

## Терморегулирующие вентили. Принцип работы и общие сведения по конструкции.



Терморегулирующий вентиль контролирует поток жидкого холодильного агента, поступающего в испаритель прямого расширения, поддерживая постоянный перегрев паров хладагента на выходе из испарителя. **Перегрев - это разница между температурой паров хладагента на выходе из испарителя и температурой кипения.** Контролируя перегрев, ТРВ заполняет поверхность испарителя настолько, чтобы не дать частицам жидкости попасть в компрессор. Возможность ТРВ сопоставлять поток хладагента со скоростью испарения в испарителе делает ТРВ идеальным расширительным устройством для систем кондиционирования воздуха и холодильной техники.

### Системы охлаждения.

Для понимания функции ТРВ, необходимо краткое описание холодильных систем. Холодильная система может быть определена как закрытый контур, в котором процесс передачи и поглощения тепла выполняется холодильным агентом в парокомпрессионном цикле. В этой простейшей форме холодильная система состоит из 5 компонентов: компрессор, конденсатор, расширительное устройство, испаритель и соединительный трубопровод.

Сердце холодильной системы - это компрессор, поскольку он вызывает циркуляцию холодильного агента. Его функция заключается во всасывании паров низкого давления (и температуры) из испарителя и сжатие их до высокого давления (и температуры). Пары высокого давления затем переходят в жидкую фазу в конденсаторе. Конденсатор выполняет эту функцию за счет отвода тепла паров высокого давления в атмосферу или, в случае водяного конденсатора, отвода тепла к воде. Жидкость, которая остается при высоком давлении, проходит через расширительное устройство и становится двухфазной смесью (жидкость и пар) низкого давления. Данная смесь в испарителе переходит в парообразное состояние за счет отвода тепла от охлаждаемой среды.

Правильный выбор ТРВ особенно важен, поскольку он регулирует степень заполнения испарителя. Неправильно употребляемое или подобранное расширительное устройство будет создавать трудности в управлении и низкую производительность системы. Например, недостаточное по производительности расширительное устройство будет причиной снижения расчетной производительности системы. Переразмеренное расширительное устройство может пропустить в испаритель слишком большое количество жидкости, что станет причиной попадания капель жидкости на всасывание компрессора. Если ошибку подбора в скором времени не исправить, то возможна поломка компрессора. Следовательно, расширительное устройство требует правильного подбора и установки.

### Виды расширительных устройств.

Расширительные устройства могут быть разделены на четыре основных категории: ограниченной области применения, автоматическое (постоянное давление) расширительное устройство, ТРВ, ЭРВ. *Расширительные устройства ограниченного применения.* Основной пример - капиллярная трубка. Данные устройства в основном используются в небольших системах кондиционирования воздуха и холодильных системах, в которых работа протекает при почти постоянной нагрузке на испаритель и постоянном давлении конденсации. Недостаток данных устройств в том, что они не могут регулировать поток хладагента в соответствии с изменением условий работы, поскольку они рассчитываются на основании определенных условий.

*Автоматические расширительные клапаны (АРК)* лучше всего подходят для применения в случае почти постоянной нагрузки на испаритель. АРК контролируют поток хладагента, поддерживая

Терморегулирующие вентили



постоянное давление на выходе из клапана или из испарителя. АРК поддерживает постоянное давление испарения в зависимости от тепловой нагрузки, в результате при резких перепадах тепловой нагрузки АРК либо переполняет испаритель, либо недостаточно заполняет его.

*Терморегулирующий вентиль* является превосходным решением для регулирования подачи хладагента в испаритель прямого расширения. ТРВ регулирует подачу холодильного агента, поддерживая почти постоянный перегрев на выходе из испарителя. При увеличении перегрева на выходе из испарителя в виду увеличения тепловой нагрузки, ТРВ увеличивает подачу хладагента до возвращения значения перегрева на уровень уставки. В обратном случае ТРВ будет уменьшать подачу хладагента, когда значение перегрева будет ниже уставки из-за уменьшения тепловой нагрузки на испаритель. В результате данный способ регулирования позволяет поддерживать заполнение испарителя на уровне, ограниченном давлением уставки.

ТРВ обеспечивает дополнительное преимущество при заправке системы холодильным агентом. При использовании ТРВ точность заправки не настолько критична, как в случае применения других типов расширительных устройств. При использовании АРК или капиллярки важна заправка системы определенным количеством холодильного агента.

*Электрический расширительный вентиль* позволяет использовать сложные программируемые параметры. Данный тип клапана управляется по электрической схеме, которая проектируется с учетом возможности регулирования по нескольким параметрам работы системы, не только по перегреву. Например, температура воздуха на выходе из испарителя или воды из чиллера может отслеживаться с помощью контроллера ЭРВ. См. дополнительную информацию по ЭРВ в Бюллетене 100-9.

### **Принцип работы ТРВ.**

Для понимания принципа работы ТРВ необходимо рассмотреть его основные элементы.

Термобаллон крепится к ТРВ с помощью капиллярной трубки, которая передает давление в термобаллоне на верхнюю часть диафрагмы клапана. Термобаллон, капиллярную трубку и диафрагму в совокупности принято называть **термоэлементом**. Термоэлемент на любом стандартном клапане Sporlan можно заменить.

Диафрагма передает давление на запорный элемент с помощью одного или двух толкателей, позволяя ему двигаться, открывая и закрывая седло клапана. Пружина регулирования перегрева находится снизу запорного элемента. Клапаны с внешним регулированием позволяют изменять силу давления пружины.

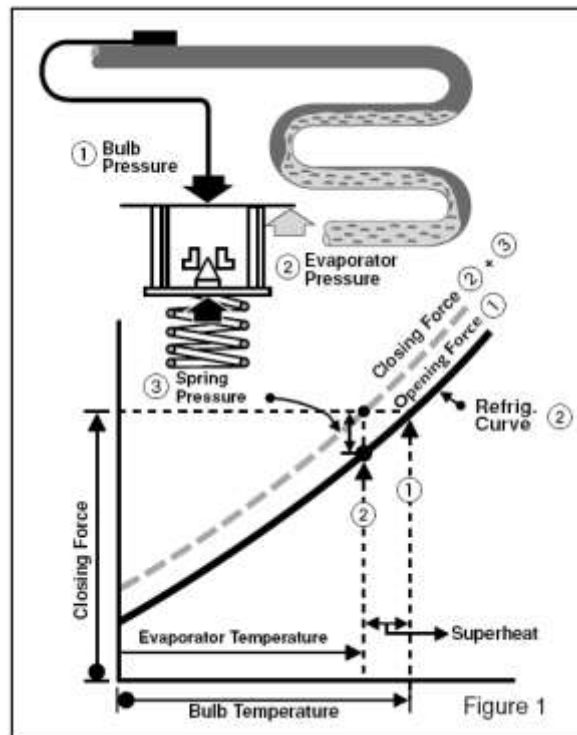
Существует три основных давления, приводящих в движение диафрагму клапана: давление термобаллона **P1**, уравнивающее давление **P2** и давление пружины **P3**. (См.Рис.1) Давление чувствительного элемента есть функция изменения температуры заправленного вещества внутри термобаллона. Это давление действует сверху на диафрагму, заставляя клапан открываться. Уравни-

Терморегулирующие вентили



вающее давление и давление пружины действуют вместе снизу на диафрагму, заставляя клапан закрываться. При нормальной работе клапана давление термобаллона должно быть равно сумме давления пружины + уравнивающее давление, т.е.:

$$P_1 = P_2 + P_3$$



Функция термобаллона - восприятие температуры паров хладагента на выходе из испарителя. В идеальном случае температура термобаллона должна в точности соответствовать температуре паров хладагента. Если температура термобаллона повышается, давление в термобаллоне тоже повышается и приводит в движение диафрагму, которая давит на шток клапанного узла и ТРВ открывается. Вентиль продолжает открываться до тех пор, пока уравнивающее давление и давление пружины не сбалансируют давление чувствительного элемента. При понижении температуры термобаллона порядок функционирования ТРВ обратный.

Следствием изменения температуры паров хладагента на выходе из испарителя являются две причины: (1) давление пружины изменено при настройке клапана и (2) изменилась тепловая нагрузка на испаритель. Когда давление пружины увеличено поворотом регулировочного винта по часовой стрелке, заполнение испарителя уменьшается, что в свою очередь ведет к увеличению перегрева. При уменьшении давления пружины – перегрев уменьшается. Следовательно, давление пружины определяет заданный перегрев, который будет поддерживать ТРВ.

