

Дополнение 1

Первый предварительный отчет о ходе работ

Типичные системы, шаблоны данных и инструкции по проверке

Основные сведения

Проект направлен на разработку долгосрочной стратегии вывода из обращения ГХФУ, которая позволит снизить воздействие на климат, в соответствии с решением XIX/6 и стратегическими целями ГЭФ-4 и ГЭФ-5. В силу этого для целей инвестиционного компонента предлагается комплексный подход к оценке альтернатив ГХФУ для вывода из обращения ОРВ с использованием альтернатив, не являющихся ГФУ. В этой связи необходимо провести подробный анализ воздействия технических альтернатив на климат на протяжении срока службы, в частности, в холодильном и климатическом секторе, с учетом потенциального благотворного влияния на климат в результате перехода на более энергоэффективные технологии.

В качестве основы сравнительного анализа влияния на климат на протяжении срока службы в Российской Федерации будет использоваться модель, предложенная секретариатом МФМП в документе UNEP/OZL.Pro/ExCom/59/51/Add.1.

В состав исходных данных входят данные, запрашиваемые для инвестиционного проекта и инвестиционной деятельности по планам вывода ГХФУ из обращения и полным проектам. Эти данные включают в себя название компании, заменяемого ГХФУ, число производимых единиц оборудования, количество используемого ГХФУ и т.п.

В результате будут получены два пакета данных:

- (а) Перечень альтернатив, перечисленных в порядке возрастания влияния на климат, с дополнительной информацией об относительных отличиях от заменяемого ими ГХФУ. В процессе принятия решения данный перечень позволяет применять технологию, расположенную выше других в списке, но все же допускающую применение в конкретном случае. Секретариат решил включить в список все технологии, даже те, практическое применение которых нецелесообразно, чтобы исключить возможность необдуманного решения о том, какие технологии могут быть применены, а какие – нет.
- (б) Результаты расчетов по ряду альтернатив, которые могут быть отобраны во время ввода данных. Для каждой альтернативы приводится дополнительная информация. Обе модели (для сектора холодильного оборудования и для сектора пеноматериалов) зависят от доступных исходных данных по стране, в которой производится переход. Это данные о годовых колебаниях температуры воздуха и объеме выбросов CO₂ при выработке электричества.

В обеих моделях рассчитывается влияние на климат общего количества произведенных за год товаров с учетом полного срока службы оборудования. При этом исходят из допущения, что по истечении срока службы оборудования ГХФУ не будут извлечены. По мере получения результатов исследования утилизации ОРВ допущение корректируется.

В обеих моделях предусмотрена возможность улучшения характеристик продукции с целью снижения ее влияния на климат.

Предварительная оценка индикатора воздействия на климат, разработанного Многосторонним фондом Монреальского протокола

Индикатор воздействия на климат (МСИ) разрабатывается МФМП с 2010 г. Отчет о ходе работ был представлен на 63-м Совещании Сторон Монреальского протокола, состоявшемся в ноябре 2011 г. на о. Бали.

Целью модели является облегчение принятия решений в рамках отдельного проекта по переходу (на уровне предприятия). В ней подсчитывается объем выбросов холодильной или климатической установки в течение срока эксплуатации как сумма прямых и непрямых выбросов, после чего это число умножается на количество установок, производимых за год. Этот промежуточный результат показывает степень воздействия на климат, оказываемого определенным производством за год. Для количественного сравнения разных вариантов оборудования используется процентное соотношение между оборудованием на базовой (на ГХФУ) и альтернативной технологиях.

В комплексных вычислениях (на уровне отрасли или страны) используется разница между этими двумя параметрами (абсолютные значения в тоннах в CO₂-экв.). Отрицательное значение МСИ означает уменьшение воздействия на климат по сравнению с оборудованием, работающим на основной технологии, а положительное, соответственно, – увеличение.

При подсчете объема прямых выбросов оборудования на ГХФУ и альтернативных хладагентах принимается во внимание множество факторов, связанных со сроком эксплуатации каждой единицы оборудования, а для их количественного выражения используются общие допущения. Количественное выражение выполняется для срока эксплуатации оборудования и сопоставляется со следующими факторами:

- (а) количество ГХФУ в оригинальной установке и количество хладагента в реализуемой альтернативной системе;
- (б) процентная доля выбросов в странах, перечисленных в статье 2 Монреальского протокола (развитые страны), на момент производства систем, собираемых и заправляемых на заводе;
- (в) стандартный годовой объем выбросов среднестатистической установки с учетом типа холодильного или климатического оборудования и места сборки (на предприятии или в месте эксплуатации);
- (г) средний срок службы каждой установки с учетом типа холодильного или климатического оборудования и места сборки (на предприятии или в месте эксплуатации);
- (д) количество хладагента, извлекаемого по истечении срока эксплуатации оборудования (в настоящее время для стран, перечисленных в статье 5 Монреальского протокола (развивающиеся страны), принят равным нулю), как показано в таблице 1;
- (е) воздействие на климат в течение ста лет, рассчитанное на основе потенциала глобального потепления (ПГП).

Таблица 1. Допущения для расчета годового объема выбросов и срока эксплуатации оборудования с использованием МСII

| Входные параметры | Кондиционеры, собираемые на предприятии | Кондиционеры, собираемые на месте эксплуатации | Промышленные холодильники, собираемые на предприятии | Промышленные холодильники, собираемые на месте эксплуатации | Промышленные морозильники, собираемые на предприятии | Промышленные морозильники, собираемые на месте эксплуатации |
|--|---|--|--|---|--|---|
| Хладагент | R22 | R22 | R22 | R22 | R22 | R22 |
| Срок эксплуатации | 10 | 10 | 10 | 14 | 10 | 14 |
| Объем утечек во время производства | 2 % | 0 % | 2 % | 0 % | 2 % | 0 % |
| Годовой объем утечек за время эксплуатации | 2 % | 5 % | 2 % | 25 % | 2 % | 25 % |
| Объем повторной загрузки хладагента | 55 % | 55 % | 55 % | 55 % | 55 % | 55 % |
| Доля хладагента, извлекаемого по истечении срока эксплуатации оборудования | 0 % | 0 % | 0 % | 0 % | 0 % | 0 % |

Адаптация МСII для России

По согласованию с Секретариатом ГЭФ в России последовательность сравнения на концептуальном уровне следует обеспечивать посредством проведения оценки жизненного цикла оборудования по МСII (индикатору воздействия на климат МФМП). Анализ статуса МСII ясно показывает, что в некоторых областях следует переработать и усовершенствовать модель и методологию МСII таким образом, чтобы повысить практическую применимость средств оценки воздействия на климат, предназначенных для использования в ходе постепенного вывода ГХФУ из обращения в России.

В основу МСII положена теоретическая термодинамика. При помощи ее законов и знаний о термофизических свойствах альтернативных хладагентов моделируется производительность существующих холодильных систем на ГХФУ-22 и создаются сравнительные модели для альтернативных хладагентов, не содержащих ГХФУ. Несмотря на надежность этого метода для сравнения относительной производительности альтернативных технологий, он не всегда обеспечивает достаточно точный анализ фактического воздействия на климат. Это связано с тем, что очень немногие системы работают в соответствии с теоретической моделью, а также с существенным влиянием условий эксплуатации на уровень воздействия системы на климат.

Секретариат МФМП указывает на невозможность сбора данных по всем странам в объеме, достаточном для создания модели фактической производительности, и, следовательно, теоретическое сравнение является наиболее осуществимым способом разработки критериев

оценки. Однако в ходе реализации одобренного ГЭФ проекта в Российской Федерации имеются намерение и необходимость не только определить степень воздействия альтернативных хладагентов на климат, но и показать, насколько благоприятен переход с этой точки зрения. МСII в его современном виде не подходит для достижения этой цели.

