

На работу 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 рекомендации по правильному использованию устройств защиты.

- **Хладагенты и смазки**
- **Электропитание электродвигателей**
- **Температура окружающего воздуха**
- **Параметры эксплуатации** (температуры кипения, конденсации и температура всасываемого газа)

## Хладагенты и масло

### Общие сведения

При выборе хладагента принимайте во внимание следующие обстоятельства:

- Законодательные акты (действующие и рассматриваемые)
- Безопасность
- Границы эксплуатации, связанные с условиями работы оборудования
- Холодородоизводительность и эффективность
- Рекомендации и руководства производителя

компрессора

На окончательный выбор хладагента оказывают влияние дополнительные факторы:

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

### R22

Хладагент R22 – это гидрохлорфторуглеродное соединение (ГХФУ), которое широко используется в настоящее время. Он имеет некоторый, хотя и небольшой, озоноразрушающий потенциал (ODP) и поэтому не будет применяться в будущем. При его использовании изучите местные

законодательные акты на наличие разрешения. Заправка холодильных установок хладагентом R22 ведет к повышению температуры нагнетания. Внимательно изучите все параметры, которые влияют на температуру нагнетания.

### R134a

Хладагент R134a – это гидрофторуглеродное соединение (ГФУ), которое имеет нулевой озоноразрушающий потенциал (ODP = 0) и повсеместно считается лучшим заменителем хладагента R12. R134a – это беспримесный

хладагент, который не имеет температурного «скольжения». R134a является идеальным хладагентом для работы в условиях высоких температур кипения и конденсации.

### R404A

Хладагент R404A – это гидрофторуглеродное соединение (ГФУ), которое имеет нулевой озоноразрушающий потенциал (ODP = 0). R404A особенно хорошо работает в установках с низкой температурой кипения, но также может использоваться в системах со средней температурой кипения. Хладагент R404A –

это смесь хладагентов, он имеет небольшое температурное скольжение и поэтому должен заправляться в жидкой фазе, но во всех других случаях этим скольжением можно пренебречь. Благодаря небольшому температурному скольжению хладагент R404A часто называют квазиазеотропной смесью.

### R507

Хладагент R507 – это гидрофторуглеродное соединение (ГФУ), с термодинамическими свойствами, сравнимыми со свойствами хладагента R404A. Хладагент R507 имеет нулевой озоноразрушающий потенциал (ODP = 0). Как и R404A, хладагент R507 особенно хорошо

подходит для работы при низких температурах кипения, но также может использоваться в системах со средней температурой кипения. R507 – это азеотропная смесь без температурного скольжения.

### R407A & R407F

Хладагенты R407A и R407F – это гидрофторуглеродные соединения (ГФУ), со схожими свойствами. Оба обладают потенциалом глобального потепления ниже

2200 и подчиняются регулированию Ф-газов ЕС. Данные хладагенты могут использоваться в качестве замены для R404A и R507.

Обозначение	Состав	ODP	GWP	Безопасная группа	Температура кипения °С	Температурное скольжение °С	Критическая температура °С	Критическое давление bar	Температура конденсации @ 26babs
R404A	52% R143a - 44% R125 - 4% R134a	0	3900	A1	-47	0.8	71.6	37.3	55
R507	50% R143a - 50% R125	0	4000	A1	-46.7	0	71	37.15	54
R407A	40% R134a - 40% R125 - 20% R32	0	2107	A1	-45.1	6.42	82	45.15	58.5
R407F	40% R134a - 30% R125 - 30% R32	0	1824	A1	-46	6.4	83	47.5	56.7

**Зеотропные смеси**

Хладагенты R407A или R407F - зеотропные смеси (как R407C). Содержание пара и жидкости меняется при фазовом переходе,

что приводит к сдвигу фаз и температурному скольжению.

**Сдвиг фаз**

Жидкая и газообразная фазы имеют разную компоновку в элементах системы, в которых они одновременно присутствуют (испаритель, конденсатор, жидкостной ресивер). На самом деле обе фазы образуют два разных хладагента. Поэтому зеотропным хладагентам

необходимо уделять особое внимание. Зеотропные хладагенты всегда должны заправляться в жидкой фазе. Затопленные испарители не должны применяться в системах с зеотропными хладагентами.

**Температурное скольжение**

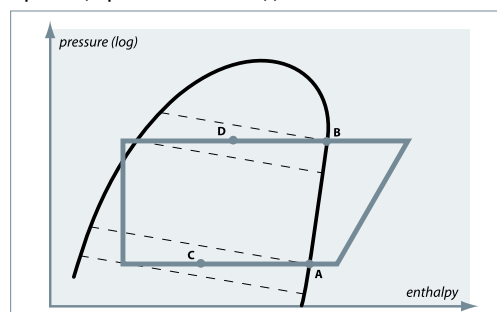
Во время испарения и конденсации при постоянном давлении температура хладагента в конденсаторе будет понижаться, а в испарителе - повышаться. Поэтому, говоря о температурах испарения и конденсации, важно указать, является ли данная температура, температурой точки росы или это значение средней точки. Линии постоянной температуры отмечены пунктирными линиями на рисунке ниже.

соответствуют средней температуре во время процессов испарения и конденсации. Для этого же цикла с R407A/F температура средней точки ниже температуры точки росы примерно на 2 °С. В соответствии с рекомендациями для Коммерческих Компрессоров Danfoss EN12900, используйте температуры точек росы для выбора таблиц, границ применения и т.д.

