

Дополнение 4

Предварительный отчет

**Проект рекомендаций по проектированию и
подбору оборудования для минимизации
воздействия на климат**

А) Введение

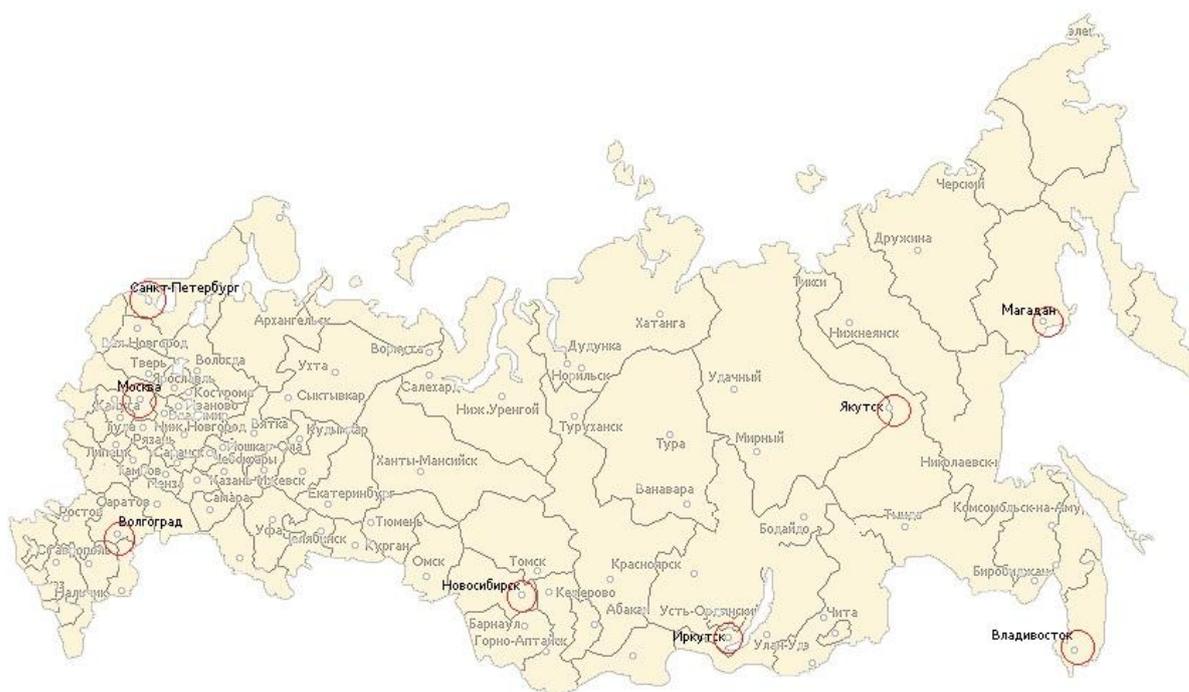
По результатам анализа холодильных и климатических систем и технологий в Российской Федерации можно сделать два основных вывода.

Во-первых, в большинстве случаев оценка ОКЭП выявляет тот факт, что основное воздействие на климат оказывают не прямые выбросы, связанные с потреблением электроэнергии в течение жизненного цикла оборудования. Объем прямых выбросов выше необходимого лишь в некоторых отраслях, но в целом объем утечек всего на 10–15 % превышает зарегистрированный у самых современных установок в Европе.

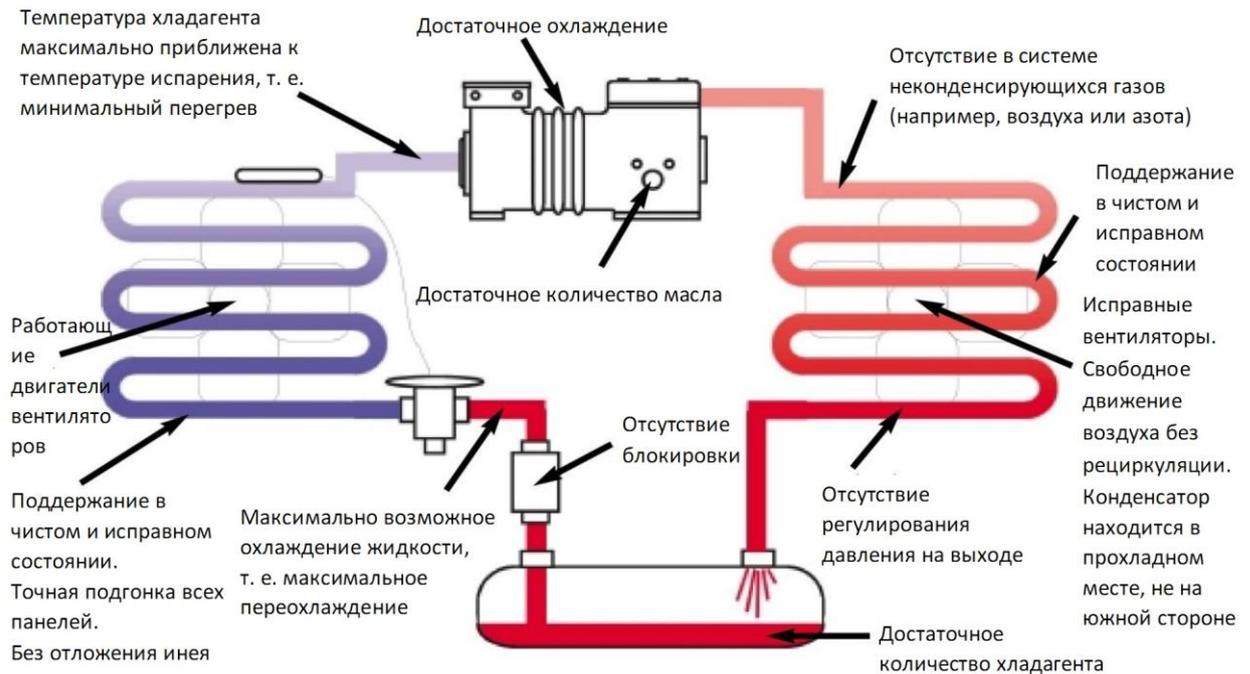
Во-вторых, анализ имеющихся данных и положения дел в секторе холодильного и климатического оборудования в России и мире ясно указывает на рост важности вопроса энергосбережения при выборе, разработке и эксплуатации означенного оборудования. Единственным и самым серьезным препятствием для распространения более эффективных систем является законодательство. Во многих случаях стоимости эксплуатации холодильного и климатического оборудования недостаточно для побуждения владельцев и эксплуатирующие компании вкладываться в более дорогостоящие, хотя и более эффективные системы.

