

## МОНИТОРИНГ ОБОРУДОВАНИЯ: СБОР И ОБРАБОТКА МАШИННЫХ ДАННЫХ

И.В. Третьяков (ООО «Экстенсив»)

*Подробно рассмотрены функции, которыми должна обладать современная система мониторинга механообрабатывающего производства и структура такой системы. Показано, что правильно настроенная система мониторинга позволяет усовершенствовать работу всех служб, связанных с производством. Приведена краткая характеристика отечественного рынка систем мониторинга оборудования.*

*Ключевые слова: системы мониторинга, ЧПУ, сбор и обработка машинных данных, единое информационное пространство, интеграция.*

Мониторинг (в механообрабатывающем производстве) — процесс сбора, обработки, хранения, передачи, анализа и визуализации данных с технологического оборудования, а также формирование информации и сигналов на их основе. Машинные данные, получаемые в процессе производства непосредственно с оборудования, самым достоверным образом отображают процесс изготовления продукции, его технологические и количественные параметры. Автоматизированная обработка машинных данных открывает путь к повышению эффективности производства и переходу на новый технологический уровень.

Цель создания автоматизированной системы мониторинга — собрать в единый контур все технологические и производственные данные для перехода от управления по результатам к управлению производством в реальном времени. Получить достоверную информацию для улучшения планирования производства, конструирования изделий и технологической подготовки, увеличения ресурса оборудования.

Применение системы мониторинга позволяет:

- выпускать продукцию в соответствии с планом (не срывать заказы);
- поддерживать стабильность технологии (уменьшить брак, недоработки, переделки), ускорить переналадку производства, оптимизировать ТП (скорость, точность, трудоемкость, ресурсоемкость);
- поддерживать оборудование в работоспособном состоянии, предотвращать отклонения (остановки, простой), аварии (или уменьшить их последствия);
- снизить ресурсоемкость (рабочее и машинное время, материалоемкость, износ инструмента, незавершенное производство, брак, расходные материалы и т. д.);
- снизить нагрузку на персонал и требования к его квалификации.

Компания Экстенсив (г. Екатеринбург), изучив реалии промышленных предприятий, сформулировала стандартные функции, которыми должна обладать современная система мониторинга оборудования.

### Функции системы мониторинга

- 1) Сбор данных (источники входных данных):
  - ручной ввод, когда сотрудник вводит в систему информацию, автоматическое получение которой не настроено, или экспертную оценку ситуации;
  - специализированное оборудование: контролле-

ры, предназначенные для сбора информации о производстве, цифровые измерительные приборы и т. п.

- штатное оборудование: контроллеры и вычислительные устройства, являющиеся частью технологического оборудования и производственных линий (например устройство ЧПУ станка);
- стандартный протокол передачи данных. Использование универсальных протоколов (OPC, Euromap, MTconnect и т. п.), как правило, сопровождается потерей функциональности и эффективности;
- проприетарное ПО, разрабатываемые производителем оборудования для его использования и подключения к информационным системам;
- драйверы оборудования, разрабатываемые специально для управления устройством из информационных систем и контроля его состояния.
- внешнее оборудование: некоторые устройства, логически объединяемые в единую систему (например, температурные или вибродатчики, измерительные устройства и т. д.)
- внешние данные, уже собранные или обработанные другими системами.

2) Хранение данных. Современные системы мониторинга хранят данные в различных БД. При выборе БД необходимо учитывать характеристики СУБД, так как работа с большими объемами данных влияет на скорость обработки и требуемую емкость хранения. Крупным и оборонным предприятиям необходимо иметь возможность работать с разными СУБД (избегать диктата единственного поставщика), в том числе отечественных производителей и ПО с открытым кодом или свободного ПО (Open Source). При выборе СУБД необходимо протестировать механизмы сжатия и очистки базы данных, так как эти операции будут происходить регулярно в процессе работы системы мониторинга.

3) Первичная обработка «сырых» данных в целях получения интегрированных значений или более компактной для хранения информации.

4) Анализ данных. Математический аппарат, заложенный в систему мониторинга, позволяет выявить неочевидные взаимосвязи между факторами производства, в том числе с применением технологий BigData. Например, построить рейтинги производительности станков, станочников или инструмента. Ранжировать влияние на отклонения (причины брака) сырья, инструмента, исполнителей. Применять

статистические методы для поддержания стабильности технологии и качества продукции.

5) Визуализация данных. Отображение информации — важнейшая часть мониторинга. Светофор станка, АРМ оператора, андон-дисплей в цехах, трансляция информации через Internet должны своевременно отображать нужную информацию и сигналы, в т.ч. графики, диаграммы, таблицы, счетчики и т.п.

6) Вывод данных. Поддержка стандартных форматов xml, xls и pdf. Вывод в электронную почту, на печать, в промежуточные файлы. Сторонитесь кастомизированных форматов, придется постоянно следить за их поддержкой и совместимостью.

7) Передача данных. Развитые системы мониторинга поддерживают Ethernet, IPV, Wi-Fi, SMS, сообщения электронной почты и мессенджеров (Telegram и т.п.) для передачи информации через очередь ОС Windows, представления Oracle, таблицы СУБД, xml и текстовые файлы, Web-интерфейс.

8) Учет выработки, включая учет числа произведенных технологических операций и затраченное на них время и ресурсы; анализ производительности в разрезе выбранного подразделения/оборудования за выбранный период. Для достижения этих целей система мониторинга должна:

- содержать нормативно-справочную информацию, значения технологических параметров, заданных на этапе проектирования изделия, для сравнения их с фактическими значениями;

- ранжировать отклонения и причины их возникновения по частоте и степени отклонений (какие сотрудники, виды инструмента, заготовки и т.д. приводят к самым серьезным отклонениям или вызывают их чаще всего);

- сравнивать фактические параметры обработки изделия с их эталонными значениями, оценивать отклонения и формировать управляющие и информационные сигналы для персонала или других ИТ-систем.

В этом контексте различают несколько видов реакции системы на отклонения. Автоматическая реакция — отклонение обрабатывается системой, управляющие сигналы формируются и исполняются на основе алгоритмов, заложенных в системе мониторинга. Реакция с подтверждением — управляющие сигналы формируются на основе алгоритма, но исполняются только по явной команде персонала. Полуавтоматическая реакция — форма реакции на отклонение выбирается персоналом из предложенных системой вариантов. Неавтоматическая реакция — система отображает отклонения и ожидает реакции персонала, который самостоятельно определяет алгоритм реагирования.

9) Управление технологией обработки изделий. Значения фактических параметров производства, полученные системой мониторинга, передаются разработчикам изделий (конструкторам/технологам) непосредственно из системы мониторинга или через PLM-системы с целью дальнейшего совершенствования технологий.

10) Хранение управляющих программ в специальной библиотеке. Контролируются версии программ, проводится их централизованное резервное копирование. Управляющие программы соотносятся с номенклатурой изделий, производственными операциями, оборудованием. Система отслеживает код управляющей программы, который фактически выполняется на станке. При этом учитывается не только имя программы, но и ее содержимое (тело). На основе сравнения исходного и выполненного кода осуществляется управление версиями управляющих программ.

11) ТОиР. Служба главного механика часто выступает инициатором внедрения систем мониторинга и ожидает реализации следующих функций:

- автоматическое резервирование настроек. Все производители устройств ЧПУ настаивают на периодическом сохранении настроек и параметров станка, так как не всегда регулярно делаются «бэк-ап»;

- эталонная настройка — запись параметров станка (с картой температур и вибраций) при прогоне контрольной управляющей программы и периодическое сравнение параметров с эталонными в процессе эксплуатации;

- вибродиагностика [1];

- учет наработки оборудования в целях планово-предупредительного ремонта;

- обработка всех сообщений диагностических систем оборудования (ошибки УЧПУ);

- контроль критических режимов работы оборудования и информирование об их достижении;

- контроль развития дефектов движущихся частей станка;

- инициирование регламентных процедур по техническому обслуживанию станка.

- сбор информации об инструменте, включая функции библиотеки параметров инструмента, вывода инструмента на ТО по наработке, статистика наработки инструмента по производителям/моделям, контроль изменения нагрузки в серийных управляющих программах и пороговых значений, график смены инструментов в АСИ, рейтинг надежности инструмента.

12) Определение фактической длительности и ресурсоемкости производственных операций. Реальные данные позволяют строить реальные планы.

13) Обработка брака. Учитываются все производственные операции, следовательно завершенные некорректно или незавершенные будут учтены для их анализа и обработки. Детали (партии деталей), произведенные с отклонениями от технологии, будут помечены для их более тщательного контроля в ОТК.

#### Пользователи системы мониторинга

Правильно настроенная система мониторинга позволяет усовершенствовать или упростить работу всех служб, связанных с производством. Права пользователей на доступ к информации и элементам управления ограничиваются администратором системы.