Они не соответствуют линиям постоянного давления.

A и B - точки росы. Это температуры на линии насыщенного пара.

Точки C и D - значения средней точки. Это температуры, которые более или менее


**Масло PVE**

Поливинилэфирное масло (PVE) – это современное холодильное масло для систем с гидрофторуглеродными (ГФУ) хладагентами. Масло PVE также гигроскопично, как и полиэфирное масло POE, но PVE химически не взаимодействует с водой, не образует кислот и легко сливается из компрессоров. Поливинилэфирное масло можно смешать с полиэфирным, с долитием последнего в пропорции до 25% POE. Технология

изготовления компрессоров типа MLZ в сочетании с использованием масла PVE обеспечивает высокую надежность работы и длительный срок службы компрессора. Масло PVE совместимо с хладагентом R22, что позволяет устанавливать компрессор MLZ в системы с разными хладагентами. Особое внимание должно уделяться вакууму, поскольку PVE намного более гидроскопично, чем алкилбензолное или минеральное масла.

**Алкилбензолное масло**

Алкилбензолное масло используется в системах с гидрохлорфторуглеродными (ГХФУ) хладагентами (R22). По сравнению с минеральным маслом оно имеет определенные преимущества: отличную смешиваемость, отличную тепловую стойкость, совместимость с минеральными маслами и

стабильные характеристики. Компрессоры серии MLM, заправленные алкилбензолным маслом, представляют экономически хорошую альтернативу компрессорам MLZ в районах, где еще используется хладагент R22. Компрессоры MLM, однако, не могут использоваться с ГФУ хладагентами.

**Электропитание электродвигателей**

Спиральные компрессоры MLZ/MLM работают при номинальном напряжении электропитания, указанном на стр. 15. 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 и средствам, облегчающим запуск однофазных компрессоров.

**Температура воздуха**

Компрессоры MLZ/MLM могут работать при температуре воздуха от -35 до 50°C. Они полностью охлаждаются всасываемым газом и не требуют вентиляторов для

обдува. Температура окружающего воздуха оказывает незначительное влияние на производительность компрессора.

**Высокая температура окружающего воздуха**

В случае замкнутого пространства при высокой температуре окружающего воздуха рекомендуется проверять температуру силовых проводов и ее соответствия техническим характеристикам электроизоляции.

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

**Низкая температура окружающего воздуха**

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 «Работа компрессора в особых условиях эксплуатации»).

