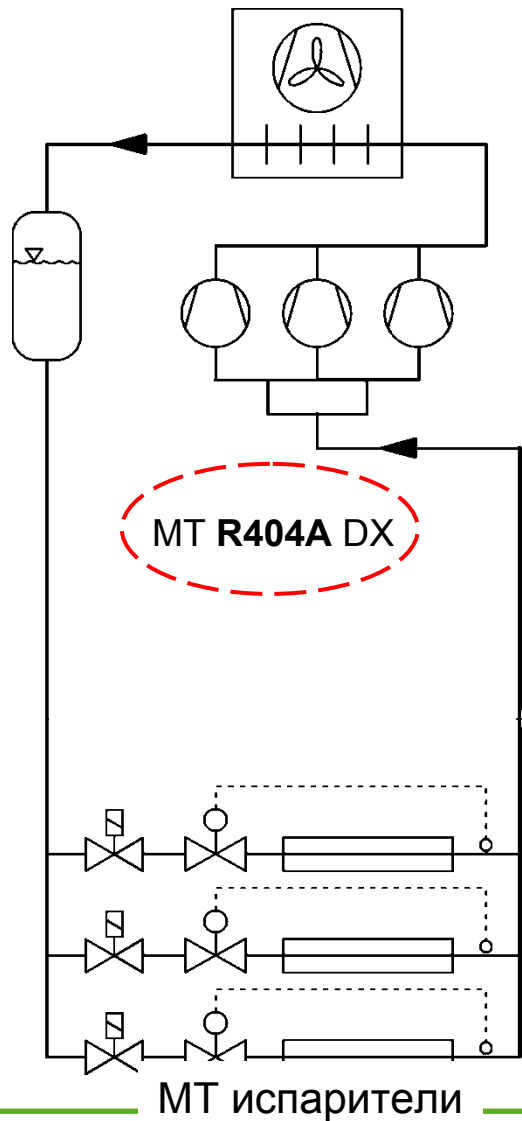
# Содержание

- Хладагенты  
Вызовы & возможные решения
- Новые поршневые компрессоры ECOLINE  
Оптимизированные для R134a
- Новые поршневые компрессоры для CO<sub>2</sub>  
Новая версия мотора для докритического применения
- Гибридные решения с компрессорами ECOLINE  
CO<sub>2</sub> / R134a Каскадная система
- Резюме

# Гибридные решения с компрессорами ECOLINE

## - CO<sub>2</sub> / R134a Каскадная система

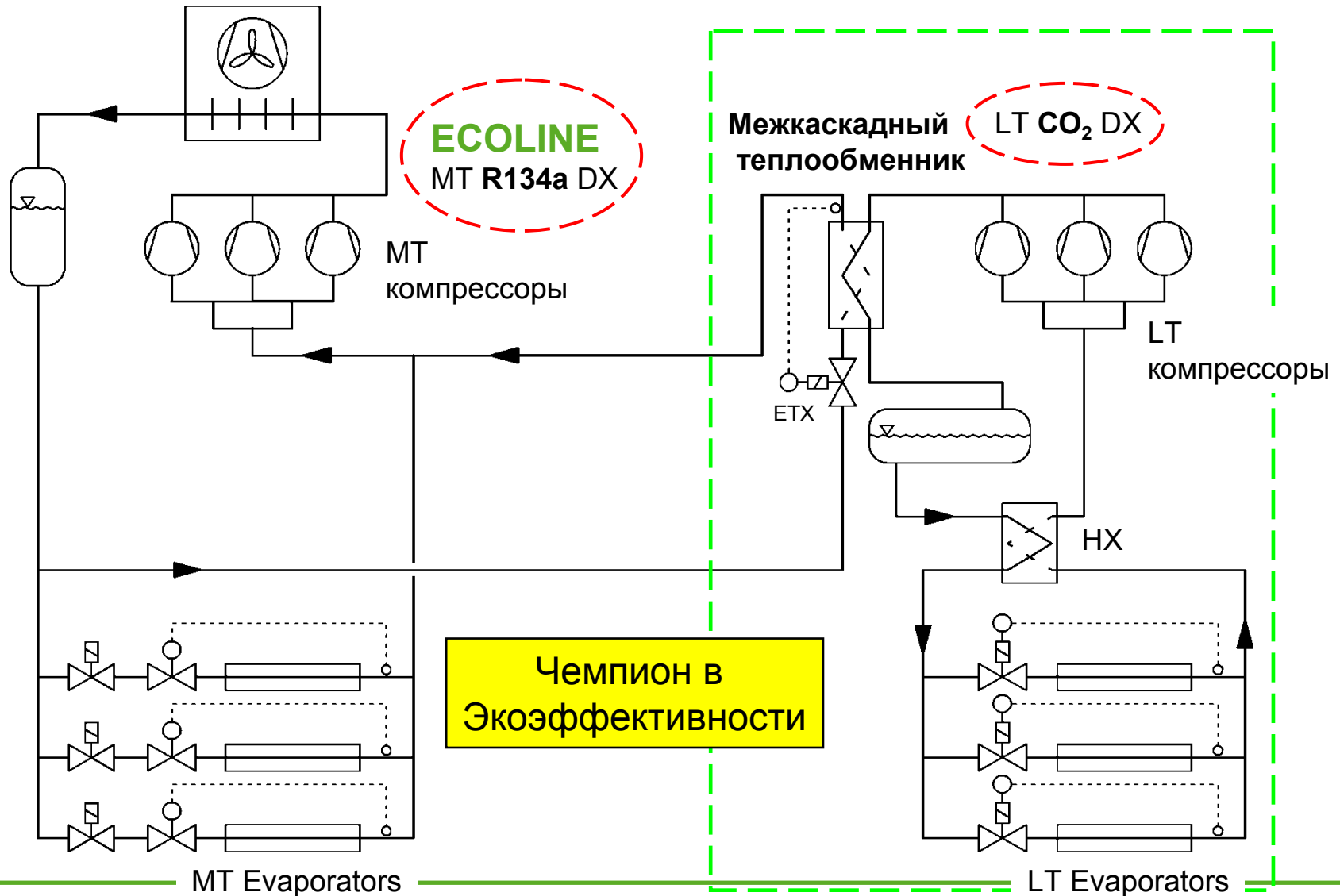
Упрощённая схема



# Гибридные решения с компрессорами ECOLINE

## - CO2 / R134a Каскадная система

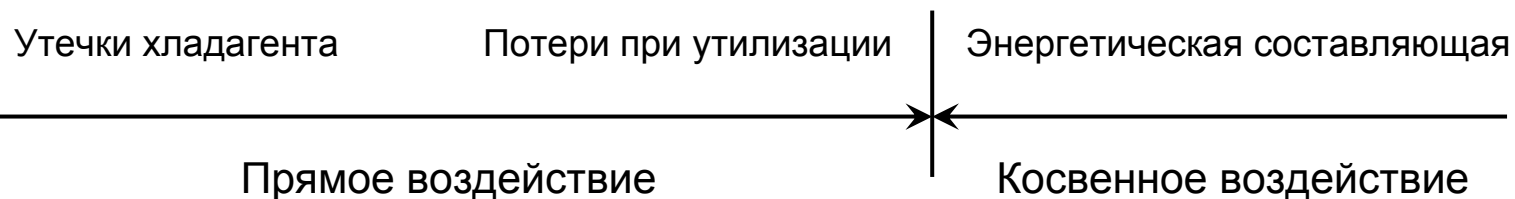
Упрощённая схема



# Гибридные решения с компрессорами ECOLINE - CO2 / R134a Каскадная система

**TEWI** – фактор суммарного эквивалентного воздействия на потепление:  
критерий экологической чистоты холодильной установки

$$\text{TEWI} = (\text{GWP} \times \text{L} \times \text{n}) + (\text{GWP} \times \text{m} (1 - \alpha_{\text{rec}})) + (\text{n} \times \text{E}_{\text{annual}} \times \beta)$$



- GWP** = потенциал глобального потепления используемого хладагента
- L** = утечки хладагента в год (кг)
- n** = срок службы холодильной установки (год)
- m** = количество / заправка хладагента (кг)
- $\alpha_{\text{rec}}$**  = коэффициент утилизации
- $E_{\text{annual}}$**  = потребление электроэнергии в год (кВт·ч)
- $\beta$**  = эмиссия CO<sub>2</sub> на 1 кВт·ч (кг/кВт·ч)

# Гибридные решения с компрессорами ECOLINE - CO2 / R134a Каскадная система

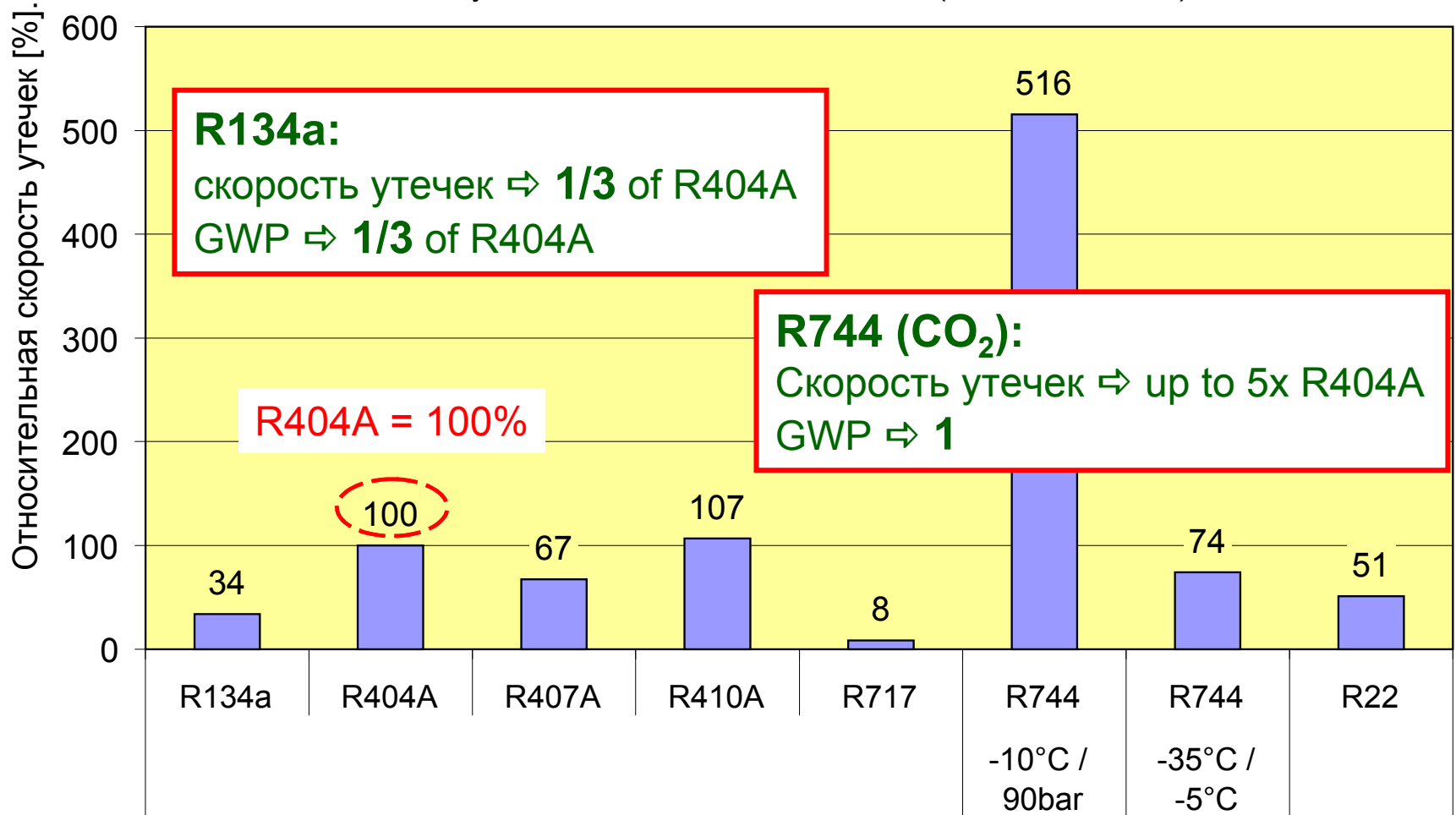
Способы снижения фактора **TEWI** эквивалентного воздействия на глобальное потепление конкретной холодильной установки:

- ✓ Использование хладагента с более низким потенциалом глобального потепления **GWP**
- ✓ Повышение герметичности холодильной установки и снижение **утечек** хладагента
- ✓ Снижение потерь хладагента при **утилизации** установки
- ✓ Повышение **энергетической эффективности** системы

