

В.В. ШИШОВ, Н.В. ХОДАКОВА,
А.Ю. МИХАЙЛОВ, Д.И. РАКИТИН,
МГТУ им.Н.Э.Баумана

Применение регенеративного теплообменника в холодильном цикле

Регенеративный теплообменник широко используют в холодильных установках малой и средней холодопроизводительности. Решение о применении регенеративного теплообменника принимают в каждом отдельном случае, исходя из энергетической эффективности или безопасности эксплуатации. Практикам известно, что регенеративный теплообменник защищает компрессор от влажного хода и при его расположении выше компрессора облегчается возврат

An efficiency of use of the regenerative heat exchanger in one-stage cycle with heat regeneration for different refrigerants has been considered. It has been shown that the use of a regenerative heat exchanger provides protection of the compressor from wet stroke and results in improvement of a number of characteristics of refrigerating cycle efficiency.

масла в картер; кроме того, увеличивается коэффициент подачи компрессоров, работающих на хладагентах, взаимно растворяющихся с маслом [1].

Ранее предполагали, что перегрев в регенеративном теплообменнике имеет оптимальное значение, которому соответствует максимальный

холодильный коэффициент. Чтобы проверить это утверждение, провели расчет и анализ одноступенчатого цикла — простого и с регенеративным теплообменником для различных хладагентов, в том числе для R22 (рис.1), при температуре кипения $t_0 = -5...-40^\circ\text{C}$ и температуре конденсации $t_k = 45^\circ\text{C}$. Перегрев пара в регенеративном теплообменнике (РТО) $\Delta t_{\text{РТО}}$ приняли равным 20°C .

Для определения термодинамических свойств хладагента использовали программу «Cool-Pack», Technical University of Denmark Department of Energy Engineering.

Положение точки 3' определяли из теплового баланса регенеративного теплообменника, при заданном перегреве пара в нем:

$$\Delta t_{\text{РТО}} = t_1 - t_{1'}$$

Основные параметры цикла — удельные массовую q_0 и объемную q_v холодопроизводительности, удельную изэнтропическую работу сжатия l_s , теоретический холодильный

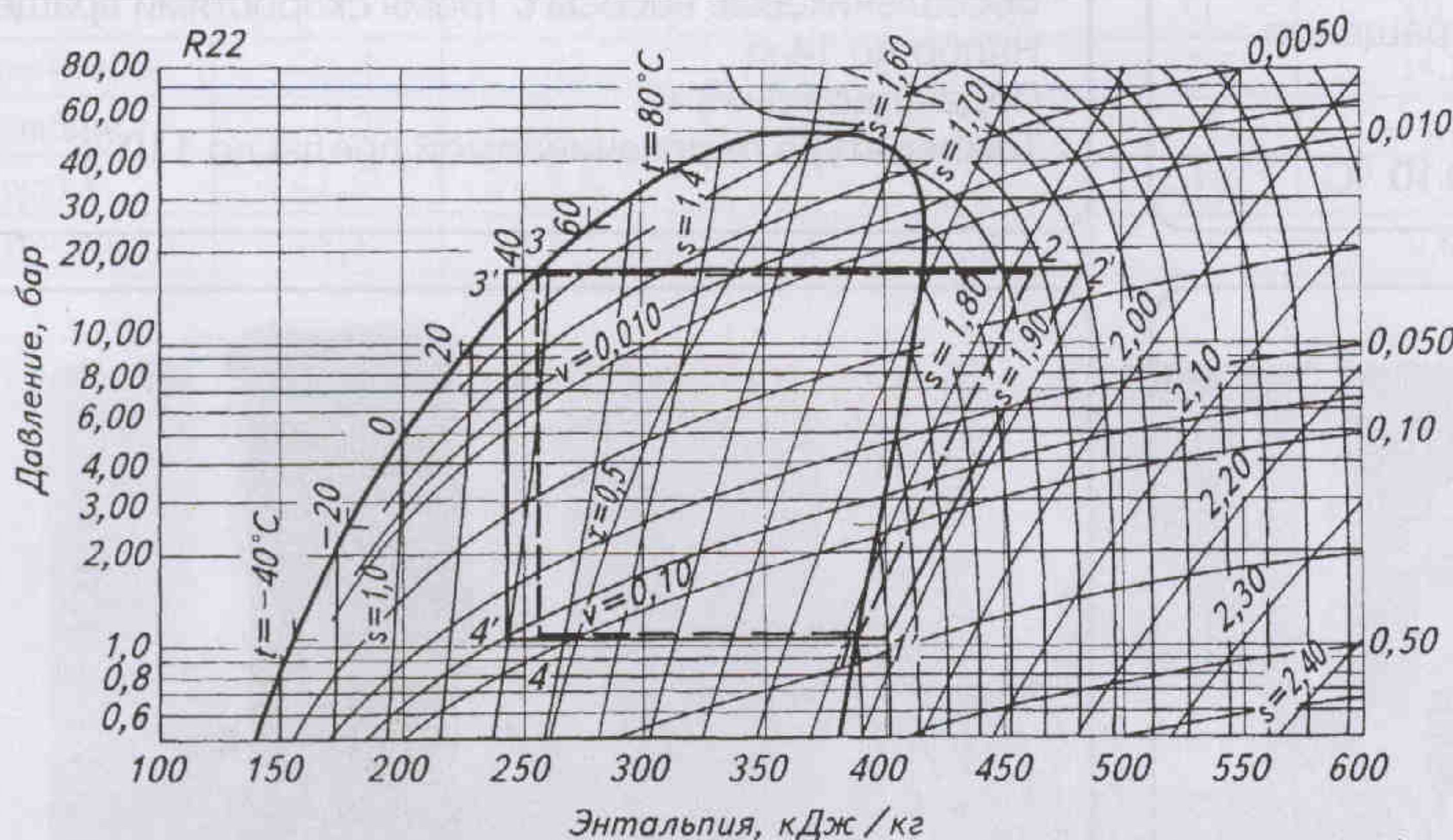


Рис. 1. Цикл парокомпрессионной холодильной машины на R22 (простой 1-2-3-4 и с регенеративным теплообменником 1'-2'-3'-4):
 s —удельная энтропия, кДж/(кг · К); v —удельный объем, м³/кг

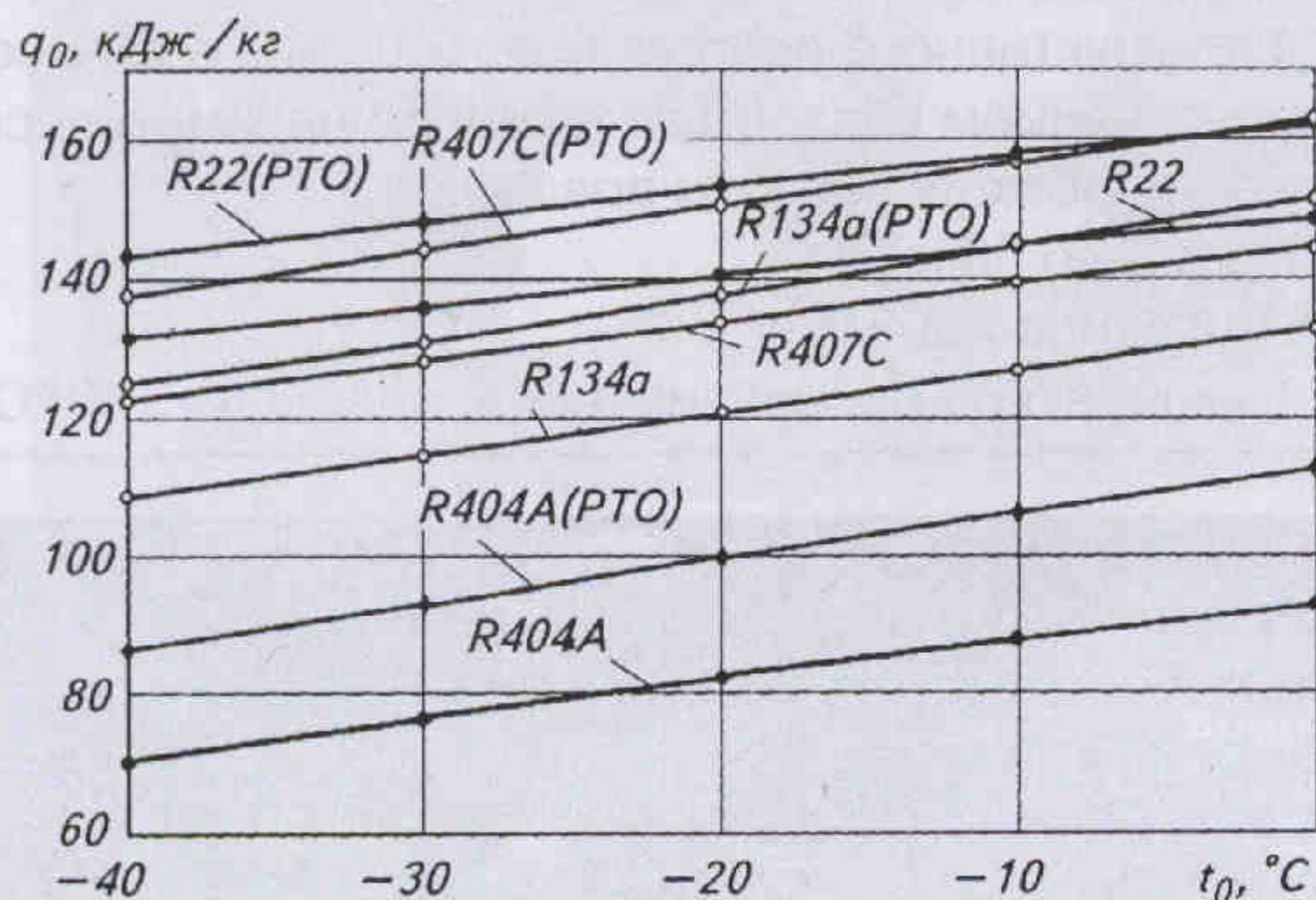


Рис.2. Зависимость удельной массовой холодопроизводительности q_0 от температуры кипения t_0 при $t_k = 45^\circ\text{C}$