При моделировании нагрузок с помощью МСII используется базовая частота температуры, что достаточно для сравнения, но дает менее точную оценку фактического энергопотребления, чем более дискретные данные. Для такой большой страны, как Россия, это особенно важно. Поэтому для оценки годовой нагрузки и производительности систем более целесообразно использовать данные о градусо-сутках.

Также в модели МСII не всегда учитывается модификация системы в соответствии с более высокими требованиями, так как схема финансирования МФМП основана на переходе к аналогичному оборудованию. В проекте ГЭФ применяется другой подход, предусматривающий поиск дополнительных способов усовершенствования оборудования для обеспечения его максимальной энергоэффективности.

В целом концепция МСII целесообразна с точки зрения проведения теоретического сравнения альтернативных технологий, но не подходит для оценки фактического воздействия на климат существующих систем.

Таким образом, в оценку жизненного цикла оборудования в России следует включать опытные данные, что позволит более точно проанализировать фактическую производительность систем. Для этого необходим анализ перед началом и после окончания работы системы, а также сбор опытных технических и эксплуатационных данных как можно большего количества типичных систем.

Типичное оборудование в России

Модель МСII предусматривает 6 категорий оборудования, которые должны охватывать большинство базовых систем. Наш анализ показывает, что для поддержки принятия решений в России необходим более широкий выбор систем. Мы выделили следующие типичные виды оборудования:

1. холодильное оборудование для супермаркетов;
2. промышленные холодильные системы (чиллеры);
3. системы для пищевой промышленности;
4. крупномасштабные системы кондиционирования воздуха;
5. полупромышленные системы кондиционирования воздуха;
6. бытовые системы кондиционирования воздуха.

В таблицах ниже приведены примеры типичных видов оборудования, выбранных для проекта, и основные параметры проверки.

Типичные системы: шаблоны данных

Холодильное оборудование для супермаркетов

Приблизительное количество систем в России: 6,4 млн шт.

Европейский передовой опыт

Изолированные модульные высоко- и низкотемпературные холодильные установки непосредственного испарения на R744, оборудованные конденсаторами с воздушным охлаждением, поршневыми компрессорами и терморегулирующими вентиллями.

Исходные данные по России

На долю супермаркетов приходится около 25–30% торговых площадей.

По оценкам, в России только 4 % витрин оснащены центральными системами охлаждения, остальные автономны. Таким образом, общая производительность систем низкая.

Энергоэффективность может быть повышена за счет увеличения доли систем удаленного охлаждения.

Это основной резерв повышения энергоэффективности. Применение систем удаленного охлаждения иногда позволяет понизить потребность в системах поддержания нормальных параметров электроснабжения.

Целевое повышение эффективности, %

30 %

Расчетные рабочие параметры

Температура окружающей среды: 30 °С

Температура конденсации: 33 °С

Давление на выбросе: 90 бар

Температура испарения высокотемпературного контура: -8 °С

Давление испарения высокотемпературного контура: 28 бар

Тепловая нагрузка высокотемпературного контура: 100 кВт

Температура испарения низкотемпературного контура: -30 °С

Давление испарения низкотемпературного контура: 14 бар

Тепловая нагрузка низкотемпературного контура: 35 кВт

Среднегодовое потребление электроэнергии (кВт·ч)

9,8 млрд кВт·ч

Тепловой коэффициент (COP) при расчетных рабочих параметрах

Передовой опыт: Высокотемпературный контур – 2,1, низкотемпературный контур – 1,2;

Россия: Высокотемпературный контур – 1,57, низкотемпературный контур – 0,9.

На выходе компрессора можно восстанавливать большое количество полезной теплоты. Эта возможность предусмотрена в последних моделях, где используется более целостный подход к проектированию инженерных сетей супермаркетов. Данные по тепловому коэффициенту (COP) представлены для летних расчетных температур. Данные COP для среднегодовых температур выглядят более привлекательно. Под COP понимается COP компрессора. В этом показателе не учитывается потребление энергии вспомогательного оборудования. При использовании более производительных систем уменьшается нагрузка на подкачивающее устройство низкого давления, обслуживающего одноступенчатый компрессор, либо наблюдается иное улучшение показателей COP низкотемпературного контура.

