

На диапазон применения спиральных компрессоров влияет много параметров, которые необходимо контролировать для обеспечения безопасной и надежной эксплуатации агрегатов.

В данном разделе обсуждаются некоторые из этих параметров и даются основные рекомендации по правильному использованию и устройствам защиты.

- **Хладагент и масло**
- **Электропитание электродвигателей**
- **Температура окружающей среды компрессора**
- **Параметры эксплуатации** (температура кипения, конденсации и температура всасываемого газа)

## Хладагент и смазочные материалы

### Общая информация

При выборе хладагента учитывайте следующие различные обстоятельства:

- Законодательные акты (действующие и рассматриваемые)
- Безопасность
- Рабочий диапазон, связанный с ожидаемыми условиями работы оборудования
- Производительность и эффективность компрессора

Рекомендации и руководства по эксплуатации производителя компрессора

На окончательный выбор хладагента оказывают влияние дополнительные факторы:

- Влияние на окружающую среду
- Стандартизация хладагентов и смазочных материалов
- Стоимость хладагента
- Наличие хладагента на рынке

Компания Danfoss Commercial Compressors, наряду с компаниями, занимающимися промышленным холодильным оборудованием и системами кондиционирования воздуха, разделяет сегодняшнее беспокойство относительно экологических проблем, таких как истощение озонового слоя, глобальное потепление и общее потребление энергии. Традиционные хладагенты из ГХФУ, такие как R22, как известно, оказывают вредное воздействие на окружающую среду по причине содержания хлора, которое вызывает истощение озонового слоя. В соответствии с Монреальским протоколом (1984 г.)

данные вещества должны постепенно исключаться из производства и использования в ближайшем будущем. В результате экспериментов были получены новые молекулы, не содержащие хлор, и теперь новые типы хладагентов способны заменить прежние. Среди новых хладагентов можно назвать R410A, представляющий собой гидрофторуглеродное соединение (ГФУ), которое рассматривается большинством производителей как наиболее перспективное с точки зрения влияния на окружающую среду, стабильное и эффективное, и рассматривается как замена R22.

	Хладагент	R22	R407C	R410A
Химические свойства	Содержание хлора	да	нет	нет
	Зеотропный	чистый хладагент	зеотропная смесь	незеотропная смесь
	Состав	R22	R32/R125/R134a	R32/R125
Воздействие на окружающую среду	ODP	0.05	0	0
	GWP	1500	1526	1725
Термодинамические свойства	Давление пара (бар) при 25 °C	10.4	11.9	16.5
	Холодопроизводительность жидкости (кДж/кг*К) при 25 °C	1.24	1.54	1.84
	Холодопроизводительность пара (кДж/кг*К) при 1 атм., 25 °C	0.657	0.829	0.833
	Температурное скольжение, °C	0	7.4	<0.2

### R410A

В компрессорах серии SH должен использоваться хладагент R410A и полиэфирное масло.

- Превосходные термодинамические свойства R410A по сравнению с хладагентами R22 и R407C в настоящее время позволяют и делают необходимым переход на высокоэффективные системы.
- Нулевой озоноразрушающий потенциал (ODP): R410A не причиняет вреда озоновому слою.
- Потенциал глобального потепления (GWP): R410A показывает относительно высокий потенциал потепления. Однако индекс GWP обозначает прямой эффект нагревания, который имеет отношение только к выбросу газа в атмосферу. Более точным показателем является общий коэффициент эквивалентного потепления (TEWI),

который учитывает косвенное влияние за счет текущих затрат энергии.

- Благодаря более высокой эффективности хладагент R410A является лучшим среди прочих.
- Поскольку хладагент R410A представляет собой неazeotropную смесь, он ведет себя как гомогенное вещество, тогда как R407C и другие смеси испытывают температурное скольжение во время изменения фазы, который уменьшает тепловую эффективность и затрудняет их переход из одной емкости в другую.
- Уменьшенный поток хладагента, благодаря более высокой теплоемкости, обеспечивает более низкий уровень шума установки, позволяет сделать системы более компактными и легкими.

**Масло POE**

Полиэфирное масло (POE) имеет хорошую смешиваемость с ГФУ (в отличие от минерального масла), но оно должно оцениваться согласно смазывающей способности в компрессорах. Масло POE имеет лучшую тепловую устойчивость,

чем минеральное масло. POE более гигроскопично и сильнее удерживает влагу по сравнению с минеральным маслом. Оно также химически взаимодействует с водой, образуя кислоты и спирт.

**Электропитание электродвигателей**

Спиральные компрессоры серии SH могут эксплуатироваться при номинальном напряжении, указанном в разделе "Напряжение электродвигателя". Эксплуатация компрессоров при пониженном или

повышенном напряжении разрешается внутри указанного диапазона напряжений. В случае работы при пониженном напряжении должно быть уделено особое внимание силе тока.

**Температура окружающей среды компрессора**

Компрессоры серии SH могут работать при температуре окружающей среды от -35 °C до 55 °C для моделей SH090-105-120-140-161-184 и от -35 °C до 51 °C для моделей SH180-240-295-380-485. Они полностью охлаждаются всасываемым газом и

не требуют дополнительных вентиляторов для обдува. Температура окружающей среды оказывает незначительное влияние на производительность компрессора.

**Высокая температура окружающей среды**

В случае замкнутого пространства при высокой температуре окружающей среды рекомендуется проверять температуру силовых проводов и ее соответствия техническим характеристикам изоляции.

В случае срабатывания внутренних устройств защиты от перегрузки компрессор перед повторным включением должен охладиться до температуры около 60 °C. Высокая температура окружающей среды может значительно замедлить процесс охлаждения.

**Низкая температура окружающей среды**

Несмотря на то, что компрессор может работать при низкой температуре воздуха, к системе могут быть предъявлены особые требования по обеспечению

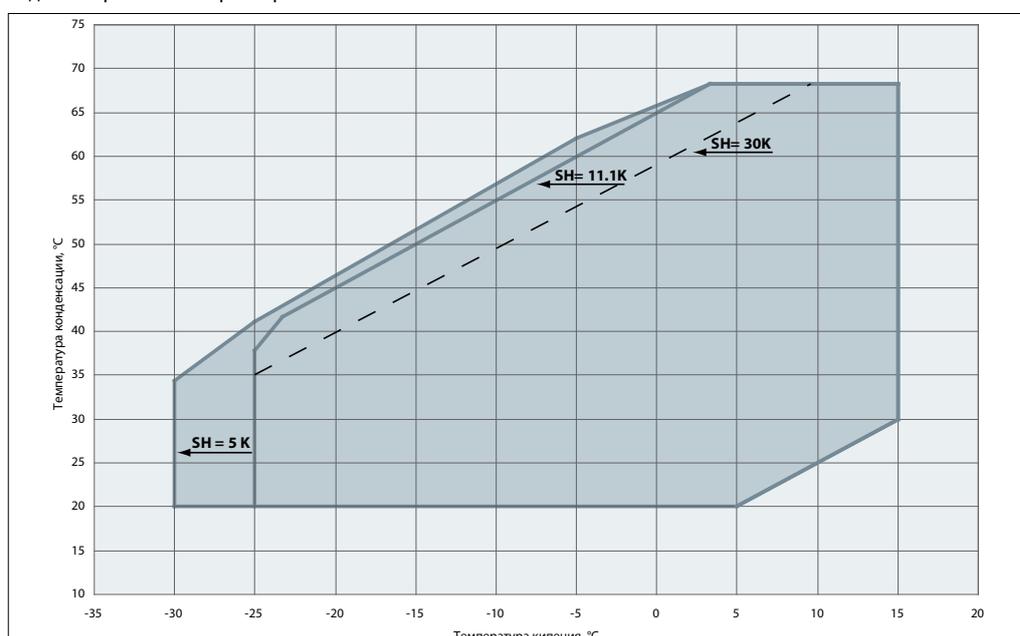
безопасности и надежности работы. См. раздел "Особые рекомендации по эксплуатации".

**Рабочий диапазон**

Границы рабочего диапазона спиральных компрессоров серии SH показаны на рисунках внизу, где температуры конденсации и кипения представляют диапазон для устойчивого режима работы. При кратковременных условиях, таких как запуск и оттаивание, компрессор может функционировать в течение короткого периода времени вне данного рабочего диапазона.

