ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 56917— 2016

ИЗМЕРЕНИЕ И ВЕРИФИКАЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Определение экономии энергетических ресурсов при эксплуатации отдельных видов оборудования (метод изоляции зоны модернизации)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2016

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Ассоциацией энергосервисных компаний «РАЭСКО», Автономной некоммерческой организацией в области технического регулирования и аккредитации «ВНИИНМАШ» (АНО «ВНИИНМАШ»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 039 «Энергосбережение, энергетическая эффективность, энергоменеджмент»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 апреля 2016 г. № 283-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0—2012 (раздел 8). Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомления и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.gost.ru)

© Стандартинформ, 2016

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Применение метода изоляции зоны модернизации 2
5 Применение метода изоляции зоны модернизации для систем вентиляции 2
6 Применение метода изоляции зоны модернизации для систем кондиционирования 7
7 Применение метода изоляции зоны модернизации для холодильных установок 12
8 Применение метода изоляции зоны модернизации для насосного оборудования 19
9 Библиография 25

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ИЗМЕРЕНИЕ И ВЕРИФИКАЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Определение экономии энергетических ресурсов при эксплуатации отдельных видов оборудования (метод изоляции зоны модернизации)

Measurement and verification of energy efficiency.
Determination of energy savings in the operation of certain types of equipment (method of retrofit isolation)

Дата введения — 2017—07—01
с правом досрочного применения

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает методы определения экономии энергетических ресурсов (энергетической эффективности) при эксплуатации отдельных видов инженерного оборудования зданий в целях измерения и верификации энергетической эффективности в рамках применения метода изоляции зоны модернизации.

Настоящий стандарт устанавливает методы определения энергетической эффективности следующего инженерного оборудования зданий:

- систем вентиляции;
- систем кондиционирования;
- систем охлаждения (холодильных установок);
- насосного оборудования.

Настоящий стандарт устанавливает:

- условия и методы определения энергетической эффективности выполнения проектов в области внедрения энергоэффективного инженерного оборудования зданий, которые могут быть применены заказчиками, исполнителями проектов и финансовыми организациями;
- методы определения энергетической эффективности отдельных видов инженерного оборудования зданий в целях измерения и верификации энергетической эффективности в рамках применения метода изоляции зоны модернизации, включая проведение расчетов.

Настоящий стандарт не содержит положений о формировании плана по измерению и верификации энергетической эффективности или иные общие вопросы. Данные вопросы рассмотрены в стандарте, содержащем общие положения по измерению и верификации энергетической эффективности.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использована нормативная ссылка на следующий стандарт:

ГОСТ Р ИСО 5725-1—2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения и определения

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на кото-

Издание официальное

рый дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р ИСО 5725-1, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **вентилятор:** Устройство для перемещения газообразной среды с двумя или более лопатками или лопастями, прикрепленными к вращающемуся валу.

3.2 **кондиционер:** Комплекс оборудования для одновременного регулирования температуры, влажности и чистоты воздуха и распределения последнего в соответствии с заданными параметрами.

3.3 **насос:** Машина по передаче энергии среде, выполняющей работу по перемещению среды внутри себя от входного устройства до выходного.

3.4 **сплит-система кондиционирования:** Система кондиционирования воздуха с более чем одним агрегатом, как правило внутреннего и наружного размещения, соединенных между собой трубами, по которым циркулирует хладон.

3.5 **холодильная установка:** Машина или установка, предназначенная для искусственного снижения и поддержания пониженной температуры окружающей среды в заданном охлаждаемом объекте за счет теплопередачи.

4 Применение метода изоляции зоны модернизации

4.1 Применение метода изоляции зоны модернизации осуществляют в соответствии со стандартом, содержащим общие положения по измерению и верификации энергетической эффективности.

4.2 В целях определения энергетической эффективности отдельных видов инженерного оборудования зданий рекомендуется составить план по измерению и верификации энергетической эффективности.

4.3 Вопросы, связанные с проведением стандартных и нестандартных корректировок и определения уровня точности и достоверности полученных значений достигнутой экономии энергетической эффективности, не являются предметом настоящего стандарта и не рассматриваются в нем.

5 Применение метода изоляции зоны модернизации для систем вентиляции

5.1 Общие положения

5.1.1 В целях применения метода изоляции зоны модернизации для вентиляторов рекомендуется провести измерения производительности (объемного расхода) вентилятора, $м^3/с$, совпадающей по времени потребляемой мощности, перепад давления и скорость вращения рабочего колеса в определенных условиях эксплуатации.

5.1.2 Дополнительно рекомендуется провести измерения температуры и давления воздуха (газообразной среды) для проверки характеристик вентилятора. Это позволит при необходимости внести коррективы в расчеты экономии энергетических ресурсов.

5.1.3 Требования к документированию следующих данных и сведений до начала измерений и рекомендации являются общими для всех методов.

5.1.3.1 Должны быть задокументированы следующие данные вентилятора:

- производитель;
- тип;
- размер;
- серийный номер вентилятора.

Рекомендуется запросить характеристики вентилятора у производителя. Если характеристики вентилятора невозможно получить у производителя, способ, описанный в 5.2.2, не может быть применен.

5.1.3.2 Должны быть задокументированы следующие данные вентиляционной системы:

- размеры;
- физическое состояние вентилятора и его корпуса.

Необходимо задокументировать размеры и физическое состояние на входе и выходе воздуховодов, расположение существующих соединений для измерения давления, местонахождение и описание катушки, фильтров или другого оборудования, примыкающего к вентилятору.

5.1.3.3 Должны быть задокументированы следующие данные двигателя:

- производитель;
- тип;
- размер;
- серийный номер двигателя.

Также необходимо задокументировать в табличке двигателя его напряжение, силу тока и мощность.

5.1.3.4 Должны быть задокументированы следующие данные и сведения о двигателе и приводе:

- размеры;
- физическое состояние двигателя.

Необходимо задокументировать тип, размеры и физическое состояние приводного узла.

5.1.3.5 Должны быть задокументированы данные о поверке и калибровке. В случае необходимости следует поверить и откалибровать все измерительное оборудование или представить доказательства текущей (действующей) поверки и калибровки в соответствии с нормативными требованиями.

5.1.3.6 Должны быть задокументированы сведения об используемом измерительном оборудовании. Следует выбрать (записать название, тип, марку, серию и т. д.) и подключить измерительное оборудование в соответствии с правилами его эксплуатации.

5.1.3.7 Должны быть задокументированы сведения об эксплуатации вентилятора. Следует установить и проверить предписанные условия эксплуатации и правильную работу вентилятора и измерительного оборудования перед проведением измерений.

5.1.3.8 Должны быть задокументированы сведения о точности измерений. Отклонения в значениях, полученных с помощью измерительного оборудования, должны быть в согласованных пределах в требуемых контрольных точках.

5.1.4 Методы определения энергетической эффективности вентиляторов приведены в таблице 1. Различные методы могут быть использованы для каждого типа вентиляторов в зависимости от имеющихся ресурсов.

Таблица 1 — Методы определения энергетической эффективности вентиляторов

Метод определения	Для вентиляторов с постоянным объемом перекачиваемой среды	Для вентиляторов с переменным объемом перекачиваемой среды без системы контроля (управления) вентилятором
«Одноточечное» определение	✓	
«Одноточечное» определение с данными производителя		
«Многоточечное» определение с заданной нагрузкой		✓
«Многоточечное» определение с заданной нагрузкой и делением на зоны	✓	
«Многоточечное» определение через кратковременное наблюдение		✓

5.2 Определение энергетической эффективности вентиляторов

5.2.1 Метод «одноточечного» определения

5.2.1.1 Метод «одноточечного» определения применяют для вентиляторов с постоянным объемом перекачиваемой среды и используют для подтверждения рабочих характеристик вентилятора в определенных условиях эксплуатации и соответствующих ему графиков работы.

5.2.1.2 Для использования метода «одноточечного» определения проводят измерение следующих параметров:

- производительность (объемный расход) вентилятора;
- совпадающее по времени значение потребляемой мощности;
- перепад давления;

- скорость вращения рабочего колеса.

Измерения проводят при типичных условиях эксплуатации вентилятора.

5.2.1.3 Метод «одноточечного» определения состоит в следующем:

- вентилятор запускают в работу при типичных условиях эксплуатации;
- проводят измерение давления на входе и давления на выходе вентилятора или (предпочтительно) перепада давления;
- проводят измерение производительности (объемного расхода) вентилятора;
- проводят измерение совпадающего по времени значения потребляемой мощности;
- проводят измерение скорости вращения рабочего колеса;
- производят подсчет характеристик вентилятора и энергетических характеристик.

5.2.2 Метод «одноточечного» определения с данными производителя

5.2.2.1 Метод «одноточечного» определения с данными производителя применяют для вентиляторов с переменным объемом перекачиваемой среды без системы контроля (управления) вентилятором.

5.2.2.2 Для использования метода «одноточечного» определения с данными производителя проводят измерение следующих параметров:

- производительность (объемный расход) вентилятора;
- совпадающая по времени потребляемая мощности;
- перепад давления;
- скорость вращения рабочего колеса.

Измерения проводят при типичных условиях эксплуатации.

5.2.2.3 При определении энергетической эффективности вентилятора с помощью данного метода используют данные, полученные с помощью непосредственных измерений, и данные, полученные у производителя (вентилятора, двигателя, приводного узла и т. д.), для определения потребляемой мощности при других условиях работы, отличных от типовых условий.

5.2.2.4 Если в процессе использования данного метода полученные результаты имеют отклонение более, чем на 5 % от заявленного производителем графика работы вентилятора, должны быть использованы методы, описанные в 5.2.3 и 5.2.4.