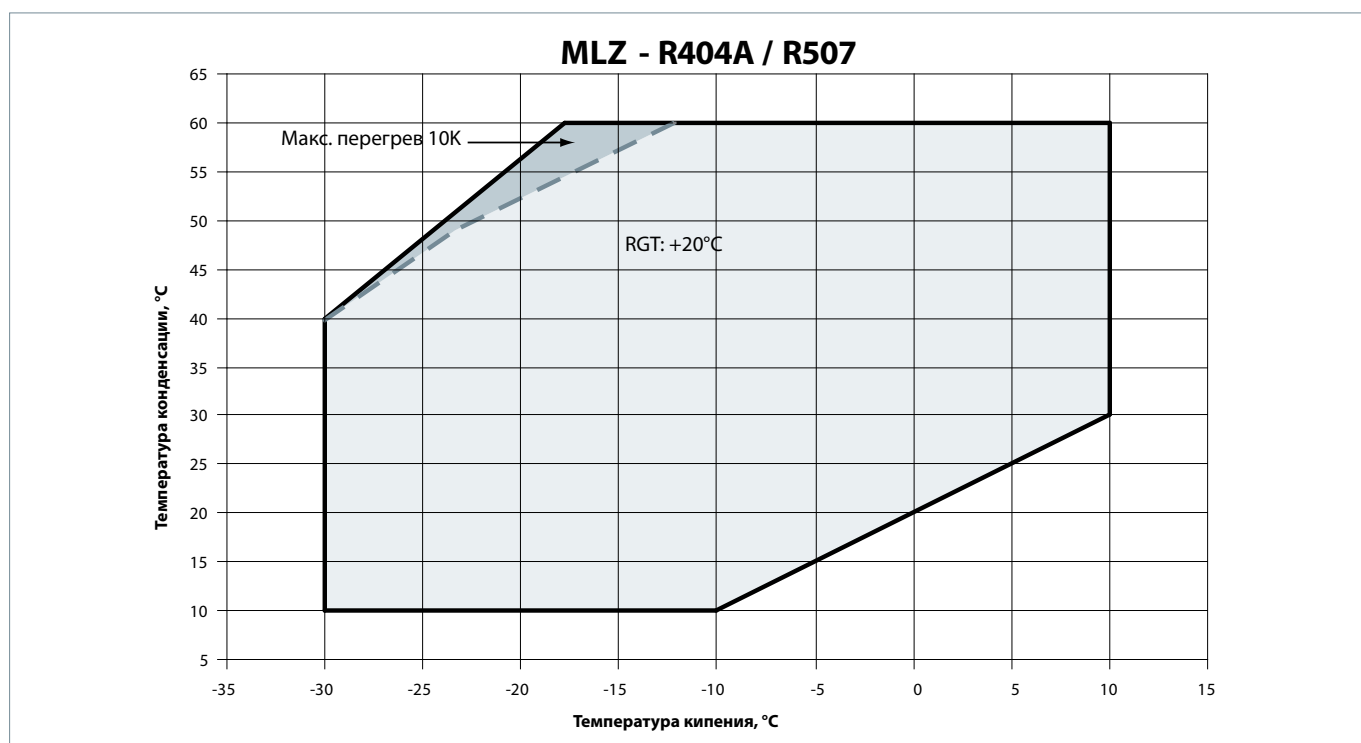
**Область эксплуатации**

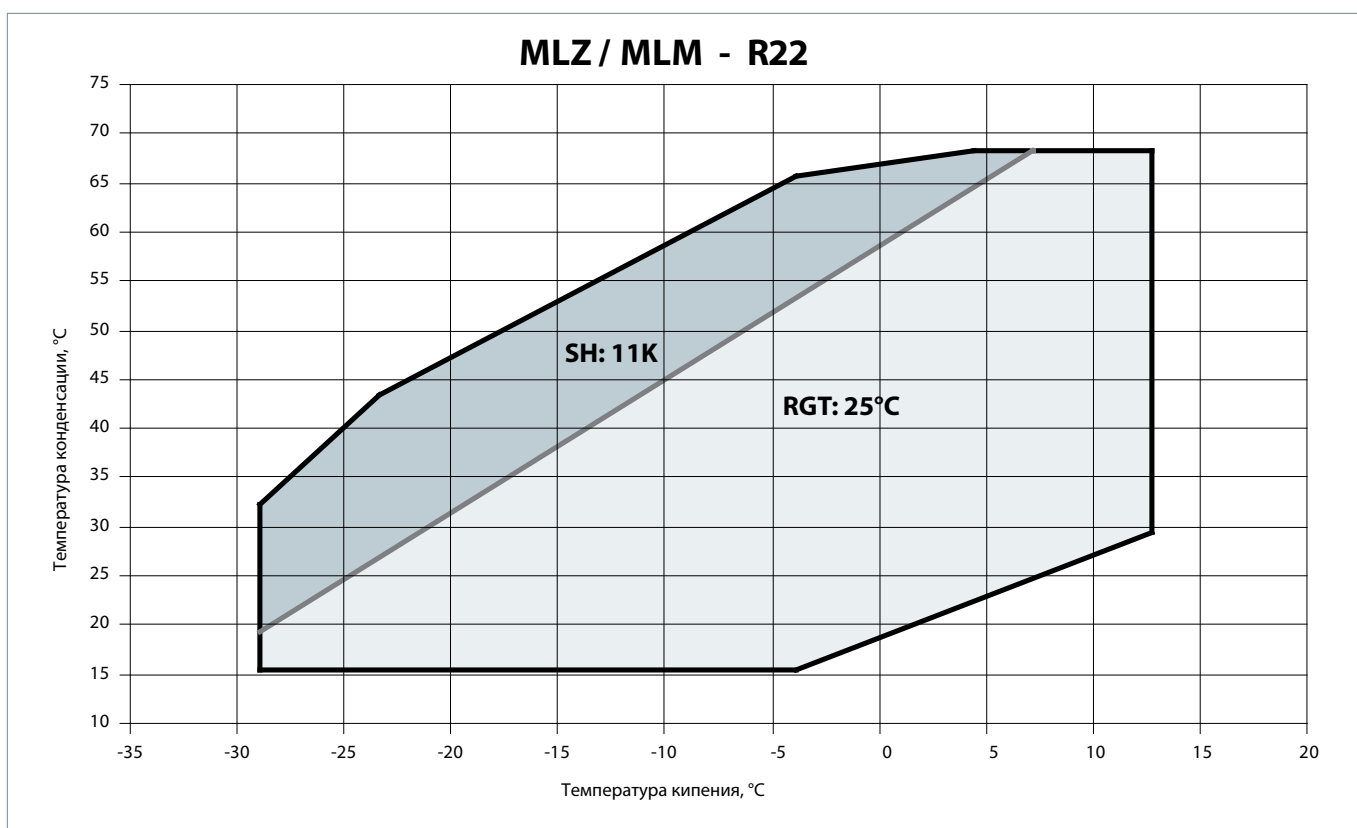
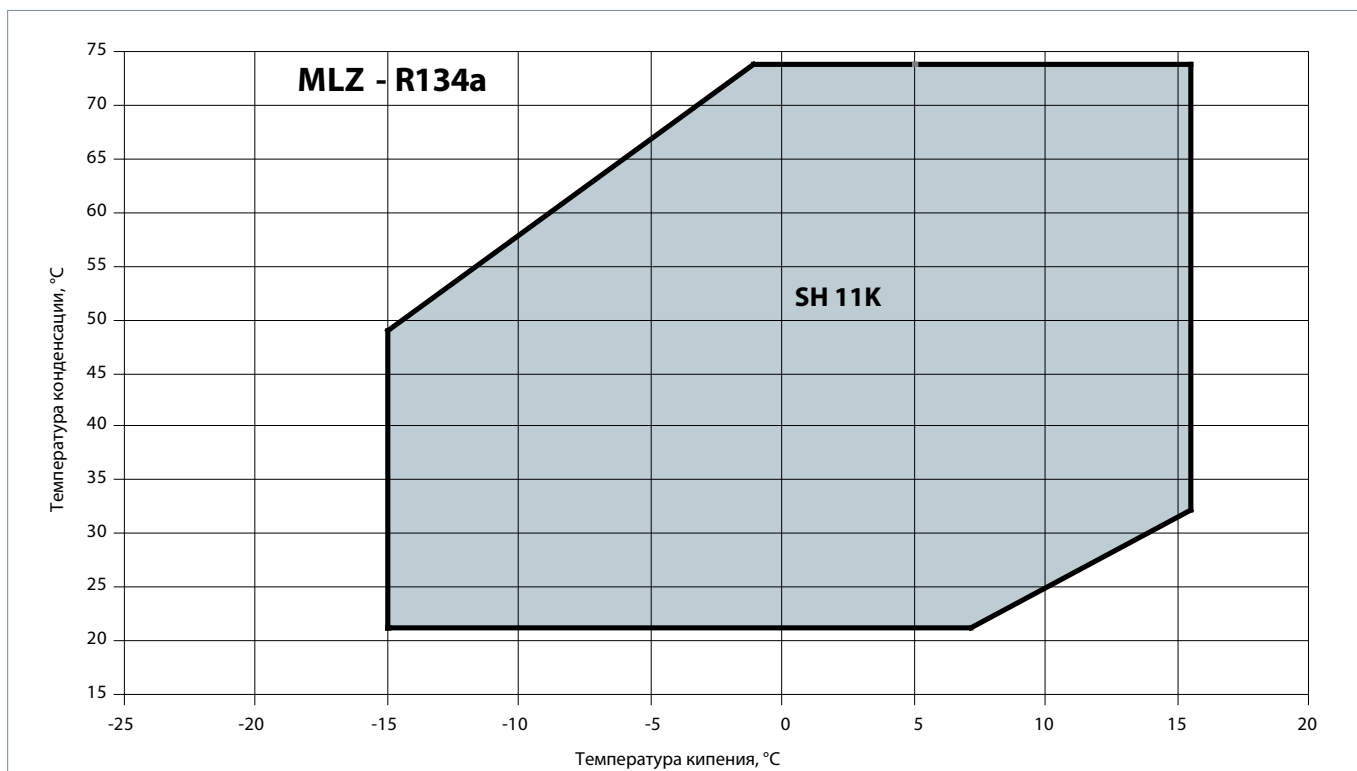
На рисунках внизу приведены границы эксплуатации спиральных компрессоров MLZ/MLM. На этих рисунках в координатах температур конденсации и кипения показаны зоны устойчивой работы компрессоров в стационарных условиях. В нестационарных условиях, например, при пуске или оттайке, компрессор может работать за границами указанной зоны только в течение короткого периода времени.

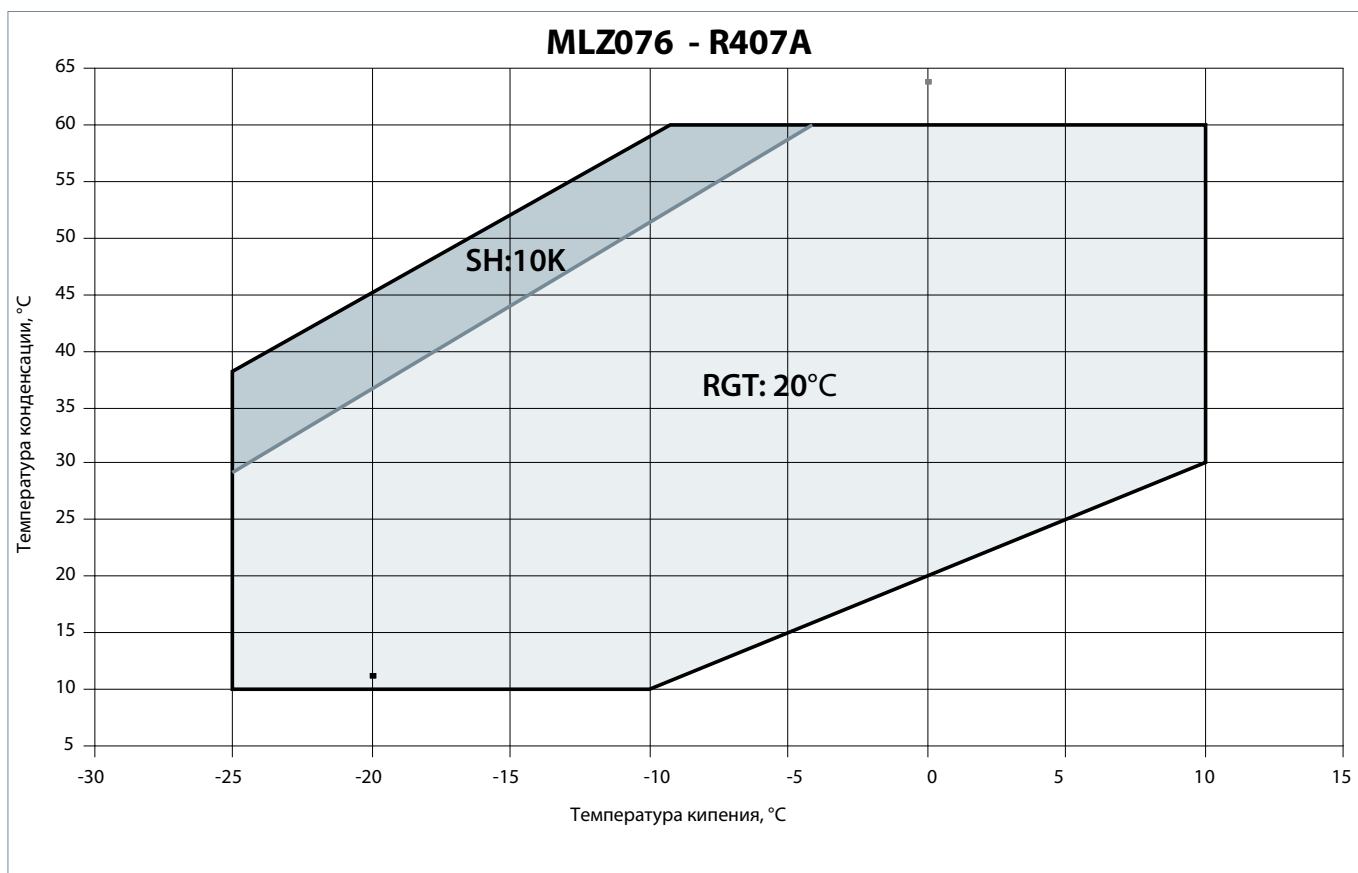
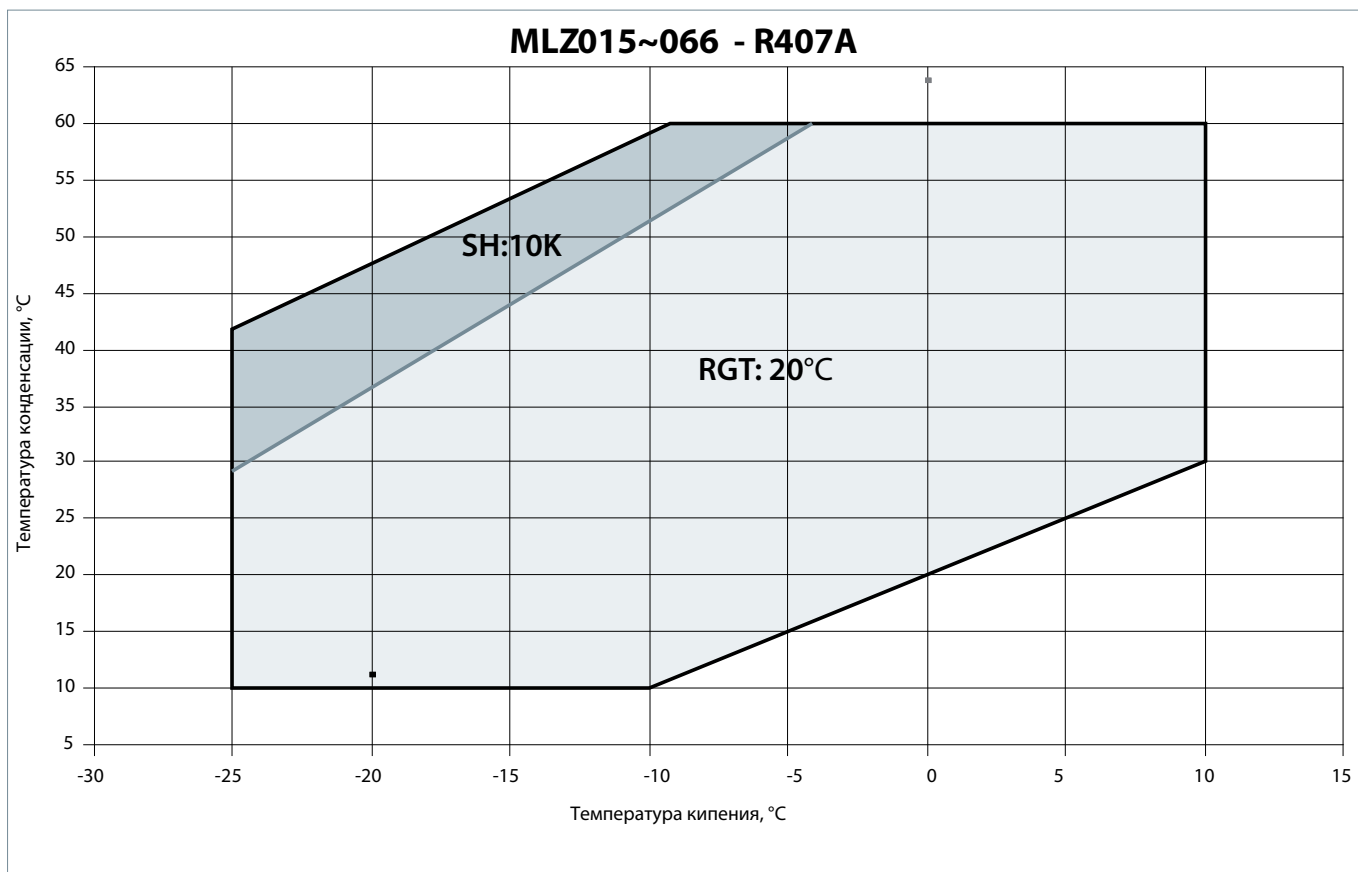
хладагентами R404A, R507, R134a и R22. Область эксплуатации, внутри которой гарантируется надежная работа компрессора, определяется границами:

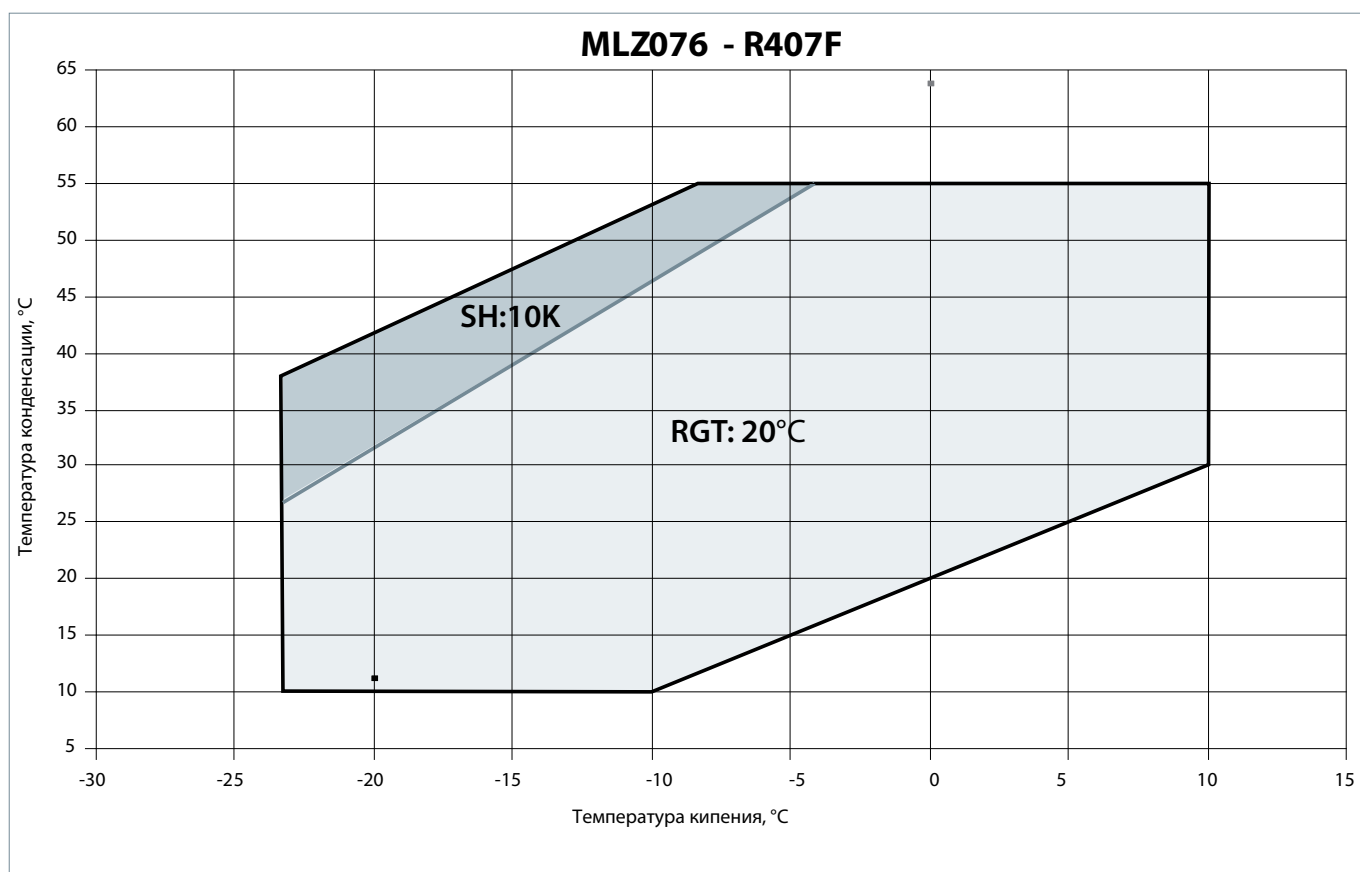
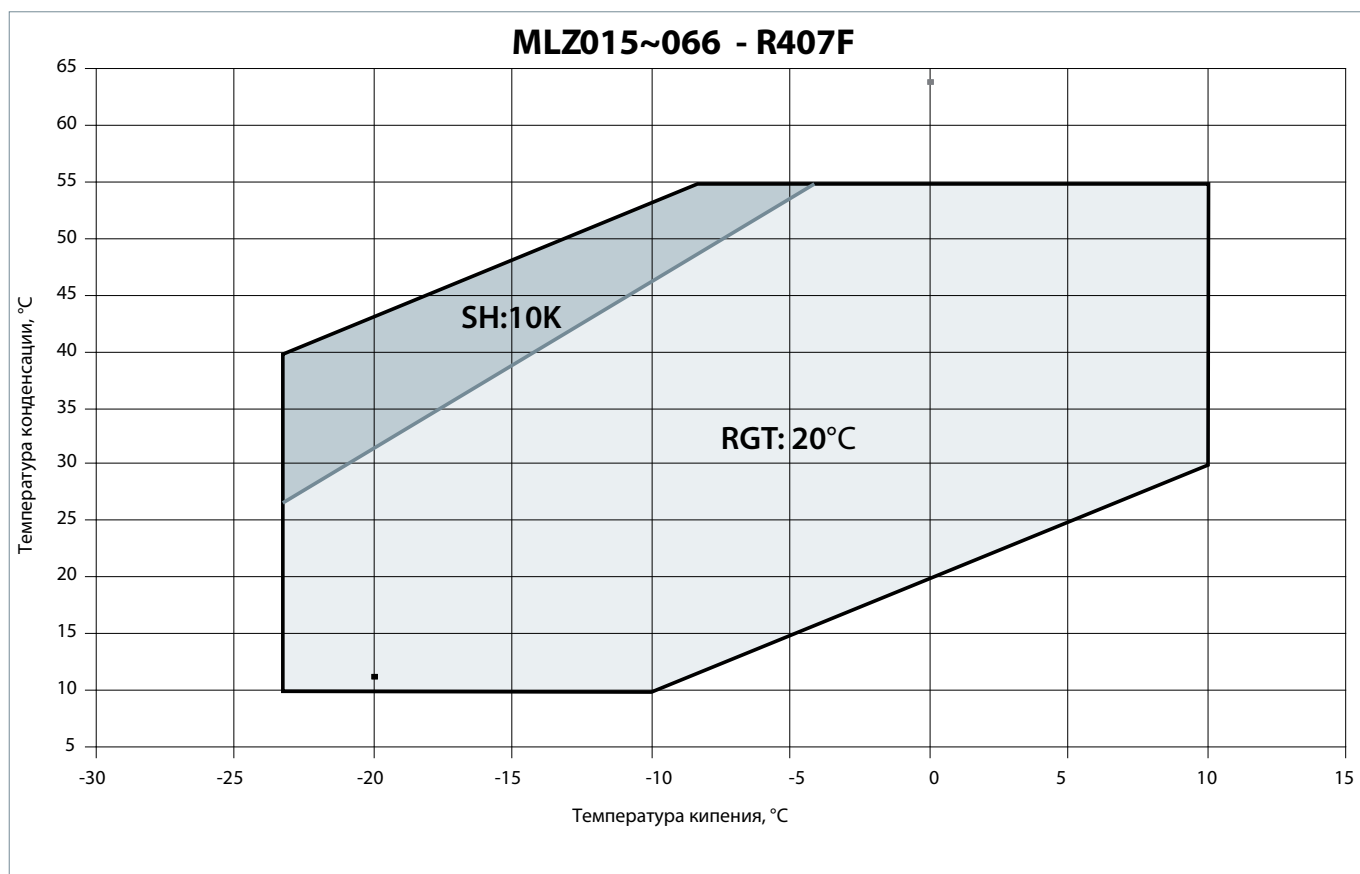
- Максимальная температура нагнетания: +135°C
- Во избежание выброса жидкого хладагента из испарителя работа компрессора при перегреве всасываемого газа ниже 5K не рекомендована
- Минимальные и максимальные температуры кипения и конденсации определяются из рисунка в соответствии с областью эксплуатации компрессора.

На рисунках внизу показаны области эксплуатации компрессоров MLZ с









**Максимальная температура газа на линии нагнетания**

Температура нагнетания в основном зависит от температуры кипения, температуры конденсации и перегрева всасываемого газа. Температура газа на линии нагнетания должна контролироваться отдельной термодарой или термодатчиком, закрепленным на

трубопроводелинии нагнетания на расстоянии 15 см от компрессора. Максимальная температура газа на линии нагнетания при работе компрессора внутри разрешенной области эксплуатации не должна превышать 135°C (275 °F).

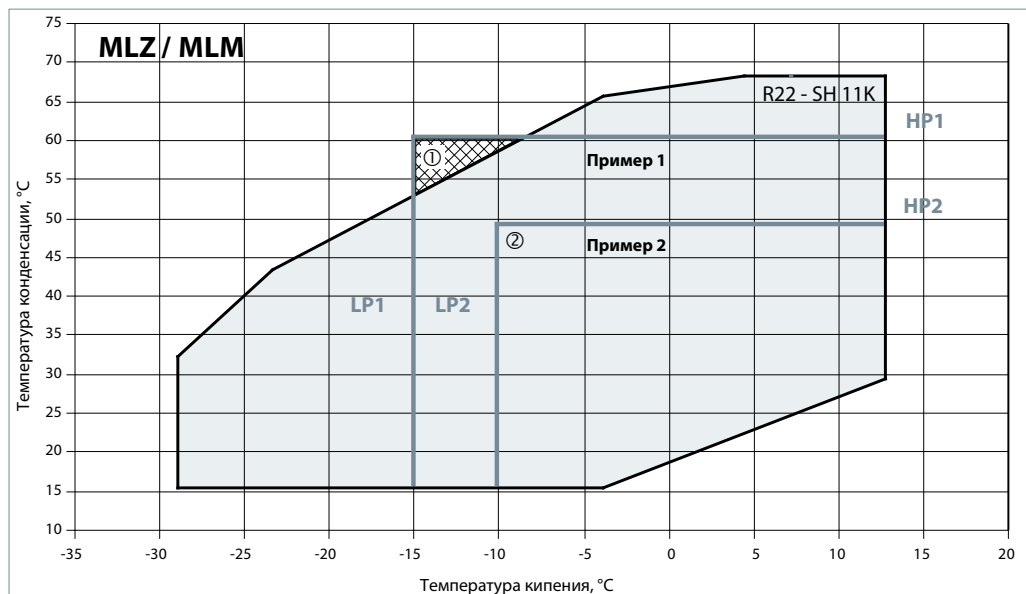
**Защита компрессора от высокой температуры газа на линии нагнетания (DGT)**

Эта защита необходима, если настройки реле высокого и низкого давления не обеспечивают работу компрессора в пределах разрешенной зоны эксплуатации. На примерах внизу показано, когда защита DGT необходима (1) а когда ее можно не устанавливать (2).