Для дальнейшего включения в руководство здесь предлагаются предварительные рекомендации по минимизации воздействия на климат при производстве и выборе систем охлаждения и кондиционирования.

Исследование и анализ российских систем определенно указывают на необходимость применения более утилитарного подхода к делу. Важно отметить, что результаты реализации настоящего проекта могут быть использованы для расширения сотрудничества с эксплуатирующими компаниями, техниками и покупателями, а также демонстрации разработчикам и производителям положительного воздействия на климат.



В) Передовые методы



Под повышением температуры понимается разность между температурой конденсации и температурой испарения. От ее величины зависит нагрузка на систему.

Уменьшение повышения температуры на 1°C уменьшает стоимость эксплуатации на 2–4 %.

Другими словами:

- Повышение температуры испарения на 1°C увеличивает стоимость эксплуатации на 2–4 %.
- Снижение температуры конденсации на 1°C уменьшает стоимость эксплуатации на 2–4 %.

Повышение энергоэффективности

На энергоэффективность влияют следующие факторы:

- **тепловая нагрузка** (например, приток тепла в холодильный склад или шкаф), которая должна быть как можно ниже;
- **повышение температуры** (разность между температурами конденсации и испарения), которое должна быть как можно меньше;
- **перегрев**, который должен быть как можно ниже, и **переохлаждение**, которое должно быть как можно более высоким.

В таблицах ниже приведены факторы, на которые следует обратить внимание, и способы повышения энергоэффективности многих типов систем. Звездочкой помечены факторы, оказывающие наибольшее влияние на потребление энергии.

Нагрузка должна быть максимально низкой (в основном применяется для холодильных складов и шкафов)

Факторы, влияющие на нагрузку	Можно ли повлиять на этот параметр?
* Нагрузки, связанные с воздухообменом через двери склада и шкафа или крышки шкафа.	Да: <ul style="list-style-type: none">• обеспечить плотную подгонку дверей и крышек;• установить нащельники дверей таким образом, чтобы они закрывали весь дверной проем и перекрывались;• установить ночные шторы таким образом, чтобы зазор с каждого конца не превышал 1,5 см, во избежание проникновения теплого воздуха внутрь шкафа;• провести инструктаж по вопросам важности эффективного управления дверьми холодильного склада, чтобы свести к минимуму время, когда дверь открыта.
Приток теплоты в охлаждаемое помещение или к продукту.	Да: <ul style="list-style-type: none">• обеспечить герметичность всех панелей и соединений на холодильных складах;• обеспечить герметичность секций шкафа;• изолировать трубопровод вторичного хладагента.
Присутствие людей или	Нет , но возможно проведение инструктажа для

механизмов.	сведения присутствия к минимуму.
Вспомогательное оборудование (например, двигатели вентиляторов испарителя, оттаиватели, встроенные технологические охладители в пивных подвалах и насосы вторичного хладагента) удваивает расход энергии, не только напрямую потребляя электроэнергию, но и нагревая охлаждаемое помещение или жидкость и тем самым увеличивая нагрузку.	Да: <ul style="list-style-type: none"> • производить оттаивание системы не дольше или не чаще необходимого; • оборудовать воздухоохладители с несколькими вентиляторами контроллером, отключающим двигателя всех вентиляторов кроме испарителя, во время простоя системы охлаждения.
Загрузка продукта.	Нет , но возможно проведение инструктажа по оптимизации процесса загрузки продукта в склады или шкафы таким образом, чтобы не препятствовать притоку воздуха.
Приток теплоты на линии всасывания.	Да: <ul style="list-style-type: none"> • изолировать все линии всасывания.

Повышение температуры, т. е. поддержание высокой температуры испарения и низкой температуры конденсации

Факторы, влияющие на повышение температуры	Можно ли повлиять на этот параметр?
* Конденсатор должен содержаться в чистоте и со свободным притоком воздуха или воды.	Да: <ul style="list-style-type: none"> • обеспечить свободный приток или рециркуляцию воздуха (конденсаторы с воздушным охлаждением); • обеспечить защиту стороны воздухозабора конденсатора с воздушным охлаждением от прямых солнечных лучей; • обеспечить работу и вращение всех вентиляторов в правильном направлении.
* Испаритель должен содержаться в чистоте и с минимальным отложением	Да: <ul style="list-style-type: none"> • обеспечить свободный приток воздуха к испарителям;

<p>иней.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • настроить систему оттаивания таким образом, чтобы периодичность и длительность ее работы обеспечивали минимальное образование инея; • обеспечить работу и вращение всех вентиляторов в правильном направлении.
<p>* Нехватка хладагента в системе понижает давление испарения и/или увеличивает продолжительность работы компрессора.</p>	<p>Да:</p> <ul style="list-style-type: none"> • уменьшить возможность возникновения утечки за счет сокращения числа соединений и их запаивания; • перед заполнением системы необходимым количеством хладагента провести испытания на прочность и герметичность.
<p>Наличие в системе воздуха и других неконденсируемых газов, повышающих давление конденсации.</p>	<p>Да:</p> <ul style="list-style-type: none"> • перед заполнением тщательно очистить систему (удалить воздух и азот); • препятствовать проникновению воздуха в систему.
<p>Регулирование давления на выходе поддерживает высокое давление конденсации.</p>	<p>Да:</p> <ul style="list-style-type: none"> • при регулировании давления на выходе установить минимально возможное давление, поддерживая давление на стороне нагнетания в требуемом диапазоне.
<p>Избыточный хладагент в системе возвращается в конденсатор и повышает давление на выходе.</p>	<p>Да:</p> <ul style="list-style-type: none"> • не загружать в систему слишком много хладагента.
<p>Падение давления, в частности на всасывающей и жидкостной линии, повышает степень сжатия компрессора и снижает его производительность.</p>	<p>Да:</p> <ul style="list-style-type: none"> • использовать в местах соединений криволинейные отводы; • прокладывать трубопровод таким образом, чтобы уменьшить длину ветвей трубопровода и число отводов.
<p>Некорректная работа средств управления (например, реле температуры или низкого давления) снижает давление испарения до значений ниже</p>	<p>Да:</p> <ul style="list-style-type: none"> • обеспечить корректную работу средств управления, например, настроить реле температуры таким образом, чтобы не допустить чрезмерного охлаждения продукта или

предусмотренных.

вторичного хладагента;

- при регулировании давления в испарителе установить максимально высокие значения.

Перегрев и переохлаждение

Факторы, влияющие на перегрев и переохлаждение	Можно ли повлиять на этот параметр?
<p>Перегрев на линии всасывания должен быть как можно более низким, а перегретый пар возвращаться в компрессор.</p>	<p>Да:</p> <ul style="list-style-type: none">• не устанавливать слишком большой перегрев, воспринимаемый терморегулирующим вентилем (как правило, для предотвращения попадания жидкости обратно в компрессор достаточной является величина перегрева 5 K (разность температуры испарения и температуры на выходе испарителя, равная 5 °C);• изолировать линию всасывания.
<p>Переохлаждение жидкости должно быть максимально возможным.</p>	<p>Да:</p> <ul style="list-style-type: none">• изолировать жидкостную линию, если она пролегает в области с высокой наружной температурой (например, внутри супермаркета) или при переохлаждении жидкого хладагента, например, при помощи подогревателя воздуха;• при использовании многоступенчатых испарителей (например, в супермаркете) размер и трассировка жидкостных линий должны обеспечивать достаточное заполнение хладагентом всех испарителей;• в случае высокого вертикального подъема жидкостной линии необходимо предотвратить падение давления, вызванное попаданием дроссельного пара в терморегулирующий вентиль.

В следующих разделах рассказывается о применении рекомендаций, представленных в таблицах выше, при установке и вводе оборудования в эксплуатацию.

Размещение и установка оборудования

Оборудование размещают в наиболее подходящем месте.

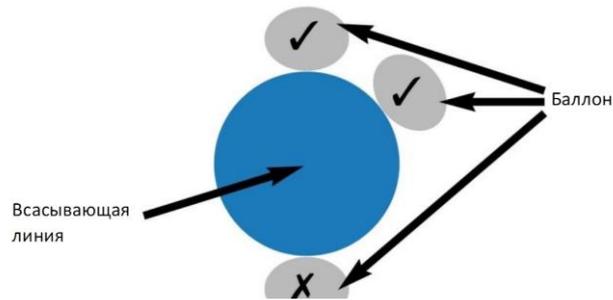
Как правило, местоположение оборудования определяет инженер проекта, однако следует убедиться в соблюдении перечисленных ниже условий.

- Наличие свободного доступа к оборудованию для установки, проведения профилактического технического обслуживания и ремонта, так как в противном случае поддержание оборудования в исправном состоянии может быть затруднено.
- Свободный приток воздуха к конденсаторам с воздушным охлаждением, испарительным конденсаторам и башенным градирням.
- Конденсатор защищен от воздействия прямых солнечных лучей.
- Воздух не может циркулировать вокруг конденсаторов с воздушным охлаждением.

Компоненты оборудования должны сразу устанавливаться надлежащим образом.

При установке необходимо следовать инструкциям производителя компонентов оборудования и при этом учитывать некоторые основные правила:

- Компрессоры выровнены по горизонтали и при необходимости установлены на виброгасителях (например, пружинах). При необходимости с оснований компрессоров удаляют транспортные блокираторы.
- Если предусмотрено оснащение конденсатора кожухом, последний не должен препятствовать притоку воздуха и не создавать рециркуляции воздуха. Во избежание рециркуляции воздуха зазоры между стороной воздухозабора конденсатора и кожуха должны быть устранены.
- При установке конденсаторов с водяным охлаждением предусматривают доступ для очистки труб. Отсутствие такого доступа может привести к постепенному засорению конденсатора, что повысит давление конденсации и снизит производительность системы.
- Терморегулирующие вентили располагают максимально близко ко впуску испарителя, а их термочувствительные баллоны размещают на горизонтальном отрезке трубопровода у выпуска испарителя. Баллоны не следует размещать ниже линии всасывания, в противном случае будет невозможна корректная работа клапана (правильное размещение см. на схеме).



Если баллон необходимо разместить на вертикальном отрезке всасывающей линии, капиллярную трубку размещают наверху баллона, чтобы избежать попадания в него хладагента.

- Необходимо изолировать баллон и использовать предусмотренную производителем прижимную планку, которая не передает тепло трубы баллону. Не следует использовать пластиковые стяжки и другие средства.
- При использовании ТРВ с внешним выравниванием линию выравнивания врезают в верхнюю часть линии всасывания, чтобы не допустить попадания масла в ТРВ.
- Следует обеспечить возможность демонтажа ТЭНа оттаивания испарителя при необходимости. Например, при частых неполадках в работе ТЭНа возникает необходимость в наличии свободного пространства между испарителем и стеной, достаточного для замены ТЭНа. Неправильное оттаивание испарителя снижает его производительность.

Правила ухода

Поддержание чистоты труб

Резка труб должна производиться соответствующим труборезом или цепной пилой, но ни в коем случае не ножовочной пилой.

Перед пайкой соединений следует продуть трубопровод небольшим количеством осушенного азота для удаления воздуха. Это предотвратит образование окислов на внутренней поверхности труб, которые позже могут привести к засорению фильтров и клапанов и вывести из строя компрессоры.