5.2.2.5 Метод «одноточечного» определения с данными производителя состоит в следующем:

- получают характеристики работы (графики работы) вентилятора у производителя;
- вентилятор запускают в работу при существующих типичных условиях эксплуатации;
- проводят измерение давления на входе и давления на выходе вентилятора или перепада давления (предпочтительно);
- проводят измерение производительности (объемного расхода) вентилятора;
- проводят измерение совпадающей по времени потребляемой мощности;
- проводят измерение скорости вращения рабочего колеса;
- производят подсчет характеристик вентилятора и энергетических характеристик.

5.2.3 Метод «многоточечного» определения с заданной нагрузкой

5.2.3.1 Метод «многоточечного» определения с заданной нагрузкой применяют для вентиляторов с переменным объемом перекачиваемой среды без системы контроля (управления) вентилятором.

5.2.3.2 Для использования метода «многоточечного» определения с заданной нагрузкой проводят измерение следующих параметров:

- производительность (объемный расход) вентилятора;
- совпадающая по времени потребляемая мощность.

Измерения проводят при различных условиях работы в допустимом диапазоне расхода потока перекачиваемой среды (диапазон соответствует предписанному производителем в технической документации разрешенному рабочему диапазону).

Расход регулируют посредством установленных за вентилятором на линии нагнетания регулирующих клапанов.

Перепад давления и скорость вращения рабочего колеса также могут быть измерены для более полной оценки системы вентилирования.

5.2.3.3 Метод «многоточечного» определения с заданной нагрузкой состоит в следующем:

а) вентилятор запускают в работу с набором установленных параметров, определяющих максимальный поток;

б) проводят измерение производительности (объемного расхода) вентилятора;

в) проводят измерение совпадающей по времени потребляемой мощности;

г) проводят изменение конфигурации работы вентилятора для уменьшения потока и повторяют шаги б) и в);

д) производят подсчет характеристик вентилятора и энергетических характеристик.

5.2.4 Метод «многоточечного» определения с заданной нагрузкой и делением на зоны

5.2.4.1 Метод «многоточечного» определения с заданной нагрузкой и делением на зоны применяют для вентиляторов с переменным объемом перекачиваемой среды.

5.2.4.2 Для использования метода «многоточечного» определения с заданной нагрузкой и делением на зоны проводят измерение следующих параметров:

- производительность (объемный расход) вентилятора;
- совпадающая по времени потребляемая мощность.

Измерения проводят при различных условиях работы в допустимом диапазоне расхода потока перекачиваемой среды (диапазон должен соответствовать разрешенному рабочему диапазону, установленному производителем в технической документации).

Тепловые нагрузки задают на целое здание или его части так, чтобы система вентилирования испытывала широкий диапазон скоростей потока (расход).

В случае если в здании применяют систему управления вентилированием, в период проведения измерений система управления может быть включена.

Перепад давления и скорость вращения рабочего колеса также могут быть измерены для более полной оценки вентилятора.

5.2.4.3 Метод «многоточечного» определения с заданной нагрузкой и делением на зоны состоит в следующем:

а) вентилятор запускают в работу в конфигурации настроек, установленных для максимальной скорости потока (расхода);

б) проводят измерение производительности (объемного расхода) вентилятора;

в) проводят измерение совпадающей по времени потребляемой мощности;

г) проводят изменение конфигурации работы вентилятора и повторяют шаги б) и в);

д) производят подсчет характеристик вентилятора и энергетических характеристик.

5.2.5 Метод «многоточечного» определения через краткосрочное наблюдение

5.2.5.1 Метод «многоточечного» определения через краткосрочное наблюдение применяют для вентиляторов с переменным объемом перекачиваемой среды.

5.2.5.2 Для использования метода «многоточечного» определения через краткосрочное наблюдение проводят измерение следующих параметров:

- производительность (объемный расход) вентилятора;
- совпадающая по времени потребляемая мощность.

Измерения проводят при различных условиях работы в допустимом диапазоне расхода потока перекачиваемой среды. Диапазон скоростей потока (расхода) будет зависеть от здания или его частей (зон), испытывающих широкий спектр тепловых нагрузок.

Период для наблюдений должен быть выбран таким образом, чтобы система испытывала широкий спектр нагрузок и скоростей потока.

В случае если в здании применяют систему управления вентилированием, она может быть включена в период проведения измерений.

Перепад давления и скорость вращения могут быть также измерены для более полной оценки вентилятора.

5.2.5.3 Метод «многоточечного» определения через краткосрочное наблюдение состоит в следующем:

- выбирают подходящий период времени для наблюдения;
- осуществляют контроль за работой вентилятора и ведение записей значений производительности (объемного расхода) вентилятора и совпадающего по времени значения потребляемой мощности;
- производят расчет характеристик вентиляторов, в том числе энергетических.

5.3 Требования к проводимым измерениям (для всех методов)

5.3.1 Измерения должны быть проведены для различных уровней нагрузки вентилятора, при этом должно быть обеспечено их (уровней нагрузки) равномерное распределение с шагом не более 10 %. Отработанное время должно обеспечить количество часов работы системы для всего спектра нагрузок.

5.3.2 Измерение максимальной (пиковой) мощности

5.3.2.1 Максимальную (пиковую) мощность следует фиксировать по факту в рабочем состоянии вентилятора и всей вентиляционной системы.

5.3.2.2 Если максимальную (пиковую) мощность не измеряют, то она должна быть рассчитана из графика мощности при частичной нагрузке. В этом случае необходимо, чтобы расчетное значение максимальной (пиковой) мощности не превышало максимальное измеренное значение более, чем на 20 %.

5.4 Требования к построению графика работы вентилятора

5.4.1 График работы вентилятора при частичной нагрузке является соотношением между потребляемой мощностью вентилятора и объемным расходом. Это соотношение могут описывать несколько функций (регрессионных моделей).

5.4.2 Выбор регрессионной модели зависит от типа системы вентилирования и управления (контроля).

5.4.3 Вентиляторы с постоянными объемом и скоростью вращения рабочего колеса не требуют регрессионных анализов, так как у них всего одно рабочее значение.

5.4.4 При использовании метода «одноточечного» определения с данными производителя в процессе измерения определяют производительность (объемный расход) вентилятора, перепад давления, скорость вращения рабочего колеса и потребляемой мощности одновременно. График работы вентилятора при частичной нагрузке определяют из данных производителя.

5.4.4.1 Экспериментально полученное (измеренное) значение должно соответствовать графику работы вентилятора, предоставленного производителем, с отклонением не более, чем на 5 % от значений производительности (объемного расхода) и перепада давления.

5.4.4.2 Если экспериментально полученное (измеренное) значение отклоняется от графика работы вентилятора, предоставленного производителем, более чем на 5 %, использовать данный метод построения графика не рекомендуется.

5.4.4.3 Для систем с постоянной скоростью должна получиться линейная зависимость потребляемой мощности от производительности (объемного расхода).

5.4.5 При использовании метода «многоточечного» определения график работы вентилятора строят в соответствии с 5.4.5.1—5.4.5.2.

5.4.5.1 Для вентиляторов с переменным объемом без системы управления для построения графика работы обычно применяют линейную регрессионную модель с пересечением не в нуле.

5.4.5.2 Для вентиляторов с переменным объемом и системами управления (контроля) для построения графика работы вентилятора обычно используют многочлен второго порядка регрессии потребляемой мощности от производительности (объемного расхода) с пересечением не в нуле, на основе измерений потребляемой мощности и производительности (объемного расхода). Лучшая модель регрессии должна быть выбрана на основе экспериментальных данных.

5.5 Определение годового потребления энергетических ресурсов

5.5.1 Вентиляционные системы с постоянным объемом

Для вентиляционной системы с постоянным объемом нагрузка потока в вентиляторе практически постоянна. Таким образом, потребляемая мощность также практически постоянна. Годовое потребление энергетических ресурсов определяют через число часов работы вентилятора по следующей формуле

$$E = P \cdot T, \tag{1}$$

где P — потребляемая оборудованием мощность;

T — количество часов работы оборудования в год.

5.5.2 Вентиляционные системы с переменным объемом

Для вентиляционных систем с переменным объемом с системой управления (контроля) вентилятором или без нее потребляемая вентилятором мощность изменяется как функция от уровней нагрузки. В рамках «многоточечных» методов определения энергетической эффективности должны быть получены экспериментальные данные о количестве отработанного времени (часы) и потребляемой мощности для каждого уровня нагрузки. Общее годовое потребление энергетических ресурсов определяют по следующей формуле

$$E = \Sigma_i P_i \cdot T_i, \tag{2}$$

где i — порядковый номер уровня нагрузки;

P_i — потребляемая мощность на i-м уровне нагрузки;

T_i — количество часов работы на i-м уровне нагрузки.

5.5.3 Отчетность

Формирование отчетов о достигнутой экономии энергетических ресурсов рекомендуется проводить ежемесячно, если не установлено иное.

6 Применение метода изоляции зоны модернизации для систем кондиционирования

6.1 Общие положения

6.1.1 В связи с тем, что стоимость систем кондиционирования является относительно невысокой, затраты на измерение и верификацию также предполагаются невысокими. В связи с этим в настоящем стандарте установлены упрощенные методы измерения и проведения расчетов по принципу «вкл./выкл.».

Примечание — Измерение исходных данных для оборудования, как правило, включает в себя контроль оборудования в течение длительного периода времени, прежде чем оно будет заменено. Таким образом, такие методы налагают значительные издержки для собственника здания в виде потерянной экономии энергетических ресурсов за период времени, когда оборудование можно было бы уже заменить. Исходя из предположения, что собственник здания предпочтет увеличить экономию энергетических ресурсов и мощности путем замены оборудования в кратчайшие сроки, в настоящем стандарте установлены упрощенные методы измерения энергетической эффективности по принципу «вкл./выкл.».

6.1.2 Применение упрощенных методов приводит к увеличению погрешности в расчетах. В связи с этим в настоящем стандарте приведены расчеты, занижающие расчетную экономию энергетических ресурсов.

6.1.3 При определении энергетической эффективности систем кондиционирования в настоящем стандарте применяют коэффициент средней эффективности кондиционера (СЭК).

Значение средней эффективности кондиционера (СЭК) определяют следующим образом (аналогично для режимов охлаждения и отопления):

а) в случае наличия в технической документации на кондиционер коэффициента сезонной энергетической эффективности (SEER), значение средней эффективности кондиционера (СЭК) принимают равным коэффициенту сезонной энергетической эффективности (SEER);

б) в случае отсутствия в технической документации на кондиционер данных о коэффициенте сезонной энергетической эффективности (SEER), но наличия значения коэффициента европейской сезонной энергетической эффективности (ESEER), значение средней эффективности кондиционера (СЭК) принимают равным коэффициенту европейской сезонной энергетической эффективности (ESEER);

в) в случае отсутствия в технической документации на кондиционер данных о коэффициенте сезонной энергетической эффективности (SEER) и о коэффициенте европейской сезонной энергетической эффективности (ESEER), значение средней эффективности кондиционера (СЭК) принимают равным паспортной величине о среднем годовом потреблении энергетических ресурсов (кВт·ч).

6.2 Определение энергетической эффективности систем кондиционирования и расчета экономии энергетических ресурсов

6.2.1 Определение энергетической эффективности для сплит-систем кондиционирования, работающей только на охлаждение

6.2.1.1 Технология определения

Блок сплит-системы кондиционирования, работающей только на охлаждение, может быть рассмотрен как комбинация следующих элементов:

- компрессор с постоянной скоростью кондиционирования воздуха, который циклично вкл./выкл. в соответствии с изменяющейся нагрузкой;
- вентилятор конденсатора с постоянной скоростью кондиционирования воздуха, который циклично вкл./выкл. в соответствии с изменяющейся нагрузкой.

Примечание — Описанный метод определения может быть применен, если возможно предположить, что компрессор и вентилятор конденсатора имеют постоянную эффективность. Использование данного метода для оборудования, имеющего двухскоростные компрессоры, может быть затруднительным.

Для компрессора с постоянной скоростью потребление энергетических ресурсов новым компрессором необходимо контролировать ежемесячно с помощью прибора учета, подключенного к трансформатору тока, подсоединенного к входу питания всей цепи компрессора.

Для вентилятора конденсатора с постоянной скоростью потребление энергетических ресурсов новой секцией конденсатора необходимо контролировать ежемесячно с помощью прибора учета, подключенного к трансформатору тока, подсоединенного ко входу питания всей цепи вентилятора конденсатора.

6.2.1.2 Определение базовых данных

Для проверки производительности старого блока оборудования, который планируется заменить, могут быть использованы данные базового периода для оборудования, перечисленного в 6.2.1.1 (в случае их наличия). Это позволит определить фактический коэффициент средней эффективности (СЭК).

6.2.1.3 Алгоритм проведения расчетов энергетической эффективности

Экономией энергетических ресурсов и мощности для вновь установленного блока оборудования является сумма следующих двух элементов:

- экономия энергетических ресурсов и мощности, потребляемых компрессором;
- экономия энергетических ресурсов и мощности, потребляемых вентилятором конденсатора.

Экономию энергетических ресурсов для компрессора с постоянной скоростью в случае, когда СЭК определяют в соответствии с перечислениями а) и б) 6.1.3, вычисляют по следующей формуле

$$\text{Экономия энергетических ресурсов за период} = (\text{измеренное потребление энергетических ресурсов новым компрессором, кВт} \cdot \text{ч / период}) \times [1 - (\text{коэффициент СЭК для старого оборудования}) / (\text{коэффициент СЭК для нового оборудования})] \times [\text{поправочные коэффициенты}] \quad (3)$$

Примечание — Здесь и далее под поправочными коэффициентами понимают коэффициенты, необходимые для учета факторов, влияющих на потребление энергетических ресурсов (приведение к сопоставимым условиям). Поправочные коэффициенты определяет пользователь стандарта индивидуально для каждого конкретного оборудования (при разработке модели стандартной или нестандартной корректировки). Определение значений поправочных коэффициентов не является предметом настоящего стандарта. Основные принципы проведения корректировок представлены в стандарте, содержащем общие положения по измерению и верификации энергетической эффективности.

Пример — Если модернизация холодильной установки была проведена в помещении площадью в 90 000 м^2 охлаждаемого пространства, а позже охлаждаемое пространство помещения было уменьшено до 75 000 м^2, то потребление энергетических ресурсов после реализации проекта уменьшилось , и рассчитанная экономия оказалась выше.

Для определения «истинной» экономии необходимо ввести поправочный коэффициент.

Экономию энергетических ресурсов для компрессора с постоянной скоростью в случае, когда СЭК определяют в соответствии с перечислением в) 6.1.3, вычисляют по следующей формуле

$$\text{Экономия энергетических ресурсов за период} = (\text{измеренное потребление энергетических ресурсов новым компрессором, кВт} \cdot \text{ч/период}) \times [1 - (\text{коэффициент СЭК для нового оборудования})/(\text{коэффициент СЭК для старого оборудования})] \times [\text{поправочные коэффициенты}] \quad (4)$$

Экономию энергетических ресурсов для вентилятора конденсатора с постоянной скоростью вычисляют по следующей формуле

$$\text{Экономия энергетических ресурсов за период} = (\text{измеренное потребление энергетических ресурсов новым вентилятором конденсатора кВт} \cdot \text{ч / период}) \times [1 - (\text{номинальная мощность нового вентилятора конденсатора, Вт})/(\text{номинальная мощность старого вентилятора конденсатора, Вт})] \times [\text{поправочные коэффициенты}] \quad (5)$$

6.2.1.4 Потребление энергетических ресурсов новым компрессором и конденсатором необходимо контролировать и суммировать в течение определенного периода времени (обычно ежемесячно) с помощью электронного регистратора данных или системы управления энергопотреблением.

6.2.1.5 Для данного метода могут быть использованы приборы учета потребляемой электрической энергии. В этом случае необходимо провести проверку правильности их установки, поверки и режима эксплуатации.

6.2.1.6 Формирование отчетов о достигнутой экономии энергетических ресурсов рекомендуется проводить ежемесячно, если не установлено иное. В отчет рекомендуется включать следующую информацию:

- серийный номер оборудования;
- сведения о компрессоре и конденсаторе;
- потребление энергетических ресурсов, кВт·ч/период;
- коэффициент СЭК для старого оборудования;
- коэффициент СЭК для нового оборудования;
- дополнительные сведения;
- сведения о достигнутой экономии энергетических ресурсов.

6.2.2 Определение энергетической эффективности для сплит-системы кондиционирования, работающей на охлаждение и отопление

6.2.2.1 Технология определения

Блок сплит-системы кондиционирования, работающей на охлаждение и отопление, может быть рассмотрен как комбинация следующих элементов:

- компрессоры с постоянной скоростью кондиционирования воздуха, которые циклично вкл./выкл. в соответствии с изменяющейся нагрузкой;
- вентиляторы конденсаторов с постоянной скоростью кондиционирования воздуха, которые циклично вкл./выкл. в соответствии с изменяющейся нагрузкой;
- компрессоры теплового насоса с постоянной скоростью, которые циклично вкл./выкл. в соответствии с изменяющейся нагрузкой;
- электрический резистивный нагреватель, работа которого зависит от наружной температуры.

Примечание — Описанный метод измерения может быть применен, если возможно предположить, что все описанное оборудование имеет постоянную эффективность.

Для компрессора с постоянной скоростью необходимо выполнять следующие условия:

- потребление энергетических ресурсов новым компрессором необходимо контролировать ежемесячно с помощью прибора учета, подключенного к трансформатору тока, подсоединенного ко входу питания всей цепи компрессора;
- необходимо установить датчик, который будет фиксировать режим работы компрессора (режим охлаждения или отопления);
- необходимо фиксировать объем потребляемых компрессором энергетических ресурсов отдельно для каждого режима, чтобы определить общее потребление энергетических ресурсов в режиме отопления и в режиме охлаждения в течение каждого периода наблюдений.

Потребление энергетических ресурсов новым вентилятором конденсатора с постоянной скоростью необходимо контролировать ежемесячно с помощью прибора учета, подключенного к трансформатору тока, подсоединенного ко входу питания всей цепи вентилятора конденсатора.

Если не будет доказано иное, предполагается, что любое использование тепла при низких температурах для старого и нового электрических резистивных нагревателей будет одинаковым.

6.2.2.2 Определение базовых данных

Для проверки производительности старого блока оборудования, который планируется заменить, могут быть использованы данные базового периода для оборудования, перечисленного в 6.2.2.1 (в случае их наличия). Это позволит определить фактический коэффициент средней эффективности (СЭК).

6.2.2.3 Алгоритм проведения расчетов энергетической эффективности

Экономией энергетических ресурсов и мощности для вновь установленного блока оборудования является сумма следующих элементов:

- экономия энергетических ресурсов и мощности, потребляемых компрессором в режиме охлаждения;
- экономия энергетических ресурсов и мощности, потребляемых компрессором в режиме отопления;
- экономия энергетических ресурсов и мощности, потребляемых вентилятором конденсатора.

Экономию энергетических ресурсов для компрессора в режиме охлаждения с постоянной скоростью в случае, когда СЭК определяют в соответствии с перечислениями а) и б) 6.1.3, вычисляют по следующей формуле

Экономия энергетических ресурсов за период = (измеренное потребление энергетических ресурсов новым компрессором, кВт · ч/период) × [1 — (коэффициент СЭК для старого оборудования)/(коэффициент СЭК для нового оборудования)] × [поправочные коэффициенты] (6)

Экономию энергетических ресурсов для компрессора в режиме охлаждения с постоянной скоростью в случае, когда СЭК определяют в соответствии с перечислением в) 6.1.3, вычисляют по следующей формуле

Экономия энергетических ресурсов за период = (измеренное потребление энергетических ресурсов новым компрессором, кВт · ч / период) × [1 — (коэффициент СЭК для нового оборудования)/(коэффициент СЭК для старого оборудования)] × [поправочные коэффициенты] (7)

Экономию энергетических ресурсов для компрессора в режиме отопления с постоянной скоростью в случае, когда СЭК определяют в соответствии с перечислениями а) и б) 6.1.3, вычисляют по следующей формуле

Экономия энергетических ресурсов за период = (измеренное потребление энергетических ресурсов новым компрессором, кВт · ч/период) × [1 — (коэффициент СЭК для старого теплового насоса)/(коэффициент СЭК для нового теплового насоса)]×[поправочные коэффициенты] (8)

Экономию энергетических ресурсов для компрессора в режиме отопления с постоянной скоростью в случае, когда СЭК определяют в соответствии с перечислением в) 6.1.3, вычисляют по следующей формуле

Экономия энергетических ресурсов за период = (измеренное потребление энергетических ресурсов новым компрессором, кВт · ч/период) × [1 — (коэффициент СЭК для нового теплового насоса)/(коэффициент СЭК для старого теплового насоса)] × [поправочные коэффициенты] (9)

Экономию энергетических ресурсов для вентилятора конденсатора с постоянной скоростью вычисляют по следующей формуле

Экономия энергетических ресурсов за период = (измеренное потребление энергетических ресурсов новым компрессором, кВт · ч/период) × [1 — (коэффициент СЭК для нового теплового насоса)/(коэффициент СЭК для старого теплового насоса)] ×[поправочные коэффициенты] (10)

6.2.2.4 Потребление энергетических ресурсов новым компрессором и конденсатором необходимо контролировать и суммировать в течение определенного в течение интересуемого периода времени (обычно ежемесячно) с помощью электронного регистратора данных или системы управления энергопотреблением.

6.2.2.5 Для данного метода могут быть использованы приборы учета потребляемой электрической энергии. В этом случае необходимо провести проверку правильности их установки, поверки и режима эксплуатации.

6.2.2.6 Формирование отчетов о достигнутой экономии энергетических ресурсов рекомендуется проводить ежемесячно, если не установлено иное. В отчет рекомендуется включать следующую информацию:

- серийный номер оборудования;
- сведения о компрессоре и конденсаторе;
- потребление энергетических ресурсов в режиме охлаждения, кВт · ч / период;
- потребление энергетических ресурсов в режиме отопления, кВт · ч / период;
- коэффициент СЭК для старого оборудования (охлаждение);
- коэффициент СЭК для нового оборудования (охлаждение);
- коэффициент СЭК старого теплового насоса (отопление);
- коэффициент СЭК нового теплового насоса (отопление),
- дополнительные сведения;
- сведения о достигнутой экономии энергетических ресурсов.

6.2.3 Определение энергетической эффективности для оборудования кондиционирования моноблокового исполнения

6.2.3.1 Технология определения

Моноблок кондиционера может быть рассмотрен как комбинация следующих элементов:

- компрессор с постоянной скоростью кондиционирования воздуха, который циклично вкл./выкл. в соответствии с изменяющейся нагрузкой;
- вентилятор конденсатора с постоянной скоростью кондиционирования воздуха, который циклично вкл./выкл. в соответствии с изменяющейся нагрузкой;
- вытяжной вентилятор с постоянной скоростью, который циклично вкл./выкл. в соответствии с изменяющейся нагрузкой;
- отопительная секция, которая циклично вкл./выкл. в соответствии с изменяющейся нагрузкой.

Примечание — Описанный метод измерения может быть применен, если возможно предположить, что все описанное оборудование имеет постоянную эффективность. Использование данного метода для оборудования, имеющего двухскоростные компрессоры, может быть затруднительным.

Потребление энергетических ресурсов новым компрессором необходимо контролировать ежемесячно с помощью прибора учета, подключенного к трансформатору тока, подсоединенного ко входу питания всей цепи компрессора.

Потребление энергетических ресурсов новым вентилятором конденсатора с постоянной скоростью необходимо контролировать ежемесячно с помощью прибора учета, подключенного к трансформатору тока, подсоединенного ко входу питания всей цепи вентилятора конденсатора.

Потребление энергетических ресурсов новым вытяжным вентилятором с постоянной скоростью должно контролироваться ежемесячно с помощью прибора учета, подключенного к трансформатору тока, подсоединенного ко входу питания всей цепи вытяжного вентилятора.

Для отопительной секции необходимо выполнять следующие условия:

- необходимо установить прибор учета газа и ежемесячно снимать показания о потреблении газа, если новая отопительная секция работает на природном газе;
- необходимо установить прибор учета потребляемой тепловой энергии и ежемесячно снимать показания о потреблении, если новая отопительная секция работает от горячей воды или пара;
- можно пренебречь сведениями об энергопотреблении отопительной секции, если старая и новая секции работают от электричества, так как экономия энергетических ресурсов будет незначительной.

6.2.3.2 Определение базовых данных

Для проверки производительности старого блока оборудования, который планируется заменить, могут быть использованы данные базового периода для оборудования, перечисленного в 6.2.3.1 (в случае их наличия).

6.2.3.3 Алгоритм проведения расчетов энергетической эффективности

Экономией энергетических ресурсов и мощности для вновь установленного блока оборудования является сумма следующих элементов:

- экономия энергетических ресурсов и мощности, потребляемых компрессором;
- экономия энергетических ресурсов и мощности, потребляемых вентилятором конденсатора;
- экономия энергетических ресурсов и мощности, потребляемых испарителем;
- экономия энергетических ресурсов, потребляемых отопительной секцией.

Экономию энергетических ресурсов для компрессора с постоянной скоростью в случае, когда СЭК определяют в соответствии с перечислениями а) и б) 6.1.3, вычисляют по следующей формуле

$$\text{Экономия энергетических ресурсов за период} = (\text{измеренное потребление энергетических ресурсов новым компрессором, кВт} \cdot \text{ч / период}) \times [1 - (\text{коэффициент СЭК для старого оборудования}) / (\text{коэффициент СЭК для нового оборудования})] \times [\text{поправочные коэффициенты}] \quad (11)$$

Экономия энергетических ресурсов для компрессора с постоянной скоростью в случае, когда СЭК определяют в соответствии с перечислением в) 6.1.3, вычисляют по следующей формуле

$$\text{Экономия энергетических ресурсов за период} = (\text{измеренное потребление энергетических ресурсов новым компрессором, кВт} \cdot \text{ч / период}) \cdot [1 - (\text{коэффициент СЭК для нового оборудования}) / (\text{коэффициент СЭК для старого оборудования})] \times [\text{поправочные коэффициенты}] \quad (12)$$

Экономию энергетических ресурсов для вентилятора конденсатора с постоянной скоростью вычисляют по следующей формуле

Экономия энергетических ресурсов за период = (измеренное потребление энергетических ресурсов новым вентилятором конденсатора кВт · ч/период) × [1 — (номинальная мощность нового вентилятора конденсатора, Вт)/(номинальная мощность старого вентилятора конденсатора, Вт)] × [поправочные коэффициенты] (13)

Экономию энергетических ресурсов для вытяжного вентилятора с постоянной скоростью вычисляют по следующей формуле

Экономия энергетических ресурсов за период = (измеренное потребление энергетических ресурсов новым вытяжным вентилятором кВт · ч/период) × [1 — (номинальная мощность нового вытяжного вентилятора, Вт)/(номинальная мощность старого вытяжного вентилятора, Вт)] × [поправочные коэффициенты] (14)

Экономию электрической энергии ресурсов для отопительной секции, работающей на газу, вычисляют по следующей формуле

Экономия электрической энергии за период = (объем природного газа, потребленного за период, куб. м) × (калорийность газа, ккал/м^3) × (КПД) × (1,163 кВт · ч/ккал)/1000 (15)

Экономию энергетической мощности вычисляют по следующей формуле

Экономия электрической мощности за период = [(коэффициент СЭК для старого оборудования) × (номинальная производительность в тоннах старого оборудования)] — [(коэффициент СЭК для нового оборудования) × (номинальная производительность в тоннах нового оборудования)] (16)

6.2.3.4 Потребление энергетических ресурсов новым компрессором и конденсатором необходимо контролировать и суммировать в течение определенного периода времени (обычно ежемесячно) с помощью электронного регистратора данных или системы управления энергопотреблением.

6.2.3.5 Для данного метода могут быть использованы приборы учета потребляемой электрической энергии. В этом случае необходимо провести проверку правильности их установки, поверки и режима эксплуатации.

6.2.3.6 Формирование отчетов о достигнутой экономии энергетических ресурсов рекомендуется проводить ежемесячно, если не установлено иное. В отчет рекомендуется включать следующую информацию:

- серийный номер оборудования;
- сведения о компрессоре, конденсаторе, вытяжном вентиляторе;
- потребление энергетических ресурсов в режиме охлаждения, кВт · ч/период;
- потребление энергетических ресурсов вытяжным вентилятором, кВт · ч/период;
- коэффициент СЭК для старого оборудования;
- коэффициент СЭК для нового оборудования;
- потребление газа отопительной секцией за период;
- непотребленная электрическая энергия на цели отопления, кВт · ч/период;
- дополнительные сведения;
- сведения о достигнутой экономии энергетических ресурсов.

7 Применение метода изоляции зоны модернизации для холодильных установок

7.1 Общие положения

7.1.1 Метод определения энергетической эффективности холодильных установок основан на оценке годового потребления энергетических ресурсов и максимальной потребляемой мощности.

7.1.2 В целях определения энергетической эффективности необходимо проведение краткосрочных измерений для определения производительности холодильной установки при частичной нагрузке. Измерения должны быть проведены для полного спектра тепловых нагрузок и соответствующих им по времени окружающим условиям.

7.1.3 Методы измерения энергетической эффективности определяют потребление мощности холодильной установкой при различных тепловых нагрузках с использованием термодинамической модели, результатов прямых измерений, статистических регрессионных моделей, данных изготовителя.