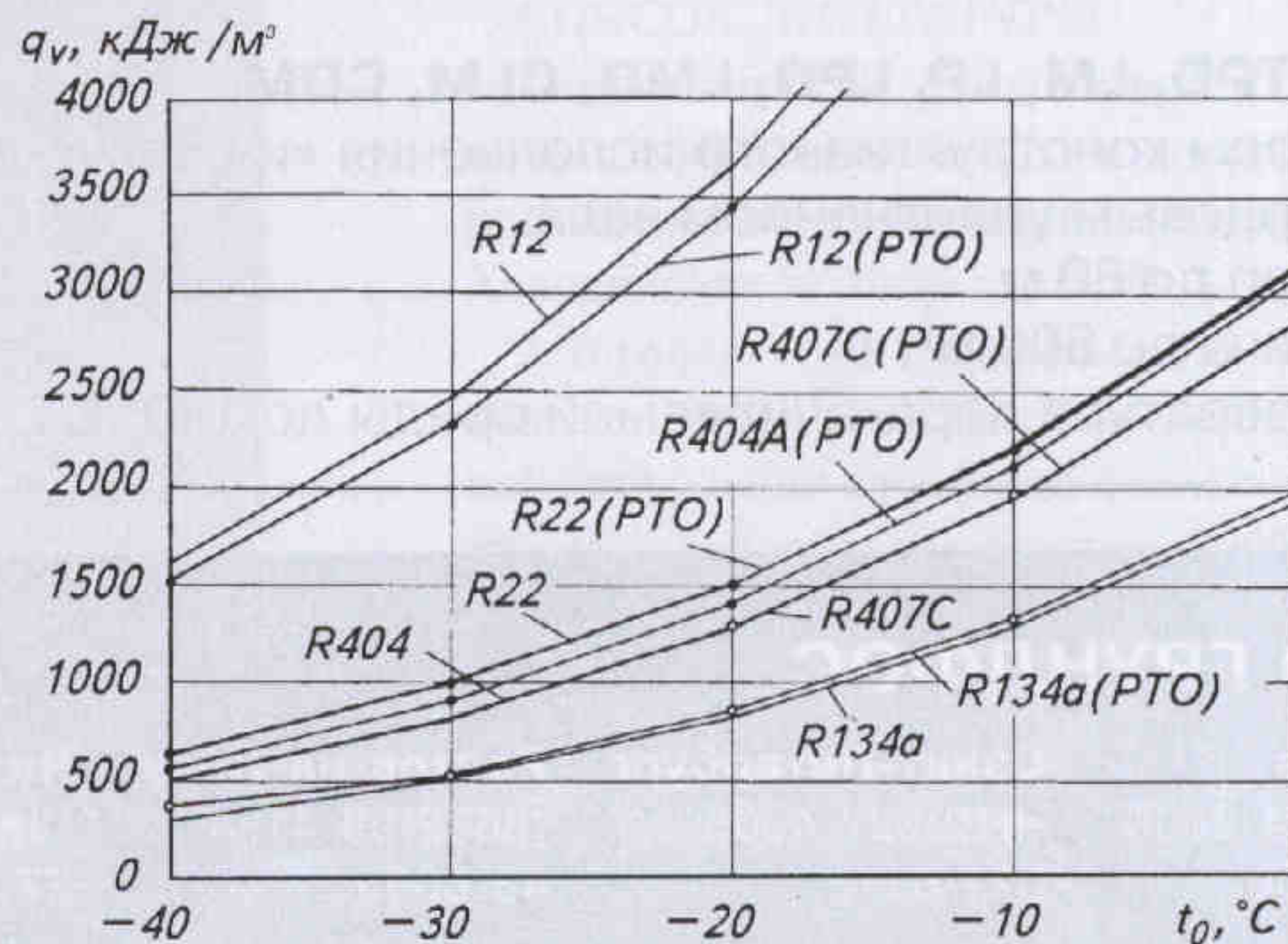


Рис.3. Зависимость удельной объемной холодопроизводительности q_v от температуры кипения t_0 при $t_k = 45^\circ\text{C}$

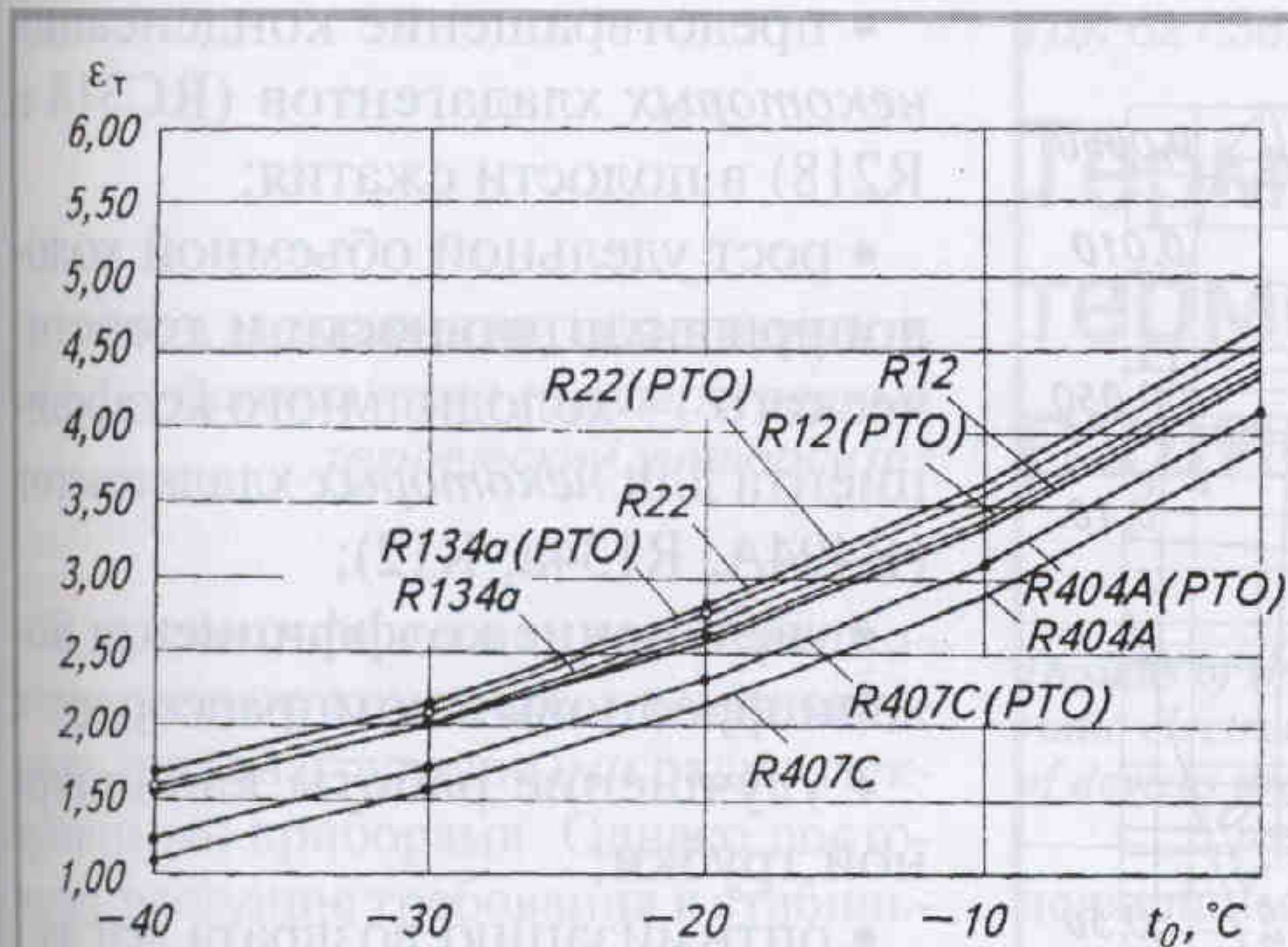


Рис. 4. Зависимость теоретического холодильного коэффициента ϵ_T от температуры кипения t_0 при $t_k = 45^\circ\text{C}$

Примерное увеличение (+) или уменьшение (–) значений параметров холодильного цикла при использовании регенеративного теплообменника (%)

Хладагент	q_v	q_0	ϵ_T
R404A	+4,5	+14	+(2,2...4,6)
R134a	+1,8	+12	+(1,1...3,2)
R12	+0,8	+10	+1
R407C	+0,3	+10	–0,5
R717 [2]	–	–	–4,5
R22	–1,6	+8	–(1,1...1,8)

коэффициент ϵ_T — рассчитывали по известным соотношениям.

Приведенные зависимости (рис. 2 – 4) в рассматриваемом диапазоне t_0 ($\Delta t_{\text{PTO}} = 20^\circ\text{C}$) не имеют максимумов или минимумов. Влияние регенеративного теплообменника на эффективность холодильного цикла неоднозначно и приводит в зависимости от вида хладагента к различным результатам (см. таблицу).

Для хладагента R22 определено влияние перегрева $\Delta t_{\text{PTO}} = 0...40^\circ\text{C}$ на параметры цикла (рис. 5).

Величина перегрева пара перед входом в герметичный компрессор не должна превышать 30°C , иначе температура нагнетания чрезмерно вырастет.

Зависимости, приведенные на рис. 5, как и ранее рассмотренные, имеют линейный характер без каких-либо оптимумов.

Необходимо отдельно рассмотреть циклы с хладагентами RC318 (рис. 6) и R218, которые часто используют в холодильных установках с турбомашинами. Перегрев пара на всасывании в компрессор в циклах с этими хладагентами обязателен. Если перегрев недостаточен, то в рабочей полости компрессора при сжатии начинается конденсация хладагента, вызывающая гидравлический удар и выход компрессора из строя. Перегрев можно осуществить при помощи теплообменников или охлаждением обмоток электродвигателя паром. Необходимые значения перегрева RC318 на всасывании

при различных температурах кипения и температуре конденсации 45°C приведены ниже.

Температура кипения, $^\circ\text{C}$	Перегрев, $^\circ\text{C}$
+10	31
0	37,5
–10	42
–20	48,5

Таким образом, для данного хладагента при снижении температуры кипения на 10°C требуется увеличение перегрева в среднем на $6,5^\circ\text{C}$.

Регенеративный теплообмен широко применяют в холодильных установках с капиллярной трубкой. Капиллярная трубка обычно соприкасается со всасывающим трубопроводом, т.е. она представляет собой часть теплообменника. Охлаждение жидкости

предотвращает преждевременное образование пузырьков пара в ней от теплопритоков, что стабилизирует работу капиллярной трубки. На практике в холодильных системах малой мощности применяют два основных варианта регенеративного теплообмена (рис. 7).

Предполагается, что в начальной точке соприкосновения капиллярной трубки и всасывающего трубопровода температуры жидкого хладагента и окружающей среды равны.

Таким образом, регенеративный теплообмен используют для повышения эффективности холодильного цикла или из практических соображений, связанных с безопасностью эксплуатации.

Регенеративный теплообмен обеспечивает:

- защиту компрессора от “влажного” хода;

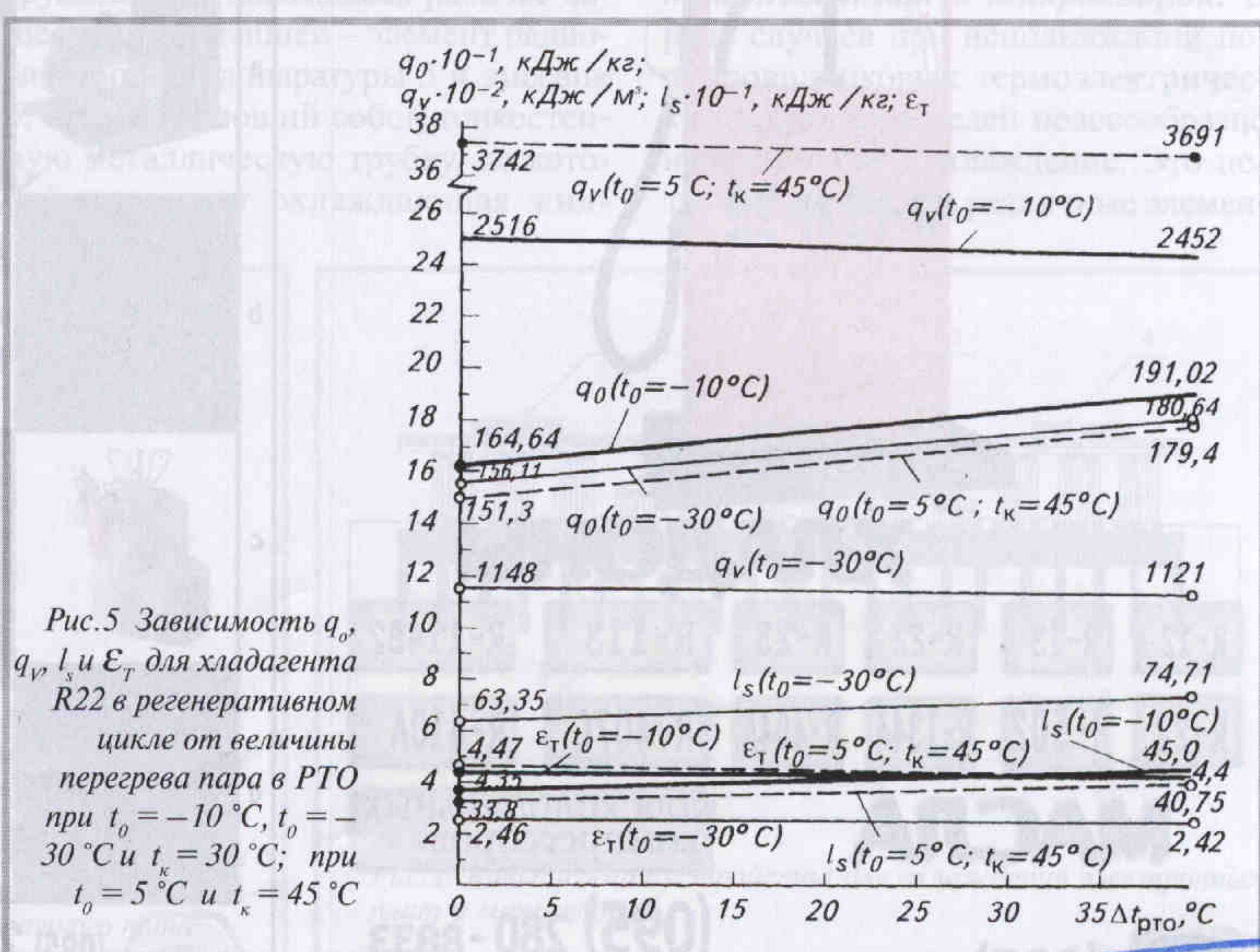


Рис. 5. Зависимость q_0 , q_v , l_s и ϵ_T для хладагента R22 в регенеративном цикле от величины перегрева пара в PTO при $t_0 = -10^\circ\text{C}$, $t_0 = -30^\circ\text{C}$ и $t_k = 30^\circ\text{C}$; при $t_0 = 5^\circ\text{C}$ и $t_k = 45^\circ\text{C}$

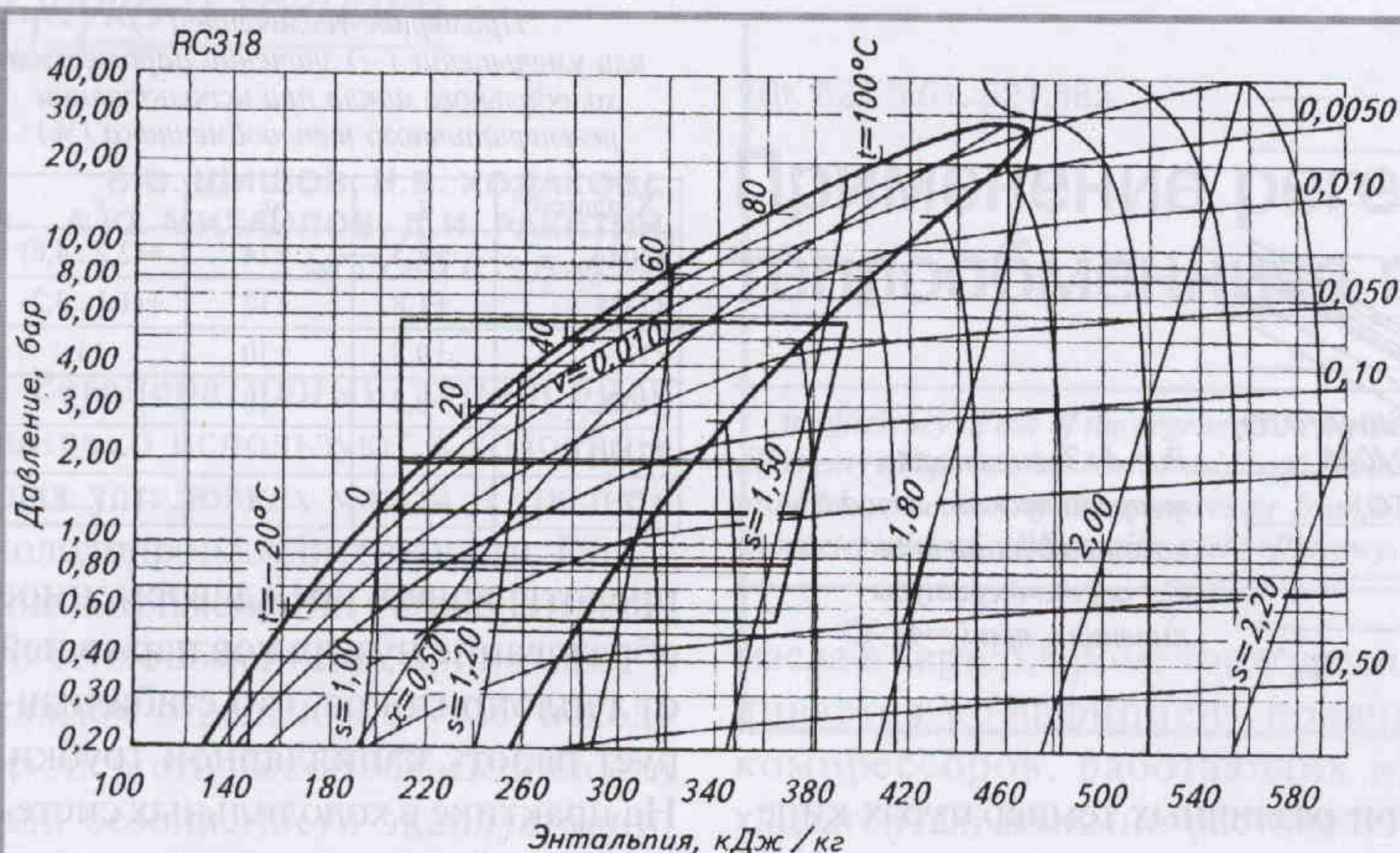


Рис. 6. Сравнение циклов холодильной машины на RC318 при различных температурах кипения

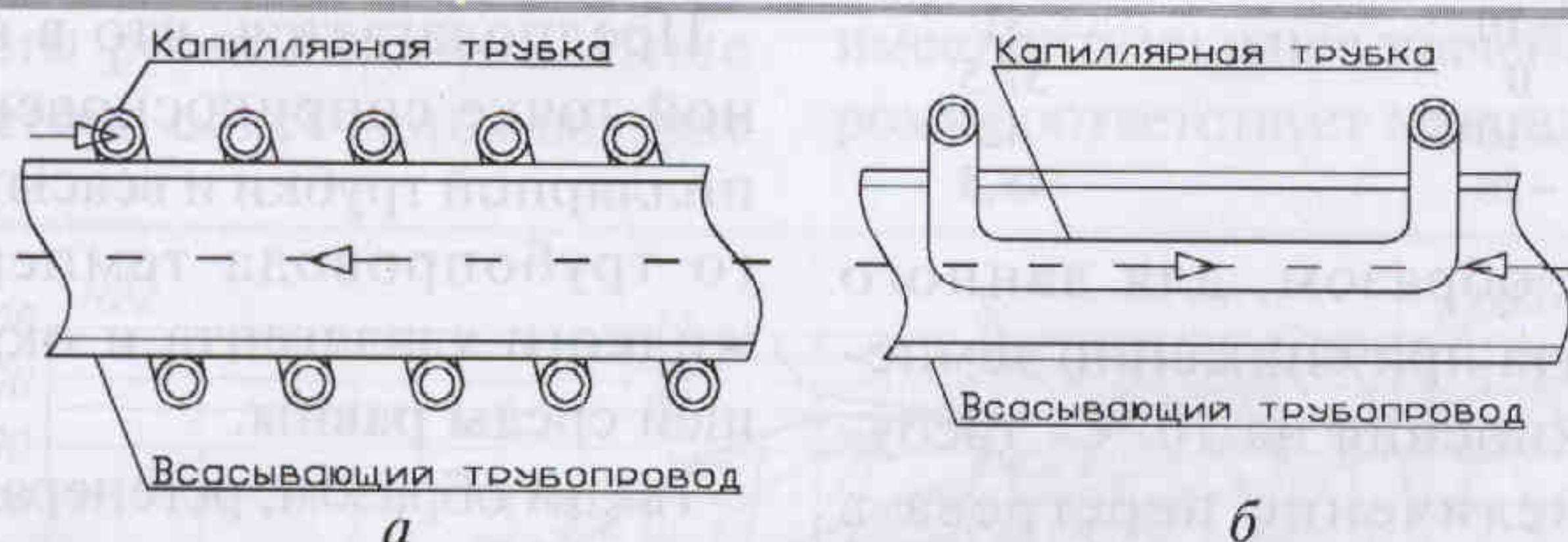


Рис. 7. Теплообменник с капиллярной трубкой, обвитой вокруг всасывающего трубопровода (а) и расположенной внутри всасывающего трубопровода (б)

- предотвращение конденсации некоторых хладагентов (RC318 и R218) в полости сжатия;

- рост удельной объемной холодопроизводительности и теоретического холодильного коэффициента для некоторых хладагентов (R404A, R134a, R12);

- увеличение коэффициента подачи фреоновых компрессоров;

- улучшение работы капиллярной трубки;

- оптимизацию возврата масла.

Защита компрессора от влажного хода и оптимизация возврата масла облегчают автоматизацию холодильных установок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Л.М. Розенфельд, А.Г. Ткачев. Холодильные машины и аппараты. — М.: Гос. изд. торговой литературы. 1960.

2. В.В. Шишов, А.С. Никишин. Применение теплообменника в циклах холодильных машин // Вестник МГТУ. Сер. Машиностроение. 1993. №3. — М.: Изд. МГТУ.

ЗАПРАВЬСЯ!



ХЛАДОНЫ

R-12 R-13 R-22 R-23 R-113 R-114B2

R-22 R-502 R-134A R-404A R-407C R-410A

МАСЛА

для холодильных компрессоров



(095) 280 - 2351

(095) 280 - 8833

(3912) 56-0938

КОМПЛЕКТНОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

ВАШ ХОД!



(095) 280-2351; 280-8833; (3912) 56-0938

129110, г. Москва, Каланчевская ул., 32/61;

e-mail: info@kriotek.ru www.kriotek.ru