Объем азота должен быть минимально необходимым! Наиболее удобным способом является продувка трубопровода азотом через соединение на одном из концов отрезка трубы, как показано на главной фотографии. На другой конец отрезка трубы надевается колпачок с небольшим отверстием, как показано на фотографии. Слегка откройте регулятор выпуска азота – слабый поток газа, выходящего через отверстие в колпачке, должен ощущаться ладонью. Колпачок и соединение можно использовать повторно. Также можно использовать пластиковый колпачок с отверстием для линии диаметром 1/4". Следует использовать азот без примесей кислорода или так называемый сверхчистый азот.

На фотографии показаны разрезанные соединения в медных трубах. Слева находится соединение, обработанное осушенным азотом, справа — соединение без такой обработки. Фотография наглядно демонстрирует степень загрязнения внутренней поверхности трубы, наблюдаемую при пайке без использования азота. В дальнейшем это загрязнение засорит фильтры и мембраны расширительных клапанов, что снизит производительность системы.



Уменьшение падения давления

Избежать падения давления невозможно, но при его высоких значениях создается дополнительная нагрузка на компрессор и увеличивается стоимость эксплуатации. Свести падение давления в трубопроводе к минимуму можно следующими способами:

- Использование как можно более коротких ветвей трубопровода;
- Замена прямоугольных соединений криволинейными отводами (помимо уменьшения падения давления этот способ связан с меньшими временными затратами, позволяет уменьшить число соединений и облегчает изоляцию труб);
- Использование труб максимального диаметра наряду с поддержанием такой скорости потока хладагента, которая обеспечивает возврат масла в компрессор.

Изоляция трубопровода

Изоляция снижает нежелательное повышение температуры хладагента. Необходимо изолировать следующие детали:

- Все всасывающие линии между испарителем и входным отверстием компрессора;
- Жидкостные линии, оснащенные подогревателями воздуха или переохладителями (изолируются участки после указанных устройств);
- Жидкостные линии, температура окружения которых выше температуры конденсации (изолируется жидкостная линия, проходящая в зоне высокой наружной температуры, а не снаружи). Это необходимо, если жидкостная линия проходит внутри отапливаемого здания (например, супермаркета), за исключением случаев установки очень высоких значений давления на выходе;
- Линии оттаивания насыщенным или горячим паром.

Изоляционный материал нарезают по длине труб и закрепляют при помощи соответствующего клея и клейкой ленты. Ниже перечислены правила закрепления изоляционного материала:

- Перед закреплением изоляцию необходимо очистить.
- Чтобы соединение было надежным, изоляцию нарезают острым ножом и соблюдают инструкции по склеиванию.
- Соединения следует не натягивать, а сжимать вместе.
- Изолирование трубопровода следует проводить до начала работы системы, так как клей схватывается лучше при наружной температуре, а не при ее крайних значениях.

Перед сдачей системы в эксплуатацию

Проверить систему

Следует проверить корректность работы системы:

1. Запустить установку и дождаться достижения необходимой температуры испарения. Повысить давление конденсации до максимального уровня и поддерживать его в течение всего цикла работы установки, чтобы убедиться в корректности работы системы при максимальных значениях условий окружающей среды.
2. Для создания максимальной тепловой нагрузки в охлаждаемом объеме можно разместить обогреватели, чтобы проверить способность установки создать необходимую температуру испарения при максимальной нагрузке.
3. Проверить рабочие условия и соответствие потребление тока двигателем спецификациям.
4. При наличии системы оттаивания провести полный цикл оттаивания, чтобы проверить корректность значений конечной температуры при максимальной продолжительности оттаивания. Проверка должна проводиться при правильной температуре под нагрузкой.

Записать данные по вводу системы в эксплуатацию

Для проведения текущего ремонта и обслуживания необходимы эксплуатационные показатели и параметры управления системы. Эти данные, а также акты о проведении испытаний на прочность и герметичность должны находиться в месте эксплуатации установки, лучше всего — в одном помещении с оборудованием.

На оборудовании должны указываться следующие данные:

- Название и адрес установщика или производителя;
- Модель, серийный или входящий/инвентарный номер;
- Дата выпуска;
- Обозначение хладагента по международному коду ASHRAE (по возможности следует избегать упоминания торговых марок);
- Количество хладагента
- Тип и марка масла;
- Максимально допустимые значения рабочего давления системы.

Сообщить заказчику все сведения о системе

Заказчик должен располагать всей необходимой информацией о системе. Максимальную производительность установки обеспечивают за счет соблюдения

определенных правил (по большей части связанных с поддержанием чистоты), куда входит следующее:

- Уборка мусора на стороне воздухозабора конденсаторов с воздушным охлаждением.
- Поддержание чистоты в месте эксплуатации установки.
- Надлежащее управление дверью холодного склада (при постоянно открытых дверях стоимость эксплуатации склада замороженных продуктов увеличивается на 6 фунтов в час). Полосовые завесы не должны быть подвязаны.
- Обеспечение свободного потока воздуха из испарителей при размещении продуктов в холодильных шкафах и складах.
- Размещение холодильных шкафов в зонах, где тяга воздуха или источники тепла не могут снизить производительность оборудования.
- Правильная эксплуатация оборудования.

Для проверки корректности работы системы пользователю можно предоставить перечень простых процедур осмотра. В них могут входить регистрация площади охлаждаемого пространства или температуры продукта, а также проверка испарителей на наличие отложений инея.

На этом этапе (если это не было сделано ранее) можно предложить процедуры текущего ремонта.

Обеспечение надлежащего качества вакуумирования

- Обеспечить герметичность соединения системы с вакуумным насосом: в случае протечки невозможно обеспечить надлежащее вакуумирование системы.
- Для полного вакуумирования системы необходимо открыть все клапаны (например, соленоидные вентили).
- Для увеличения скорости потока в начале вакуумирования открыть газобалластный клапан на вакуумном насосе. После вакуумирования клапан необходимо снова закрыть.
- Для сокращения времени, необходимого для осушения системы, допустимо применение тройного вакуумирования: после каждого этапа вакуумирования система промывается осушенным азотом без примеси кислорода (не хладагентом).
- Во избежание попадания смазки насоса в систему закрыть клапан вакуумного насоса перед выключением.

Вакуумирование и осушение системы

Вакуумный насос удаляет влагу и неконденсируемые газы, например, азот, используемый для испытания на прочность и герметичность. Качественное вакуумирование обеспечивает бесперебойную работу системы при оптимальных условиях.

Следует использовать двухступенчатый вакуумный насос, так как при использовании одноступенчатого насоса невозможно достичь нужной глубины вакуума. Запрещается использовать компрессор системы в качестве насоса, так как он предназначен для выполнения других задач и не сможет создать вакуум необходимой глубины.

Для систем с ГФУ-хладагентами (например, R134A, R404A, R407A, R410A) необходим вакуум глубиной 100 микрон или 29,916 дюймов рт. ст., 0,13 мбар или 0,1 мм рт. ст. (тор).

Не следует использовать насос для измерения глубины вакуума. Для этого используют подходящий манометр, подсоединяемый к системе. Манометр-вакуумметр не обеспечивает требуемую точность показаний глубины вакуума.

На время вакуумирования системы влияют длина и размер шлангов, соединяющих систему с насосом:

- шланг диаметром 3/8" дюйма обеспечивает скорость вакуумирования в 4 раза большую, чем шланг диаметром 1/4";
- шланг длиной 1 м обеспечивает скорость вакуумирования в 2 раза большую, чем шланг длиной 2 м.

Следует регулярно менять смазку вакуумного насоса, особенно если насос используется для вакуумирования старых или загрязненных систем.

Заправка хладагента

Заправка необходимого количества хладагента

Для бесперебойной и эффективной работы систему заправляют необходимым количеством хладагента. При недостатке хладагента увеличиваются нагрузка и продолжительность работы системы, что приводит к снижению ее производительности. При избытке хладагента давление на выходе может быть слишком высоким, что также снижает производительность системы.

В системах с ресивером жидкости «запас» хладагента может достигать значительного объема, прежде чем станет избыточным с технической точки зрения (например, привести к возвращению жидкости в конденсатор). Его следует свести к минимуму, достаточному для соответствия режиму нагрузки и температуре окружающей среды.

Условия загрузки правильного количества хладагента:

- Если известно требуемое количество хладагент заправляют по весу. В редких случаях расчет может быть предоставлен разработчиком системы.
- Заправка хладагента производится до полного закрытия смотрового стекла. Наличие пузырей может означать блокировку жидкостной линии, существенное занижение размера конденсатора или чрезмерную конденсацию в системе из-за неправильной или неточной установки давления на выходе. Если смотровое стекло находится на конденсаторном блоке или модуле, а жидкостная линия слишком длинная или находится под воздействием источников тепла, то прозрачное смотровое стекло не обязательно означает присутствие в ТРВ хладагента только в жидкой фазе.
- При отсутствии смотрового стекла перед терморегулирующим вентилем систему заправляют хладагентом до достижения необходимой температуры жидкости. Лучшим способом проверки в этом случае является измерение температуры жидкости в терморегулирующих вентилях. Если она ниже температуры конденсации, это значит, что жидкость чистая и переохлажденная. Температура конденсации может быть рассчитана путем измерения давления на стороне нагнетания и перевода этого значения в температуру при помощи компаратора.

Для применения второго и третьего описанных методов система должна работать при полной нагрузке с максимальным давлением конденсации.

Заправка смесью хладагентов

Неазеотропные смеси (например, R404A, R407C, Care 30) извлекают из баллона в жидкой фазе, чтобы сохранить правильный состав. При заправке хладагентом в газовой фазе давление в системе превысит требуемое, что может привести к перегрузке компрессора.

Заправка чистым хладагентом

При попадании воздуха в хладагент давление конденсации может превысить необходимое. Чтобы избежать этого, заправочную линию очищают или вакуумируют.

Настройка управления

При вводе системы в эксплуатацию следует произвести настройку средств управления и защиты. Главной задачей этого этапа является обеспечение безопасности работы при как можно более высоком давлении испарения и как можно более низком давлении конденсации. При настройке электромеханических средств управления (например, реле давления и температуры) не следует полагаться на значения индикатора, так как они редко бывают достаточно точными. В этом случае рекомендуется использовать откалиброванный манометр или термометр. Для точной и простой настройки реле давления можно использовать насос управления, соединенный с реле через манометр и имитирующий рабочее давление.