7.1.4 График зависимости потребляемой мощности холодильной установки от частичной нагрузки применяют для расчета годового потребления энергетических ресурсов.

7.1.5 Необходимо обеспечить равномерное распределение уровней тепловых нагрузок, и в некоторых случаях соответствующее им по времени значение температуры подаваемой охлажденной воды и обратной воды конденсатора для расчета годового потребления энергетических ресурсов.

Полное отображение рабочих характеристик холодильной установки позволит определить потребляемую холодильной установкой мощность для определения всех условий эксплуатации.

Примечание — Полное отображение рабочих характеристик холодильной установки непрактично при краткосрочных измерениях. Более простой методологией измерения является объединение здания и холодильной установки вместе. Если система охлаждения контролируется как здание, испытывающее широкий спектр тепловых нагрузок, стратегия управления будет включена в набор данных. Вследствие широкого выбора холодильных систем, стратегий управления и климатических зон, ни одна процедура измерения не может применяться ко всем типам холодильных систем. Предпочтительный способ должен быть определен пользователем в зависимости от типа холодильной установки (системы), а также системы контроля и желаемого уровня неопределенности и т. д.

7.1.6 Холодильные установки имеют два основных компонента для оценки:

- нагрузка, которая включает в себя характеристики испарителя и заданную нагрузку для здания;
- теплоотдача, которая включает в себя конденсатор и условия окружающей среды, в которых холодильная установка работает.

7.1.6.1 Нагрузку можно контролировать в ограниченной степени в рамках краткосрочных испытаний посредством тщательной синхронизации с действиями системы контроля здания.

7.1.6.2 Теплоотдачу в ограниченной степени можно контролировать с помощью охладительной башни в системе обратного водоснабжения.

7.1.6.3 Диапазон нагрузки и теплоотдачи холодильной установки будут ограничены условиями окружающей среды.

7.1.7 Корректировки полученных значений необходимы для переменных условий окружающей среды в диапазоне тепловых нагрузок здания.

Примечание — В рамках настоящего стандарта процедуры проведения корректировок не рассматриваются. Общие принципы проведения корректировок установлены в стандарте, содержащем общие положения по измерению и верификации энергетической эффективности.

7.1.8 Потребляемая мощность холодильной установки является функцией от:

- тепловой нагрузки здания;
- скорости потока испарителя и конденсатора;
- температуры охлажденной воды на входе и выходе;
- температуры воды на входе и выходе в конденсаторе;
- системы внутреннего контроля (управления) холодильной установкой.

Примечание — Необходимо рассматривать большое количество независимых переменных. Некоторые из них обычно являются постоянными (например, расход потока испарителя) и могут быть исключены из анализа. Модель создана для того, чтобы охарактеризовать производительность холодильной установки из относительно небольшого числа измерений. Термодинамически ориентированная модель холодильной установки, у которой имеется ограниченное число параметров и два уровня сложности, делают ее удобной для практического и эффективного проведения испытаний.

7.1.9 Представленная ниже модель для холодильной установки распространяется на центробежные холодильные установки с эксплуатационными данными и на поршневые холодильные установки, с использованием данных производителя.

7.1.10 Использование данных о производительности холодильных установок для метода, описанного в 7.2.1, может быть ограничено по времени производства и формирования данных о холодильной установке производителем.

Примечание — Несмотря на то, что принципы описанной ниже термодинамической модели были подтверждены с использованием данных производителя, на практике это не всегда возможно воспроизвести. Данные производителя основаны на их собственных внутренних моделях производительности холодильных установок. Таким образом, точность данных изменяется в зависимости от времени производства холодильной установки и степени сложности модели, используемой для получения данных. Некоторые производители не публикуют таблицы производительности, а используют компьютерные модели, предназначенные для определения характеристик холодильных установок, чтобы определить производительность холодильных установок при данном наборе условий.

7.1.11 Производительность холодильных установок может быть выражена в следующих параметрах:

- тепловая нагрузка испарителя, кВт;
- температура подаваемой охлажденной воды, С;
- температура обратной воды в конденсаторе, С.

7.1.12 Энергетические характеристики холодильных установок могут быть выражены в следующих параметрах:

- годовое потребление энергетических ресурсов, кВт·ч/год;
- пиковая (максимальная) мощность, кВт.

7.1.13 Для целей определения энергетической эффективности холодильной установки используют коэффициент производительности холодильной установки (холодильный коэффициент, ХК), который должен быть указан в технической документации производителя оборудования.

Примечание — Физический смысл холодильного коэффициента выражается в отношении холодопроизводительности к количеству энергии (работы), затраченной в единицу времени на осуществление холодильного цикла. Как правило, измеряется в кВт, ккал/ч или также может быть выражен в бте/ч. Холодильный коэффициент также может быть указан как «мощность охлаждения», «холодопроизводительность», «хладопроизводительность».

7.1.14 Требования к документированию следующих данных и сведений до начала измерений и рекомендации являются общими для всех методов.

7.1.14.1 Должны быть задокументированы следующие данные о холодильной установке:

- производитель;
- тип;
- размер;
- серийный номер холодильной установки;
- данные о производительности от производителя.

7.1.14.2 Должны быть задокументированы следующие данные о холодильной системе.

- физическое состояние холодильной установки;
- размеры и физическое состояние испарителя и конденсатора, включая трубопроводы, расположение существующих приборов, места расположения и описание насосов и (или) другого оборудования, прилегающих к холодильной установке.

7.1.14.3 В случае необходимости следует поверить и откалибровать все измерительное оборудование или представить доказательства текущей (действующей) поверки и калибровки в соответствии с нормативными требованиями.

7.1.14.4 Должны быть задокументированы сведения об используемом измерительном оборудовании. Следует выбрать (а также задокументировать название, тип, марку, серию и т. д.) и подключить измерительное оборудование в соответствии с правилами его эксплуатации.

7.1.14.5 Должны быть задокументированы сведения об эксплуатации холодильной установки. Следует установить и проверить предписанные условия эксплуатации и правильную работу холодильной установки и измерительного оборудования перед проведением измерений.

7.1.15 Описание термодинамической модели для холодильной установки

7.1.15.1 Термодинамическая модель холодильной установки выражает эффективность холодильной установки как 1/ХК, поскольку она имеет линейную зависимость: 1/(нагрузка испарителя). Конечный результат модели может быть выражен через условную меру ХК или удельного расхода мощности на тонну произведенного холода.

7.1.15.2 Простая термодинамическая модель

Вариант простой термодинамической модели предполагает линейную зависимость между 1/ХК и 1/(нагрузка испарителя) с некоторым разбросом значений от линии вследствие различий в температуре воды в испарителе и конденсаторе.

Коэффициенты, определенные с помощью данных производителя о производительности, в линейной регрессии характеризуют стабильность конкретной холодильной установки.

Примечание — Предполагается, что холодильная установка работает с указанными характеристиками, и они не меняются со временем.

После того, как коэффициенты определены, простая термодинамическая модель будет описывать ХК как функцию от нагрузки испарителя.

Применение простой термодинамической модели требует измерения нагрузки холодильной установки (расход испарителя, температур охлажденной входящей и выходящей воды в испарителе) и совпадающее по времени значение потребляемой мощности. При этом изменения в температуре подаваемой охлажденной воды и обратной воды в конденсаторе не рассматривают.

Простая модель применима к следующим холодильным установкам и системам:

- системы холодильных установок с постоянным контролем температуры испарителя и конденсатора;
- системы холодильных установок, где управление и климатические параметры ограничивают изменения температур испарителя и конденсатора;
- системы холодильных установок, где температуры испарителя и конденсатора зависят от нагрузки.

7.1.15.3 Термодинамическая модель с температурной зависимостью

Термодинамическая модель с температурной зависимостью учитывает и определяет потери в теплообменниках испарителя и конденсаторе как функцию от температур подаваемой охлажденной воды и обратной воды в конденсаторе.

Примечание — Простая термодинамическая модель является частным случаем термодинамической модели с температурной зависимостью.

Термодинамическая модель с температурной зависимостью определяет 1/ХК как функцию от нескольких переменных: нагрузки испарителя, температуры подаваемой охлажденной воды, температуры обратной воды в конденсаторе.

Примечание — Указанные параметры, как правило, должны указываться в данных производителя.

Термодинамическую модель с температурной зависимостью можно описать следующим уравнением

$$1/\text{ХК} = -1 + (T_{cwRT}/T_{chwST}) + (-\text{A0} + \text{A1}(T_{cwRT}) - \text{A2}(T_{cwRT}/T_{chwST}))/Q_{evap}, \quad (17)$$

где T_{cwRT} — температура обратной воды в конденсаторе, К;

T_{chwST} — температура подаваемой охлажденной воды в испарителе, К;

Q_{evap} — тепловая нагрузка испарителя, кВт.

Коэффициенты A0, A1 и A2, определенные с помощью данных о производительности, в линейной регрессии характеризуют стабильность конкретной холодильной установки.

После того как значения коэффициентов A0, A1 и A2 определены, термодинамическая модель с температурной зависимостью описывает ХК холодильной установки в широком диапазоне рабочих условий.

Применение термодинамической модели с температурной зависимостью требует измерения нагрузки холодильной установки (расход испарителя, температур охлажденной входящей и выходящей воды в испарителе) и совпадающее по времени значение потребляемой мощности, температуры подаваемой охлажденной воды и температуры обратной воды в конденсаторе (изменения в температуре подаваемой охлажденной воды и обратной воды в конденсаторе учитываются).

Термодинамическая модель с температурной зависимостью применима ко всем типам холодильных установок и систем.

