

ХОЛОДИЛЬНЫЕ КОМПРЕССОРЫ ZF COPELAND SCROLL™ С ВПРЫСКОМ ПАРА

CONTENTS

1	Введение.....	2
2	Принцип действия.....	2
3	Влияние на холодопроизводительность.....	3
4	Рабочий диапазон.....	4
5	Компрессорные станции.....	4
6	Выбор и применение экономайзера.....	5
7	Ресивер.....	8
8	Выбор ТРВ и электромагнитного клапана.....	8
9	Коллектор и трубопровод впрыска пара.....	10
10	ТРВ для основного испарителя.....	10
11	Размеры жидкостного трубопровода и его компонентов.....	10
12	Длина трубопроводов и изоляция.....	11
13	Дополнительные применения.....	11
13.1	Работа без впрыска пара.....	11
13.2	Защита по температуре нагнетания.....	12
13.3	Токовое реле.....	12
14	Контрольный лист.....	12
14.1	Промежуточная температура насыщения.....	12
14.2	Впрыск пара.....	13
14.3	Температура жидкости на выходе из теплообменника.....	13
14.4	Температура жидкости на входе в основной испаритель.....	13
14.5	Электромагнитный клапан на трубопроводе впрыска пара.....	13
14.6	Пример многокомпрессорной установки / спиральные компрессоры с впрыском пара.....	14

1 Введение

Спиральные компрессоры могут использовать экономайзер с последующим сжатием образовавшихся паров. Такой цикл способен обеспечить прирост холодопроизводительности и COP по сравнению с обычным циклом. Прирост пропорционален разнице температур испарения и конденсации. Технология впрыска пара показывает наилучшие результаты при низких температурах кипения, где рост холодопроизводительности и COP нужнее всего. Такая технология, как правило, позволяет для заданной тепловой нагрузки использовать меньший компрессор. Кроме того, впрыск пара обеспечивает дополнительное охлаждение, что расширяет рабочий диапазон компрессора, как и при впрыске жидкости, позволяя компрессору работать в низкотемпературных условиях.

2 Принцип действия

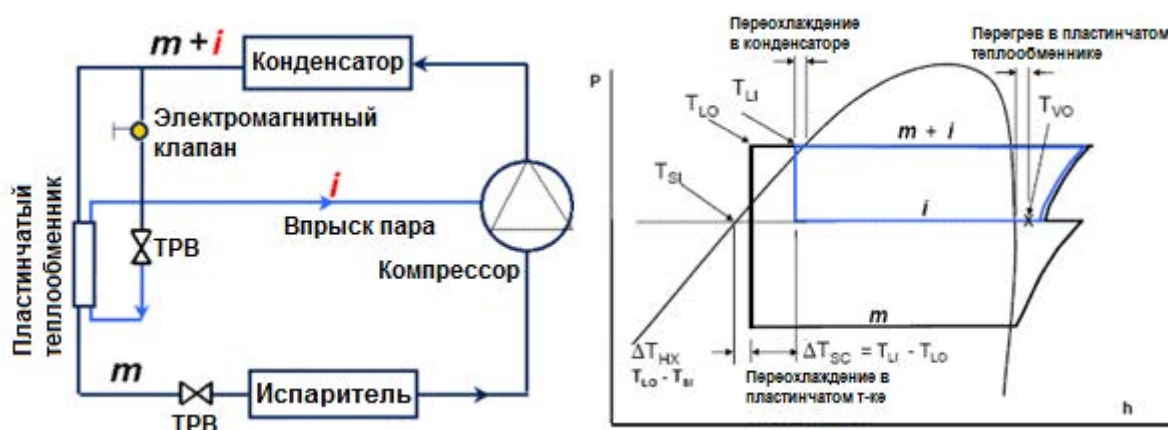


Рис. 1: Диаграмма цикла: m - основной массовый поток, i - массовый поток через экономайзер

Как показано на Рис. 1, часть сконденсированной жидкости i расширяется через TRV в противоточный пластинчатый теплообменник (экономайзер). Затем перегретый пар впрыскивается в промежуточную точку сжатия спирального компрессора. Переохлаждение жидкости в экономайзере увеличивает производительность испарителя за счёт понижения температуры жидкости с T_{Li} до T_{Lo} и соответствующего понижения её энтальпии. Дополнительный массовый поток i также увеличивает сброс тепла через конденсатор.

Эффективность такой системы выше, чем у обычной системы такой же мощности, поскольку при использовании экономайзера часть холодопроизводительности получается с меньшими затратами энергии за счёт того, что пар сжимается до давления конденсации не с низкого давления кипения, а с более высокого промежуточного давления. Эффект достигается за счёт добавления в процесс сжатия пара с промежуточным давлением и температурой T_{vo} , которая контролируется с помощью TRV экономайзера.

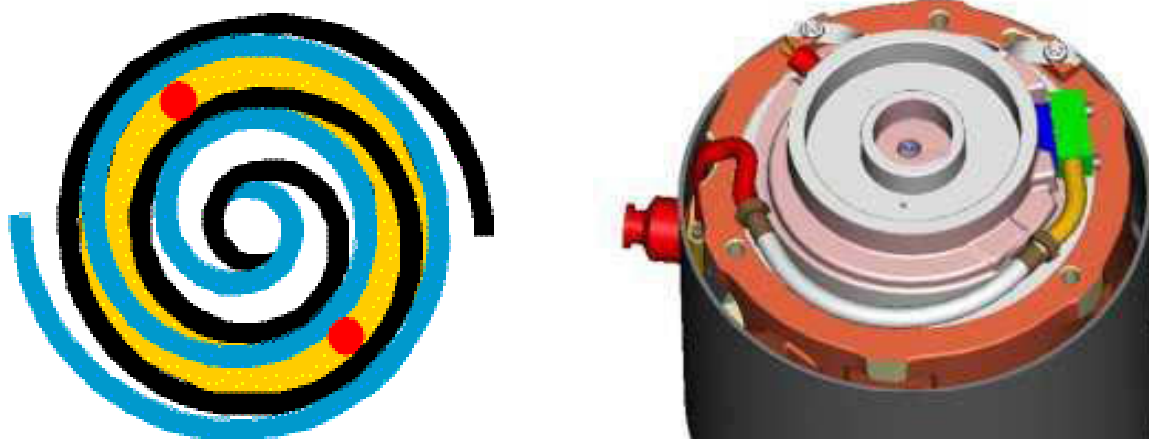


Рис. 2: Порты впрыска пара и трубные соединения в спиральном блоке

Пар впрыскивается в спиральный блок в точке промежуточного сжатия с помощью двух симметрично расположенных портов, как показано слева на Рис. 2. Размер и положение этих портов были оптимизированы, чтобы обеспечить максимальный COP и холодопроизводительность при типичных рабочих условиях. Один

впускной патрубок на корпусе соединён с портами с помощью гибких трубок, как показано справа, и отверстий в неподвижной спирали. Гибкость трубок обеспечивает осевое согласование спиралей.

3 Влияние на холодопроизводительность

У компрессоров с впрыском пара холодопроизводительность при изменениях давления конденсации меняется существенно меньше по сравнению с обычными компрессорами. Синяя линия на **Рис. 3**, представляющая спиральный компрессор с впрыском пара, имеет меньший наклон, чем у обычных компрессоров. Когда температура конденсации падает, компрессор с впрыском пара имеет меньшую холодопроизводительность. В результате за счёт меньшей нагрузки на конденсатор во время работы уменьшается количество включений / выключений и улучшается COP.

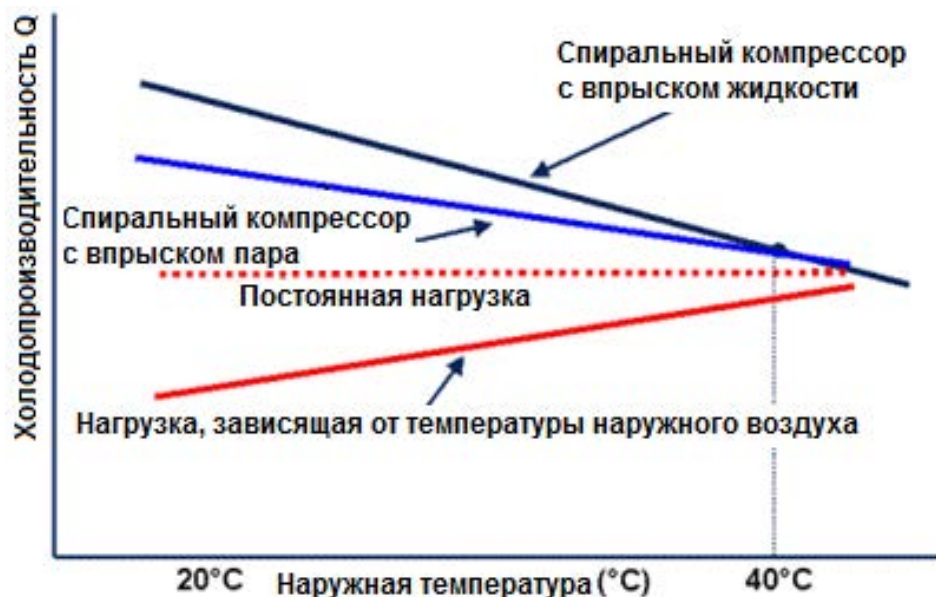


Рис. 3: Изменение холодопроизводительности в зависимости от нагрузки

При расчётной холодопроизводительности 4 кВт и падении температуры конденсации до 20°C поршневой компрессор выдаст холодопроизводительность от 6 до 7 кВт (см. **Рис. 4**), что означает 50-75% переразмеренности. При тех же условиях спиральный компрессор с впрыском пара будет иметь холодопроизводительность 4,5 кВт. Это значит, что переразмеренность будет составлять только 12,5%.

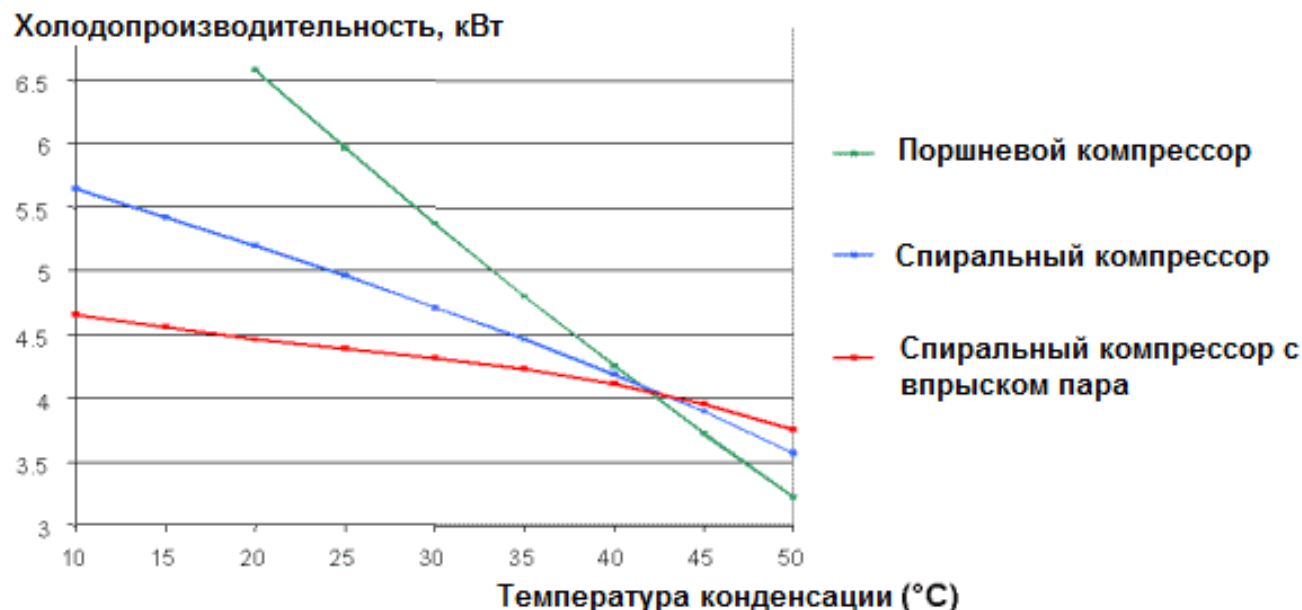


Рис. 4: Изменение холодопроизводительности в зависимости от изменения температуры конденсации, R404A

4 Рабочий диапазон

На Рис. 5 показан широкий рабочий диапазон для спиральных компрессоров с впрыском пара и незначительное влияние на величину этого диапазона высокой температуры всасываемого газа.



Рис. 5: Рабочий диапазон спиральных компрессоров с впрыском пара, R404A

5 Компрессорные станции

В компрессорных станциях для нескольких компрессоров можно использовать в качестве экономайзера общий теплообменник (ТО), оснащённый электронным расширительным вентилем (ЭРВ), как это показано на Рис. 6. Трубопровод впрыска пара для каждого компрессора должен быть оснащён индивидуальным электромагнитным клапаном, чтобы иметь возможность перекрыть впрыск пара, когда компрессор выключен. Это необходимо для того, чтобы избежать попадания в компрессор большого количества жидкости во время стоянки.

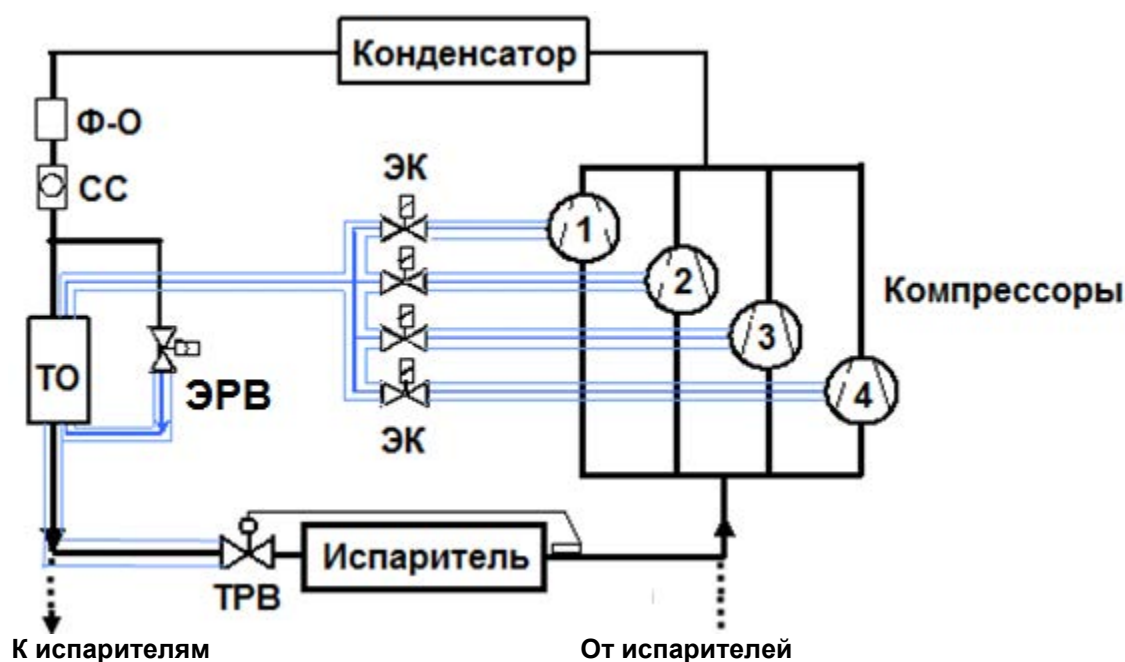


Рис. 6: Компрессорная станция с общим теплообменником – экономайзером (ТО).