**Руководитель и владелец** получает информацию в обобщенном виде с возможностью детализации. Акцент делается на показатели эффективности производства и сравнение текущих показателей с аналогичными показателями прошлых периодов и с плановыми. В случае надлежащей защиты, данные могут выводиться на мобильные устройства или обрабатываться помощником. Руководитель не всегда находится на предприятии и получает мощное средство дистанционного контроля.

**Менеджер** анализирует фактические показатели производства и обрабатывает отклонения для достижения заданной производительности; может своевременно организовать помощь профильного специалиста (технолога, механика, контролера и т.д.) или ресурсное подкрепление (заготовки, инструмент, оснастка, транспорт, расходники, удаление отходов и т.п.).

**Технолог** в реальном времени контролирует параметры режимов обработки, критические нагрузки на оборудование и инструмент, фактическое время распределения режимов обработки и состояний станка.

Обычно именно технолог отвечает за подготовку управляющей программы, ее тестирование, хранение, передачу в производство и обновление. Технологу доступны коды управляющей программы, фактически выполненные на станке. Есть возможность сохранить правки, внесенные оператором, либо настоять на выполнении программы без вмешательства. Можно вводить значения и переменные в код управляющей программы и получать их значения как выходные параметры системы. Технолог может управлять библиотекой управляющих программ.

**Механик** использует следующую информацию: наработка оборудования (моточасов) в интересах планово-предупредительных ремонтов; сообщение о критических параметрах; критические и запредельные режимы; информацию о подключении внешних датчиков; резервные копии образов диска станка; реестр и анализ ошибок; анализ вибраций; анализ температуры технологических узлов оборудования и рабочих жидкостей; автоматическое формирование регламентной процедуры в случае запроса техпомощи.

**Оператор станка** получает АРМ, оснащенный приборными панелями, где

- по каждому станку указывается состояние, режим работы, работающая управляющая программа, ее версия и код изделия. Данные с устройств ЧПУ совмещаются с данными производственной системы.

- отображаются производственные задания, назначенные на рабочий центр, имеется возможность их своевременного запуска;

- фиксируется факт простоя оборудования и причины простоя;

- инициируется запрос поддержки: помощь мастера, технолога, механика; запуск регламентных процедур; ресурсная поддержка при недостатке материала, инструмента, оснастки, транспорта и т.д.

- отображается график технологических переходов, что позволяет оптимально планировать ближай-

шие действия. Предсказывается потребность в ресурсах и рационально используется время персонала.

**Служба персонала** учитывает квалификационные уровни работников и имеет данные о реальных трудовых затратах в привязке к результатам работы.

**Служба безопасности** получает сигналы о нарушениях регламентов входящих в их компетенцию (попытка выполнения незапланированных операций или фальсификации данных).

**Сервисная служба** оптимизирует обслуживание станка или его восстановление после аварии при наличии доступа к протоколам (лог-файлам) о значениях параметров перед инцидентом, проводит диагностику станка с применением автоматических процедур.

**Поставщик станка** сохраняет эталонные параметры, использует накопленные за период эксплуатации данные для улучшения послепродажного обслуживания и совершенствования линейки выпускаемой продукции.

**Служба качества (ОТК)** получает уведомление об отклонениях в операциях, произведенных с отступлением от технологии.

### Структура системы мониторинга

Система мониторинга описывает структуру предприятия с учетом подхода ISA-95 к описанию иерархической структуры оборудования объекта автоматизации и включает уровни: предприятие, производственная площадка (цех), подразделение (участок/линия), оборудование (рабочий центр). Она характеризуется территориально-распределенной архитектурой. Ядро системы устанавливается в центральном диспетчерском пункте предприятия. Оно включает: модули настройки системы и управления хранением данных, справочники, систему аналитика, средства визуализации, отчетов, сообщений и сигналов, безопасности и распределения прав доступа, АРМ оператора, библиотеку управляющих программ, редактор управляющих программ, систему вибродиагностики, систему энергоаудита. Серверы данных располагаются непосредственно около контролируемого оборудования.

В системе мониторинга предусмотрены справочники рабочих центров (в разрезе подразделений, должностей, бригад и смен), номенклатуры изделий (в привязке к управляющим программам), инструмента, причин простоев и т.д. и они должны иметь режим автономного использования и синхронизацию с профильными системами (справочники редактируются в системе мониторинга или загружаются извне).

Посредством системы мониторинга можно выдавать задания на рабочие центры в разрезе заведенной в справочники номенклатуры. Задания заводятся вручную или формируются на основе сменно-суточных заданий планируемых в MES или ERP.

Система мониторинга должна интегрироваться в единое информационное пространство предпри-

ятия, взаимодействовать с системами уровня; ERP — MES — PLM — WMS — APS и иметь для этого необходимые средства коммуникации.

#### Тупики, связанные с внедрением систем мониторинга

Некоторые методы и функции систем мониторинга, показавшие свою неэффективность:

— аппаратные средства, дублирующие функции устройств ЧПУ. Основные разработчики переходят к прямому чтению данных из устройств ЧПУ. Внешние устройства используются только при оцифровке данных с оборудования, не имеющего ЧПУ;

— анализ обработки по энергонагрузкам. Точная обработка, наиболее нуждающаяся в контроле, вызывает незначительные изменения энергопотребления. Изменения в энергозатратах могут быть вызваны наличием косвенных факторов;

— дублирование ввода;

— «толстый клиент». Клиентские части приложений, реализованные в виде отдельных систем, требуют технического сопровождения, что ведет к увеличению затрат;

— встроенные средства безопасности. Система должна иметь механизмы совместимости с внешними средствами защиты: системными службами, межсетевыми экранами и др.;

— кастомизированные справочники и форматы поддерживать дорого и опасно;

— нераспределенные потоки данных при значительном объеме оборудования приведут к потере в производительности системы или потребуют дополнительных затрат на критических участках;

— ограничительные меры по использованию систем при изменении состава оборудования или сроку лицензии недопустимы для реального производства;

— показатели загрузки оборудования не могут быть основным показателем эффективной работы предприятия, а в случае менее чем трехсменной работы, вообще имеют второстепенное значение. Главным результатом предлагается избрать качество продукции и сроки исполнения заказов, минимизацию незавершенного производства или себестоимости.

#### Рынок систем мониторинга

Практически все серьезные разработчики оборудования и устройств ЧПУ имеют собственные системы мониторинга. Среди зарубежных решений отметим системы: Cybermonitor компании Mazak (Япония); MCIS компании Siemens (Германия), интегрированную в среду цифрового предприятия; CIMCO MDC

*Третьяков Игорь Вячеславович — директор по развитию ООО «Экстенсив». Контактный телефон (343) 287-61-73.*

*Мысли лучших умов всегда становятся в конечном счете мнением общества.*

Филип Дормер Стенхолп Честерфилд

Мах (Швеция), включающую популярный у пользователей модуль редактирования управляющих программ CIMCO Edit; Omative (Израиль), известная модулем анализа вибраций.

Среди отечественных производителей отметим системы СМПО Foreman компании ЛО ЦНИТИ (Санкт-Петербург), «АИС Диспетчер» компании Станкосервис (г. Смоленск); СИНТИЗ группы компаний Ostec (Москва), платформа Internet вещей Winnum, включающая модуль мониторинга оборудования, от Signum (Сколково), система Naviman компании Солвер (Воронеж), Палантир компании КАМ-Инжиниринг (г. Ижевск); программный комплекс обработки машинных данных DPA от компании X-Tensive (Экстенсив, г. Екатеринбург), работающий как автономный продукт и как опорная часть системы управления производством MEScontrol. Испытана интеграция DPA с лидирующими в своих классах системами:

— ERP: SAP, 1C, КСТ-М3, Parus, Microsoft Dynamics AX (Axapta), ODOO, IFS;

— PLM — Siemens Teamcenter, PTC Windchill,

— MES: 1C, MEScontrol.

#### Будущее систем мониторинга

В перспективе системы мониторинга должны стать единым центром технологической информации, поступающей со всех участков производства: механообработка, гальваника, эрозионная термообработка, лазерный, плазменный и гидроабразивный раскрой, нанесение покрытий, аддитивные технологии, порошковая металлургия, термопластавтоматы, литьевые машины, манипуляторы, внутрицеховой транспорт.

Также прослеживается необходимость интеграции систем мониторинга в единый ИТ-ландшафт предприятия [2].

#### Список литературы

1. Шильев С.Н., Третьяков И.В. Системы вибродиагностики в механообработке // Автоматизация в промышленности. 2017. №10.
2. Яковис Л.М. От единого информационного пространства к единому пространству управления производством // Автоматизация в промышленности. 2013. №1.

#### АНОНС

Читайте в следующем номере журнала «Автоматизация в промышленности» статью Третьякова И.В. Системы класса MES и оптимизация логистики в машиностроении.