При увеличении тепловой нагрузки на испаритель скорость парообразования в испарителе увеличивается, и точка наличия последней капли жидкости отодвигается назад. Температура паров и температура термобаллона увеличивается, давление в термобаллоне возрастает, и ТРВ открывается до тех пор, пока давление термобаллона не будет равно давлению пружины + уравнивающее давление. ТРВ поддерживает перегрев паров хладагента за счет разницы давлений, действующих на клапанный узел, следовательно, изменение (настройка) давления пружины **не рекомендуется**.

Терморегулирующие вентили



## Перепад давления на клапане

Существует еще одно давление, которое не описано в предыдущей главе- это давление, возникающее при действительном перепаде давления через порт клапана (P4). Давление P4 может быть определено как:

$$P4 = \text{Перепад давления} \times (\text{диаметр порта} / \text{площадь диафрагмы});$$

Данное давление действует в сторону открытия вентиля, что может быть выражено уравнением:

$$P1 + P4 = P2 + P3$$

## ТРВ со сбалансированным портом.

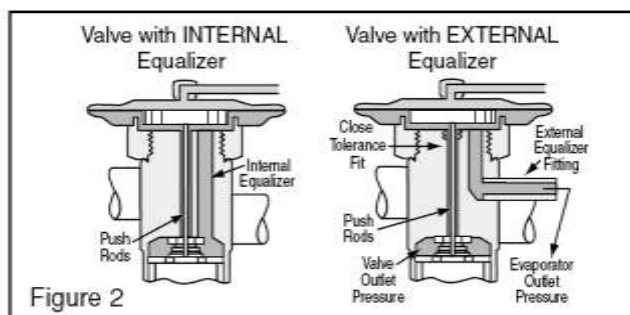
**Sporlan** ввел понятие ТРВ со сбалансированным портом в 1946 году для вентилях большой производительности серии T и W. Такая конструкция позволила уменьшить, либо полностью исключить влияние перепада давления на клапане на величину перегрева, поддерживаемого ТРВ. Конструктивно это достигается подачей холодильного агента одновременно на верхнюю и нижнюю часть штока, в отличие от ТРВ с несбалансированным портом, в которых давление подаваемого ХА действует только на верхнюю часть штока.

Улучшение данной конструкции привело к появлению ТРВ со сбалансированным портом серии O, затем серий (E)BF, SBF, и EBS для систем средней и малой производительности.

## Уравнивание.

Исходя из того, что написано на предыдущих страницах, можно заключить, что работа ТРВ зависит от трех основных давлений: давления термоэлемента, уравнительного давления и эквивалентного давления пружины. Эти давления изображены на Рис.1. Уравнительное давление - это давление в испарителе, воспринимаемое ТРВ. Используемый способ передачи этого давления из системы под нижнюю часть диафрагмы называется уравниванием.

Давление в испарителе передается одним из двух способов. Если вентиль имеет внутреннее уравнивание, то давление на входе в испаритель подается под диафрагму через специальную проточку или через зазоры вокруг толкателя. Если клапан имеет внешнее уравнивание, то полость под диафрагмой изолирована от давления на выходе клапана специальным уплотнением. Давление в испарителе подается под диафрагму через специальную трубку, соединяющую всасывающую линию на выходе из испарителя со специальным каналом, ведущим под диафрагму. См. Рис. 2.





Терморегулирующие вентили



Сфера применения ТРВ с внутренним уравниванием ограничена однозаходными испарителями , имеющими перепад давления, эквивалентный изменению температуры на 2°F. В Таблице 1 указаны величины максимально допустимого перепада давления для ТРВ с внутренним уравниванием.

ТРВ с внешним уравниванием не подвержены влиянию перепада давления на степень открытия вентиля, в том числе перепаду давления на распределителе жидкости (дистрибьюторе). ТРВ с внешним уравниванием может быть применен на любой холодильной установке. На Рис. 3,4,5 показано влияние перепада давления на ТРВ с внутренним и внешним уравниванием.