- Максимальная температура газа на линии нагнетания: +135 °C.
- Во избежание выброса жидкого хладагента из испарителя работа компрессора при величине перегрева всасываемого газа ниже 5 K не рекомендуется.
- Максимальный перегрев газа на всасывании: 30 K.
- Минимальные и максимальные температуры кипения и конденсации определяются в соответствии с рабочими диапазонами компрессора.

Рабочие границы служат для определения рабочего диапазона, в пределах которого гарантируется надежная работа компрессора:



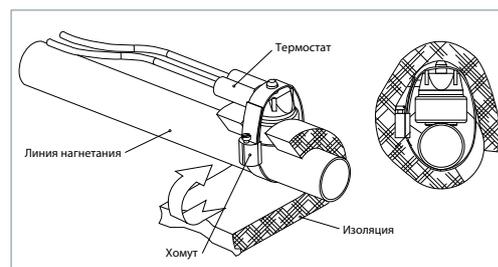
### Защита компрессора по температуре газа на линии нагнетания

Максимальная температура газа на линии нагнетания не должна превышать 135 °С.

Модель SH485 включает в себя датчик РТС, расположенный в неподвижной спирали и последовательно подсоединенный к цепи терморезистора РТС электродвигателя. Чрезмерная температура нагнетания приведет к срабатыванию выходного реле электронного блока.

В случае с моделями SH090 - 380 защита компрессора от высокой температуры газа на линии нагнетания (DGT) необходима, если настройки реле высокого и низкого давления не защищают компрессор от работы вне разрешенного рабочего диапазона. На примерах внизу показано, когда защита DGT необходима (пример 1), а когда ее можно не устанавливать (пример 2).

Устройство защиты компрессора от высокой температуры газа на линии нагнетания должно устанавливаться на все тепловые насосы. В реверсивных тепловых насосах типа "воздух-воздух" и "воздух-вода" температура нагнетания должна контролироваться во время испытаний разработок производителем оборудования.



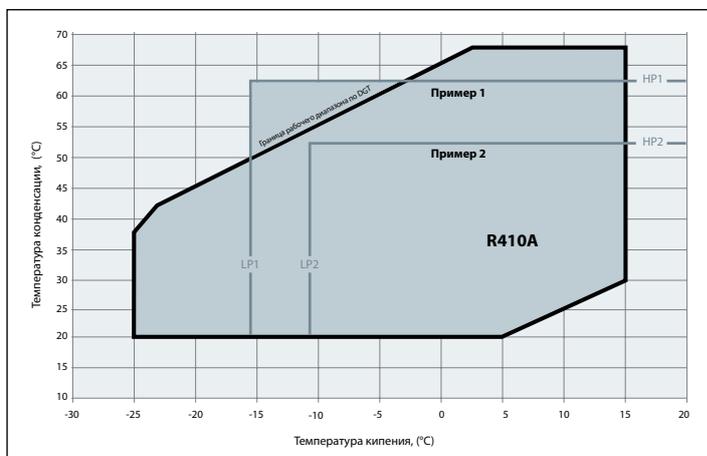
Комплект принадлежностей термостата нагнетаемого газа (код 7750009) включает в себя все компоненты, необходимые для установки, как показано на рисунке. Термостат должен присоединяться к линии нагнетания в пределах 150 мм от нагнетательного патрубка компрессора, должен иметь хорошую теплоизоляцию и быть надежно закреплен на трубопроводе.

DGT должен быть настроен на открытие при температуре газа на линии нагнетания 135 °С.

**⚠** Компрессор не должен переходить в циклический режим работы по сигналам термостата на линии нагнетания. Продолжительная работа за пределами рабочего диапазона эксплуатации компрессора может привести к выходу его из строя!

**Пример 1 (R410A, SH = 11 К)**  
 Настройка реле низкого давления:  
 LP1 = 3.3 бар (изб.) (-15.5 °С)  
 Настройка реле высокого давления:  
 HP1 = 38 бар (изб.) (62 °С)  
 Риск работы вне границ рабочего диапазона.  
 Необходима защита DGT.

**Пример 2 (R410A, SH = 11 К)**  
 Настройка реле низкого давления:  
 LP2 = 4.6 бар (изб.) (-10.5 °С)  
 Настройка реле высокого давления:  
 HP2 = 31 бар (изб.) (52 °С)  
 Риск работы вне границ рабочего диапазона отсутствует.  
 Защита DGT не требуется.



### Защита по высокому и низкому давлению

#### Защита по высокому давлению

Реле защиты по высокому давлению (HP) требуется для отключения компрессора при превышении значения давления на линии нагнетания, которое указано в разделе таблицы "Испытание системы под давлением". Реле высокого давления может быть настроено на меньшее значение в зависимости от области применения компрессора и условий окружающей среды. Чтобы предотвратить циклические включения и отключения компрессора

вблизи верхнего предела по давлению, реле высокого давления необходимо устанавливать либо в цепи блокировки, либо использовать реле с ручным возвратом в исходное состояние. При использовании клапана на нагнетании реле высокого давления следует подсоединять к сервисному штуцеру клапана для манометра, который не должен быть изолирован.

**Встроенный предохранительный клапан**

Компрессоры SH380 и SH485 оборудованы встроенным предохранительным клапаном, который соединяет стороны высокого и низкого давления компрессора при повышении разности давления между давлением нагнетания и всасывания до 42.4 - 49 бар.

Данная функция безопасности предназначена для предотвращения формирования крайне высоких давлений, которые могут возникнуть в случае, если реле высокого давления не сработало.



**Защита по низкому давлению**

Необходимо использовать реле защиты по низкому давлению (LP). Работа спирального компрессора в условиях глубокого вакуума может привести к возникновению электрической дуги внутри электродвигателя и нестабильной работе спирали. Спиральные компрессоры Danfoss SH имеют высокую объемную производительность и могут создавать глубокий вакуум, который инициирует такую проблему. Минимальные значения настройки реле защиты по низкому давлению (предохранительное реле потери хладагента) приведены в следующей таблице. Для

систем без цикла вакуумирования реле защиты по низкому давлению должно представлять собой или блокировочное устройство с ручной настройкой, или автоматическое реле, установленное в цепь блокировки. Допуски реле низкого давления не должны позволять компрессору работать в условиях вакуума. Значения настройки реле низкого давления для работы в циклах вакуумирования с автоматическим повторным запуском также приведены в таблице ниже.

Настройки давления		R410A
Диапазон рабочего давления со стороны высокого давления	бар (изб.)	13.5 - 44.7
Диапазон рабочего давления со стороны низкого давления	бар (изб.)	1.7 - 11.6
Максимальная настройка реле защиты по высокому давлению	бар (изб.)	45
Минимальная настройка реле защиты по низкому давлению *	бар (изб.)	1.5
Минимальная настройка реле для работы с циклом откачки по низкому давлению **	бар (изб.)	1.7

\* Недопустимо эксплуатировать компрессор без реле защиты по низкому давлению. Оно не должно иметь задержки времени срабатывания.

\*\* Рекомендуемые настройки реле для работы в цикле с вакуумированием: на 1.5 бар ниже номинального давления кипения с минимальным значением 1.7 бар (изб.)

Помните, что эти два разных реле низкого давления также требуют разных настроек. Настройка реле для работы с циклом вакуумированием по низкому давлению всегда должна находиться в пределах рабочего диапазона, например, 1.7 бар для R410A. При таком условии компрессор может эксплуатироваться полный рабочий день.

Настройка реле защиты по низкому давлению может быть вне нормального рабочего диапазона и должна достигаться в исключительных (чрезвычайных) ситуациях, например, при 1.5 бар для R410A.

**Ограничение по частоте рабочих циклов**

Для ограничения количества циклов включения компания Danfoss рекомендует устанавливать таймер задержки перезапуска. Таймер защищает компрессор от обратного вращения, которое может произойти при кратковременном сбое электропитания.

В течение часа нельзя допускать более 12 включений компрессора. Больше число включений уменьшает срок службы компрессора. При этом рекомендуется устанавливать 3-минутную (180 с) задержку пуска компрессора.

Система должна быть спроектирована таким образом, чтобы обеспечивалось минимальное рабочее время компрессора (2 минуты), гарантирующее достаточное охлаждение электродвигателя после его включения и надежный возврат масла в компрессор. Помните, что количество возвращаемого масла может меняться, т. к. оно определяется конструкцией системы.