Пищевая промышленность и хранение продуктов питания

Приблизительное количество систем в России: 35 тыс шт.

Европейский передовой опыт

Централизованные установки на R717, оборудованные винтовыми компрессорами, обдуваемыми испарительными конденсаторами и пластинчатыми испарителями затопленного типа с поплачковыми регулирующими вентилями низкого давления, работающие на растворе этиленгликоля или диоксида углерода.

Исходные данные по России

Многие склады для хранения пищевых продуктов были построены в течение последних пяти лет; около 40–50 % из них оснащены компрессорами Bitzer. С другой стороны, около 30 % складов были построены во времена Советского Союза и оснащены низкоэффективными холодильными системами на R12, R22 и R11. В силу необходимости круглогодично поддерживать низкую температуру это крупнейшие потребители энергии, на чью долю приходится около 50 % общего энергопотребления отрасли. В настоящее время старые холодильные установки заменяются более современными, в которых используются хладагенты R404 и R134a, а COP составляет 3,1.

Целевое повышение эффективности, %

30 %

Расчетные рабочие параметры

Температура окружающей среды: 30 °C

Температура конденсации: 23 °C

Давление на выбросе: 9,5 бар

Температура испарения высокотемпературного контура: -10 °C

Давление испарения высокотемпературного контура: 2,9 бар

Тепловая нагрузка высокотемпературного контура: 200 кВт

Температура испарения низкотемпературного контура: -30 °C

Давление испарения низкотемпературного контура: 1,2 бар

Тепловая нагрузка низкотемпературного контура: 200 кВт

Среднегодовое потребление электроэнергии (кВт·ч)

36,8 млрд кВт·ч

Тепловой коэффициент (COP) при расчетных рабочих параметрах

Передовой опыт: 3,5

Россия: 2,2

Примечания

Установка для хранения замороженных продуктов или вентиляторный замораживатель с холодным складом. Под COP понимается COP компрессора. В этом показателе не учитывается потребление энергии вспомогательного оборудования.

Промышленные холодильные системы (чиллеры)

Приблизительное количество систем в России: 1,5 тыс шт.

Европейский передовой опыт

Централизованные установки на R717, оборудованные винтовыми компрессорами, обдуваемыми испарительными конденсаторами и пластинчатыми испарителями затопленного типа с поплавковыми регулирующими вентилями низкого давления, работающие на охлажденной воде (5-8°C).

Исходные данные по России

В России представлен большой ассортимент промышленных чиллеров. Для технологического охлаждения часто применяются многоконтурные центробежные чиллеры, но также распространены крупные винтовые агрегаты. COP таких систем высокий, и в силу больших капитальных затрат для потребителей в этом сегменте прогнозируются незначительные модификации.

Целевое повышение эффективности, %

5 %

Расчетные рабочие параметры

Температура окружающей среды: 30 °C

Температура конденсации: 23 °C

Давление на выбросе: 9,5 бар

Температура испарения высокотемпературного контура: 2 °C

Давление испарения высокотемпературного контура: 4,63 бар

Тепловая нагрузка высокотемпературного контура: 500 кВт

Среднегодовое потребление электроэнергии (кВт·ч)

100 млн кВт·ч

Тепловой коэффициент (COP) при расчетных рабочих параметрах

Передовой опыт: 7,9

Россия: 4,2

Примечания

Высокопроизводительные промышленные установки водяного охлаждения, оснащенные мокрыми конденсаторами. Под COP понимается COP компрессора. В этом показателе не учитывается потребление энергии вспомогательного оборудования.

Крупномасштабные системы кондиционирования воздуха

Приблизительное количество систем в России: 19,5 тыс шт.

Европейский передовой опыт

Централизованные установки на R717, оборудованные конденсаторами с воздушным охлаждением, поплавковыми регулирующими вентилями низкого давления, пластинчатыми испарителями затопленного типа и распределительными системами на водном растворе этиленгликоля.

Исходные данные по России

Поскольку центральные кондиционеры получили распространение в России только в последние годы, от других стран они отличаются более современными конструкциями. Около 63 % всех систем изготовлены от года до шести лет тому назад. Для международных поставщиков Россия является основным рынком сбыта. Более 50 % рынка занято продукцией компаний Trane, York, Carrier и т. п., которые предлагают энергоэффективные системы. Продается большое количество чиллеров с хладагентом R410A, а также проводятся работы по модификации старых систем для работы на R407C. В некоторых предметных исследованиях отмечается увеличение COP с 2,5 до 2,65 за счет модификации оборудования. Средний COP чиллеров, проданных в 2007–2009 гг., – около 2,8–2,95. Текущие задачи заключаются в повышении эффективности за счет естественного охлаждения там, где это возможно, применении высокоэффективных центробежных чиллеров и ограничения ввоза из Китая устаревших чиллеров с хладагентом R22.

Целевое повышение эффективности, %

13 %

Расчетные рабочие параметры

Температура окружающей среды: 30 °C

Температура конденсации: 35 °C

Давление на выбросе: 13,7 бар

Температура испарения: 2 °C

Давление испарения: 4,63 бар

Тепловая нагрузка: 500 кВт

Среднегодовое потребление электроэнергии (кВт·ч)

4,2 млрд кВт·ч

Тепловой коэффициент (COP) при расчетных рабочих параметрах

Передовой опыт: 4,3

Россия: 2,5

Примечания

Высокопроизводительные установки водяного охлаждения, оборудованные сухими конденсаторами. Ограниченная площадь машинного зала часто не позволяет использовать более эффективные конденсаторы в этой отрасли. Под COP понимается COP компрессора. В этом показателе не учитывается потребление энергии вспомогательного оборудования.

Полупромышленные системы кондиционирования

Приблизительное количество систем в России: 600 тыс шт.

Европейский передовой опыт

Высокопроизводительные сплит-системы непосредственного испарения на R290.

Исходные данные по России

Большинство полупромышленных систем кондиционирования воздуха в России относительно современны: приблизительно две трети всех систем были установлены в течение последних пяти лет. В эксплуатации находится около 36 000 VRF-систем с моментальным показателем энергоэффективности (EER) около 3,2 и годовым потреблением энергии около 80 млн кВт·ч. Все большую популярность приобретают инверторные системы. По прогнозам, в течение пяти лет VRF-системы займут 50 % рынка.

Целевое повышение эффективности, %

6 %

Расчетные рабочие параметры

Температура окружающей среды: 30 °С

Температура конденсации: 38 °С

Давление на выбросе: 13,2 бар

Температура испарения: 5 °С

Давление испарения: 5,5 бар

Тепловая нагрузка: 30 кВт

Среднегодовое потребление электроэнергии (кВт·ч)

1,34 млрд кВт·ч

Тепловой коэффициент (COP) при расчетных рабочих параметрах

Передовой опыт: 5,6

Россия: 2,8

Примечания

За счет использования более эффективных компрессоров COP этих систем выше, чем у крупных систем кондиционирования. В настоящее время на рынке представлены тепловые насосы на R744, которые используются только для отопления. В ближайшие 2 года ожидается появление реверсивных отопительных/холодильных установок. Под COP понимается COP компрессора. В этом показателе не учитывается потребление энергии вспомогательного оборудования.

Бытовые системы кондиционирования воздуха

Приблизительное количество систем в России: 6,5 млн шт.

Европейский передовой опыт

Маломощные сплит-системы непосредственного испарения на R290.

Исходные данные по России

В России для выражения производительности кондиционеров используется не COP, а коэффициент энергоэффективности (EER). 90 % рабочего времени кондиционеров и тепловых насосов приходится на режим охлаждения. Используется около 1,5 млн оконных кондиционеров с EER около 2,1 и годовым потреблением энергии около 3 млн кВт·ч. В эксплуатации также находится около 350 000 мобильных кондиционеров с EER 2,2 и годовым потреблением энергии около 0,4 млн кВт·ч. Средняя EER оценивается как 2,1. Современные инверторные кондиционеры составляют относительно небольшую долю от общего количества.

Целевое повышение эффективности, %

19 %

Расчетные рабочие параметры

Среднегодовое потребление электроэнергии (кВт·ч)

12 млрд кВт·ч

Тепловой коэффициент (COP) при расчетных рабочих параметрах

Передовой опыт: 4,1

Россия: 3,47

EER

Передовой опыт: 3,65

Россия: 2,1

Примечания

В настоящее время на рынке представлены тепловые насосы на R744, которые используются только для отопления. В ближайшие 2 года ожидается появление реверсивных отопительных/холодильных установок. Под COP понимается COP компрессора. В этом показателе не учитывается потребление энергии вспомогательного оборудования.

Инструкция по проверке

Холодильные системы используются в самых разных условиях – в быту, торговле, на производстве. Все эти системы разрабатываются для выполнения одной основной задачи: передачи теплоты от среды с более низкой температурой (источник теплоты) к среде с более высокой температурой (источник холода) при помощи теплоносителя (хладагента). Так как этот процесс противоположен естественному направлению теплового потока, необходимы затраты энергии, как правило, электрической.

В зависимости от количества передаваемой теплоты стоимость охлаждения может быть значительной. Особую важность для контроля энергопотребления представляют потери энергии в системе, показанные на диаграмме Сэнки ниже. У холодильных систем довольно сложное устройство, и на их эффективность влияют условия эксплуатации. Система, рассчитанная на определенный максимальный или расчетная тепловая нагрузка, как правило, большую часть срока эксплуатации работает с частичной производительностью или частичной нагрузкой. Эффективность системы охлаждения может существенно изменяться в зависимости от нагрузки, что обуславливается используемыми методами контроля производительности.

Вследствие этого важно оценивать производительность и эффективность системы в диапазоне фактических нагрузок. Объем энергии, потребляемой системой охлаждения, пропорционален перепаду температур между источником теплоты и холода. Таким образом, снижение перепада температуры между охлаждаемой средой (например, охлаждаемым хранилищем) и температурой конденсации (например, в башенной градирне) оказывает заметное влияние на затраты энергии. Для оценки холодопроизводительности системы можно использовать различные измерительные приборы, например, ваттметр, термометр, психрометр или манометр.

Важной частью определения возможностей экономии энергозатрат холодильных систем является оценка фактического энергопотребления.

Два подхода к измерению производительности

Измерение производительности установки может представлять определенные сложности, и опыт показывает, что лучших результатов можно добиться при использовании двух дополняющих друг друга стратегий контроля:

Стратегия 1. Косвенная оценка неисправностей системы. Эта стратегия включает в себя оценку производительности отдельных частей системы, например, конденсаторов, необходимую для определения типов неисправностей, которые следует устранить. Этот подход, как правило, заключается в снятии текущих показателей (например, температуры и давления) и сравнении их с расчетными значениями. Понимая механизм взаимодействия различных измеряемых параметров, возможно обнаружить различные типы неисправностей установки. Эта стратегия может быть очень эффективной, так как с ее помощью можно определить точную причину энергопотерь. Ниже описаны типовые неисправности, которые можно диагностировать при помощи этой стратегии.

Стратегия 2. Прямой контроль производительности. Эта стратегия включает в себя измерение потребляемой мощности в течение довольно продолжительного периода

времени (например, недели) и оценку холодопроизводительности за этот же период, производимую либо путем прямого измерения, либо при помощи специальных расчетов. При использовании этой стратегии возможно получить полную картину динамики производительности системы. Подробное описание этой стратегии описано в разделе 5 настоящего руководства. В идеале следует применять обе стратегии, хотя первая требует меньше временных затрат и вложений в снятие показаний приборов.

Описанные стратегии основаны на таких же принципах, что и методы, часто используемые для контроля производительности котлов. Первая стратегия соответствует косвенным измерениям наподобие балансового испытания котла. В этом случае снимаются данные о температуре отработанного газа и содержании кислорода, на основе которых делается вывод о производительности котла. Результаты измерений могут указывать на наличие неисправностей, например, высокое содержание кислорода свидетельствует о слишком большом объеме воздуха для горения, а высокая температура отработанного газа – о загрязнении внутренней поверхности котла. Вторая стратегия заключается в измерении паропроизводительности и расхода топлива, на основе которых рассчитывают производительность котла. Такие измерения, как правило, производятся в течение довольно длительного периода времени (например, недели) при помощи соответствующих паро- и топливомеров. При снижении производительности ниже расчетных значений необходимо принять меры по устранению неисправности. Следует отметить, что стратегии измерения производительности котлов дополняют друг друга, поэтому рекомендуется применять обе стратегии. То же самое относится к измерению производительности холодильной установки.

| Оценка производительности холодильной системы | |
|--|-----------------------------------|
| Косвенная | Прямая |
| Зафиксированные данные | Комплексные опытные данные |
| Анализ компонентов системы | Анализ системы в целом |
| Определение неисправностей | Долгосрочный анализ |

Измеряемые данные

Ключевым моментом является соответствие измеряемых данных поставленной задаче. Требования к каждой стратегии свои. Холодильная установка, оснащенная достаточным числом контрольно-измерительных приборов, позволяет получить данные по текущему состоянию (температура, давление, сила тока и т. п.) и за длительный период времени (энергопотребление компрессора). Для первой стратегии необходимы текущие данные, для второй – за длительный период времени. Минимальные требования к измерениям, проводимым при применении первой стратегии (оценки установки по косвенным параметрам) представлены на рис. 2, основные параметры – в табл. 1.

Перечисленные ниже данные являются необходимым минимумом. Зачастую полезными оказываются дополнительные данные, например, давление и температура на выходе испарителя и входе конденсатора. Для верной интерпретации этих данных необходимы

проектные и пусковые данные, которые позволяют определить ожидаемое значение каждого параметра в различных условиях эксплуатации. Этот аспект рассматривается в разделе 4 и Приложении 5. Особую важность в оценке возможных неисправностей установки имеет измерение манометром давление хладагента на входе и выходе компрессора. При этом эксперты даже при использовании манометра принимают во внимание температуры испарения и конденсации. В Приложении 3 объясняется отношение между температурой и давлением в холодильной системе.

Основные параметры, необходимые для оценки производительности холодильной системы

Схема парокомпрессионного холодильного контура

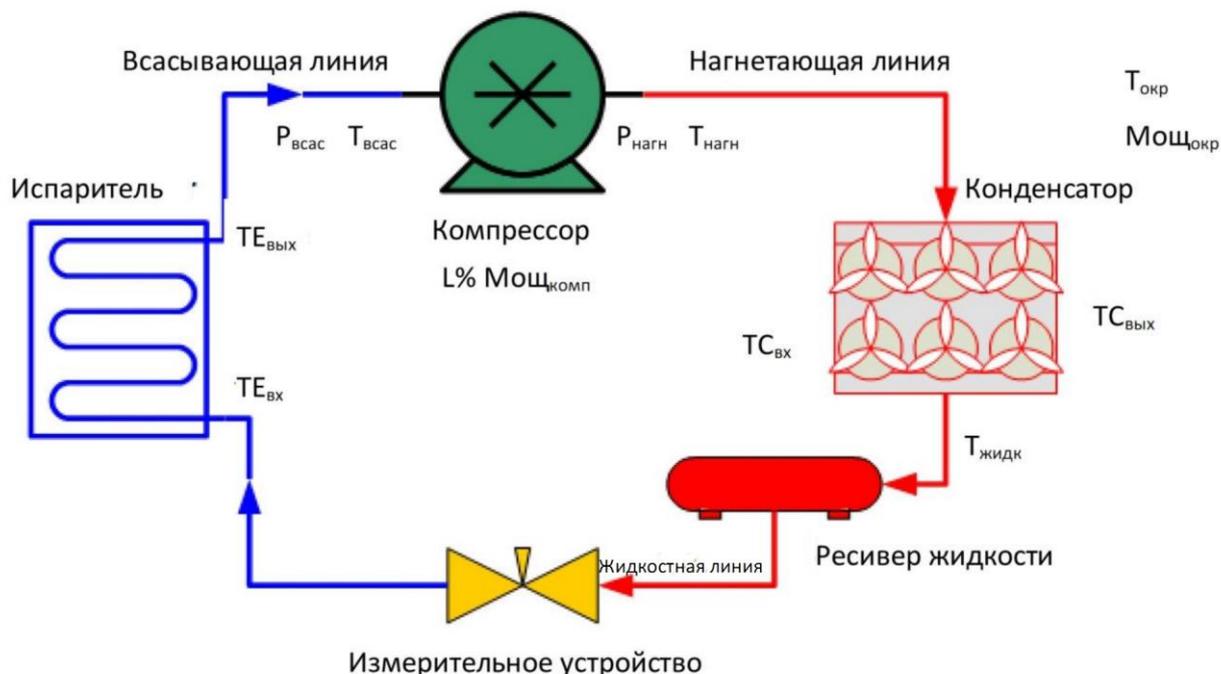


Таблица 1. Измерения мгновенных значений, необходимые для применения первой стратегии

| Параметр | Обозначение | Примечание |
|--|--|--|
| Температура тепловой нагрузки | $T_{вх}$ и $T_{вых}$ | Температура технологического потока на входе и выходе испарителя (например, входящего и выходящего воздуха складского охладителя или входящей и выходящей жидкости и чиллера). |
| Температура отвода теплоты | $T_{с_вх}$ и $T_{с_вых}$ | Температура жидкости на входе и выходе конденсатора (воздуха или охлаждающей воды). |
| Температура окружающей среды | $T_{окр}$ | Сухой термометр для конденсаторов с воздушным охлаждением, влажный термометр для испарительных конденсаторов или конденсаторов с водяным охлаждением. |
| Давление и температура на всасе и выходе компрессора | $P_{вс}$ и $P_{вых}$ $T_{вс}$ и $T_{вых}$ | Манометрическое давление на всасе и выходе компрессора. Фактическая температура паров хладагента пара там же. |
| Температура жидкого хладагента на выходе | $T_{жидк}$ | Температура жидкости в жидкостной линии между конденсатором и |

| | | |
|-------------------------------------|---------------|--|
| конденсатора | | ресивером и терморегулирующим вентилем. |
| Нагрузка установки | $L\%$ | Измеряется относительно нагрузки компрессора. |
| Потребляемая мощность или сила тока | M_C и M_A | Потребляемая мощность компрессора/компрессоров и основного вспомогательного оборудования (насосов и вентиляторов испарителя и конденсатора). |

Измерения, необходимые для применения второй стратегии (прямой контроль производительности):

1. Энергопотребление компрессора. Для измерения энергопотребления компрессора используется счетчик или счетчики киловатт-часов.
2. Энергопотребление вспомогательного оборудования. Для измерения энергопотребления вспомогательного оборудования используется счётчик киловатт-часов или другие методы. Оптимальным вариантом является измерение при помощи счетчика, однако многие вспомогательные устройства, например, насосы и вентиляторы, работают с постоянной нагрузкой. Таким образом, в качестве дешевой альтернативы применяются счетчики отработанного времени и оценивается энергопотребление (например, путем измерения тока портативным тестером и преобразования полученных данных в мощность, а затем с помощью данных о рабочем времени – в количество потребленной энергии).
3. Суммарное энергопотребление. Иногда проще всего измерить энергопотребление компрессора и вспомогательного оборудования вместе. Выбор зависит от расположения проводки на месте, однако, как правило, стоит также измерить энергопотребление самого компрессора.
4. Метеорологические условия. Необходимо определить среднюю температуру окружающей среды. Для конденсаторов с воздушным охлаждением температура измеряется по сухому термометру. Для испарительного конденсатора или конденсатора с водяным охлаждением с башенной градирней среднюю температуру измеряют по влажному термометру.
5. Тепловая нагрузка. Измеряют холодопроизводительность.