ЭК – электромагнитные клапаны
 СС – смотровое стекло
 Ф-О – фильтр - осушитель

6 Выбор и применение экономайзера

Ниже представлен выбор теплообменников (экономайзеров) производства SWEP или Alfa Laval для 1 - 6 компрессоров с впрыском пара. Выбор сделан для стандартных условий (R404A, -35/40°C) и подходит для большинства низкотемпературных применений.

Количество компрессоров	Теплообменник производства SWEP									
	ZF13KVE	ZF18KVE	ZF24KVE	ZF25K5E	ZF33KVE	ZF34K5E	ZF40KVE	ZF41K5E	ZF48KVE	ZF49K5E
1	B8T-14	B8T-14	B8T-14	B8T-14	B8T-20	B8T-20	B8T-20	B8T-20	B16-20	B16-20
2	B8T-14	B8T-20	B16-20	B16-20	B16-20	B16-20	B16-30	B16-30	B16-30	B16-30
3	B16-20	B16-20	B16-20	B16-20	B16-30	B16-30	B16-30	B16-30	B16-30	B16-30
4	B16-20	B16-20	B16-30	B16-30	B16-30	B16-30	B16-40	B16-40	B16-40	B16-40
5	B16-20	B16-20	B16-30	B16-30	B16-40	B16-40	B16-40	B16-40	B120T-18	B120T-18
6	B16-20	B16-20	B16-40	B16-40	B16-40	B16-40	B120T-18	B120T-18	B120T-22	B120T-22

Таблица 1

Число комп-в	Теплообменник производства Alfa Laval									
	ZF13KVE	ZF18KVE	ZF24KVE	ZF25K5E	ZF33KVE	ZF34K5E	ZF40KVE	ZF41K5E	ZF48KVE	ZF49K5E
1	AC-30EQ-10H	AC-30EQ-10H	AC-30EQ-14H	AC-30EQ-14H	AC-30EQ-20H	AC-30EQ-20H	AC-30EQ-20H	AC-30EQ-20H	AC-30EQ-24H	AC-30EQ-24H
2	AC-30EQ-14H	AC-30EQ-20H	AC-30EQ-24H	AC-30EQ-24H	AC-36EQ-30H	AC-36EQ-30H	AC-30EQ-40H	AC-30EQ-40H	AC-30EQ-40H	AC-30EQ-40H
3	AC-30EQ-24H	AC-30EQ-24H	AC-30EQ-36H	AC-30EQ-36H	AC-30EQ-50H	AC-30EQ-50H	AC-30EQ-60H	AC-30EQ-60H	AC-30EQ-60H	AC-30EQ-60H
4	AC-30EQ-30H	AC-30EQ-36H	AC-30EQ-50H	AC-30EQ-50H	AC-30EQ-60H	AC-30EQ-60H	AC-70X-40H	AC-70X-40H	AC-70X-40H	AC-70X-40H
5	AC-30EQ-36H	AC-30EQ-40H	AC-30EQ-60H	AC-30EQ-60H	AC-70X-40H	AC-70X-40H	AC-70X-50H	AC-70X-50H	AC-70X-50H	AC-70X-50H
6	AC-30EQ-40H	AC-30EQ-50H	AC-70X-40H	AC-70X-40H	AC-70X-50H	AC-70X-50H	AC-70X-50H	AC-70X-50H	AC-70X-60H	AC-70X-60H

Таблица 2

При выборе теплообменника, произведённого другой компанией или рассчитанного на другие условия первым шагом является определение нагрузки. Это можно сделать с помощью программы выбора Copeland® brand products Selection Software (см. ниже). Температура жидкости на выходе T_{LO} и температура насыщения при промежуточном давлении T_{SI} также определяются с помощью программы выбора. Тепловой баланс экономайзера затем используется для определения нагрузки – см. Рис. 7. Оптимальными расчётными параметрами являются ΔT экономайзера 5K и перегрев 5K.

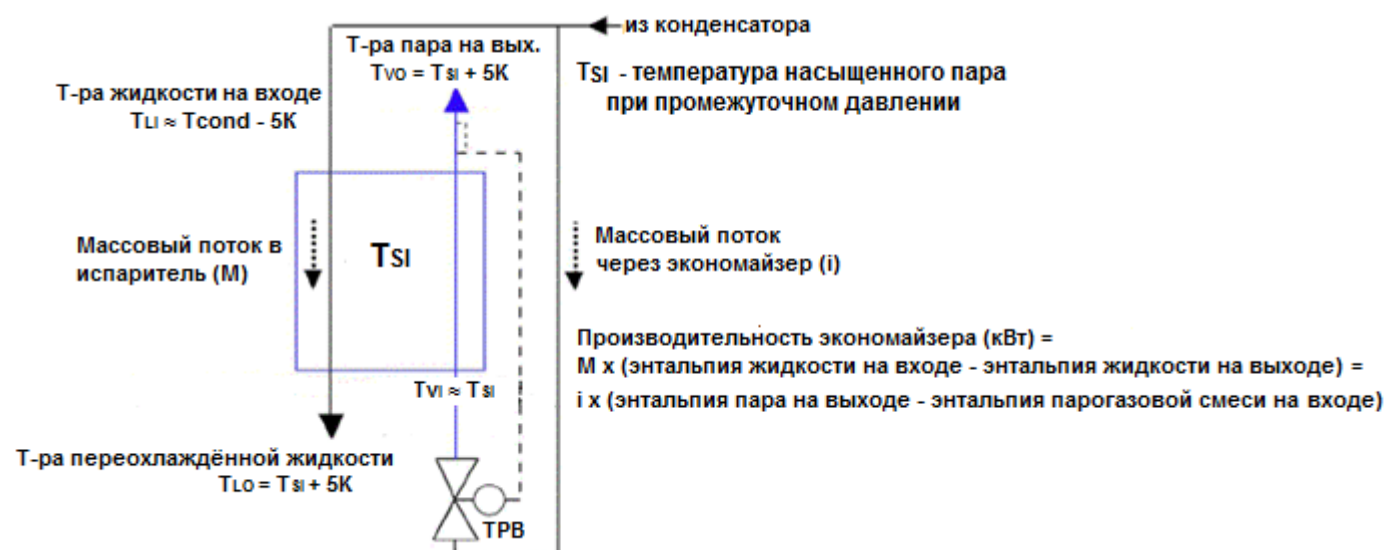


Рис. 7: Метод теплового баланса для расчёта экономайзера и массового расхода пара

Необходимо отметить, что естественное переохлаждение, то есть переохлаждение в конденсаторе, ограничено, как правило, величиной 5K. Кроме того естественное переохлаждение ведёт к небольшому

уменьшению температуры жидкости на выходе из экономайзера T_{LO} . Производительность экономайзера рассчитывается при $\Delta T = 5K$.

Select 7.10
 Файл Конфигурация Вид Сервис Связь он-лайн Подсказка

Хладагент
 R-404A
 Верхн. точка

Электропитание
 50 Hz 60 Hz
 380/420V - 3~ - 50Hz

требование
 104.00 kW

Ручной подбор
 ZF18KVE-TFD EVI
 Все модели

Темп. кипения °C: -35.00
 Полезный перегрев 100%
 Темп. всас. газа °C: -25.00
 Темп. конденсации °C: 40.00
 Темп. жидкости °C: 35.00

Компрессоры | **Агрегаты** | **компоненты** | **Мои**

Copeland Scroll

Холодильная техника

- MT Спиральный стандартный
- LT Впрыск пара
- впрыск жидкости
- Цифровой
- LT Спиральный Booster
- Предыдущее поколение

Тепловые насосы

Характеристики	Таблицы	Диапазон	Чертеж	Список вы
ХАРАКТЕРИСТИКИ В ВЫБРАННОМ РЕЖИМЕ		-35.0 / 40.0 °C		
КОМПРЕССОР:	ZF18KVE-TFD EVI			
Холодопр. kW	5.95			
Потребл. мощность kW	4.11			
Холод. коэфф-т	1.45			
Рабочий ток 400V, A	7.54			
Массовый расход g/s	36.40			
Изоэнтропный КПД, %	61.04			
Теплоотдача в конд. kW	9.57			
Инфо впрыска пара				
Произв. экономайзера kW	2.22			
Масс.расход впрыск.хладагента g/s	19.76			
Промежуточное давление bar	4.19			
Промежут.темп.насыщ.пара °C	-11.1			
Темп.пара на выходе, VO °C	-6.1			
Темп.жидкости на входе, LI °C	35.0			
Темп.жидкости, LO °C	-6.6			
Темп.жидкости, LX °C	-6.6			

Рис. 8: Производительность экономайзера и параметры системы в Selection Software

В программе выбора Selection Software можно посмотреть температуру жидкости на выходе из экономайзера T_{LO} , производительность экономайзера и температуру насыщенного пара при промежуточном давлении T_{SI} . Дополнительные параметры видны справа вверху; они могут быть введены и отрегулированы после нажатия

кнопки . После появления диаграммы и схемы нажмите также кнопку **Показать впрыск пара**:

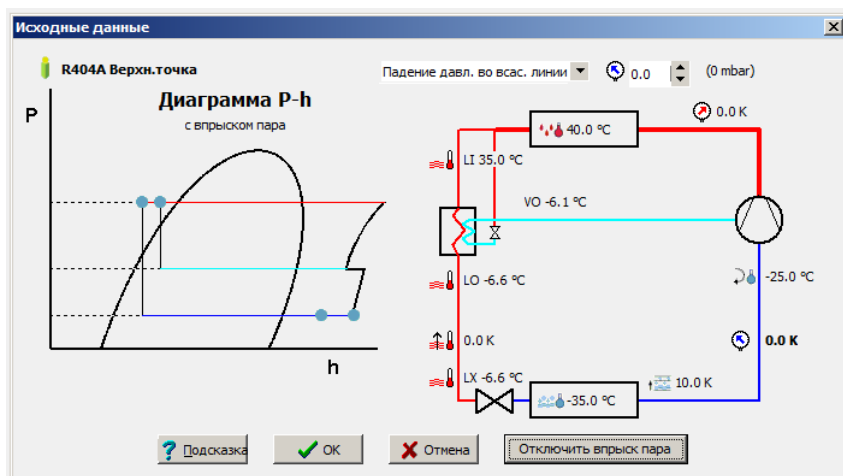


Рис. 9: Производительность экономайзера и параметры системы в Selection Software

Зачастую необходимо делать поправку на нагрев жидкости по пути от экономайзера до ТРВ. Если жидкостной трубопровод проходит через места, где температура окружающей среды выше, чем температура жидкого

хладагента T_{LO} , температура жидкости будет повышаться, и это приведёт к некоторой потере холодопроизводительности системы. Этот нагрев также можно регулировать на экране.

Отбор жидкости «ниже по течению» (**Рис. 10 б**) приводит к тому, что жидкость в ТРВ экономайзера попадает с выхода самого экономайзера. Этот метод иногда предлагается для обеспечения хорошего переохлаждения на входе в ТРВ. Хотя в этом случае по сравнению с отбором «выше по течению» и не будет дополнительного нагрева или охлаждения жидкости, но массовый поток i при этом проходит через экономайзер дважды, что означает дополнительные потери давления. В итоге может потребоваться больший теплообменник. Кроме того, отбор жидкости «ниже по течению» требует больше соединений и труб для переохлаждённой жидкости, а значит, и дополнительной изоляции для минимизации нагрева жидкости. Поэтому отбор жидкости для экономайзера «выше по течению» является более предпочтительным – **Рис. 10(а)**.

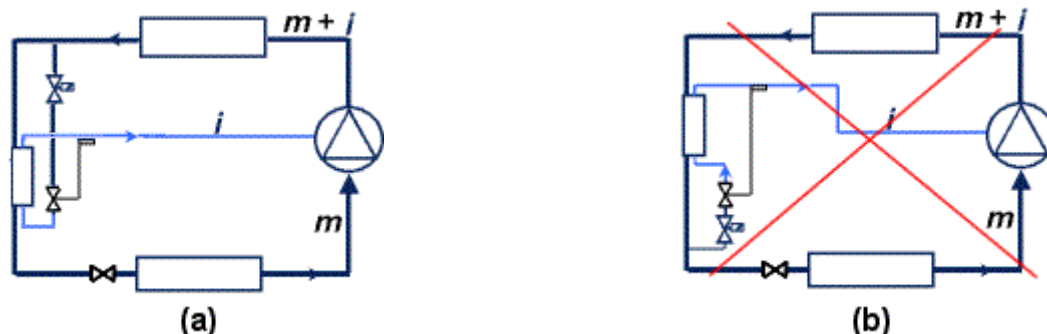


Рис. 10: Отбор жидкости «выше по течению» (а - рекомендуется) и «ниже по течению» (б – не рекомендуется)

Экономайзер должен быть установлен вертикально. ТРВ необходимо размещать на дистанции 150 – 200 мм от входа парожидкостной смеси в нижней части теплообменника. Не следует располагать ТРВ ниже данного входа.