# Гибридные решения с компрессорами ECOLINE

## - CO<sub>2</sub> / R134a Каскадная система

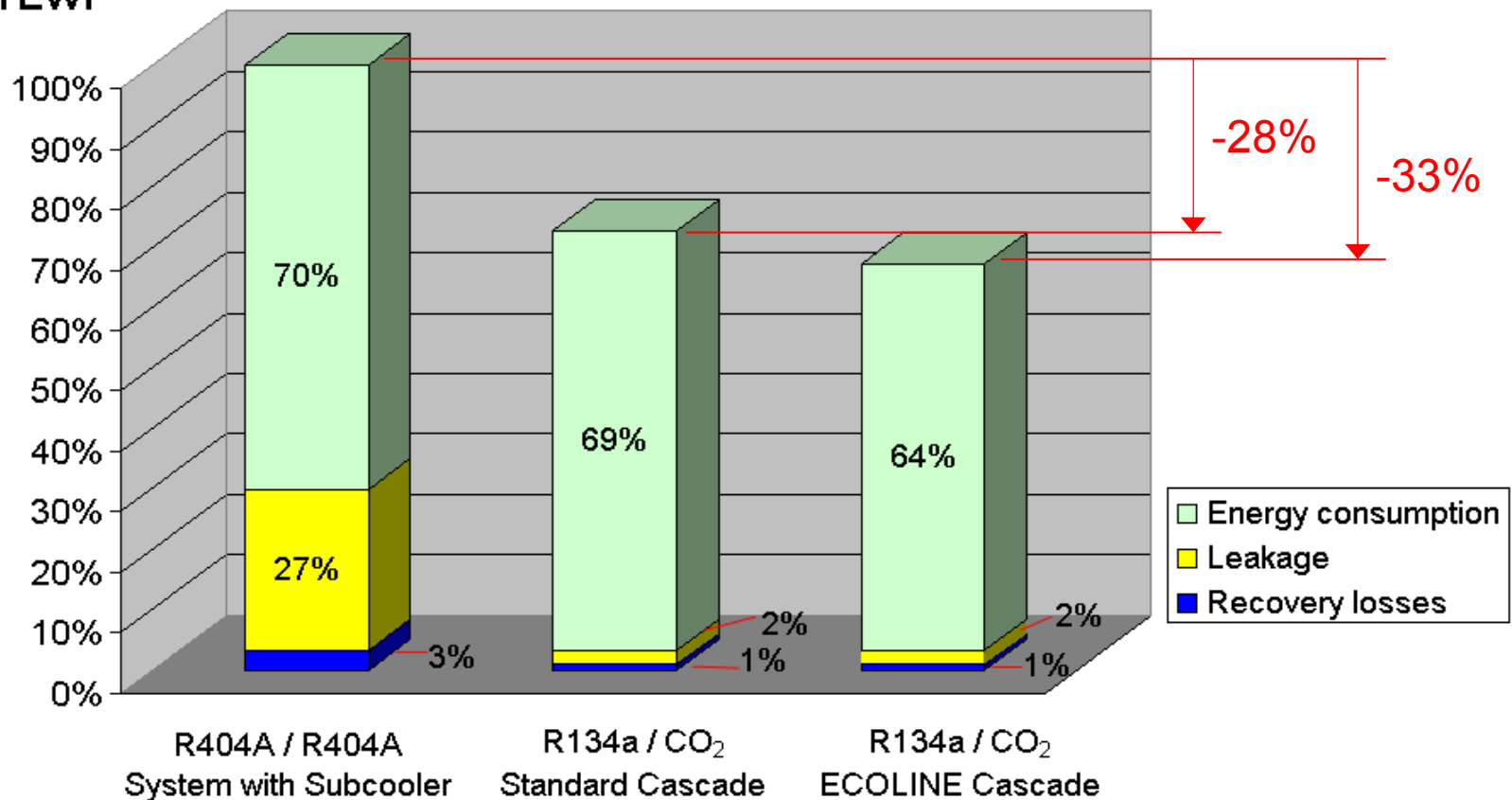
Относительные значения утечек различных хладагентов при ламинарном истечении из одинаковых неплотностей в условиях  $t_o = -10^\circ\text{C}$ ;  $t_c = 45^\circ\text{C}$  (R744  $-35^\circ / -5^\circ\text{C}$ )



# Гибридные решения с компрессорами ECOLINE - CO2 / R134a Каскадная система

## Cooling Capacity MT/LT 50/15kW

TEWI

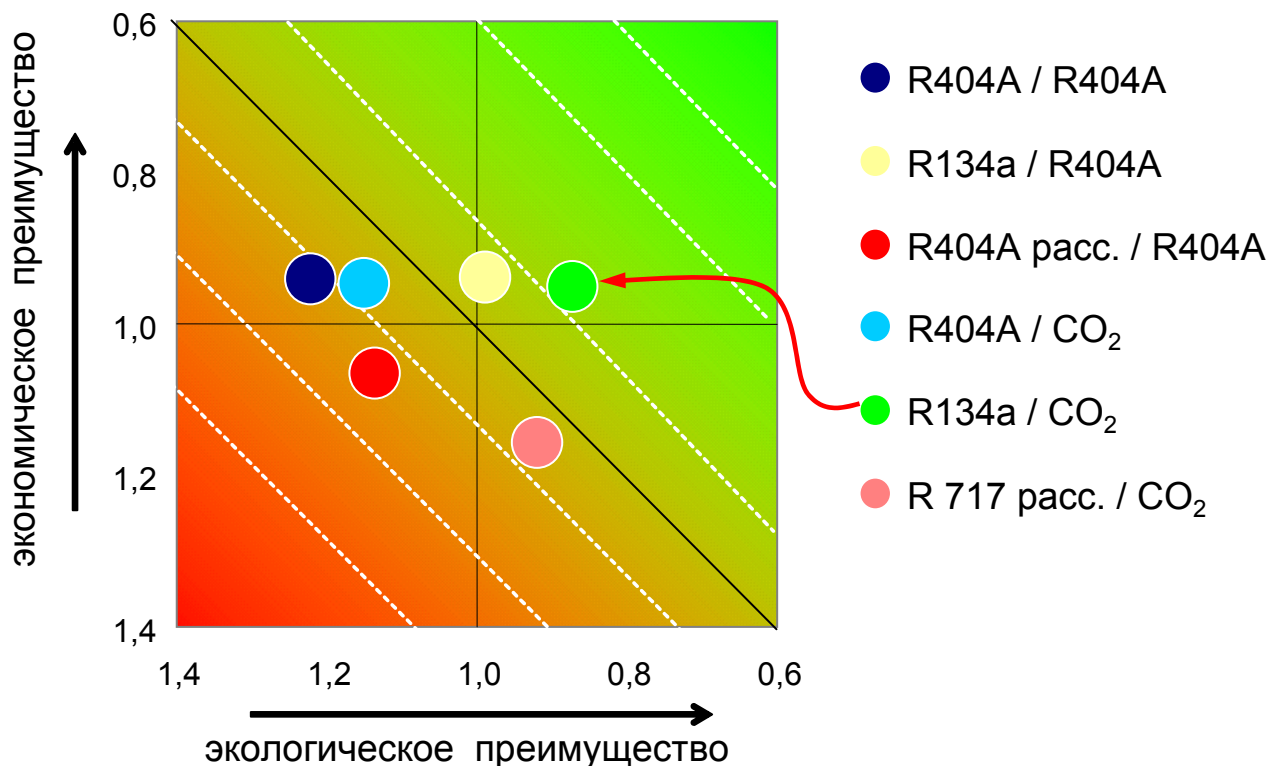


# Экоэффективность гибридной схемы R134a/CO<sub>2</sub>

**Экоэффективность** – комплексный критерий оценки экологических и экономических показателей холодильной установки

## Категории затрат

- инвестиции
- операционные затраты
- капитальные затраты



Источник: IZW Ганновер, Германия – Informationszentrum Wärmepumpen und Kältetechnik e.V.

# Содержание

- Хладагенты
  - Вызовы & возможные решения
- Новые поршневые компрессоры ECOLINE
  - Оптимизированные для R134a
- Новые поршневые компрессоры для CO<sub>2</sub>
  - Новая версия мотора для докритического применения
- Гибридные решения с компрессорами ECOLINE
  - CO<sub>2</sub> / R134a Каскадная система
- Резюме

# Резюме

/ Новые компрессоры на R134a имеют и обеспечивают:

- Оптимизированную конструкцию для среднетемпературного применения
- Высочайший уровень энергоэффективности во всём диапазоне температур конденсаций
- Прочную и надёжную конструкцию входящих узлов
- Приспособлены для привода от инвертора 25...70Hz (даже со стандартным мотором 2)
- Ниже потенциал глобального потепления
- Обеспечивают меньшую эмиссию парниковых газов
  - ➔ Меньший уровень утечек
  - ➔ Наилучший показатель TEWI и макс. энергоэффективность

- / CO<sub>2</sub> компрессоры и системы для докритического применения достигли высокой степени развития
- / Гибридные решения с R134a / CO<sub>2</sub> являются наиболее многообещающими с точки зрения доступности технологии и коммерческого успеха
  - Наивысшая эффективность, низкие эксплуатационные затраты\*
  - Относительно невысокие инвестиционные затраты\*
  - Технически выполнимы
- / Перспективны с HFO-1234yf и смесями

\* Немецкие ретейлеры по опыту эксплуатации более 1000 R134a установок доказали, что их суммарные затраты являются более низкими



**Спасибо за Ваше внимание!**