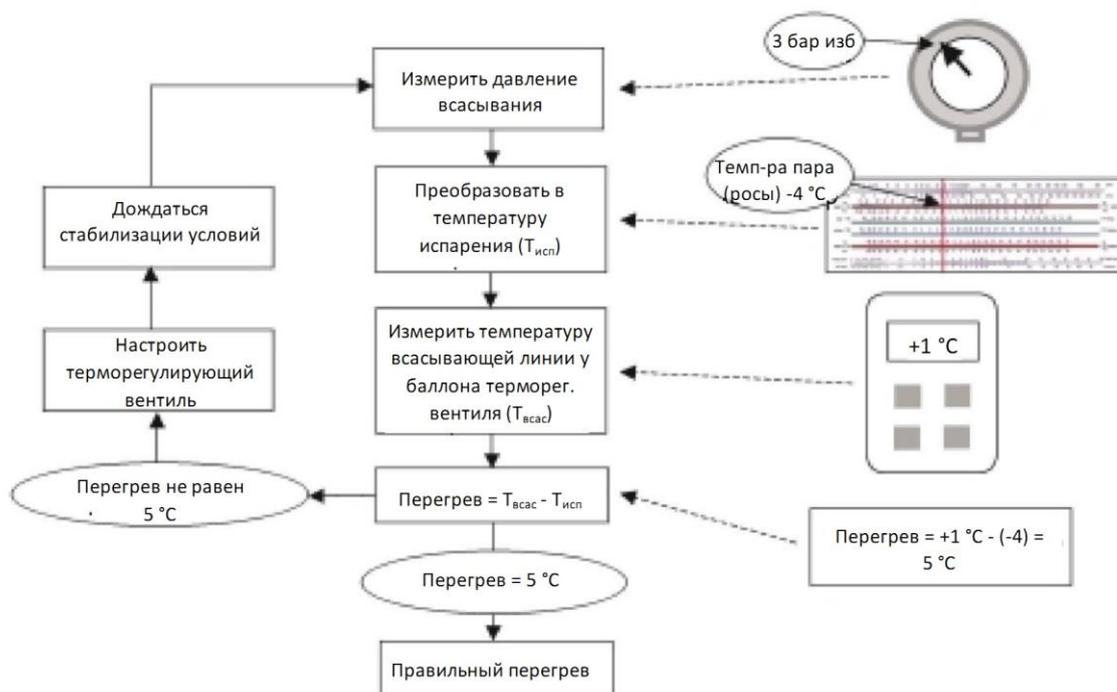
Настройка терморегулирующих вентилей

Терморегулирующие вентили устанавливаются изготовителем, однако их настройки не всегда соответствуют требованиям конкретной системы. Слишком высокий перегрев снижает производительность системы из-за низкого КПД испарителя. Слишком низкий перегрев (например, ниже 4 K) может создать угрозу возвращения жидкости в компрессор при изменении нагрузки.

Перегрев, воспринимаемый терморегулирующим вентилем, как правило, должен равняться 5 K, то есть температура газа на выходе испарителя должна быть на 5 °C выше, чем температура испарения. При использовании в качестве хладагента зеотропной смеси температура испарения должна быть равной температуре росы (пара или газа).

Схема настройки терморегулирующего вентиля

На примере R407C



Точное измерение и настройка перегрева возможны, только если система работает и полностью заправлена хладагентом. Потребуется точный манометр для измерения давления испарения, компаратор хладагента (или таблицы зависимости давления от температуры) и датчик температуры для измерения температуры на выходе испарителя рядом с баллоном вентиля.

Настройка средств управления

Настройка средств управления может включать настройку реле температуры и реле высокого (ВД) и низкого (НД) давления. В более сложных установках с несколькими компрессорами могут быть использоваться различные реле ВД и НД, а также микропроцессоры. Все эти средства управления должны быть точно настроены, при этом важно иметь точное представление об алгоритмах управления и проектных требованиях. Следует помнить, что, независимо от используемых средств управления, снижение температуры испарения на 1 °С увеличивает потребление электроэнергии на 2–4 %. Значит, эти средства управления должны быть настроены на максимально высокие значения, допустимые для сохранения необходимого состояния продукта или помещения.

В случае систем с несколькими компрессорами или компрессорами со встроенными регуляторами мощности время работы с частичной нагрузкой следует сводить к минимуму, поскольку в этом случае производительность ниже, чем при работе с полной нагрузкой. Наиболее эффективным способом снижения нагрузки на систему является выключение компрессора.

Настройка реле ВД и НД

При необходимости следует выполнять проверку и настройку реле высокого и низкого давления. Предохранительное реле высокого давления предназначено для недопущения работы системы при давлении, превышающем максимально допустимое (Ps). Реле низкого давления (включая средства управления вакуумированием) предназначено для недопущения работы системы в условиях вакуума (за исключением систем, предназначенных для работы при давлении ниже атмосферного). На всех реле давления должны быть указаны установленные параметры и параметры перепада.

Настройка регулирования давления на выходе

Средства регулирования давления на выходе настраиваются на максимально низкие значения и при этом поддерживать необходимые условия, то есть давление на выходе может опускаться до максимально низкого значения. Давление на выходе большинства систем должно быть выше давления всасывания не более чем на 6 бар (90 фунтов на кв. дюйм).

Настройка оттаивания

Желательно, чтобы системы оттаивания по требованию использовались в качестве испарителей с оттаивателем по необходимости и в течение нужного периода времени. В таком случае оттаивание будет проводиться в соответствии с количеством инея. Используемый таймер должен быть настроен на среднее время отложения инея. Оттаивание системы следует производить до образования такого

количества инея, которое приведет к существенному снижению давления испарения. Время оттаивания должно быть достаточным для очищения змеевика. При увеличении этого времени сверх необходимого в охлаждаемое пространство проникнет большое количество теплоты. В то же время недостаточное время оттаивания приведет к увеличению отложения инея с каждым циклом.

При оттаивании электрообогревом график оттаивания составляют таким образом, чтобы не допустить одновременного включения нескольких систем оттаивания и последующей перегрузки электросети.

С) Сравнение воздействия холодильных систем на климат за весь срок службы

Целью проекта является разработка стандартизированного метода расчета сравнительного воздействия холодильных и климатических систем на климат с учетом типа хладагента, объема утечек и условий эксплуатации системы.

Анализ литературы и преобладающих тенденций в мировом секторе ОВиК показывает, что наиболее распространенным методом анализа воздействия новых стационарных систем на климат на этапе проектирования является оценка общего коэффициента эквивалентного потепления (ОКЭП). При помощи этого параметра эксплуатирующие компании, разработчики и производители могут сравнить воздействие на окружающую среду, которое оказывают виды оборудования, предназначенные для различных нужд.

ОКЭП — это измерение вклада оборудования в глобальное потепление, который вычисляется на основе общего объема парниковых газов, выпущенных в атмосферу за все время службы оборудования и при уничтожении рабочих жидкостей по истечении срока эксплуатации. При оценке ОКЭП учитываются как прямые неконтролируемые выбросы, так и не прямые выбросы, связанные с потреблением энергии во время эксплуатации оборудования. ОКЭП выражается в единицах массы — кг в эквиваленте CO₂ (CO₂-экв).

ОКЭП вычисляется как сумма следующих показателей:

1. Объем хладагента, выпущенного в атмосферу за время эксплуатации оборудования, включая не утилизируемые утечки во время окончательного уничтожения; и
2. Объем выбросов CO₂, образующихся при сжигании ископаемого топлива для производства энергии, которая необходима для эксплуатации оборудования в течение всего срока его службы.

Для полноты анализа в показатель потенциала воздействия на климат на протяжении срока службы (LCCP) оборудования включают ПГП не прямых выбросов (образующихся при потреблении энергии при производстве и перевозке химических веществ, а также при производстве, сборке деталей и утилизации оборудования с истекшим сроком эксплуатации) и ПГП прямых выбросов (собственно хладагента, продуктов взаимодействия с атмосферой, утечек во время производства и выбросов в течение всего срока службы оборудования).

LCCP охватывает несколько особых параметров, не включаемых в ОКЭП, а именно: объем прямых неконтролируемых выбросов в процессе производства оборудования и хладагентов, а также выбросов парниковых газов, связанных с потреблением энергии в процессе производства и эксплуатации оборудования.

Например, на неконтролируемые выбросы и потребление энергии в процессе производства хладагентов R134a и R404A, как правило, приходится около 1 % ПГП, что существенно меньше погрешности при вычислении LCCP стационарного оборудования.

В силу требования контролировать выбросы парниковых газов, установленного Киотским протоколом, необходим постоянный тщательный расчет и оценка видов деятельности,

условием ведения которых является энергопотребление. Многие из них могут сопровождаться выбросом не одного, а нескольких парниковых газов. ОКЭП предназначен для вычисления общего объема выбросов парниковых газов конкретных видов оборудования, в данном случае холодильного и климатического. Следует отметить, что наибольший вклад стационарного холодильного и климатического оборудования в глобальное потепление обеспечивается в процессе производства электроэнергии для питания этого оборудования.

Однако вычисление ОКЭП зависит от большого числа допущений относительно производительности оборудования и требует учета типовых решений, свойств хладагента и КПД производства электроэнергии.

У этих значений высокий уровень неопределенности. В частности, значения ППП хладагентов определяются с достаточно большой погрешностью. В связи с этим следует помнить, что небольшие различия в оценке ОКЭП могут не представлять значения.

Сюда же входят рекомендации по проведению анализа чувствительности (то есть верхнего и нижнего порога) и обеспечению достоверности сравнения, которые следует учитывать для максимально эффективного использования оценки ОКЭП. Следует подчеркнуть, что действительное значение представляет сравнение ОКЭП систем с одинаковым назначением и функциями. Мало смысла в сравнении, например, значений ОКЭП бытового холодильника и прилавка-витрины в супермаркете.

Действующие системы

ОКЭП действующей холодильной системы можно определить на основании данных о фактическом потреблении хладагента и энергии (как правило, в течение года). Однако целью настоящего проекта является использование эмпирических данных о действующих системах для создания модели применения оценки ОКЭП на этапе проектирования, что поможет выбрать оптимальный вариант и инвестировать в технологии с низким уровнем выбросов.

Допущения

Коэффициенты пересчета, представленные в настоящем докладе для различных отраслей, отражают современные технологии и передовые промышленные методы, используемые в новых стационарных установках. Коэффициенты могут изменяться и при необходимости обновляться.

Основной метод вычисления ОКЭП очевиден и прост в применении. Примеры простых и сложных парокомпрессионных холодильных установок, используемых в автономных прилавках-витринах и системах охлаждения супермаркетов, приводятся в Приложении Б.

Более подробные модели этих примеров будут представлены в табличном формате, что позволит пользователям проводить дальнейший анализ. Приведенные принципы могут применяться по отношению к другим типам оборудования, в том числе к установкам кондиционирования воздуха, охлаждения по ходу технологического процесса и в холодильных складах.

Метод вычисления

Данный метод предназначен для вычисления ОКЭП новых стационарных парокомпрессионных холодильных и климатических систем, электроснабжение которых осуществляется через электросеть.

Ниже представлен метод вычисления ОКЭП:

$$\begin{aligned} \text{ОКЭП} &= \text{ПГП прямых выбросов (утечек хладагента, в том числе из} \\ &\text{оборудования с истекшим сроком эксплуатации)} + \text{ПГП не прямых} \\ &\text{выбросов (во время эксплуатации)} \\ &= (\text{ПГП} \times m \times L_{\text{год}} \times n) + (\text{ПГП} \times m \times (1 - \alpha_{\text{извл}})) + (E_{\text{год}} \times \beta \times n) \end{aligned}$$

Где:

ПГП	= потенциал глобального потепления хладагента в эквиваленте CO ₂ (ПГП CO ₂ = 1)
L _{год}	= объем утечек в год (кг)
n	= срок эксплуатации системы (годы)
M	= количество хладагента в системе (кг)
α _{извл}	= коэффициент извлечения/переработки (0–1)
E _{год}	= годовое энергопотребление (кВт·ч в год)
β	= объем не прямых выбросов (кг CO ₂ на 1 кВт·ч)

Формула вычисления ОКЭП приведена, в частности, в стандарте EN 378-1:2008 «Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Приложение Б». Если изоляция (например, прилавков-витрин) или другие компоненты холодильной или отопительной системы могут быть источником парниковых газов, ПГП этих газов должен быть включен в приведенную выше формулу.

Данный метод предназначен для прогнозной оценки значений ОКЭП новых систем, сравнение которых будет достаточно достоверным даже в случае подготовки разными специалистами. Для вычисления нижнего и верхнего порога значений ОКЭП и определения ожидаемого диапазона рекомендуется проводить анализ чувствительности.

Данные для расчетов

Прямые выбросы

Прямые выбросы холодильного и климатического оборудования подразделяются на четыре основных типа:

- Постепенные утечки при нормальных условиях эксплуатации;
- Критические утечки при нормальных условиях эксплуатации;
- Утечки во время обслуживания и текущего ремонта;
- Утечки по окончании срока службы оборудования.

D) Примеры расчета

Автономный прилавок-витрина для розничной торговли

В приведенном ниже простом примерном расчете сравниваются три варианта оборудования с разными уровнями производительности и хладагентами. Расчет ОКЭП автономного прилавка витрины для розничной торговли очень прост, так как у него нет вспомогательных агрегатов и годовое энергопотребление можно определить, основываясь на энергетических характеристиках, предоставленных изготовителем.

Спецификация	
Тип	Морозильная камера Низкотемпературная камера одинарной ширины (классификация AS 1731, RS13)
Полная площадь витрины	1 м ²
Место расположения	Кондиционируемое торговое пространство Коэффициент выбросов при выработке электроэнергии = 1,23 кг в СО ₂ -экв. на 1 кВт·ч
Срок эксплуатации	10 лет
Вспомогательное оборудование	Отсутствует Автоматическое оттаивание входит в общий объем энергопотребления
Вариант 1	
Хладагент	R404A, ПГП 100 (Третий доклад об оценке) = 3 784
Количество хладагента	380 г, объем утечки — 1 % в год, сбор хладагента по окончании срока эксплуатации оборудования — 70 %
Энергопотребление	Соответствует минимальным стандартам энергоэффективности (MEPS) = 8,00 кВт·ч в день на 1 м ²
Годовое энергопотребление	3 884 кВт·ч в год
Прямые выбросы (в том числе из оборудования с истекшим сроком эксплуатации)	= (ПГП × m × L _{год} × n) + (ПГП × m × (1 - α _{извл})) = (3 784 × 0,38 × 0,01 × 10) + (3 784 × 0,38 × 0,3) = 589 кг
Непрямые выбросы	(E _{год} × β × n) = 3 884 × 1,23 × 10 = 47 768 кг
ОКЭП	48.4 метрических тонн в СО ₂ -экв.

Вариант 2	
Хладагент	R404A, ПГП 100 (Третий доклад об оценке) = 3 784
Количество хладагента	380 г, объем утечки — 1 % в год, сбор хладагента по окончании срока эксплуатации оборудования — 70 %
Энергопотребление	Соответствует стандартам максимальной энергоэффективности (NEPS) = 5.90 кВт·ч в день на 1 м ²
Годовое энергопотребление	2 864 кВт·ч в год
Прямые выбросы (в том числе из оборудования с истекшим сроком эксплуатации)	Аналогично предыдущему 589 кг
Непрямые выбросы	(E _{год} × β × n) = 2 864 × 1,23 × 10 = 35 229 кг
ОКЭП	35.8 метрических тонн в CO ₂ -экв.
Вариант 3	
Хладагент	Углеводород (пропан, R-290)
Количество хладагента	320 г, ПГП 0
Энергопотребление	Соответствует минимальным стандартам энергоэффективности (MEPS) = 8,00 кВт·ч в день на 1 м ²
Годовое энергопотребление	3 884 кВт·ч в год
Прямые выбросы (в том числе из оборудования с истекшим сроком эксплуатации)	0 кг
Непрямые выбросы	Аналогично варианту 1: 47 768 кг
ОКЭП	47,8 метрических тонн в CO ₂ -экв.
Примечание: ОКЭП модели на хладагенте R290 с энергопотреблением, соответствующим NEPS, будет равняться 35,2 метрическим тоннам в CO ₂ -экв.	

Система охлаждения супермаркета

Вариант 1. Традиционная система непосредственного испарительного охлаждения с низкой тепловой нагрузкой. Оснащена 3–4 компрессорными агрегатами на R404A (200 кг на агрегат). Температура насыщения всасываемых паров (SST) -30°C . Один агрегат сателлитный (SST -35°C). Каждый средне- и высокотемпературный агрегат оснащается 3–4 поршневыми компрессорами на R404A (по 400 кг). SST агрегатов составляет от -10 до -5°C в зависимости от условий работы и нагрузки. Подобная система оснащается одинаковыми для всех вариантов исполнения конденсаторами с воздушным охлаждением, вентиляторами переменного тока с регулируемой частотой вращения, испарителями с электронно-управляемыми вентиляторами, лампами и оттаивателями.

Вариант 2. Традиционная система непосредственного испарительного охлаждения, в которой для средних и высоких температур используется R134a. Схожа с вариантом 1, за исключением средне- и высокотемпературного агрегатов, которые заправляются хладагентом R134a (по 440 кг, что на 10 % больше, чем при использовании R404A).

Вариант 3. Гибридная холодильная система непосредственного испарительного охлаждения с низкотемпературным контуром на CO_2 и средне- и высокотемпературном — на R134a. Оснащается каскадным агрегатом непосредственного испарительного с низкотемпературным контуром на CO_2 и средне- и низкотемпературным — на R134a (500 кг хладагента на агрегат, то есть всего 1 000 кг).

Вариант 4. Гибридная холодильная система (непосредственного испарительного охлаждения на CO_2 и летучем вторичном хладагенте). Оснащается каскадным агрегатом непосредственного испарительного низкотемпературного охлаждения на CO_2 . Средне- и высокотемпературные агрегаты на летучем вторичном хладагенте R134a (общий вес 300 кг) находятся в машинном зале.

В таблице 8 представлен пример использования перечисленных вариантов для супермаркета с торговым залом площадью $2\,500\text{ м}^2$ для номинальной холодопроизводительности 40, 120 и 135 кВт при низкой, средней и высокой температуре соответственно.

Оценка выбросов системы охлаждения супермаркета на основе указанных параметров

Варианты	Описание	Объем выбросов (т в CO_2 -экв)		
		Прямые выбросы	Непрямые выбросы	Всего
Вариант 1	Традиционная система непосредственного испарительного охлаждения; низкая, средняя и высокая температура, R404A	8,523	11,024	19,547
Вариант 2	Традиционная система непосредственного	4,221	9,749	13,970

	испарительного охлаждения; средняя и высокая температура, R134a			
Вариант 3	Гибридная система непосредственного испарительного охлаждения с CO ₂ в низкотемпературном и R134a в средне- и высокотемпературном контуре	2,860	11,063	13,923
Вариант 4	Гибридная система непосредственного испарительного охлаждения; CO ₂ и летучий вторичный хладагент	860	11,290	12,150
Параметры и допущения				
Срок эксплуатации оборудования		10 лет		
Доля извлеченного хладагента		95%		
Годовой объем утечек		12.5%		
Потребление энергии и объем выбросов		1,23 кг в CO ₂ -экв. на 1 кВт·ч		
<p>Подробное описание моделей компрессора и условий эксплуатации (расчетные температуры насыщения всасываемых паров, температуры насыщения конденсации и пр.) см. в таблице.</p>				