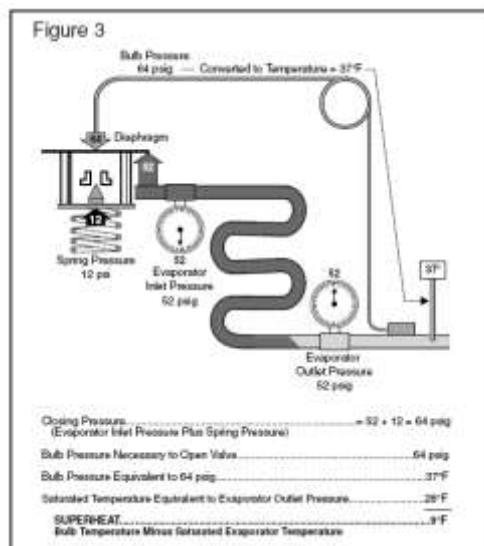
**При использовании ТРВ с внешним уравниванием, выход под уравнивание должен быть соединен с выходом из испарителя, не заглушен!**

TABLE 1

Refrigerant	Evaporating Temperature °F				
	40	20	0	-20	-40
	Pressure Drop —psi				
12, 134a	2.00	1.50	1.00	0.75	—
22	3.00	2.00	1.50	1.00	0.75
404A, 502, 507	3.00	2.50	1.75	1.25	1.00
717 (Ammonia)	3.00	2.00	1.50	1.00	—

**IMPORTANT:** The External Equalizer must be used on evaporators which employ a refrigerant distributor.

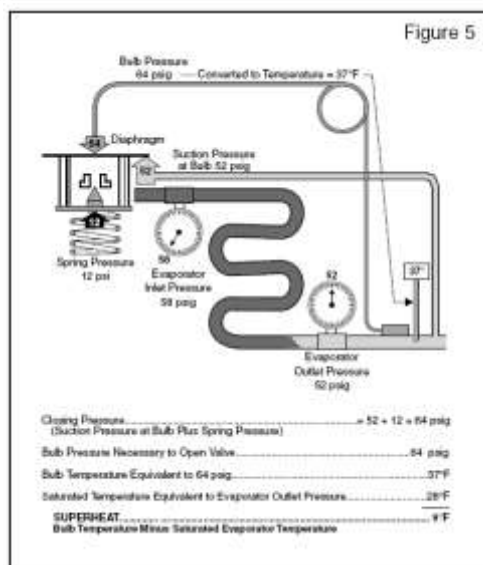
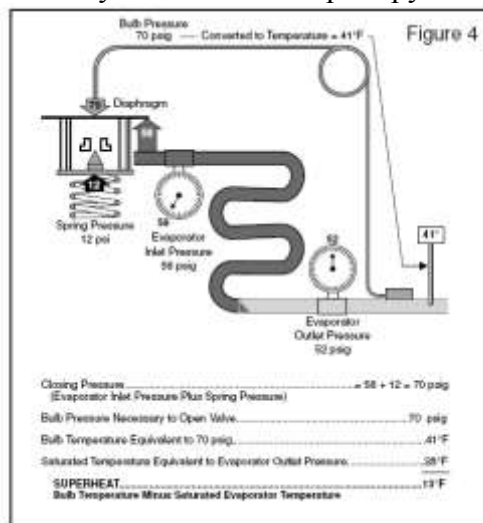
На Рис.3. изображен ТРВ с внутренним уравниванием, заполняющий одноконтурный испаритель, который не имеет перепада давления. Используемый хладагент R22 и для наглядности примера, заправка термоэлемента параллельная (тоже R22). Давление на выходе из ТРВ и в месте расположения термобаллона 52 psi(3,6 бар). Сумма этого давления и давления пружины (12 psi(0,82бар)) равна 64 psi(4,4бар) –это величина давления, действующего в сторону закрытия вентиля. Для правильной работы вентиля, противодействие создаваемое термоэлементом должно составлять 64 psi(4,4бар). Поскольку термобаллон заправлен жидким R22, соотношение давление-температура идентичное и требуемая температура термобаллона составляет 37°F(2,8°C). Перегрев, который поддерживает вентиль, рассчитывается исходя из разницы между температурой насыщения, эквивалентной давлению на выходе из испарителя и температурой термобаллона. В данном случае, перегрев составил 9°F.



Терморегулирующие вентили



На Рис.4 изображен ТРВ с внутренним уравниванием в составе системы, имеющей тоже давление на выходе из испарителя в месте расположения термобаллона. Однако, теперь перепад давления на испарителе составляет 6 psi(0,4бар). Давление, действующее в сторону закрытия клапана, теперь составит 58psi(4бар) (давление на выходе из ТРВ) + 12psi(0,8бар) (давление пружины). Для правильного поддержания перегрева требуется давление со стороны термобаллона 70 psi(4,8бар), которое соответствует 41°F(5°C). Перегрев становится равным 13°F или на 4°F выше, чем в предыдущем примере (Рис.3). Увеличение перегрева связано с наличием перепада давления на испарителе. Следовательно, перепад давления на участке между выходом из ТРВ и местом крепления термобаллона будет являться причиной увеличения контролируемого перегрева.



