

ГОСТ Р ИСО 13379-2-2016

Группа Т34

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**Контроль состояния и диагностика машин****МЕТОДЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ****Часть 2****Подход на основе данных****Condition monitoring and diagnostics of machines. Data interpretation and diagnostics techniques. Part 2. Data-driven applications**

ОКС 17.160

Дата введения 2017-10-01

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 10 ноября 2016 г. N 1661-ст](#)

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 13379-2:2015* "Контроль состояния и диагностика машин. Методы интерпретации данных и диагностирования. Часть 2. Подход на основе данных" ("Condition monitoring and diagnostics of machines - Data interpretation and diagnostics techniques - Part 2: Data-driven applications", IDT).

* Доступ к международным и зарубежным документам, упомянутым в тексте, можно получить, обратившись в [Службу поддержки пользователей](#). - Примечание изготовителя базы данных.

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. N 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 (www.gost.ru)

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает руководство по применению методов контроля состояния и диагностирования на основе данных.

Внедрение таких методов в практику обычно осуществляют в несколько этапов (некоторые из этих этапов могут выполняться в рамках существующих процедур):

- определение объектов мониторинга, критических повреждений и контролируемых параметров, доступных для измерений;
- сбор и редактирование данных;
- разработка модели диагностирования/контроля;
- настройка модели по обучающим данным;
- проверка работоспособности модели;
- применение модели в целях диагностирования.

Выполнение указанных этапов не требует глубоких знаний статистических методов обработки данных, но требует компетентности в процедурах обучения модели, а после подтверждения ее работоспособности также в процедурах

контроля состояния и диагностирования.

Обучение в процедурах контроля состояния на основе данных проводят на нормально работающем оборудовании. В этом случае принцип обнаружения неисправности состоит в сравнении данных, предсказанных с помощью модели, с данными наблюдений. Наличие расхождения между предсказанными и полученными данными (эту разность иногда называют невязкой) свидетельствует об имеющей место аномалии, которая может быть отнесена либо к контролируемому оборудованию, либо к измерительному инструменту.

Обучение в процедурах диагностирования проводят как на нормально работающем, так и на неисправном оборудовании. В процедуре диагностирования значение имеет не отклонение контролируемого параметра, а идентификация неисправности путем сопоставления наблюдаемых данных с классами возможных состояний оборудования, определенных на этапе обучения. Обычно эта процедура сводится к распознаванию и последующей классификации образа.

Данные для анализа могут быть получены из записей распределенной системы управления (PCU или, в англоязычной транскрипции, DCS) или из специализированных систем мониторинга.

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)

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ИСО 13372 и ИСО 13379-1.

4 Процедуры контроля на основе данных

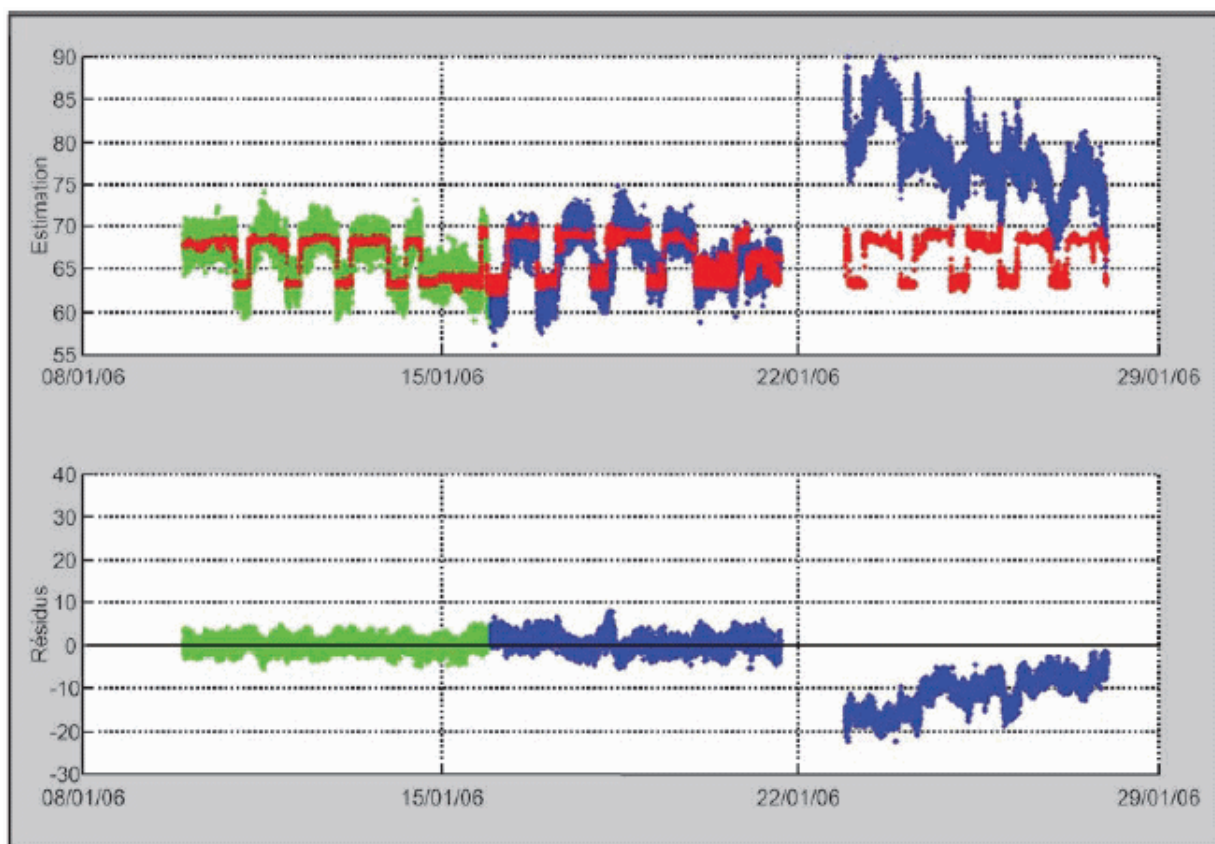
4.1 Принцип контроля на основе данных

Классические методы контроля состояния на основе наблюдения трендов параметров сигналов все чаще уступают свое место методам, использующим разнообразные процедуры статистического анализа, в которых происходит сопоставление сигналов с разных участков обследуемого оборудования и выходных сигналов моделей. В этом случае метод контроля состоит в сравнении наблюдаемых данных и данных, предсказанных с помощью моделей и

описывающих работу оборудования в его нормальном состоянии.

Для того чтобы модель могла быть использована в процедурах контроля, она должна пройти процесс обучения. Неисправности, обнаруживаемые с помощью модели, проявляют себя через отклонение наблюдаемых данных от прогнозируемых.

На рисунке 1 показан пример контроля состояния газовой турбины. Целью контроля является обнаружение аномальных перемещений вала турбины после ее отключения. Входными сигналами модели являются активная и реактивная мощность турбины, а также перемещения подшипниковой опоры. На рисунке 1 зеленым цветом показаны данные, полученные в процессе обучения, синим - в процессе контроля и красным - на выходе модели (прогноз).



Estimation - оценка контролируемого параметра; Residus - невязка

Рисунок 1 - Контроль перемещений вала газовой турбины

Обычно для контроля состояния на основе данных применяют модели, реализующие процедуры автоассоциативного ядерного сглаживания, регрессию методом дробных наименьших квадратов, метод опорных векторов или систему Махаланобиса-Тагути.

4.2 Критические повреждения оборудования и выбор контролируемых параметров

Применение процедур контроля состояния на основе данных подробно рассмотрено в [1]. Оно включает в себя две основные стадии предварительного

обследования:

- обследование оборудования (его идентификация и определение выполняемых функций);

- оценка надежности и критичности оборудования (составление структурной схемы расчета надежности, определение критичности оборудования и проведение анализа характера, последствий и критичности отказов).

После того, как обследование проведено и составлен перечень критических неисправностей, необходимо составить перечень данных, которые можно получить из историй записей в системе управления предприятием или из специализированных систем мониторинга. Примером последней может служить система вибрационного мониторинга.

Если обнаружение критических неисправностей не может быть в должной степени обеспечено действующими системами мониторинга, то может оказаться необходимым рассмотреть возможность установления дополнительных датчиков или изменения местоположения существующих.

4.3 Сбор и редактирование данных

4.3.1 Общие положения

Для того чтобы построить устойчивую модель прогнозирования состояния, необходимо собрать надежные данные для всех возможных режимов работы оборудования. Такие данные хранят в архиве записей работы оборудования. В действительности собранные данные по ряду причин не всегда могут реально отражать состояние оборудования на предприятии. К таким причинам относятся погрешности интерполяции данных, случайные погрешности данных, отсутствие части данных, потеря значащих цифр, повреждения записи данных и пр. Используемые данные всегда должны подвергаться процедурам проверки и коррекции.

При решении вопроса об уничтожении какой-то части архивных данных всегда следует убедиться в том, что эти данные не могут в дальнейшем потребоваться в процедурах контроля состояния.

4.3.2 Погрешности интерполяции

Одна из проблем, с которыми приходится сталкиваться при использовании архивных данных для обучения модели, состоит в том, что эти данные не являются исходными, а подверглись перед записью процедурам сжатия в соответствии с используемой программой архивирования. Обычно архивные данные представляют собой записи временных рядов. Однако при этом в момент получения данных сохраняют не все из них, а только те, в которых изменения превысили некоторый установленный допуск. Это позволяет значительно уменьшить объем хранимой информации, но за счет потери ее качества. Если такие данные используют в целях обучения, то обычно либо восстанавливают данные, соответствующие моментам времени между двумя последующими

записями, методом простой линейной интерполяции, либо считают, что изменение данных произошло скачкообразно. При этом может быть значительно искажена корреляция данных, полученных с разных датчиков.

Важно, чтобы данные, используемые в целях обучения, были реальными, а допуск на изменения данных в критерии архивирования либо устанавливался минимальным, либо отсутствовал вовсе.

4.3.3 Качество данных

Наиболее общие проблемы ухудшения качества данных связаны с:

- отсутствием части данных;
- зашумлением данных или наличием в них случайных погрешностей;
- наличием данных, полученных с применением неисправных датчиков, но не помеченных соответствующим образом;
- нереалистичными значениями данных (выходящими за пределы ожидаемого диапазона).

Большинство из указанных недостатков данных может быть обнаружено визуально или с использованием простых программ редактирования. Такие программы удаляют недостоверные данные или заменяют их наиболее вероятными значениями по заданному алгоритму. Как правило, ненадежные данные из набора, предназначенного для обучения модели, удаляют. Большинство программных средств включают в себя встроенные инструменты редактирования данных. Такие инструменты легко выявляют сильно выпадающие данные, но обычно нечувствительны к ошибкам данных, если те находятся в ожидаемом диапазоне их изменения. Пропуск плохих данных в наборе для обучения может привести к отбраковке модели при проверке ее работоспособности.

4.3.4 Дополнительный сбор данных

После редактирования данных может оказаться необходимым осуществить их повторную выборку с частотой, определяемой конкретным режимом работы оборудования. Так, желательно обеспечить максимальную частоту выборки при работе оборудования в переходных режимах (например, запуск машины), в то время как при работе в установившемся режиме может оказаться достаточным осуществлять выборку каждые 10 мин.

4.4 Построение модели

4.4.1 Общие положения

Построение модели является многошаговой задачей, которая включает в себя:

- выбор информативных контролируемых параметров;
- выбор режимов работы, в которых целесообразно осуществлять контроль, и данных для обучения;
- определение способа проверки пригодности модели.

Построение модели на основе данных требует:

- определение специализированных наборов параметров (датчиков) для неисправностей разного типа (механических, электрических и пр.);
- выборку данных за период времени, в течение которого машина заведомо находилась в хорошем техническом состоянии.

4.4.2 Определение вида модели и выбор входных сигналов

После того, как качество данных, предназначенных для обучения, проверено и признано годным, следует определить контролируемые параметры, которые будут использованы в модели. Эти параметры могут представлять собой непосредственно выходные сигналы датчиков или сигнал, подвергнутые соответствующей обработке (усреднению, экспоненциальному усреднению, вычислению коэффициента эксцесса и пр.). Для крупных предприятий число контролируемых параметров может достигать нескольких сотен, поэтому их целесообразно разбить по группам, каждая из которых связана с конкретной функцией обследуемого оборудования (механические перемещения, охлаждение и т.п.).

Качество модели сильно зависит от правильного выбора контролируемых параметров. Использование неинформативных параметров способно ухудшить качество, поскольку способно увеличить число ложных сигналов предупреждения или число пропусков реальных неисправностей. Параметр считают неинформативным, если он при развитии неисправности либо не изменяется, либо изменяется случайным образом. В то же время невключение в модель информативных параметров может привести к невозможности обнаружения неисправностей некоторых видов.

Для того чтобы обеспечить точность и устойчивость работы модели, контролируемые параметры следует выбирать с учетом как функциональных (параметры для обнаружения отдельных групп неисправностей), так и количественных аспектов. Рекомендуется проверить целесообразность включения в модель коррелированных параметров, а также то, что нормальные изменения в режиме работы машины могут быть обусловлены внешними для данной машины процессами.