В зависимости от соотношения T_{cwRT}/T_{chwST} график функции, описываемый формулой 18, должен привести к совокупности параллельных прямых, по одной для каждого значения температуры обратной воды в конденсаторе. Наклон линий регрессии определяет значение коэффициента A2.

$$\alpha = (1/\text{ХК} + 1 - (T_{cwRT}/T_{chwST}))Q_{evap}. \quad (18)$$

Используя уже вычисленное значение A2 в зависимости от температуры обратной воды в конденсаторе график функции, описываемый формулой 19, должен привести к одной прямой. Наклон линии

определяет значение коэффициента А1, в то время как их пересечение определяет значение коэффициента А0.

$$\beta = (1/XK + 1 - (T_{cwRT}/T_{chwST}))Q_{evap} + A2(T_{cwRT}/T_{chwST}). \quad (19)$$

После вычисления коэффициентов модель используют для прогнозирования ХК для широкого круга значений измеренных параметров: нагрузки холодильной установки, температуры подаваемой охлажденной воды и температуры обратной воды в конденсаторе.

7.2 Определение энергетической эффективности холодильных установок

7.2.1 Метод «одноточечного» определения с данными производителя

7.2.1.1 Метод «одноточечного» определения применяют для подтверждения рабочих характеристик холодильной установки в определенных условиях эксплуатации и данных изготовителя в одной точке и определения достоверности построенной на основании данных изготовителя модели.

7.2.1.2 Метод «одноточечного» определения применяют для всех систем холодильных установок.

7.2.1.3 Необходимо провести измерение следующих параметров:

- потребляемая мощность;
- скорость потока в испарителе;
- температура подаваемой охлажденной воды;
- температура обратной воды в конденсаторе.

При этом система холодильной установки должна работать при типичных условиях эксплуатации.

7.2.1.4 Метод «одноточечного» определения с данными производителя состоит в следующем:

а) получают данные производителя о производительности холодильной установки. Если графики производительности для холодильной установки не доступны, метод «одноточечного» определения с данными производителя не может быть применен. Данные должны быть проанализированы, чтобы определить, применимы ли они к термодинамической модели;

б) холодильную установку используют при типовых условиях эксплуатации;

в) проводят одномоментное измерение следующих параметров:

1) нагрузки испарителя;
2) температуры подаваемой охлажденной воды;
3) температуры обратной воды в конденсаторе;
4) потребляемой холодильной установкой мощности;

г) производят подсчет характеристик холодильной установки и энергетических характеристик.

7.2.2 Метод «многоточечного» определения с заданной нагрузкой для простой термодинамической модели

7.2.2.1 Метод «многоточечного» определения с заданной нагрузкой для простой термодинамической модели применяют для следующих видов холодильных установок:

- системы холодильных установок с постоянным контролем температуры испарителя и конденсатора;
- системы холодильных установок, где управление и климатические параметры ограничивают изменения температур испарителя и конденсатора;
- системы холодильных установок, где температура испарителя и конденсатора является функцией от нагрузки.

7.2.2.2 Метод «многоточечного» определения с заданной нагрузкой для простой термодинамической модели требует измерения следующих параметров во время работы системы холодильной установки при различных тепловых нагрузках:

- потребляемой мощности;
- скорости потока в испарителе;
- температуры подаваемой охлажденной воды.

Для здания задают различные нагрузки, чтобы получить спектр нагрузок, характерных для ежегодной работы системы.

Затем применяют простую термодинамическую модель для разработки линейной регрессии подбором (по точкам) значений ХК как функции от нагрузки.

Изменения температур подаваемой охлажденной воды и обратной воды в конденсаторе в рамках данного метода и модели не рассматривают.

7.2.2.3 Метод «многоточечного» определения с заданной нагрузкой для простой термодинамической модели состоит в следующем:

- холодильную установку используют при типовых условиях эксплуатации;
- проводят измерение нагрузки испарителя и соответствующей ей по времени потребляемой холодильной установкой мощности;
- изменяют заданные значения охлаждения для здания с целью увеличения или уменьшения нагрузки испарителя и повторяют измерение нагрузки испарителя и соответствующей ей по времени потребляемой холодильной установкой мощности;
- производят расчет характеристик холодильных установок и энергетических характеристик.

7.2.3 Метод «многоточечного» определения с заданной нагрузкой для термодинамической модели с температурной зависимостью

7.2.3.1 Метод «многоточечного» определения с заданной нагрузкой для термодинамической модели с температурной зависимостью применяют для всех систем холодильных установок.

7.2.3.2 Метод «многоточечного» определения с заданной нагрузкой для термодинамической модели с температурной зависимостью требует измерения следующих параметров во время работы холодильной установки при различных тепловых нагрузках (в допустимом диапазоне):

- потребляемой мощности;
- скорости потока в испарителе;
- температуры подаваемой охлажденной воды;
- температуры обратной воды в конденсаторе.

Для здания задают различные нагрузки, чтобы получить спектр нагрузок, характерных для ежегодной работы системы. При этом также задают значения температур воды в испарителе и конденсаторе.

Термодинамическую модель с температурной зависимостью используют для определения коэффициентов регрессии в модели для расчета ХК, как функции от нагрузки, температуры подаваемой охлажденной воды и температуры обратной воды в конденсаторе.

Метод «многоточечного» определения с заданной нагрузкой для термодинамической модели с температурной зависимостью состоит в следующем:

а) холодильную установку используют при типовых условиях эксплуатации;

b) проводят одномоментное измерение следующих параметров:

1) нагрузки испарителя;
2) температуры подаваемой охлажденной воды;
3) температуры обратной воды в конденсаторе;
4) потребляемой холодильной установкой мощности;

в) изменяют заданные значения охлаждения для здания или внутренние настройки холодильной установки для увеличения или уменьшения нагрузки испарителя и повторяют измерение параметров, указанных в перечислении б);

г) производят подсчет характеристик холодильной установки и энергетических характеристик.

7.2.4 Метод определения энергетической эффективности на основе краткосрочного наблюдения для простой термодинамической модели

7.2.4.1 Метод определения энергетической эффективности на основе краткосрочного наблюдения для простой термодинамической модели применяют для следующих видов холодильных установок:

- системы холодильных установок с постоянным контролем температуры испарителя и конденсатора;
- системы холодильных установок, где управление и климатические параметры ограничивают изменения температур испарителя и конденсатора;
- системы холодильных установок, где температура испарителя и конденсатора является функцией от нагрузки.

7.2.4.2 Метод определения энергетической эффективности на основе краткосрочного наблюдения для простой термодинамической модели требует измерения следующих параметров во время работы системы холодильной установки при различных тепловых нагрузках:

- потребляемой мощности;
- скорости потока в испарителе;
- температуры подаваемой охлажденной воды.

7.2.4.3 Период времени для наблюдений рекомендуется выбрать таким образом, чтобы изменения нагрузки холодильной установки охватывали ежегодный рабочий диапазон системы.

Простую термодинамическую модель используют для разработки линейной регрессии подбором (по точкам) значений ХК как функции от нагрузки.

Изменения температур подаваемой охлажденной воды и обратной воды в конденсаторе в рамках данного метода и модели не рассматривают.

Метод определения энергетической эффективности на основе краткосрочного наблюдения для простой термодинамической модели состоит в следующем:

- выбирают подходящий период времени для наблюдения;
- осуществляют наблюдение за работой холодильной установки, при этом ведут запись значений нагрузки испарителя и соответствующей ей по времени потребляемой холодильной установкой мощности;
- производят подсчет характеристик холодильной установки и энергетических характеристик.

7.2.5 Метод определения энергетической эффективности на основе краткосрочного наблюдения для термодинамической модели с температурной зависимостью

7.2.5.1 Метод определения энергетической эффективности на основе краткосрочного наблюдения для термодинамической модели с температурной зависимостью применяют для всех систем холодильных установок.

7.2.5.2 Метод определения энергетической эффективности на основе краткосрочного наблюдения для термодинамической модели с температурной зависимостью требует измерения следующих параметров во время работы холодильной установки при различных тепловых нагрузках:

- потребляемой мощности;
- скорости потока в испарителе;
- температуры подаваемой охлажденной воды;
- температуры обратной воды в конденсаторе.

7.2.5.3 Период времени для наблюдения рекомендуется выбрать таким образом, чтобы изменения нагрузки холодильной установки и температуры воды охватывали ежегодный рабочий диапазон системы.

Термодинамическую модель с температурной зависимостью используют для определения коэффициентов регрессии модели для расчета ХК, как функции от нагрузки, температуры подаваемой охлажденной воды и температуры обратной воды в конденсаторе.

Метод определения энергетической эффективности на основе краткосрочного наблюдения для термодинамической модели с температурной зависимостью состоит в следующем:

- выбирают подходящий период времени для наблюдения;
- осуществляют наблюдение за работой холодильной установки, при этом ведут запись значений нагрузки испарителя и соответствующей ей по времени температуры подаваемой охлажденной воды, обратной воды в конденсаторе и потребляемой холодильной установкой мощности;
- производят подсчет характеристик холодильной установки и энергетических характеристик.

7.3 Проведение расчетов

7.3.1 Распределение нагрузки по времени работы (часам) холодильной установки

7.3.1.1 Для простой термодинамической модели достаточно обеспечить надлежащее распределение нагрузки холодильной установки. Измерения должны быть проведены для различных уровней нагрузки холодильной установки, при этом должно быть обеспечено их (уровней нагрузки) равномерное распределение с шагом не более 10 %. Отработанное время должно обеспечить количество часов работы системы для всего спектра нагрузок.

7.3.1.2 Термодинамическая модель с температурной зависимостью требует распределения нагрузки холодильной установки с соответствующей ей температурой подаваемой охлажденной воды и температуры обратной воды в конденсаторе. Величина соответствующих значений температуры может сильно повлиять на общее количество значений. Для модели с температурной зависимостью рекомендуется использовать пошаговое изменение температуры 1 °С или 2 °С.

7.3.2 Измерение максимальной (пиковой) мощности

7.3.2.1 Максимальную (пиковую) мощность рекомендуется фиксировать по факту при рабочем состоянии холодильной установки и системы.

7.3.2.2 Если максимальную (пиковую) мощность не измеряют, и она должна быть рассчитана из графика мощности при частичной нагрузке, рекомендуется, чтобы расчетное значение максимальной (пиковой) мощности не превышало максимальное измеренное значение больше чем на 20 %.