На Рис 5. показана такая же система как на Рис.4., но с применением ТРВ с внешним уравниванием. Поскольку ТРВ с внешним уравниванием воспринимает давление на выходе из испарителя, перепад давления не влияет на величину поддерживаемого перегрева.

В Таблице 1 приведены значения максимального перепада давления для ТРВ с внутренним уравниванием. Используйте ТРВ с внешним уравниванием, когда значения перепада давления превышают приведенные в Таблице 1 или когда перепад давления не может быть определен.

**При наличии дистрибьютора жидкости на испарителе всегда должен использоваться ТРВ с внешним уравниванием.**

Терморегулирующие вентили



### Заправка термозлемента.

Как упомянуто ранее, чувствительный элемент передает давление через капиллярную трубку на верхнюю часть диафрагмы. Заправка термобаллона - это вещество, содержащееся в термобаллоне, которое реагирует на температуру всасывающей линии, создавая давление в термозлемента и поддерживая оптимальный перегрев в определенном диапазоне температур кипения. Тип заправки лучше всего описывать с точки зрения категории, к которой она относится. Различают следующие категории:

1. Жидкостная заправка
2. Газовая заправка
3. Жидкостная перекрестная
4. Газовая перекрестная
5. Адсорбционная

Обычная жидкостная заправка (параллельная) состоит из того же хладагента, который заправлен в систему. Перекрестная жидкостная заправка состоит из смеси хладагентов. Термин перекрестная заправка образовался потому, что характеристика смеси хладагентов в определенной точке пересекает кривую насыщения хладагента, заправленного в систему.

Как обычная жидкостная заправка, так и перекрестная вне зависимости от температуры термобаллона всегда содержат определенное количество жидкости. Характеристика такой заправки предотвращает перетекание смеси от чувствительного элемента к другим частям расширительного вентиля, если температура корпуса и рабочей диафрагмы становится ниже температуры термобаллона. Еще одна важная особенность данного типа заправки - отсутствие функции MOP (максимальное рабочее давление). Заправка MOP обеспечивает закрытие TPV выше определенного давления испарения.

Подобным образом, газовая параллельная заправка состоит из того же газа, на котором работает система, при перекрестной заправке из смеси газов. В отличие от жидкостной заправки, обе газовые заправки характеризуются наличием паровой фазы в термозлемента, которая конденсируется в небольшое количество жидкости в расчетном диапазоне температур кипения. Эта характеристика обеспечивает наличие функции MOP, когда испаряется последняя капля жидкости. Т.е. после испарения последней капли жидкости, при дальнейшем повышении температуры давление внутри термобаллона растет медленнее, чем внутри трубопровода (скорость роста давления над мембранной становится ниже скорости роста давления под мембраной). Поэтому TPV закрывается, обеспечивая функцию MOP. Недостатком газовых заправок является проблема миграции газа.

Адсорбционная заправка состоит из неконденсирующегося газа и адсорбционного материала, расположенного в термозлемента. Если температура чувствительного элемента повышается, газ испаряется (десорбируется), увеличивая давление термозлемента. При уменьшении температуры газ адсорбируется, уменьшая давление термозлемента. Адсорбционная заправка не имеет характеристики MOP и не подвержена миграции заправки.

### TPV Sporlan.

**Sporlan** производит TPV для систем кондиционирования и холодильной техники. Для работы с хладагентами R-12, R-22, R134a, R-404A, R-502 и R-507 стандартная линейка TPV Sporlan выпускается с подсоединениями SAE, ODF, FPT. Для работы с R717 фланцевое соединение FPT.

Терморегулирующие вентили



Фланцы под сварку могут быть также заказаны для выбранного типа ТРВ. Материалы и детали конструкции приведены на стр.36, Бюллетень 10-10.

Производительность ТРВ при работе на различных хладагентах приведена на стр.36, Бюллетень 10-10. При необходимости дополнительных или не описанных в бюллетене данных, свяжитесь с ближайшим представителем Sporlan.

В дополнение к стандартной линейке, Sporlan производит ТРВ для конкретных условий OEM производителей. Такие ТРВ включают серии VI, I, FB, и X . Изменения конструкции, такие как увеличенная длина капиллярной трубки, не настраиваемая конструкция и др., доступны для большинства стандартных моделей и OEM. Исполнение ЭРВ также доступно по специальному заказу.

### **Заправки термоэлементов Sporlan.**

Sporlan ввел различные заправки термобаллонов трв для разных температурных диапазонов и областей применений более 50 лет назад, обнаружив, что невозможно охватить широкий диапазон температур кипения с помощью одного вида заправки. Типы заправок, рекомендуемые Sporlan перечислены ниже.

Зависимость перегрева, поддерживаемого ТРВ, от температуры кипения показывает кривая изменения перегрева Sporlan. Данная кривая позволяет определить работу ТРВ в определенном диапазоне температур кипения. На рис. 6 показаны кривые изменения перегрева для различных заправок.

### **Краткое описание заправок термоэлемента и их применение.**

Для систем кондиционирования воздуха и тепловых насосов Sporlan рекомендует следующие типы заправок : VCP100 и VG (перекрестные газовые) , обладающие функцией MOP.

Заправка VGA предназначена специально для ограничения давления при работе с R22 в системах кондиционирования воздуха и тепловых насосах. Заправка VGA может служить заменой VCP100, если конкретная величина MOP не принципиально важна.

В общем случае, применение определенного типа заправки в системах холодильной техники может быть разделено на три группы: коммерческое охлаждение, низкие и сверхнизкие температуры. Для каждой группы Sporlan предлагает оптимальную заправку для наиболее эффективной работы ТРВ.

**Заправка типа «С»-** заправка специально разработана для среднетемпературных систем. Данная заправка перекрестная жидкостная и имеет оптимальные характеристики в диапазоне температур испарения 50°F(10°C)÷ (-10°F) (-23°C). На рисунке 6 показано изменение перегрева в зависимости от температуры испарения для заправки «С» и параллельной жидкостной заправки. Как видно из графика, заправка типа «С» позволяет клапану более стабильно реагировать на изменение температуры испарения.

**Заправка типа «Z» и «ZP»-** заправка специально разработана для области низкотемпературного применения. Заправка «Z» - перекрестная жидкостная и имеет оптимальные характеристики в диапазоне температур испарения 0°F(17,8°C)÷ (-40°F) (-40°C). На рисунке 6 показана кривая изменения перегрева. Из графика следует, что при понижении температуры испарения ТРВ будет поддерживать минимальный перегрев, что является преимуществом для низкотемпературных систем.



Терморегулирующие вентили



Заправка «ZP» - перекрестная газовая и имеет такой же диапазон применения по температуре испарения, как и «Z». На рисунке 6 показана кривая изменения перегрева. Заправка типа «Z» и «ZP» очень схожи за исключением того, что заправка типа «ZP» имеет функцию MOP. **Заправка «ZP» должна быть использована только для низкотемпературных систем, в которых требуется ограничить давление испарения.**

В процессе оттайки горячими парами или после отключения компрессора давление в испарителе может превысить разрешенную для компрессора величину. В таких случаях заправка с MOP очень эффективна для ограничения давления всасывания. В системах с большой протяженностью трубопроводов может потребоваться регулятор давления в картере (Sporlan CRO) для быстрого ограничения давления всасывания. Sporlan не рекомендует устанавливать TPB с MOP и регулятор давления в картере в одной холодильной системе.

**Заправка типа «X»**- перекрестная жидкостная заправка для области сверхнизких температур, имеет оптимальные рабочие характеристики в диапазоне температур от  $-40^{\circ}\text{F}(-40^{\circ}\text{C})$  ÷  $(-100^{\circ}\text{F}) (-73^{\circ}\text{C})$ . Для получения более подробной информации о данном типе заправки свяжитесь с ближайшим представителем Sporlan.

**Рекомендуемое значение перегрева**

Применение =>	Кондиционирование воздуха и тепловые насосы	Коммерческий холод	Низкотемпературное охлаждение
Температура испарителя, °C	<u>10 ÷ 4,5 °C</u>	<u>4,5 ÷ -18 °C</u>	<u>-18 ÷ -40 °C</u>
Рекомендуемый перегрев, °C	<u>8 ÷ 12 °C</u>	<u>6 ÷ 8 °C</u>	<u>4 ÷ 6 °C</u>