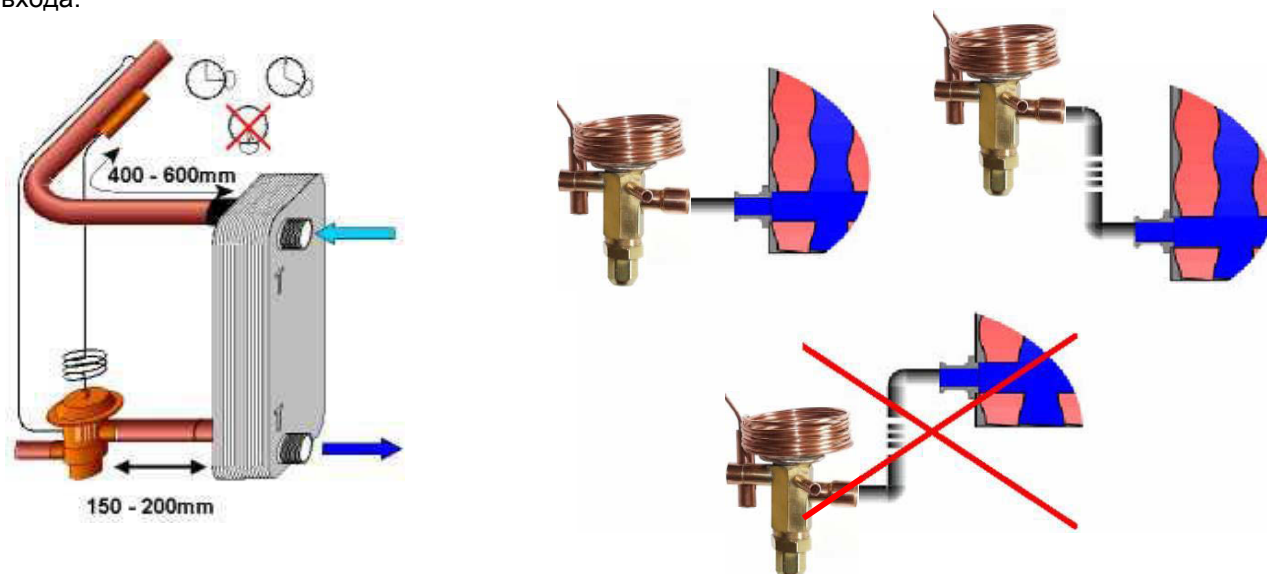


Рис. 11: Расположение ТРВ и его термобаллона на пластинчатом теплообменнике

Термобаллон ТРВ должен находиться в 400 – 600 мм от выхода пара, предпочтительнее за поворотом трубы и на внутренней стороне, как показано на **Рис. 11**. Там же показано расположение термобаллона относительно сечения трубы и трубопровод внешнего уравнивания. (Внешнее уравнивание не является обязательным.) Как показано на **Рис. 11**, труба, соединяющая ТРВ и экономайзер, может быть прямой или иметь изгиб.

Для многокомпрессорной установки рекомендуется использовать ЭРВ (см. ниже).

Очень важно, чтобы патрубок на входе парожидкостной смеси в экономайзер был достаточно мал для обеспечения турбулентности, необходимой для равномерного распределения и испарения. **Таблица 3** может быть использована как справочник:

Модель	Пар		Жидкость	
	Вход	Выход	Вход	Выход
B8T-14	1/4"	1/2"	1/2"	1/2"
B8T-20	1/4"	1/2"	1/2"	1/2"
V16-20	1/2"	7/8"	1/2"	1/2"
V16-30	1/2"	7/8"	1/2"	1/2"
V16-40	5/8"	1"3/8"	5/8"	5/8"

Таблица 3 – рекомендуемые присоединительные размеры

7 Ресивер

Жидкостной ресивер может потребоваться для компенсации изменения массового расхода и/или заправки. Его следует размещать за выходом из конденсатора. Не следует устанавливать ресивер за выходом из экономайзера, потому что там должна находиться насыщенная жидкость, включая паровую фазу.

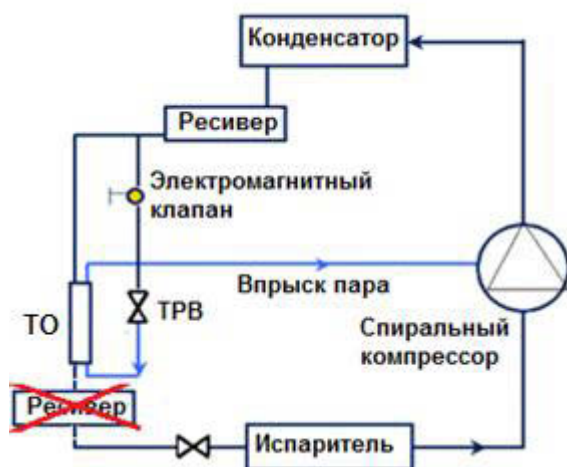


Рис. 12: Правильное и неправильное размещение ресивера

8 Выбор ТРВ и электромагнитного клапана

Расширительное устройство, используемое с экономайзером, может быть как термостатическим (ТРВ), так и электронным (ЭРВ). Если расширительное устройство не закрывается полностью, то для предотвращения миграции жидкости в выключенный компрессор необходимо установить электромагнитный клапан на жидкостном трубопроводе или трубопроводе впрыска пара. Жидкостной трубопровод является более предпочтительным местом установки, поскольку в этом случае электромагнитный клапан будет меньше и дешевле. Но в случае параллельной работы нескольких компрессоров необходимо устанавливать электромагнитные клапаны на трубопроводах впрыска пара, как показано на **Рис. 6**.

При подборе ЭРВ можно воспользоваться **Таблицей 4** ниже:

Число компрессоров	Подбор ЭРВ для экономайзера									
	ZF13KVE	ZF18KVE	ZF24KVE	ZF25K5E	ZF33KVE	ZF34K5E	ZF40KVE	ZF41K5E	ZF48KVE	ZF49K5E
1	EX4	EX4	EX4	EX4	EX4	EX4	EX4	EX4	EX4	EX4
2	EX4	EX4	EX4	EX4	EX4	EX4	EX4	EX4	EX4	EX4
3	EX4	EX4	EX4	EX4	EX4	EX4	EX5	EX5	EX5	EX5
4	EX4	EX4	EX4	EX4	EX5	EX5	EX5	EX5	EX5	EX5
5	EX4	EX4	EX5	EX5	EX5	EX5	EX5	EX5	EX5	EX5

Таблица 4

При использовании термостатического расширительного вентиля (ТРВ) используются сменные вставки. Расширительные устройства с широтно-импульсной модуляцией здесь непригодны, поскольку внутренний

объем экономайзера невелик и пульсации приведут к нестабильным условиям работы, в результате чего может произойти недопустимый залив компрессора жидким хладагентом.

ТРВ можно использовать также с 2-компрессорными установками. Рекомендуемые ТРВ и электромагнитные клапаны (ЭК) для трубопровода впрыска пара показаны в **Таблице 5** ниже:

Число компрессоров	Компонент	ТРВ и электромагнитный клапан									
		ZF13KVE	ZF18KVE	ZF24KVE	ZF25K5E	ZF33KVE	ZF34K5E	ZF40KVE	ZF41K5E	ZF48KVE	ZF49K5E
1	ТРВ	TX3-S22	TX3-S23	TX3-S24	TX3-S24	TX3-S24	TX3-S24	TX3-S25	TX3-S25	TX3-S25	TX3-S25
	ЭК1	110 RB2	110 RB2	110 RB2	110 RB2	200 RB3	200 RB3	200 RB3	200 RB3	200 RB3	200 RB3
2	ТРВ	TX3-S24	TX3-S25	TX3-S25	TX3-S25	TX3-S26	TX3-S26	TX3-S27	TX3-S27	TX3-S28	TX3-S28
	ЭК1	110 RB2	110 RB2	110 RB2	110 RB2	200 RB3	200 RB3	200 RB3	200 RB3	200 RB3	200 RB3
	ЭК2		200 RB3	200 RB3	200 RB3	200 RB4	200 RB4	200 RB4	200 RB4	200 RB4	200 RB4

Таблица 5: Компоненты

Число работающих компрессоров	Компонент	ТРВ и электромагнитный клапан									
		ZF13KVE	ZF18KVE	ZF24KVE	ZF25K5E	ZF33KVE	ZF34K5E	ZF40KVE	ZF41K5E	ZF48KVE	ZF49K5E
1 ВКЛ 2 ВЫКЛ	ТРВ	TX3-S24	TX3-S25	TX3-S25	TX3-S25	TX3-S26	TX3-S26	TX3-S27	TX3-S27	TX3-S28	TX3-S28
	ЭК1	110 RB2	110 RB2	110 RB2	110 RB2	200 RB3	200 RB3	200 RB3	200 RB3	200 RB3	200 RB3
	ЭК2	выкл	выкл	выкл	выкл	выкл	выкл	выкл	выкл	выкл	выкл
1 ВКЛ 2 ВКЛ	ТРВ	TX3-S24	TX3-S25	TX3-S25	TX3-S25	TX3-S26	TX3-S26	TX3-S27	TX3-S27	TX3-S28	TX3-S28
	ЭК1	выкл	выкл	выкл	выкл	выкл	выкл	выкл	выкл	выкл	выкл
	ЭК2	110 RB2	200 RB3	200 RB3	200 RB3	200 RB4	200 RB4	200 RB4	200 RB4	200 RB4	200 RB4

Таблица 6: Пример (Компрессорная станция с двумя компрессорами)

Для того чтобы быть полностью открытыми, электромагнитным клапанам с сервоприводом требуется перепад давления по крайней мере 0,05 бар. В случае, если поток хладагента недостаточный, клапан может самопроизвольно закрыться. Такие закрытия могут привести к сбоям в работе и колебаниям в контуре хладагента. Главной причиной таких проблем является, как правило, переразмеренный электромагнитный клапан. Это обстоятельство особенно важно в системах с регулируемой холодопроизводительностью. Поэтому решающим фактором для правильного выбора клапана является его производительность, а не присоединительные размеры.

ТРВ можно ограниченно использовать и в тех случаях, когда установка имеет более двух компрессоров. Особое внимание следует уделить выбору ТРВ при работе с частичной нагрузкой. Требуется обеспечить оптимальное распределение хладагента в общем теплообменнике, а также и достаточные скорости в трубопроводах для должного возврата масла при частичной нагрузке. К примеру, могут потребоваться два отдельных ТРВ с собственными электромагнитными клапанами на 100% и на 30% полной производительности соответственно (см. **Рис. 13**).

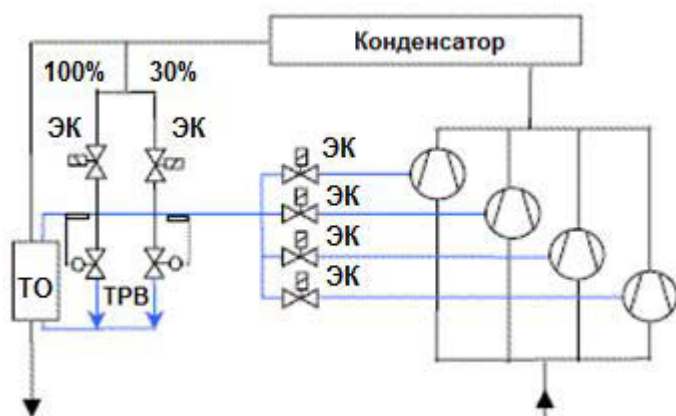


Рис. 13: Управление перегревом впрыскиваемого пара двумя отдельными ТРВ

9 Коллектор и трубопровод впрыска пара

Диаметр трубопровода впрыска пара должен выбираться на минимальные потери давления с целью обеспечения оптимальной производительности. В **Таблицах 7 и 8** указаны рекомендуемые размеры коллекторов (для многокомпрессорных установок) и трубопроводов для отдельных компрессоров. Эти размеры должны соответствовать присоединительным размерам портов для впрыска пара каждого компрессора.

Количество компрессоров	Диаметр коллектора для впрыска пара									
	ZF13KVE	ZF18KVE	ZF24KVE	ZF25K5E	ZF33KVE	ZF34K5E	ZF40KVE	ZF41K5E	ZF48KVE	ZF49K5E
1	1/2"	1/2"	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"
2	5/8"	7/8"	7/8"	7/8"	1 1/8"	1 1/8"	1 1/8"	1 1/8"	1 1/8"	1 1/8"
3	7/8"	7/8"	1 1/8"	1 1/8"	1 3/8"	1 3/8"	1 3/8"	1 3/8"	1 5/8"	1 5/8"
4	7/8"	7/8"	1 1/8"	1 1/8"	1 3/8"	1 3/8"	1 3/8"	1 3/8"	1 5/8"	1 5/8"
5	1 1/8"	1 1/8"	1 3/8"	1 3/8"	1 5/8"	1 5/8"	1 5/8"	1 5/8"	2 1/8"	2 1/8"
6	1 1/8"	1 1/8"	1 3/8"	1 3/8"	1 5/8"	1 5/8"	1 5/8"	1 5/8"	2 1/8"	2 1/8"

Таблица 7

Диаметр трубопровода впрыска пара									
ZF13KVE	ZF18KVE	ZF24KVE	ZF25K5E	ZF33KVE	ZF34K5E	ZF40KVE	ZF41K5E	ZF48KVE	ZF49K5E
1/2"	1/2"	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"

Таблица 8

На рисунке **14** показана рекомендуемая трубная обвязка для впрыска пара в многокомпрессорной установке. Избыточное количество масла не должно накапливаться в коллекторе.



Рис. 14: Пример трубной обвязки для впрыска пара в установку из пяти компрессоров ZF18KVE

10 ТРВ для основного испарителя

При использовании ТРВ важно учитывать эффект переохлаждения жидкости. В результате корректного учёта переохлаждения выбранный ТРВ будет меньше, чем в обычном случае.

11 Размеры жидкостного трубопровода и его компонентов

При выборе размера жидкостного трубопровода следует учитывать переохлаждение жидкости. Рекомендации можно посмотреть в таблицах 8, 9 и 10 ниже. Следует иметь ввиду, что диаметр трубопровода, как и его компоненты, подобраны для участка между конденсатором и экономайзером, так, как это показано на Рис. 6 или Рис. 16.

Количество компрессоров	Диаметр коллектора для впрыска пара									
	ZF13KVE	ZF18KVE	ZF24KVE	ZF25K5E	ZF33KVE	ZF34K5E	ZF40KVE	ZF41K5E	ZF48KVE	ZF49K5E
1	3/8"	3/8"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	5/8"	5/8"	5/8"
2	1/2"	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"	7/8"	7/8"	7/8"	7/8"	7/8"
3	1/2"	5/8"	7/8"	7/8"	7/8"	7/8"	7/8"	7/8"	1"1/8	1"1/8
4	5/8"	7/8"	7/8"	7/8"	7/8"	1"1/8	1"1/8	1"1/8	1"1/8	1"1/8
5	5/8"	7/8"	7/8"	7/8"	1"1/8	1"1/8	1"1/8	1"1/8	1"3/8	1"3/8
6	7/8"	7/8"	1"1/8	1"1/8	1"1/8	1"1/8	1"3/8	1"3/8	1"3/8	1"3/8

Таблица 9

Количество компрессоров	Фильтр - осушитель									
	ZF13KVE	ZF18KVE	ZF24KVE	ZF25K5E	ZF33KVE	ZF34K5E	ZF40KVE	ZF41K5E	ZF48KVE	ZF49K5E
1	ADK-053S	ADK-053S	ADK-084S	ADK-084S	ADK-084S	ADK-084S	ADK-084S	ADK-165S	ADK-165S	ADK-165S
2	ADK-084S	ADK-165S	ADK-165S	ADK-165S	ADK-165S	ADKS-487T	ADKS-487T	ADKS-487T	ADKS-487T	ADKS-487T
3	ADK-084S	ADK-165S	ADKS-487T	ADKS-487T	ADKS-487T	ADKS-487T	ADKS-487T	ADKS-487T	ADKS-489T	ADKS-489T
4	ADK-165S	ADKS-487T	ADKS-487T	ADKS-487T	ADKS-487T	ADKS-489T	ADKS-489T	ADKS-489T	ADKS-489T	ADKS-489T
5	ADK-165S	ADKS-487T	ADKS-487T	ADKS-487T	ADKS-489T	ADKS-489T	ADKS-489T	ADKS-489T	ADKS-4811T	ADKS-4811T
6	ADKS-487T	ADKS-487T	ADKS-489T	ADKS-489T	ADKS-489T	ADKS-489T	ADKS-4811T	ADKS-4811T	ADKS-4811T	ADKS-4811T

Таблица 10

Количество компрессоров	Смотровое стекло									
	ZF13KVE	ZF18KVE	ZF24KVE	ZF25K5E	ZF33KVE	ZF34K5E	ZF40KVE	ZF41K5E	ZF48KVE	ZF49K5E
1	MIA 038	MIA 038	MIA 012	MIA 012	MIA 012	MIA 012	MIA 012	MIA 058	MIA 058	MIA 058
2	MIA 012	MIA 058	MIA 058	MIA 058	MIA 058	MIA 078	MIA 078	MIA 078	MIA 078	MIA 078
3	MIA 012	MIA 058	MIA 078	MIA 078	MIA 078	MIA 078	MIA 078	MIA 078	MIA 118	MIA 118
4	MIA 058	MIA 078	MIA 078	MIA 078	MIA 078	MIA 118	MIA 118	MIA 118	MIA 118	MIA 118
5	MIA 058	MIA 078	MIA 078	MIA 078	MIA 118	MIA 118	MIA 118	MIA 118	AMI-2S11	AMI-2S11
6	MIA 078	MIA 078	MIA 118	MIA 118	MIA 118	MIA 118	AMI-2S11	AMI-2S11	AMI-2S11	AMI-2S11

Таблица 11

12 Длина трубопроводов и изоляция

Жидкостной трубопровод от экономайзера до ТРВ необходимо хорошо теплоизолировать. Линии впрыска пара между ТРВ и теплообменником (испарителем или экономайзером) должна быть как можно короче и хорошо теплоизолирована. Экономайзер должен быть также хорошо теплоизолирован. Все трубопроводы, показанные на схеме (Рис. 6) синими линиями, требуют теплоизоляции.

Рост температуры в жидкостном трубопроводе: Если компрессоры расположены на некотором удалении от испарителей, по пути от экономайзера до испарителя температура жидкости нарастает. Даже при наличии теплоизоляции температура растёт, что приводит к некоторым потерям холодопроизводительности. Потери тепла могут быть вычислены. Типовым считается рост температуры в 0,7 K на дистанции в 10 метров при прохождении трубопровода сквозь воздух с температурой 20°C. Для корректировки холодопроизводительности в программе выбора Selection Software необходимо нажать кнопку

Показать впрыск пара

и ввести ожидаемый рост температуры (см. Рис. 9).

13 Дополнительные применения

13.1 Работа без впрыска пара

Компрессоры ZF*KVE могут работать без впрыска пара с уменьшением холодопроизводительности.

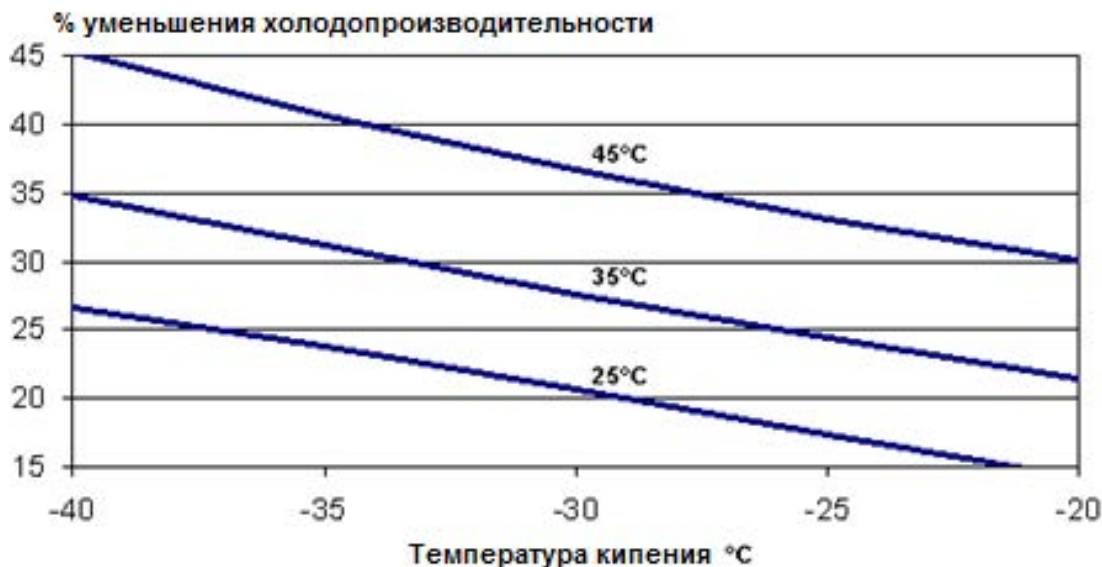


Рис. 15: Приблизительный процент уменьшения холодопроизводительности при работе без впрыска пара

Рис 15 показывает приблизительный процент уменьшения холодопроизводительности при работе без впрыска пара при различных значениях температуры конденсации. Эффект снижения холодопроизводительности является ограниченным, особенно при низких температурах конденсации, в то время как COP всегда выше при впрыске пара. Именно поэтому режим впрыска пара является предпочтительным при любых условиях эксплуатации.

13.2 Защита по температуре нагнетания

Каждый компрессор должен быть оснащён защитой от повышенной температуры нагнетания так, как это описано в его руководстве по эксплуатации. Это гарантирует защиту компрессора от перегрева в случае отсутствия впрыска пара. Эта защита может быть включена в общий контур защиты с помощью соответствующего датчика температуры. Некоторые модели компрессоров имеют встроенную защиту по температуре нагнетания, но в этом случае желательно установить внешний датчик, встроенный в контур защиты, чтобы избежать отключения электродвигателя вследствие срабатывания встроенной защиты.

13.3 Токовое реле

Компрессоры с внутренней защитой электродвигателя (ZF09/13/18) рекомендуется оснащать токовым реле, которое должно закрыть электромагнитный клапан в случае остановки электродвигателя.

14 Контрольный лист

Компрессор: _____
 Серийный номер: _____
 Кто монтировал: _____
 Дата монтажа: _____ Номера компрессоров: _____
 Система: _____

14.1 Промежуточная температура насыщения

Проверьте давление впрыска в самом дальнем от экономайзера компрессоре. Если оно отличается от расчётного давления, то:

- Проверьте ΔP на трубопроводе впрыска ($P_{Vo} - P_{Cv}$, объяснения в Таблице 12).
- Проверьте размер ТРВ экономайзера.
- Если ТРВ выбран правильно, то
- Проверьте ΔP экономайзера. Если ΔP велик, проверьте размер и тип теплообменника.

14.2 Впрыск пара

Проверьте температуру впрыска в самом дальнем от экономайзера компрессоре. Она должна быть на ~5K выше температуры, соответствующей промежуточному давлению насыщения. Если это не так, то:

- Проверьте ΔT на трубопроводе впрыска пара ($T_{Cvi} - T_{Vo}$).
- Проверьте перегрев, который обеспечивает TPV.
- Проверьте место закрепления термобаллона TPV на трубе.

14.3 Температура жидкости на выходе из теплообменника

Температура жидкости на выходе из теплообменника должна быть на ~5K выше температуры, соответствующей промежуточному давлению насыщения. ΔT на теплообменнике 5K = температура жидкости на выходе – температура пара на входе ($T_{Lo} - T_{Vi}$) обеспечит эффективную и экономичную работу.

14.4 Температура жидкости на входе в основной испаритель

Все жидкостные трубопроводы, включая коллекторы, должны быть хорошо теплоизолированы. Проверьте температуру жидкости на входе в TPV, наиболее удалённый от экономайзера. Температура должна соответствовать проектным значениям.

14.5 Электромагнитный клапан на трубопроводе впрыска пара

Задачей этого электромагнитного клапана является управление впрыском пара в компрессор. Когда компрессор останавливается, клапан перекрывает впрыск пара в компрессор. Однако работа клапана не должна влиять на управляемые TPV температуры и давления в экономайзере.

Чтобы убедиться, что управление впрыском пара работает адекватно, предлагается пройти следующую процедуру, приведённую на **Рис. 16, когда работают все 4 компрессора**:

- Остановите компрессор №1:
 - Убедитесь, что электромагнитный клапан перекрыл доступ пару в компрессор проверив давление впрыскиваемого пара.
 - Проверьте температуру жидкости на входе (T_{Li}) и на выходе (T_{Lo}) из экономайзера. Убедитесь, что они существенно не изменились. $\Delta T_{SC} = (T_{Li} - T_{Lo})$.
- Остановите компрессор №2, повторите вышеописанные проверки для компрессора №2.
- Остановите компрессор №3, повторите вышеописанные проверки для компрессора №3.
- Компрессор №4 продолжает работать.

		ПОКАЗАНИЯ	КОМПРЕССОРЫ					
Компрессоры			1	2	3	4	5	6
Компрессор	T_{ci} - температура на входе	°C						
Компрессор	P_{ci} - давление на входе	бар (абс)						
Компрессор	T_{co} - температура на выходе	°C						
Компрессор	P_{co} - давление на выходе	бар (абс)						
Компрессор	T_{cvi} - температура пара на входе	°C						
Компрессор	P_{cvi} - давление пара на входе	бар (абс)						
ΔP на впрыске	$\Delta P = P_{cvi} - P_{vo}$	бар (изб)						
Компрессор	P_i - Потребляемая мощность	кВт						
Компрессор	A - ток	A						
Теплообменник (ТО) / Экономайзер								
Теплообменник	T_{li} - температура жидкости на входе	°C						
Теплообменник	T_{lo} - температура жидкости на выходе	°C						
ΔT на ТО	$\Delta T_{sc} = T_{li} - T_{lo}$ - переохлаждение в ТО	K						
Теплообменник	T_{vi} - температура пара на входе	°C						
Теплообменник	P_{vi} - давление пара на входе	бар (абс)						
Теплообменник	T_{vo} - температура пара на выходе	°C						

Теплообменник	P_{vo} - давление пара на выходе	бар (абс)						
ТРВ испарителя (не показан на диаграмме ниже)								
ТРВ	T_{xvl} - температура на входе в ТРВ	°С						
ТРВ	T_{xvo} - температура на входе в испаритель	°С						
ТРВ	T_{xvp} - температура около термобаллона	°С						
ΔТ на испарителе	$\Delta T = T_{xvp} - T_{xvo}$	К						
ТРВ	Давление около термобаллона ТРВ	бар (абс)						

Таблица 12

14.6 Пример многокомпрессорной установки / спиральные компрессоры с впрыском пара

Показания для компрессора №1, обозначенные ниже, должны быть сняты для всех компрессоров.

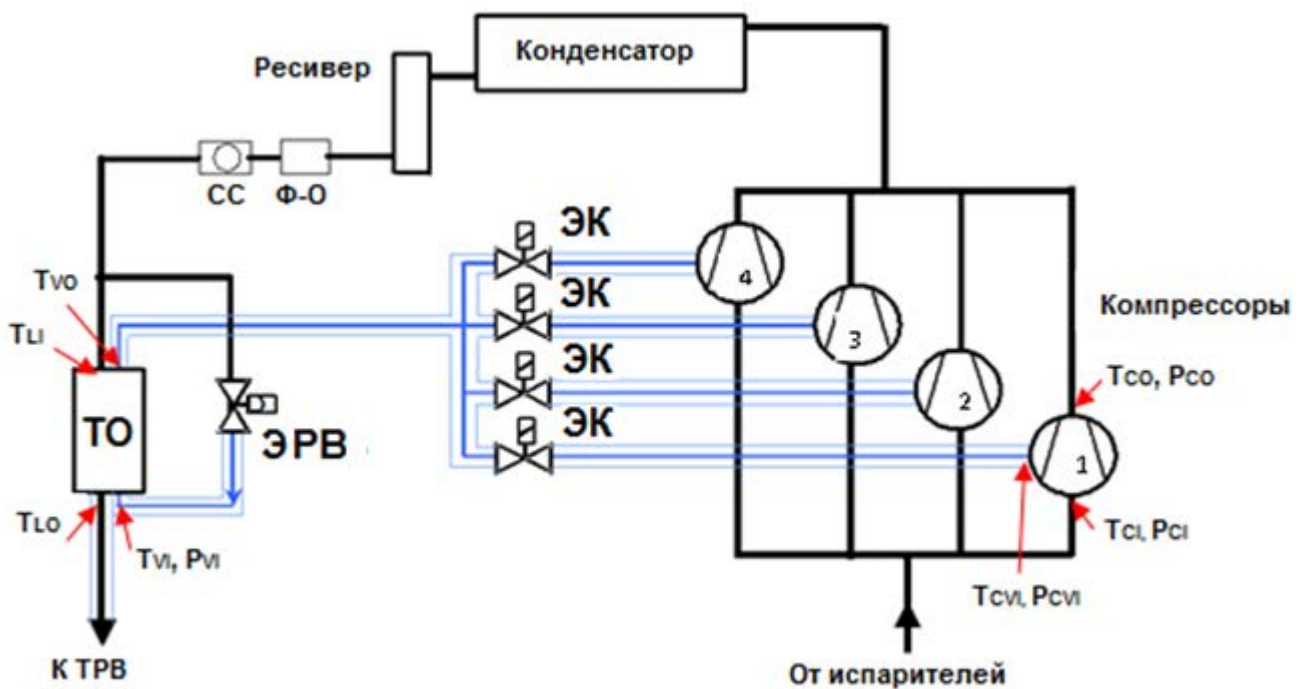


Рис. 1