Продолжительная работа за границами области эксплуатации компрессора может привести к выходу его из строя!

Дополнительные принадлежности для защиты от высокой температуры газа на линии нагнетания можно заказать в компании Данфосс. согласно разделу: <Запасные части и дополнительные принадлежности>.

Компрессор не должен переходить в циклический режим работы по сигналам реле температуры газа (термостата) на линии



**Пример 1 (R22, SH = 11 K)**

Настройка реле низкого давления:

LP1 = 2 бар изб. (-15°C)

Настройка реле высокого давления:

HP1 = 23.8 бар изб. (61°C)

① Реле низкого и высокого давления плохо защищают компрессор от работы за пределами области эксплуатации. Во избежание работы в заштрихованной зоне необходима защита DGT.

**Пример 2 (R22, SH = 11 K)**

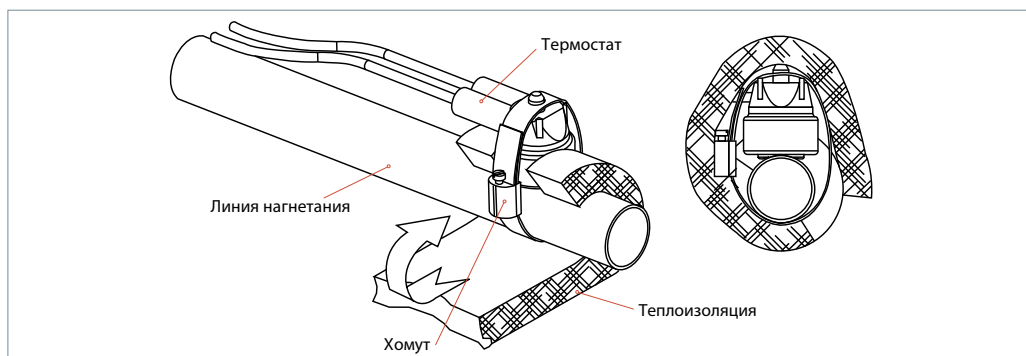
Настройка реле низкого давления:

LP1 = 2.5 бар изб. (-10°C)

Настройка реле высокого давления:

HP1 = 17 бар изб. (49°C)

② Реле низкого и высокого давления защищают компрессор от работы за пределами области эксплуатации. В защите DGT нет необходимости.



### Защита по высокому и низкому давлению

		R22	R404A	R134a	R407A	R407F
Диапазон рабочего давления со стороны высокого	бар	7.03 - 27.9	7.20 - 27.7	4.91 - 22.1	6.0 - 25.6	6.3 - 23.9
Диапазон рабочего давления со стороны низкого	бар	0.71 - 6.4	1.04 - 7.2	0.64 - 4.0	0.9 - 6.0	1.1 - 6.3
Максимальные настройки реле высокого давления	бар	29.8	29.7	23.6	26.8	25.1
Минимальные настройки реле низкого давления ①	бар	0.51	0.8	0.45	0.7	0.9
Рекомендованные настройки реле для цикла вакуумирования		на 1.5 бар ниже номинального давления испарения				
Минимальные настройки реле низкого давления для цикла вакуумирования	бар	0.94	1.31	0.85	0.9	1.1
Максимальное давление тестирования	бар	31				

① При наличии реле низкого давления задержки не будет.

#### Защита по высокому давлению

Спиральные компрессоры MLZ/MLM 015-048 оснащены встроенным предохранительным клапаном (IPRV) для защиты от блокирования конденсатора и выхода вентилятора из строя (настройка IPRV составляет 27-34 бар). Рекомендуется также устанавливать в систему предохранительное реле высокого давления (HP).

Спиральные компрессоры MLZ/MLM 058-068-076 не оборудованы встроенным предохранительным клапаном. Для того чтобы компрессор отключился, как только давление на линии нагнетания превысит значения, указанные в таблице вверху, в систему необходимо установить предохранительное реле высокого давления.

Реле высокого давления следует настроить на наименьшее значение давления, которое зависит от характера работы 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 (сбросом). При наличии сервисного вентиля на стороне нагнетания компрессора реле высокого давления следует подсоединять к всегда открытому штуцеру, предназначенному для манометра.

#### Защита по низкому давлению

В системах со спиральными компрессорами необходимо устанавливать реле защиты от низкого давления (LP). Спиральные компрессоры MLZ/MLM имеют высокую объемную производительность и могут создавать глубокий вакуум, который инициирует электрическую дугу внутри компрессора. Минимальные значения настройки реле низкого давления приведены в таблице вверху. Для систем

без цикла вакуумирования реле низкого давления должно представлять собой или блокировочное устройство с ручным сбросом, или автореле, установленное в цепь блокировки. Допустимые отклонения от точки настройки не должны позволять компрессору работать в условиях вакуума. Настройки реле низкого давления с автоматическим сбросом для цикла вакуумирования также приведены в таблице выше.

#### Ограничение по частоте рабочих циклов (защита от работы короткими циклами)

В зависимости от типа холодильной установки в течение часа должно быть не более 12 включений компрессора. Больше число включений уменьшает срок службы мотор-компрессорного агрегата. При этом рекомендуется устанавливать 1-минутный перерыв в работе.

Система должна быть спроектирована таким образом, чтобы было обеспечено 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.

Для ограничения количества циклов включения компания Данфосс рекомендует устанавливать реле задержки времени.