7.3.3 Построение графика работы холодильной установки (при частичной нагрузке)

7.3.3.1 График работы холодильной установки при частичной нагрузке определяется выбором термодинамической модели (простая или с температурной зависимостью).

7.3.3.2 Для модели с температурной зависимостью температура подаваемой охлажденной воды и обратной воды в конденсаторе должна быть измерена в градусах Цельсия (для расчетов регрессии).

7.3.3.3 Построение графика работы холодильной установки при использовании метода «одноточечного» определения с использованием данных производителя

Для разработки простых моделей или коэффициентов модели с температурной зависимостью перед измерениями должны быть использованы данные производителя холодильной установки.

Если данные производителя согласуются с моделью, необходимо определить производительность холодильной установки, потребляемую мощность, температуру подаваемой охлажденной воды и обратной воды в конденсаторе в одной точке.

График мощности при частичной нагрузке определяют непосредственно из данных производителя.

Использовать данный метод допускается, если экспериментально измеренные значения соответствуют данным производителя с отклонением не более 5 %.

Коэффициенты модели из данных производителя могут быть использованы для определения потребления энергетических ресурсов холодильной установкой в диапазоне рабочих нагрузок и температур воды.

7.3.4 Определение годового объема потребляемых энергетических ресурсов

7.3.4.1 Для расчета годового объема потребляемых энергетических ресурсов простыми моделями или моделями с температурной зависимостью необходимо определить мощность, потребляемую холодильной установкой при каждом уровне нагрузки.

7.3.4.2 Потребление энергетических ресурсов для каждого значения мощности вычисляют по формуле

$$E_i = P_i \cdot T_i, \tag{20}$$

где i — порядковый номер уровня нагрузки;

P_i — потребляемая мощность на i-м уровне нагрузки;

T_i — количество часов работы на i-м уровне нагрузки.

7.3.4.3 Значение потребляемой мощности для каждого уровня нагрузки вычисляют по формуле

$$P_i = \frac{1}{Eff_i} \cdot Q_{испi}, \tag{21}$$

где Eff_i — значение, обратное ХК холодильной установки при i-м уровне нагрузки;

$Q_{испi}$ — значение нагрузки испарителя на i-м уровне, Вт.

7.3.4.4 Общее годовое потребление энергетических ресурсов вычисляют по формуле

$$E = \Sigma_i (P_i \cdot T_i), \tag{22}$$

где i — порядковый номер уровня нагрузки;

P_i — потребляемая мощность на i-м уровне нагрузки;

T_i — количество часов работы на i-м уровне нагрузки.

7.3.5 Формирование отчетов

Формирование отчетов о достигнутой экономии энергетических ресурсов рекомендуется проводить ежемесячно, если не установлено иное.

8 Применение метода изоляции зоны модернизации для насосного оборудования

8.1 Общие положения

8.1.1 В настоящем стандарте установлены методы определения энергетической эффективности для следующих категорий насосов:

- насосы с постоянной скоростью и постоянным объемом;
- насосы с постоянной скоростью и переменным объемом;
- насосы с переменной скоростью и переменным объемом.

8.1.2 Методы определения энергетической эффективности, установленные для применения в насосных системах, указанных в 8.1.1, приведены в таблице 2. Различные методы могут быть использованы для каждого типа насосной системы в зависимости от имеющихся ресурсов.

Таблица 2 — Методы измерения энергетической эффективности насосов

Метод определения	Системы насоса		
	Постоянная скорость и постоянный объем	Постоянная скорость и переменный объем	Переменная скорость и переменный объем
«Одноточечное» определение	✓		
«Одноточечное» определение с данными производителя		✓	
«Многоточечное» определение с заданными нагрузками на насос		✓	
«Многоточечное» определение с заданной нагрузкой и делением на зоны		✓	✓
«Многоточечное» определение через краткосрочное наблюдение		✓	✓
«Нулевой поток»	✓	✓	✓

8.1.2.1 Методы определения энергетической эффективности имеют различные минимальные требования к проводимым измерениям.

8.1.2.2 В методах, где должны быть использованы данные производителя или графики работы, минимальные требования включают измерение производительности (объемного расхода), совпадающей по времени потребляемой мощности, перепада давления и скорости вращения.

8.1.2.3 Для методов, основывающихся на прямых измерениях при неполной нагрузке, требуются измерения только производительности (объемный расход) и совпадающей по времени потребляемой мощности.

8.1.2.4 Дополнительные измерения могут быть проведены по желанию потребителя, если данные будут использованы для более полного анализа и оценки насосной системы.

8.1.3 Центробежный насос должен быть выражен следующими параметрами:

- напор насоса или перепад давления, кПа;
- производительность (объемный расход), $м^3/с$;
- скорость насоса, $мин^{-1}$;
- мощность насоса, кВт.

8.1.4 Энергетические характеристики центробежного насоса должны быть выражены в следующих параметрах:

- годовое потребление энергетических ресурсов, кВт·ч/год;
- пиковая (максимальная) мощность, кВт.

8.1.5 В целях применения метода изоляции зоны модернизации для насосов рекомендуется провести детальные измерения производительности (объемного расхода) насоса, $м^3/с$, совпадающей по времени потребляемой мощности, перепада давления и скорости вращения рабочего колеса в определенных условиях эксплуатации.

8.1.6 Дополнительно рекомендуется проводить измерения температуры и давления воды (жидкой среды) для проверки характеристик насоса. Это позволит вносить коррективы в расчеты экономии энергетических ресурсов при необходимости.

8.1.7 Требования к документированию следующих данных и сведений до начала измерений и рекомендации являются общими для всех способов.

8.1.7.1 Должны быть задокументированы следующие данные насоса:

- производитель;
- тип;
- размер;
- серийный номер насоса.

Следует получить характеристики насоса от производителя. Если характеристики насосов невозможно получить, метод, описанный в 9.2.2, не может быть использован.

8.1.7.2 Должны быть задокументированы следующие данные насосной системы:

- размеры;

- физические данные насоса (трубопровода всасывания и напорного трубопровода, расположение существующих соединений для измерения давления и месторасположение и описание трубопроводов и (или) фурнитуры, прилегающей к насосу).

8.1.7.3 Должны быть задокументированы следующие данные двигателя:

- производитель;
- тип;
- размер;
- серийный номер двигателя.

Также необходимо задокументировать в табличке двигателя его напряжение, силу тока и мощность.

8.1.7.4 Должны быть задокументированы следующие данные двигателя и привода:

- размеры;
- физическое состояние двигателя.

Также необходимо задокументировать тип, размеры и физическое состояние приводного узла.

8.1.7.5 Должны быть задокументированы данные о поверке и калибровке. В случае необходимости следует поверить и откалибровать все измерительное оборудование или представить доказательства текущей (действующей) поверки и калибровки в соответствии с нормативными требованиями.

8.1.7.6 Должны быть задокументированы сведения об используемом измерительном оборудовании. Следует выбрать (записать название, тип, марку, серию и т. д.) и подключить измерительное оборудование в соответствии с правилами их эксплуатации.

8.1.7.7 Должны быть задокументированы сведения об эксплуатации вентилятора. Следует установить и проверить предписанные условия эксплуатации и правильную работу вентилятора и измерительного оборудования перед проведением измерений.

8.1.7.8 Должны быть задокументированы сведения о точности измерений. Отклонения в значениях, полученных с помощью измерительного оборудования, должны быть в согласованных пределах в требуемых контрольных точках.

8.2 Определение энергетической эффективности насосов

8.2.1 Метод «одноточечного» определения

8.2.1.1 Метод «одноточечного» определения применяют для насосов с постоянными объемом перекачиваемой среды и скоростью.

Данные используются для подтверждения рабочих характеристик насоса в определенных условиях эксплуатации и соответствующих ему графиков работы.

8.2.1.2 Необходимо провести измерение следующих параметров.

- производительность (объемный расход) насоса;
- совпадающую по времени потребляемую мощность;
- перепад давления;
- скорость вращения рабочего колеса.

Измерения проводят при типичных условиях эксплуатации.

8.2.1.3 Метод «одноточечного» определения состоит в следующем:

- насос запускают в работу при типичных условиях эксплуатации;
- проводят измерение давления на входе и на выходе насоса или (предпочтительно) перепада давления;
- проводят измерение производительности (объемного расхода) насоса;
- проводят измерение совпадающей по времени потребляемой мощности;
- проводят измерение скорости вращения рабочего колеса;
- проводят подсчет характеристик насоса и энергетических характеристик.

8.2.2 Метод «одноточечного» определения с данными производителя

8.2.2.1 Метод «одноточечного» определения с данными производителя применяют для насосов с переменным объемом перекачиваемой среды и постоянной скоростью.

8.2.2.2 Необходимо провести измерение следующих параметров:

- производительность (объемный расход) насоса;
- совпадающую по времени потребляемую мощность;
- перепад давления;
- скорость вращения рабочего колеса.

Измерения проводят при типичных условиях эксплуатации.

8.2.2.3 Данный метод определения энергетической эффективности насоса использует данные, полученные с помощью измерений, вместе с данными производителя (насоса, двигателя, приводного

узла и т. д.) для определения потребляемой мощности при других условиях работы, отличных от типовых.

8.2.2.4 Если в процессе использования данного метода получаемые результаты отклоняются более чем на 5 % от заявленного производителем графика работы насоса, должны быть использованы методы, описанные в 9.2.3 и 9.2.4.

8.2.2.5 Метод «одноточечного» определения с данными производителя состоит в следующем:

- получают характеристики работы (графики работы) насоса от производителя;
- насос запускают в работу при существующих типичных условиях эксплуатации;
- проводят измерение давления на входе и на выходе насоса или (предпочтительно) перепада давления;
- проводят измерение производительности (объемного расхода) насоса;
- проводят измерение совпадающей по времени потребляемой мощности;
- проводят измерение скорости вращения рабочего колеса;
- производят подсчет характеристик насоса и энергетических характеристик.

8.2.3 Метод «многоточечного» определения с заданными нагрузками на насос

8.2.3.1 Метод «многоточечного» определения с заданными нагрузками на насос применяют для насосов с переменным объемом перекачиваемой среды и постоянной скоростью.

8.2.3.2 Необходимо провести измерение следующих параметров:

- производительность (объемный расход) насоса;
- совпадающая по времени потребляемая мощность.

Измерения проводятся при различных условиях нагрузки.

Расход регулируют посредством установленных за насосом на линии нагнетания регулирующих клапанов.

Перепад давления насоса и скорость вращения рабочего колеса могут быть также измерены для более полной оценки системы насоса.

8.2.3.3 Метод «многоточечного» определения с заданными нагрузками состоит в следующем:

а) насос запускают в работу с набором установленных параметров для оборудования, определяющих максимальный поток;

б) проводят измерение производительности (объемного расхода) насоса;

в) проводят измерение совпадающей по времени потребляемой мощности;

г) проводят изменение конфигурации работы системы насоса для уменьшения потока и повторяют шаги б) и в);

д) производят подсчет характеристик насоса и энергетических характеристик.

8.2.4 Метод «многоточечного» определения с заданной нагрузкой и делением на зоны

8.2.4.1 Метод «многоточечного» определения с заданной нагрузкой и делением на зоны применяют для насосов с переменным объемом перекачиваемой среды.

8.2.4.2 Необходимо провести измерение следующих параметров:

- производительность (объемный расход) насоса,
- совпадающая по времени потребляемая мощность.

Измерения проводят при различных условиях работы в заданном диапазоне расхода (диапазон соответствует предписанному производителем в технической документации разрешенному рабочему диапазону).

Нагрузки задают на целое здание или его части так, чтобы система испытывала широкий диапазон скоростей потока (расхода).

В случае если применяют систему управления насосом, в период проведения измерений система управления может быть включена.

Перепад давления и скорость вращения рабочего колеса могут быть также измерены для более полной оценки насоса.

8.2.4.3 Метод «многоточечного» определения с заданной нагрузкой и делением на зоны состоит в следующем:

а) насос запускают в работу в конфигурации настроек, установленных для максимальной скорости потока (расхода);

б) проводят измерение производительности (объемного расхода) насоса;

в) проводят измерение совпадающей по времени потребляемой мощности;

г) проводят изменение конфигурации работы системы насоса и повторяют шаги б) и в);

д) производят подсчет характеристик насоса и энергетических характеристик.

8.2.5 Метод «многоточечного» определения через краткосрочное наблюдение

8.2.5.1 Метод «многоточечного» определения через краткосрочное наблюдение применяют для насосов с переменным объемом перекачиваемой среды.

8.2.5.2 Необходимо осуществить мониторинг значений следующих параметров:

- производительность (объемный расход) насоса;
- совпадающая по времени потребляемая мощность.

Измерения проводят при различных условиях работы в допустимом диапазоне расхода потока перекачиваемой среды.

Период для наблюдений должен быть выбран таким образом, чтобы система испытывала широкий спектр нагрузок и скоростей потока.

В случае, если применяют систему управления насосом (скоростью насоса), в период проведения измерений система управления может быть включена.

Перепад давления и скорость вращения рабочего колеса могут быть также измерены для более полной оценки системы насоса.

8.2.5.3 Метод «многоточечного» определения через краткосрочное наблюдение осуществляют следующим образом:

- выбирают подходящий период времени для наблюдения;
- осуществляют наблюдение за работой насоса и ведут запись значений производительности (объемного расхода) насоса и совпадающего по времени значения потребляемой мощности;
- производят подсчет характеристик насоса и энергетических характеристик.

8.2.6 Метод определения «Нулевой поток»

8.2.6.1 Метод определения «Нулевой поток» применяют для определения размера рабочего колеса насоса для всех видов центробежных насосов (не рекомендуется для поршневых насосов).

8.2.6.2 Измеряют перепад давления при условиях полного отсутствия потока (напор при закрытой задвижке/при нулевой подаче) и затем сравнивают полученное значение с графиками насосных характеристик от производителя для определения размера рабочего колеса.

8.2.6.3 Метод определения «Нулевой поток» состоит в следующем:

- насос запускают при типовых условиях эксплуатации и полностью закрывают клапан;
- проводят измерение давления на входе и на выходе насоса или (предпочтительно) перепада давления;
- проводят измерение скорости рабочего колеса;
- рассчитывают напор при закрытой задвижке;
- сравнивают напор насоса при закрытом клапане с графиком работы насоса от производителя для определения истинного диаметра рабочего колеса.

8.3 Требования к проводимым измерениям (для всех методов)

8.3.1 Измерения должны быть проведены для различных уровней нагрузки насоса, при этом должно быть обеспечено их (уровней нагрузки) равномерное распределение с шагом не более 10 %. Отработанное время должно обеспечить количество часов работы системы для всего спектра нагрузок.

8.3.2 Измерение максимальной (пиковой) мощности

8.3.2.1 Рекомендуется максимальную (пиковую) мощность фиксировать по факту в рабочем состоянии насоса и системы.

8.3.2.2 Если максимальную (пиковую) мощность не измеряют, и она должна быть рассчитана из графика мощности при частичной нагрузке, рекомендуется, чтобы расчетное значение максимальной (пиковой) мощности не превышало максимальное измеренное значение больше чем на 20 %.

8.4 Требования к построению графика работы насоса

8.4.1 График работы насоса при частичной нагрузке определяется как соотношение между потребляемой мощностью насоса и производительностью (объемным расходом). Это соотношение могут описывать несколько различных функций (регрессионных моделей).

8.4.2 Выбор регрессионной модели зависит от типа насосной системы и стратегии управления (скоростью насоса).

8.4.3 Насосы с постоянным объемом и постоянной скоростью вращения рабочего колеса не требуют регрессионных анализов, потому что у них всего одно рабочее значение.

8.4.4 Построение графика работы насоса при использовании метода «одноточечного» определения с использованием данных производителя

8.4.4.1 Для метода «одноточечного» определения с данными производителя процедура измерения определяет производительность (объемный расход) насоса, перепад давления, скорость вращения рабочего колеса и потребляемой мощности одновременно. График мощности при частичной нагрузке определяют из данных производителя.

8.4.4.2 Экспериментально полученное (измеренное) значение должно соответствовать графику работы насоса, предоставленного производителем, с отклонением не более 5 % от значений производительности (объемного расхода) и перепада давления.

8.4.4.3 Если экспериментально полученное (измеренное) значение отклоняется от графика работы, предоставленного производителем, более чем на 5 %, использовать данный метод построения графика не рекомендуется.

8.4.4.4 Для систем с постоянной скоростью должна быть получена линейная зависимость потребляемой мощности от производительности (объемного расхода).

8.4.5 Построение графика работы насоса при использовании метода «многоточечного» определения

8.4.5.1 Насосы с переменным объемом и постоянной скоростью обычно требуют использования линейной регрессионной модели с пересечением не в нуле.

8.4.5.2 Для насосов с переменным объемом и переменной скоростью обычно используют многочлен второго порядка регрессии мощности от объемного расхода с пересечением не в нуле, на основе измеренной мощности и объемного расхода. Лучшая модель регрессии должна быть выбрана на основе экспериментальных данных.

8.5 Определение годового потребления энергетических ресурсов

8.5.1 Для насоса с постоянным объемом нагрузка потока в насосе практически постоянна. Таким образом, потребляемая мощность также практически постоянна. Потребление энергетических ресурсов определяют через число часов работы насоса по формуле

$$E = P \cdot T, \tag{23}$$

где P — потребляемая оборудованием мощность;

T — количество часов работы оборудования в год.

8.5.2 Для насосов с переменным объемом и постоянной или переменной скоростью потребляемая мощность насоса и двигателя варьируется как функция от уровней нагрузки. В рамках «многоточечных» методов определения энергетической эффективности должны быть получены экспериментальные данные о количестве отработанного времени (часы) и потребляемой мощности для каждого уровня нагрузки. Общее годовое потребление энергетических ресурсов вычисляют по формуле

$$E = \Sigma_i P_i \cdot T_i, \tag{24}$$

где i — порядковый номер уровня нагрузки,

P_i — потребляемая мощность на i-м уровне нагрузки,

T_i — количество часов работы на i-м уровне нагрузки.

8.5.3 Формирование отчетов о достигнутой экономии энергетических ресурсов рекомендуется проводить ежемесячно, если не установлено иное.

Библиография

1 International Performance Measurement and Verification Protocol, 2010. Международный протокол измерений и верификации энергетической эффективности (русский перевод) // http://www.evo-world.org

2 ASHRAE Guideline 14-2002 — Meathurement of Energy and Demand Savings (Стандарт (руководство) Американского общества инженеров по нагреванию, охлаждению и кондиционированию воздуха (American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers) по измерению энергии и мощности, утвержденный Комитетом по стандартизации ASHRAE 22 июня 2002 г. и Советом директоров ASHRAE 27 июня 2002 г.

3 Коркина В.Д., Бродач М.М. Англо-русский терминологический словарь ASHRAE по отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха и охлаждению/Под ред. профессора В.Д. Коркина, доцента М.М. Бродач — Москва: «АВОК-Пресс», 2002. — С. 23. — 240 с.

УДК 620.9:006.354 ОКС 91.040.01

Ключевые слова: измерение и верификация, энергетическая эффективность, оборудование кондиционирования, вентиляционное оборудование, насосное оборудование, холодильные установки

Редактор *Н.А. Аргунова*
Технический редактор *В.Ю. Фотиева*
Корректор *О.В. Лазарева*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 16.05.2016. Подписано в печать 25.05.2016. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,72. Уч.-изд. л. 3,35. Тираж 32 экз. Зак. 1346.

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru