ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО 18129— 2016

Контроль состояния и диагностика машин

ПОДХОДЫ К КОНТРОЛЮ СОСТОЯНИЯ МАШИН ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

(ISO 18129:2015, Condition monitoring and diagnostics of machines — Approaches for performance diagnosis, IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2019

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Открытым акционерным обществом «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (АО «НИЦ КД») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 183 «Вибрация, удар и контроль технического состояния»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 24 ноября 2016 г. № 1771-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 18129:2015 «Контроль состояния и диагностика машин. Подходы к диагностированию по показателям производительности» (ISO 18129:2015 «Condition monitoring and diagnostics of machines — Approaches for performance diagnosis», IDT).

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5—2012 (пункт 3.5).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Март 2019 г.

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». 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, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© ISO, 2015 — Все права сохраняются
© Стандартинформ, оформление, 2016, 2019

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 1
4 Виды контроля рабочих характеристик 2
5 Руководство по установке системы контроля рабочих характеристик 3
6 Методы и требования к проведению контроля рабочих характеристик оборудования 6
7 Интерпретация данных и критерии оценки 8
Приложение А (рекомендуемое) Входные параметры для описания условий работы оборудования . . 9
Приложение В (рекомендуемое) Контролируемые параметры для контроля оборудования по рабочим характеристикам 10
Приложение С (справочное) Пример контроля рабочих характеристик насоса 11
Приложение D (справочное) Пример оптимизации радиального зазора в газовой турбине 13
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам 14
Библиография 15

Введение

Владельцам машин и работникам, занятым их обслуживанием, все в большей степени приходится считаться с требованиями энергосбережения, снижения выбросов, операционной гибкости и максимальной производительности, т. е. строить стратегии управления производством на основе реальных рабочих характеристик применяемых машин.

Машины, машинные агрегаты и комплексы выполняют свои функции через процессы преобразования или передачи поступающей энергии. Показателями эффективности этих процессов являются рабочие характеристики машины. Высокие значения показателей указывают на эффективное выполнение процессов и низкие потери. Но в некоторых случаях контроль показателей работы машины не так прост, особенно в том случае, если ее функционирование связано с термодинамическими циклами.

В последнее время контроль рабочих характеристик машин занимает все большее место в программах повышения эффективности производств. С их помощью получают информацию (наблюдаемые и ожидаемые значения контролируемых параметров), отражающую текущее состояние оборудования. Правильное применение такой информации позволяет избежать неоптимальных рабочих ситуаций, процессов деградации оборудования и обеспечивает возможность своевременного обнаружения зарождающихся повреждений (например, процессов эрозии или коррозии).

Контроль рабочих характеристик часто используют как дополнительный элемент в программах контроля состояния машин.

Целью контроля рабочих характеристик являются:

- повышение качества переработки энергии за счет обеспечения оптимальных условий работы машины;
- снижение выбросов в окружающую среду;
- количественное описание степени износа оборудования;
- обнаружение неисправного измерительного инструмента;
- обнаружение неисправного оборудования;
- повышение операционной готовности машин;
- повышение эффективности применяемых машин (за счет энергосбережения и уменьшения потерь на выбросы);
- улучшение информационного обмена между производственными службами через точное определение и контроль значимых показателей.

Результаты контроля рабочих характеристик могут быть использованы:

- операторами машин для выбора оптимальных режимов работы;
- службой технического сервиса при определении стратегии ремонта и замены оборудования.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Контроль состояния и диагностика машин

ПОДХОДЫ К КОНТРОЛЮ СОСТОЯНИЯ МАШИН ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Condition monitoring and diagnostics of machines.
Approaches to condition monitoring of machines for performance diagnosis

Дата введения — 2017—12—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает общие принципы применения контроля рабочих характеристик машин, машинных агрегатов и комплексов (далее — оборудование) в течение всего срока их эксплуатации. В качестве рабочих характеристик рассматриваются те, которые определяют показатели производительности (эффективности работы) оборудования.

Настоящий стандарт:

- вводит терминологию в области контроля рабочих характеристик оборудования;
- определяет виды контроля и их сравнительные достоинства;
- предоставляет руководство по организации систем контроля;
- приводит общее описание методов контроля рабочих характеристик оборудования и требований к его проведению;
- предоставляет общие сведения о методах интерпретации данных, критериях оценки и представлению результатов контроля.

Настоящий стандарт устанавливает методы испытаний систем контроля рабочих характеристик оборудования с целью оценки точности системы и применяемых в ней процедур (включая предоставление данных для сопоставительного анализа рабочих характеристик оборудования).

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ISO 13372, Condition monitoring and diagnostics of machines — Vocabulary (Контроль состояния и диагностика машин. Словарь)

ISO 13379-1, Condition monitoring and diagnostics of machines — Data interpretation and diagnostics techniques — Part 1: General guidelines (Контроль состояния и диагностика машин. Методы интерпретации данных и диагностирования. Часть 1. Общее руководство)

ISO 17359, Condition monitoring and diagnostics of machines — General guidelines (Контроль состояния и диагностика машин. Общее руководство)

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ИСО 13372, ИСО 13379-1 и ИСО 17359, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **рабочие характеристики (машины)** (performance): Полученные в результате измерений или расчетов один или несколько параметров, таких как мощность, расход, скорость или производительность, которые по отдельности или в совокупности характеризуют динамику, свойства и эффективность процессов, происходящих в работающей машине.

Издание официальное

[ИСО 13372:2012, статья 2.3]

Примечание 1 — Рабочие характеристики определяют процессы (по большей части термодинамические) преобразования машиной поступающей энергии.

Примечание 2 — Согласно ИСО 13372 машины, машинные агрегаты и комплексы объединяют термином «оборудование».

3.2 **термодинамический процесс** (thermodynamic process): Процесс преобразования энергии, в котором основной формой энергии является теплота.

3.3 **установившийся режим** (steady state): Режим работы машины, при котором описывающие его параметры не изменяются или изменяются незначительно со временем.

Примечание — Процесс рассматривают как установившийся, когда описывающие его параметры приходят к установившемуся значению.

3.4 **контролируемый параметр** (descriptor; feature): Информационный элемент, совпадающий с каким-либо параметром или получаемый в результате преобразований параметров или формируемый по наблюдениям за системой.

[ИСО 13372:2012, статья 6.2]

3.5 **наблюдаемое значение (контролируемого параметра)** (measured descriptor): Значение контролируемого параметра, полученное непосредственно из данных (сигнала) от контролируемого оборудования или в результате преобразования этих данных и отражающее текущее состояние оборудования.

3.6 **ожидаемое значение (контролируемого параметра)** (measured descriptor): Значение контролируемого параметра, соответствующее наблюдаемому значению, но полученное из модели, предсказывающей ожидаемые рабочие характеристики оборудования.

3.7 **показатель эффективности** (performance factor): Отношение наблюдаемого значения рабочей характеристики к ее ожидаемому значению.

Примечание 1 — Данную величину обычно выражают в процентах.

Примечание 2 — Полученное значение показателя эффективности более 100 % свидетельствует о том, что результат работы оборудования лучше планируемого, менее 100 % — о том, что имеет место снижение качества его работы.

4 Виды контроля рабочих характеристик

4.1 Основные концепции

Контроль рабочих характеристик обычно включает в себя сравнение наблюдаемых и ожидаемых значений контролируемых параметров, описывающих работу машины (таких как мощность, подача, производительность). Оценка качества работы машины по контролируемым параметрам требует, чтобы наблюдаемое и ожидаемое значения были получены для одних и тех же условий работы оборудования (скорости, нагрузки, температуры и др.). С этой целью вводят понятие нормальных условий работы оборудования. При этом возможны две разные концепции контроля:

a) в реальных условиях измерений. В этом случае условия работы оборудования, при которых выполнены измерения, рассматривают как нормальные, а ожидаемые значения преобразуют в соответствующие этим условиям. Применение данной концепции предпочтительно, если, например, необходимо получить информацию о реальных потерях вследствие ухудшения качества работы оборудования в конкретных условиях;

b) в нормальных условиях. В этом случае наблюдаемые значения, полученные в реальных условиях работы оборудования, преобразуют в соответствующие нормальным условиям. Применение данной концепции предпочтительно при построении трендов, чтобы очистить изменения контролируемого параметра от влияния рабочих условий.

Примечание — Рекомендации по приведению к нормальным условиям содержатся в соответствующих стандартах на приемочные испытания (см. библиографию к ИСО 17359).

4.2 Контроль рабочих характеристик в реальном масштабе времени

Основой контроля рабочих характеристик в реальном масштабе времени является модель процесса, происходящего в машине (например, цикл Рэнкина—Клаузиса или цикл Брайтона/Джоуля).

Результаты расчета по модели процесса дают ожидаемые значения контролируемого параметра и соответствуют нормальному состоянию оборудования в данных условиях его работы (т. е. без учета ухудшения качества его работы вследствие износа, внутренних отложений или неисправностей). В данном случае рабочие условия характеризуются небольшим числом входных параметров модели, получаемых из измерений (условий окружающей среды, показателей топлива, скорости, нагрузки и т. п.).

Сравнение наблюдаемых и ожидаемых значений позволяет контролировать и анализировать работу узлов оборудования и возможных отклонений в рабочих характеристиках.

4.3 Контроль рабочих характеристик не в реальном масштабе времени

Данный способ контроля основан на тех же или схожих моделях, что применяют при контроле в реальном масштабе времени, но позволяет учитывать вариацию входных параметров или характеристик модели. Это расширяет сценарии расчета и позволяет объяснить полученные в ходе контроля в реальном масштабе времени отклонения между наблюдаемыми и ожидаемыми значениями.

4.4 Контроль рабочих характеристик в реальном масштабе времени с процедурой проверки данных

Чтобы улучшить качество данных, используемых в ходе контроля, рекомендуется проверять их в соответствии с рекомендациями [1]. Процедура согласования данных, изложенная в [1], позволяет исключить ненадежные результаты измерений и в конечном счете повысить точность контроля.

Надежность расчетов с использованием модели процесса зависит от точности измерений контролируемых параметров и может быть повышена за счет избыточных (физически связанных) данных.

Применяемая в методе согласования данных замкнутая система уравнений баланса энергии и массы позволяет рассчитать значения дополнительных параметров (которые не измеряются и не могут быть измерены), таких как свойства поверхности нагрева.

5 Руководство по установке системы контроля рабочих характеристик

5.1 Предварительные условия

Исходным условием для внедрения системы контроля рабочих характеристик оборудования является соответствие контролируемого оборудования его функциональному назначению.

Примечание — Контроль рабочих характеристик не может рассматриваться в качестве средства устранения ошибок в работе машины, обусловленных ее неправильной конструкцией.

Перед созданием системы контроля рекомендуется проверить выполнение следующих требований:

- условия работы (мощность, температура, давление, подача и пр.) для машин, которые должны стать объектом контроля, соответствуют установленным изготовителем;
- если машина работает в условиях частичной нагрузки или перегрузки, то эти условия должны входить в число нетипичных режимов, допускаемых изготовителем.

Примечание — Высокая производительность машины может сопровождаться невысокой производительностью комплекса, в состав которого она входит. Например, в том случае, если машина все время работает с неполной нагрузкой.

5.2 Планирование

Начальная стадия внедрения системы контроля рабочих характеристик оборудования включает в себя следующие шаги:

- анализ работы машин и определение контролируемых рабочих характеристик (для которых впоследствии будут получены наблюдаемые и ожидаемые значения);
- выбор входных параметров (см. приложение А);
- определение рабочих режимов, в которых будут проводить измерения контролируемых параметров;
- настройка модели процесса под конкретное контролируемое оборудование;
- проверка правильности функционирования системы контроля.

5.3 Анализ работы оборудования и определение контролируемых параметров

Целью анализа работы оборудования является выбор контролируемых параметров, характеризующих качество работы машины и ее узлов. При проведении анализа следует:

- определить функции, выполняемые оборудованием;
- определить, какие характеристики оборудования наиболее полно отражают качество выполнения этих функций;
- сопоставить функциональные возможности оборудования с поставленными задачами и определить способность оборудования выполнить эти задачи;
- определить номинальные рабочие параметры оборудования;
- рассмотреть процедуры и ограничения, влияющие на функционирование оборудования;
- определить параметры, характеризующие качество работы оборудования (см. приложение В);
- разбить оборудование на основные элементы, представительные с точки зрения основных функций, выполняемых оборудованием;
- рассмотреть взаимодействие выделенных элементов оборудования.

Результатом проведенного анализа должен стать перечень контролируемых параметров, значения которых необходимо будет получать в процессе измерений, а также на выходе модели рабочих процессов оборудования.

5.4 Определение рабочих режимов для контроля

5.4.1 Общие положения

Контроль рабочих характеристик рекомендуется проводить в стандартных режимах работы оборудования, которые обладают следующими свойствами:

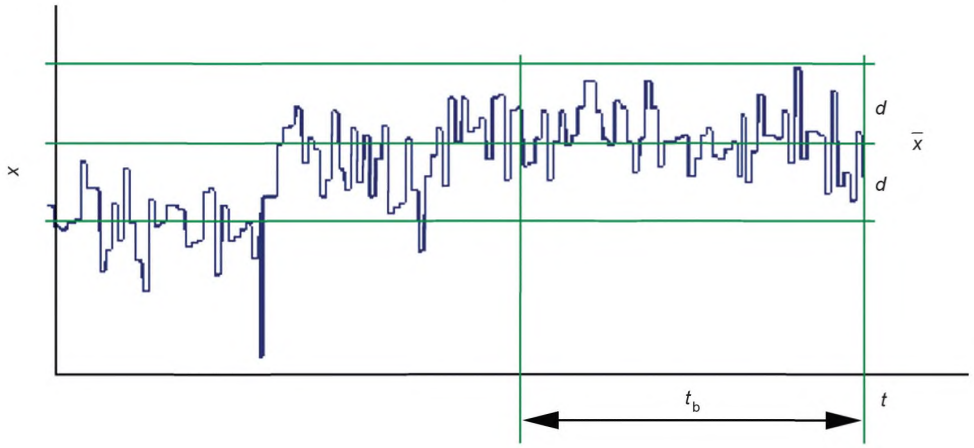
- режим должен быть установившимся;
- оборудование работает с нагрузкой (мощностью) выше установленного минимума;
- основные рабочие параметры (скорость, расположение клапанов, перетекающий поток и т. п.) находятся в заданных пределах.

Результатом данного этапа анализа должен стать перечень рабочих режимов для контроля с их подробным описанием.

5.4.2 Установившийся режим

Используемые для контроля рабочих характеристик модели основаны на допущениях в отношении рабочих режимов машины. Обычно в целях контроля используют установившиеся режимы, когда контролируемые параметры стабилизировались на своих уровнях.

Для надежного определения, является ли текущее состояние установившимся, рекомендуется следующая последовательность шагов (см. рисунок 1):



x — значение сигнала; t — текущее время; t_b — длина перемещающегося временного окна; $\bar{x}$ — среднее значение x на интервале t_b; d — допустимое отклонение x от $\bar{x}$ (в положительном и отрицательном направлении) на интервале t_b

Рисунок 1 — Оценка стационарности условий для сигнала x

- выбирают контролируемые параметры, пригодные для описания режима работы машины и доступные для измерений;
- определяют допустимый диапазон колебаний $2d$ значений параметра в установившемся режиме;
- определяют временное окно достаточной длины t_b, чтобы состояние машины при условии нахождения контролируемого параметра в пределах диапазона $2d$ на всей длине окна можно было считать установившимся;
- рассчитывают среднее значение $\bar{x}$ контролируемого параметра x на интервале временного окна, т. е. от текущего значения времени t до $(t - t_b)$;
- проверяют, во все ли моменты времени на данном интервале значения контролируемого параметра находились в диапазоне от $\bar{x} - d$ до $\bar{x} + d$. Если ответ положителен, то режим к моменту времени t считают установившимся.

Диапазон колебаний $2d$ и длину временного окна t_b выбирают исходя из требований применяемой модели и особенностей контролируемого оборудования.

Пример — В паровой турбине установившееся состояние определяют по получаемой мощности и расходу свежего пара. Для установившегося состояния типичными считают колебания в пределах диапазона 2d, равного 5 % контролируемого параметра, на интервале t_b, равном 10 мин.

5.4.3 Номинальный режим

Номинальным считают тот режим работы оборудования, для которого оно спроектировано. Обычно номинальный режим — это режим полной нагрузки.

Во время приемочных испытаний оборудование работает в номинальном режиме.

5.4.4 Режим частичной нагрузки

Следует определить все режимы, когда оборудование работает не с полной нагрузкой. Если полученные значения контролируемых параметров существенно отличаются от полученных как в номинальном режиме, так и в известных режимах частичной нагрузки, то следует рассмотреть возможность отнесения нового режима к существующему перечню режимов частичной нагрузки и соответствующим образом описать его.

Модель должна давать ожидаемые значения контролируемых параметров для всех описанных режимов частичной нагрузки.

5.5 Настройка модели

Модель оборудования составляют из моделей его элементов. Типичными элементами являются:
- газовые турбины;
- паровые турбины;
- генераторы;
- двигатели;
- теплообменники;
- парогенераторы;
- конденсаторы;
- насосы;
- трубопроводы;
- трубопроводная арматура.

Рабочие характеристики для каждого элемента оборудования рассчитывают по входным сигналам (результатам измерений). Модель при этом может иметь вид:
- явной зависимости рабочей характеристики от входных сигналов;
- системы уравнений, требующей решения;
- набора характеристических кривых, описывающих происходящий в данном элементе оборудования процесс.

Для настроенной модели отклонение ожидаемого значения от наблюдаемого не должно превосходить заявленной погрешности модели. Это достигается подбором параметров в уравнениях модели или подгонкой характеристических кривых. Настройку модели осуществляют для всех рабочих режимов, в которых предполагается осуществлять контроль.

5.6 Проверка системы контроля рабочих характеристик

Проверка системы контроля включает в себя проверки:
- наличия модели для каждого элемента оборудования;

- включения всех моделей элементов в общую модель оборудования;
- наличия входных параметров для моделей;
- наличия выходных параметров модели для данного оборудования;
- правильности расчета условий установившегося режима;
- достоверности результатов измерений;
- правильности работы модели на тестовых входных данных (тестовые входные данные должны быть определены, как минимум, для всех номинальных режимов работы оборудования);
- наличия записей настройки модели и ее испытаний для всех заданных режимов частичной нагрузки;
- правильности определения периодичности контроля;
- способности системы контроля определять действительное состояние оборудования (номинальный режим, режим частичной нагрузки) и сопровождать это соответствующей информацией;
- полноты и доступности документации, связанной с работой системы контроля.

6 Методы и требования к проведению контроля рабочих характеристик оборудования

6.1 Методология

Контроль рабочих характеристик оборудования можно осуществлять непрерывно либо периодически (например, один раз в неделю). Входными данными для контроля, получаемыми по результатам измерений, обычно служат стандартные рабочие параметры (условия окружающей среды, показатели топлива, скорость, нагрузка и т. п.). Контроль желательно проводить в установившемся режиме работы оборудования по данным, усредненным на заданном интервале времени, что позволит уменьшить влияние шумовой составляющей.

Наблюдаемые значения контролируемых параметров, получаемые в ходе измерений, сравнивают с ожидаемыми значениями, получаемыми с помощью модели. Обнаруженное расхождение между этими значениями свидетельствует об отклонении в работе оборудования и является отправной точкой для анализа причин этого отклонения.

Точность сравнения наблюдаемых и ожидаемых значений зависит от качества измерений и качества модели. Для получения надежных результатов на выходе модель должна быть настроена на реальные данные для конкретного контролируемого оборудования (см. 5.5).

6.2 Проверка достоверности

Прежде чем входные данные будут введены в модель, рекомендуется выполнить контроль их достоверности. Такой контроль заключается в проверке, попали ли значения входных данных в предварительно установленный для них интервал. Если данные выходят за пределы интервала, то их не используют в расчетах. Вместо них могут быть использованы параметры, заданные, например, «по умолчанию» (если эти параметры важны для описания происходящих в машине процессов).

6.3 Межконтрольный интервал и усреднение по времени

Межконтрольный интервал определяет, с какой частотой выполнен расчет рабочих характеристик оборудования. Рассматриваемый метод контроля не используют в целях оперативного реагирования на критические изменения в состоянии оборудования, поэтому запрос входных данных достаточно вести с интервалом от 1 до 15 мин и более при условии сохранения на нем заданного установившегося режима. На каждом таком интервале входные данные, получаемые в результате измерений системой контроля, подлежат усреднению по времени.

6.4 Применение входных и расчетных параметров

Последовательность шагов, составляющих процедуру контроля рабочих характеристик оборудования, схематически изображена на рисунке 2.

Входные параметры получают в результате непосредственных измерений на контролируемом оборудовании с заданной периодичностью. После чего их подвергают предварительной обработке, включающей в себя:

- проверку достоверности данных;
- определение установившегося режима работы оборудования;

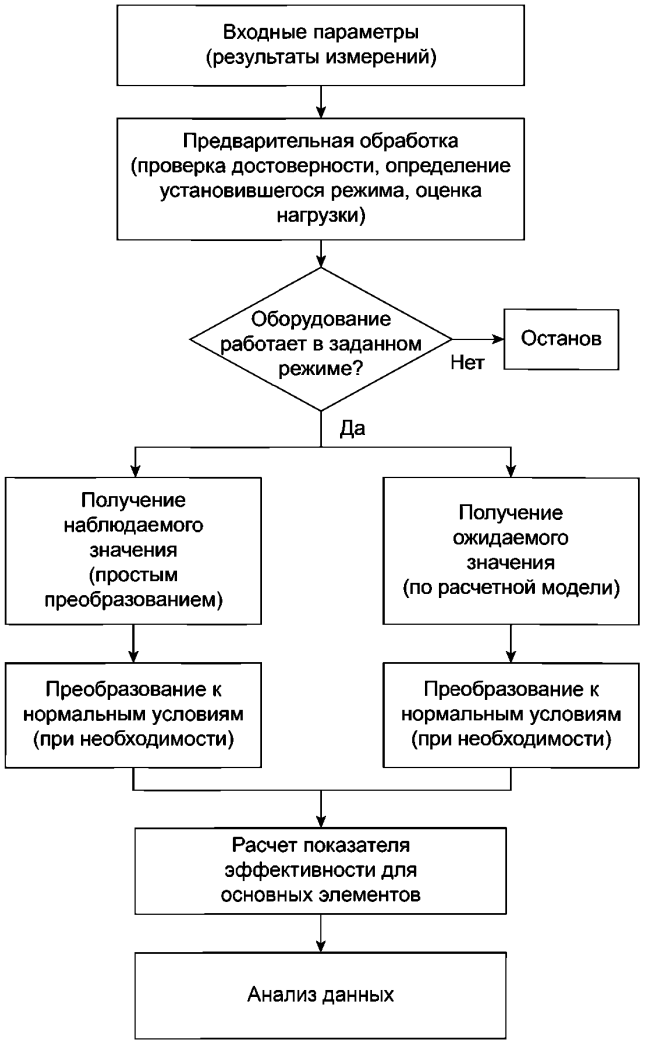


Рисунок 2 — Схема выполнения расчетов в процедуре контроля по рабочим характеристикам

- оценку, работает ли оборудование в одном из заданных режимов (включая режимы неполной нагрузки).

После предварительной обработки (при условии работы оборудования в заданном режиме) входные данные подвергают преобразованию двумя способами (две ветви на схеме рисунка 2):

a) непосредственно из входных параметров простыми преобразованиями (при необходимости) получают наблюдаемые значения контролируемых параметров (см. 5.3);

b) с помощью модели рассчитывают ожидаемые значения для сравнения с параметрами, полученными согласно перечислению a).

Примечание — Для расчета ожидаемых значений используют не все входные параметры, а только те, которые характеризуют условия работы машины, такие как мощность или нагрузка, параметры окружающей среды, коэффициент полезного действия (КПД).

Наблюдаемые и ожидаемые значения контролируемых параметров при необходимости приводят к нормальным рабочим условиям. Как вариант, допускается вносить корректировку на реальные рабочие условия после расчета показателя эффективности.

Заключительный шаг представляет собой сравнение наблюдаемых и ожидаемых значений. Для этого рекомендуется использовать показатель эффективности, например в виде отношения между действительной и ожидаемой производительностью оборудования.

6.5 Проверка данных

Для того чтобы повысить качество данных и исключить недостоверные результаты измерений, рекомендуется выполнять проверку данных в соответствии с рекомендациями [1].

Основой проверки служат процедуры согласования данных. Эти процедуры в значительной степени зависят от возможности проводить избыточные измерения с помощью дополнительных датчиков, снимающих коррелированные сигналы, а также от точности считываемых показаний. В случае уже установленной системы контроля оборудования проверку данных проводят с использованием существующих датчиков, т. е. без дополнительных датчиков для повышения избыточности информации.

Примечание 1 — Сравнение данных, полученных непосредственно в результате измерений, с данными, полученными после их «очистки», дает информацию о качестве измерений, особенно важную в том случае, когда один или несколько датчиков повреждены.

Примечание 2 — В случае надлежащего качества измерений значительное расхождение в исходных и «очищенных» данных заставляет предположить отклонения в рабочем процессе внутри оборудования, например наличие утечки жидкости или неправильную работу клапанов.

7 Интерпретация данных и критерии оценки

Для процедуры интерпретации данных в рамках контроля по рабочим характеристикам необходимо знать условия работы машины и преобразования полученных данных к нормальным условиям работы (см. 4.1).

В общем случае при выполнении указанной процедуры осуществляют движение от общего (всего оборудования в целом) к частному (отдельным его элементам). Ухудшение качества работы оборудования (снижение показателей, описывающих это качество) свидетельствует о неправильной работе или деградации состояния одного или нескольких элементов. В этом случае детальный анализ (сравнение наблюдаемого и ожидаемого значений) должен быть выполнен для каждого из элементов.

Примечание — Полезным может быть составление перечня, в котором расхождениям между наблюдаемыми и ожидаемыми значениями поставлены в соответствие количественные значения потерь мощности и эффективности. Данный перечень (его часто называют «перечень контролируемых потерь») целесообразно разбить на разделы по каждому из основных элементов оборудования.

Выбор нормальных условий позволяет провести следующий анализ:

a) если за нормальные приняты реальные условия работы оборудования:

- определить имеющиеся резервы в текущих условиях работы оборудования,
- оценить, позволяют ли рабочие характеристики оборудования выполнять возложенные на него функции,
- определить элементы, ухудшающие работу оборудования;

b) если за нормальные приняты заданные условия работы оборудования:

- оценить тренд измеряемых контролируемых параметров для оценки процессов ухудшения качества работы,
- выявить внезапные изменения в рабочих процессах оборудования,
- обнаружить причины отклонений рабочих характеристик.

В приложении C приведен пример контроля рабочих характеристик насоса, в котором за нормальные приняты реальные условия работы машины.

В приложении D приведен пример оптимизации радиального зазора в газовой турбине, в котором метод интерпретации данных основан на принятии заданных условий работы в качестве нормальных.

Приложение А
(рекомендуемое)

Входные параметры для описания условий работы оборудования

Входной параметр	Элемент оборудования								Машина в целом		
	общего назначения	Газовая турбина	Паровая турбина	Теплообменник	Парогенератор	Конденсатор	Задвижка/клапан	Трубопровод	Генератор	Двигатель	Насос
Температура воздуха		•									
Давление воздуха		•									
Влажность воздуха		•									
Температура охладителя			•			•					
Температура рабочей среды							•	•			•
Входное давление				•	•		•	•			•
Выходное давление				•	•		•	•			•
Частота вращения		•	•						•	•	•
Нагрузка			•						•	•	•
Коэффициент полезного действия		•									
Массовый расход				•	•	•					
Температура на входе				•	•	•					

Приложение В
(рекомендуемое)

Контролируемые параметры для контроля оборудования по рабочим характеристикам

Контролируемый параметр	Элемент оборудования								Машина в целом		
	общего назначения	Газовая турбина	Паровая турбина	Теплообменник	Парогенератор	Конденсатор	Задвижка/клапан	Трубопровод	Генератор	Двигатель	Насос
Полная мощность	•	•	•	•					•	•	•
Полезная мощность	•										
КПД брутто	•	•	•		•				•	•	•
КПД нетто	•										
Изоэнтропический КПД		•	•								
Предельная разность температур				•		•					

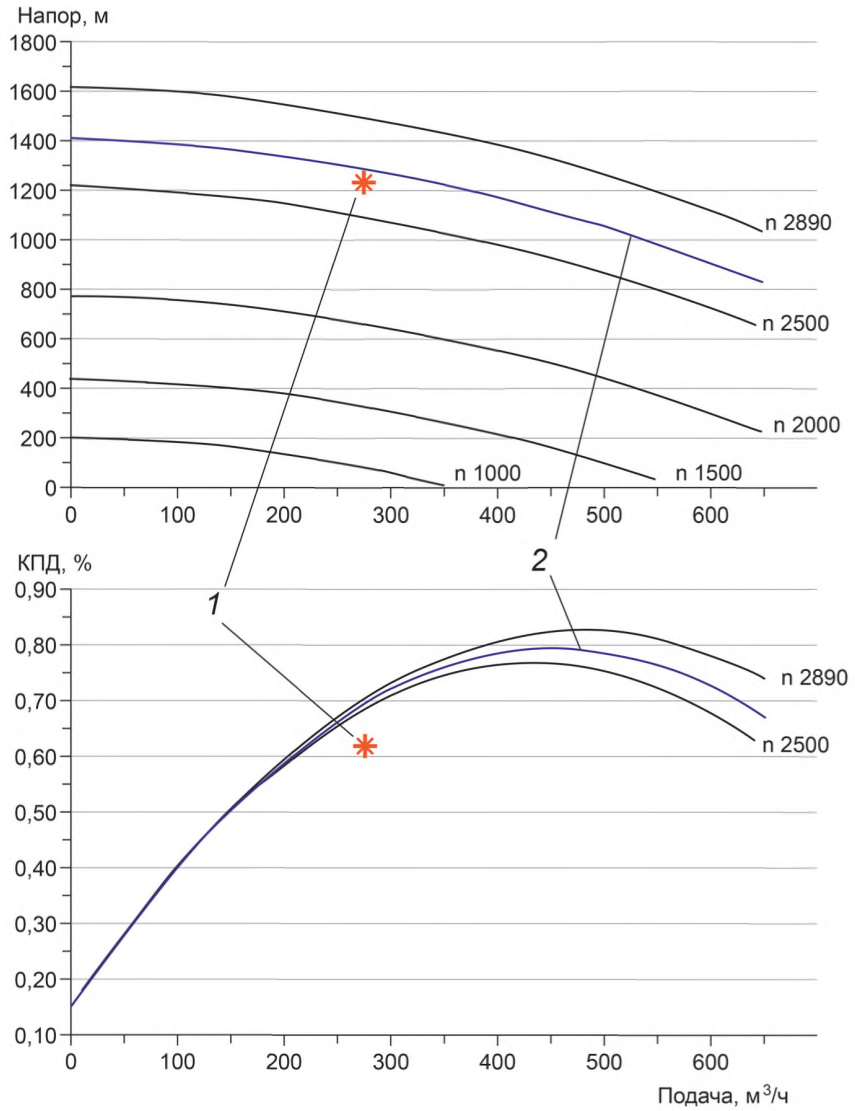
Приложение С
(справочное)

Пример контроля рабочих характеристик насоса

Целью контроля рабочих характеристик насоса является оценка качества его работы. Для этого в качестве контролируемых параметров используют напор, КПД и допускаемый кавитационный запас.

Наблюдаемые значения контролируемых параметров сравнивают с их ожидаемыми значениями, рассчитанными из характеристических кривых насоса, которые, в свою очередь, получают в ходе приемочных испытаний.

Результаты контроля рабочих характеристик насоса показаны на рисунке С.1.



1 — рабочая точка насоса; *2* — кривые, соответствующие действительной скорости вращения (n_r = мин$^{-1}$); *n* — скорость вращения, мин$^{-1}$

Рисунок С.1 — Характеристические кривые насоса, используемые при его контроле по рабочим характеристикам

Модель, служащая для получения ожидаемых значений контролируемых параметров, состоит из набора характеристических кривых насоса (зависимостей напора и КПД от объемной подачи) для разных значений скорости вращения *n*, которая в данном случае выступает в качестве входного параметра. В рассматриваемом примере

скорость вращения составляла 2680 мин$^{-1}$. Соответствующие ей кривые на рисунке С.1 выделены более темным цветом. В ходе измерений получены следующие значения параметров:

- напор H: 1228 м;
- объемная подача Q: 277 м^3/ч;
- электрическая мощность P_{el}: 1500 кВт;
- скорость вращения n_r: 2680 мин$^{-1}$;
- КПД $\eta_{measured}$: 62 %.

При этом значение КПД $\eta_{measured}$ рассчитано по формуле

$$\eta_{measured} = \frac{P_h}{P_{el}} = \frac{QH\rho g}{P_{el}}, \quad (C.1)$$

где P_h — выходная гидравлическая мощность насоса, кВт;

P_{el} — входная электрическая мощность насоса, кВт;

Q — объемная подача насоса, м^3/ч;

H — напор, м;

ρ — плотность перекачиваемой жидкости, кг/м^3;

g — ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с^2.

Согласно приведенным на рисунке С.1 характеристическим кривым ожидаемый КПД$_{measured}$ в данном примере при рабочей скорости вращения 2680 мин$^{-1}$ будет составлять 70 %. Реальные условия измерений приняты за нормальные.

Для контроля состояния насоса по рабочим характеристикам целесообразно ввести показатель эффективности η_p, %, определяемый по формуле

$$\eta_p = \frac{\eta_{measured}}{\eta_{expected}}. \quad (C.2)$$

В рассматриваемом примере значение этого показателя будет равно 89 %.

Приложение D
(справочное)

Пример оптимизации радиального зазора в газовой турбине

Для повышения эффективности и безопасности работы газовые турбины содержат устройство оптимизации радиального зазора. Это устройство позволяет поддерживать минимально допустимый зазор между лопатками турбины и ее корпусом после прогрева турбины в установившемся режиме ее работы. Рассматриваемый пример показывает, как искусственное отключение устройства влияет на рабочие характеристики турбины.

Рисунок D.1 показывает график изменения со временем полной электрической мощности парогазовой электростанции на интервале 4 ч. Контролируемый параметр приведен к нормальным условиям для исключения влияния изменяющихся характеристик окружающей среды. Преобразованный параметр допускает его сравнение с ожидаемым значением в нормальных условиях. При нормальной работе машины этот параметр должен оставаться приблизительно постоянным (горизонтальная линия на графике).

В 23:30 произошло снижение мощности с 424,8 до 424 МВт. На интервале с 23:30 до 00:00 расчет контролируемого параметра не осуществлялся, поскольку станция работала в неустановившемся режиме. Анализ причин такого поведения контролируемого показателя показал, что снижение мощности явилось следствием ручного отключения устройства оптимизации радиального зазора.

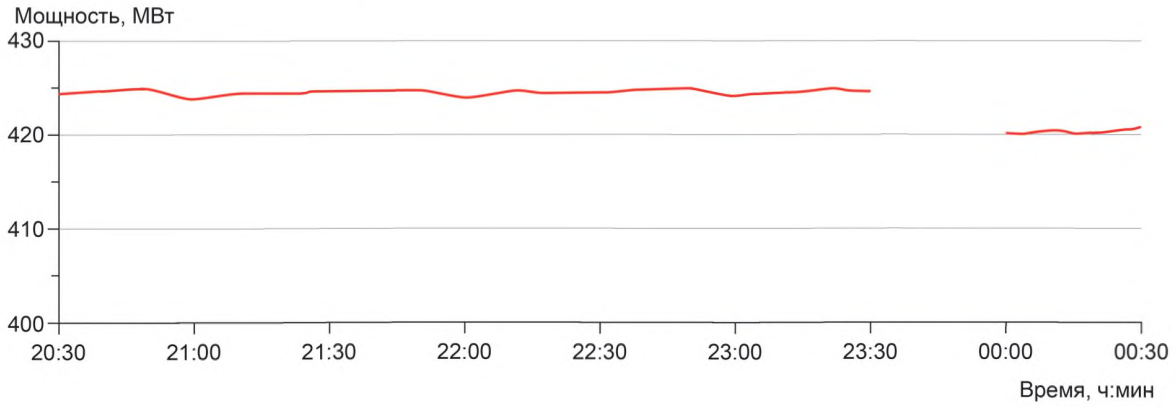


Рисунок D.1 — Полная электрическая мощность, преобразованная к нормальным условиям работы станции

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
ISO 13372	IDT	ГОСТ Р ИСО 13372—2013 «Контроль состояния и диагностика машин. Термины и определения»
ISO 13379-1	IDT	ГОСТ Р ИСО 13379-1—2015 «Контроль состояния и диагностика машин. Методы интерпретации данных и диагностирования. Часть 1. Общее руководство»
ISO 17359	IDT	ГОСТ Р ИСО 17359—2015 «Контроль состояния и диагностика машин. Общее руководство»
Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов: - IDT — идентичные стандарты.		

Библиография

[1] VDI 2048-1 Uncertainties of measurement during acceptance tests on energy-conversion and power plants — Fundamentals

УДК 534.322.3.08:006.354 ОКС 17.160 Т34

Ключевые слова: машины, контроль состояния, показатели производительности, контролируемые параметры, рабочие характеристики

Редактор *Л.С. Зимилова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Е.Д. Дульнева*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 20.03.2019. Подписано в печать 05.04.2019. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,86.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» для комплектования Федерального информационного фонда стандартов, 117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru