

МЕНЕДЖМЕНТ КАЧЕСТВА ДЛЯ ЦИФРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

П.А. Ведмидь (Группы компаний «ПЛМ-Урал»)

Рассмотрены требования к менеджменту качества в условиях цифрового производства, подходы к автоматизации менеджмента качества на основе систем уровня QMS, типовая функциональность и архитектура таких систем. Затрагиваются вопросы их интеграции с системами управления производством. Представлены некоторые подходы к экономическому обоснованию их использования.

Ключевые слова: цифровое производство, Industry 4.0, системы менеджмента качества, интеграция, системы управления производством, анализ рисков, управление несоответствиями, стоимость качества.

Мы уже писали о появлении на рынке нового класса промышленных ИТ-систем — систем автоматизации менеджмента качества или QMS (от англ. Quality Management System) [1–2]. Однако по-прежнему им уделяется мало внимания (в отличие от PLM, ERP или MES).

В данной статье речь пойдет о требованиях к менеджменту качества в условиях цифрового производства, об автоматизации менеджмента качества на основе систем класса QMS, о типовой функциональности и архитектуре таких систем, их интеграции с системами управления производством и о некоторых подходах к экономическому обоснованию их использования.

Менеджмент качества сегодня

Как известно, система менеджмента качества (СМК)— это система, включающая технические, организационные, информационные, человеческие, материальные и финансовые элементы. С точки зрения информации, мы имеем дело с записями, чек-листами, различными актами и сертификатами, показателями качества, различными требованиями, данными измерений и проверок и т. д. Система класса QMS — это инструмент автоматизации СМК. Однако автоматизацию можно реализовать по-разному.

Очень часто промышленные предприятия разрабатывают собственные решения для автоматизации отдельных задач. Чаще всего в основе лежит Excel и макросы к нему. Документооборот сводится

к электронному архиву и управлению на уровне файлов. Такой путь не позволяет связать воедино все задачи СМК. Как альтернатива задачи качества решают в ERP-системе, но в этом случае эти задачи не захватывают само производство, не связаны с процессами разработки изделия или технологии, в таких системах сложно управлять изменениями и т. д.

Архитектура QMS систем

QMS система включает промышленную базу данных и развитые средства работы с ней (рис. 1).

Как правило, поддерживается интеграция как с промышленными информационными системами (ERP, PLM, MES), так и с измерительным оборудованием. В последнее время классические рабочие места (клиент-серверная архитектура) дополняются рабочими местами на основе Web-доступа, что позволяет использовать различные мобильные устройства на рабочих местах в цехе. Все это позволяет очень гибко настроить конфигурацию системы. Также это позволяет легко масштабировать решение (как по функциональности, так и по производственным подразделениям).

Информация организуется на основе больших массивов данных, структурированных по многомерному принципу. Это похоже на подход big data. Такое решение позволяет:

- максимально использовать данные из других систем или модулей. Данные, введенные 1 раз, используются повсеместно;

- быстро формировать различные отчеты на основе большого объема данных, что особенно важно при расчете аналитики;

- легко разрабатывать и подключать дополнительную функциональность, используя общепринятые технологии написания приложений и стандартные механизмы интеграции информационных систем.

Все данные, которыми оперирует QMS, можно разделить на нормативно-справочную информацию, мастер-данные и транзакционные данные. Понимание типов данных важно для интеграции систем.

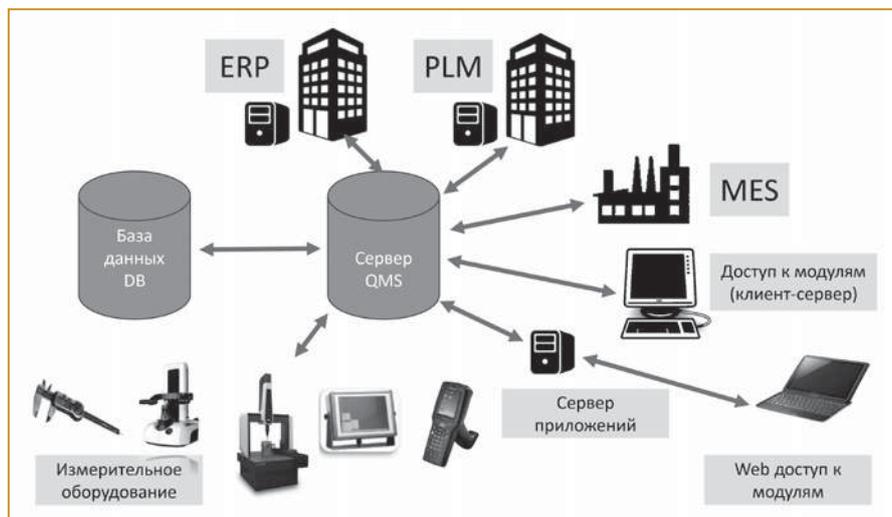


Рис. 1. Архитектура типичной QMS организована на основе промышленной базы данных

Нормативно-справочная информация (НСИ) обычно используется PLM-системой, организуется в виде библиотек или классификаторов. Мастер-данные, как правило, отражают объекты реального мира, и их основные свойства, например: клиентов, товары, людей. Их ключевое отличие от НСИ в том, что объекты, описываемые НСИ, как правило, не существуют в реальной жизни. Так, модель автомобиля — это элемент НСИ, а вот конкретный автомобиль с его свойствами — элемент мастер-данных. Транзакционные данные — отражают наши действия с объектами мира (объектами мастер-данных), события и взаимодействия. Мы в момент Т отгрузили клиенту А товар Б в количестве X и по цене Y. А потом в момент T1 получили от клиента А платеж на сумму Z. Вот эти записи и будут транзакционными данными. С такими данными обычно оперируют ERP системы.

НСИ относительно неизменны. Мастер-данные более «подвижны». Важнейшей особенностью мастер-данных является то, что именно здесь компания накапливает знания о предмете своей работы. Вся информация, появляющаяся по ходу времени о конкретном клиенте, должна хозяйственно складываться, структурироваться и обновляться, включая всю историю изменений.

Функциональность QMS систем

Функциональность обычно описывается, начиная с цикла PDCA (Plan — Do — Check — Act) или цикла Деминга. Этот же цикл лежит в основе основного стандарта в области менеджмента качества ISO 9001, а также ряда отраслевых стандартов. Сама разбивка на модули и многие термины определяются стандартом для поставщиков автокомпонентов ISO TC 16949.

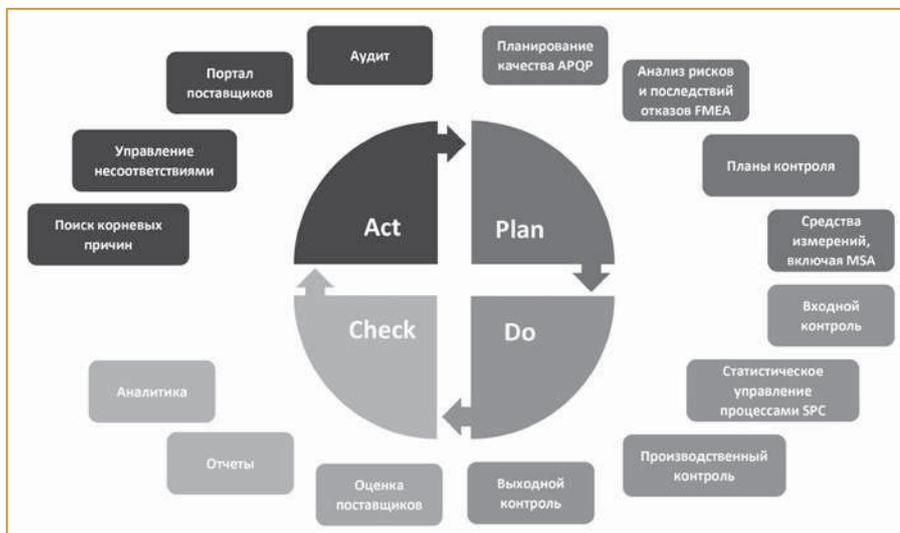


Рис. 2. Типовой набор модулей строится на основе цикла непрерывного совершенствования (цикла PDCA, цикла Деминга)

Сейчас термины используются и в других индустриях, а некоторые процедуры становятся обязательными. Например, анализ FMEA¹ стал обязательным и для производителей железнодорожной техники.

Типовой набор модулей представлен на рис. 2. Здесь не стоит задача подробного описания функциональности, а важно подчеркнуть обмен данными между модулями и другими системами.

Отметим, что стадия Do выполняется в реальном времени и по классификации ISA 95 располагается на уровне 3, там же, где MES, остальные стадии — на уровне 4, где работают ERP и PLM системы [2]. Это важное соображение о том, какую функциональность, с какой системой надо интегрировать.

Стадия Plan должна начинаться на ранних стадиях проектирования, когда в изделие закладываются требования по качеству и планируются методы их достижения (APQP), выполняется анализ рисков и последствий потенциальных отказов (FMEA). Далее, при подготовке технологии производства создаются планы контроля, и выполняется анализ измерительных систем MSA².

На стадии Do выполняется собственно контроль, в ряде случаев осуществляется статистическое управление процессами (SPC)³. Производственные модули способны получать данные для контроля в электронном виде.

На стадии Check производится анализ данных контроля различными методами, создаются отчеты. Все это влияет на планирование деятельности по улучшению качества на стадии Act. Несоответствия, выявленные на этапе контроля, автоматически фиксируются и отправляются в модуль анализа несоответствий для поиска

корневых причин и планирования корректирующих и предупреждающих действий (стадия Act). Так как в автомобильной промышленности много поставщиков, системы уровня QMS имеют специальную функциональность по оценке рейтинга поставщиков, портал поставщиков как инструмент взаимодействия с поставщиками в электронном виде. Модуль аудита позволяет планировать, проводить и анализировать аудиты разного типа. При наличии проблем информация также передается в модуль управления несоответствиями, влияет на рейтинг поставщиков и т. д. Далее снова следует стадия Plan и цикл замыкается.

¹ Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) — методология проведения анализа и выявления наиболее критических шагов производственных процессов с целью управления качеством.

² Measurement System Analysis (MSA) — метод, призванный дать заключение относительно приемлемости используемой измерительной системы через количественное выражение ее характеристик.

³ Statistical process control (SPC) — метод мониторинга производственного процесса с использованием статистических инструментов с целью управления качеством продукции «непосредственно в процессе производства».

Так работает классическая система уровня QMS. Рассмотрим далее архитектуру и функциональность системы с точки зрения Industry 4.0.

Менеджмент качества и Industry 4.0

Аналитической компании LNS Research ввела термин Quality 4.0, чтобы подчеркнуть и систематизировать требования к управлению качеством для Industry 4.0 (<https://blog.lnsresearch.com/quality40ebook>). Компания подчеркивает, что Quality 4.0 не заменяет традиционные методы управления качеством (развиваемыми в рамках СМК), а строится на их основе.

Ключевые технологии Quality 4.0 включают расширенное управление данными (data), аналитику (analytics), связанность (connectivity), масштабируемость (scalability), взаимодействие (collaboration).

Принятие решений на основе данных — это классика управления качеством. Компания LNS рассматривает пять аспектов данных: объем, разнообразие, скорость, достоверность, прозрачность.

Объем: традиционные системы оперируют большим числом записей, отражающих движение документов, события, мероприятия и т. п. Однако автоматический съем данных с оборудования существенно увеличивает объем данных, при этом требуются автоматические способы их обработки. **Разнообразие:** данные могут быть структурированными (события, действия) неструктурированными и частично структурированными (данные с оборудования). **Скорость:** это показатель, отражающий частоту обновления данных (управление корректирующими и превентивными мероприятиями (CAPA) имеет маленькую скорость, в то время как статистический контроль (SPC) — существенно большую). **Достоверность:** классическое управление качеством имеет низкую достоверность, связанную с фрагментацией систем и отсутствием автоматизации. **Прозрачность:** простой доступ к данным, независимо от того, где они созданы и применяются. Реализация менеджмента качества на основе специализированной системы, использующей базу данных, учитывает все эти аспекты.

Аналитика извлекает информацию для принятия решений из данных. Если данные хаотичны, то аналитике не с чем работать. Аналитика делится на четыре категории: описательная (Что произошло?), диагностическая (Почему произошло?), предсказательная (Что может произойти?) и предписывающая (Что надо делать?). Описательная (Descriptive) — это обычно традиционные характеристики для отслеживания известных или ожидаемых корреляционных связей (например, число открытых событий по качеству), Диагностическая (Diagnostic) — время реакции на событие для поиска проблемы, Предсказательная (Predictive) — анализ тренда в статистическом анализе. В QMS многие процедуры формализованы, а связи для различных задач настроены, имеются стандартные отчеты: все это позволяет быстрее задействовать эти инструменты.

В целом термин Connectivity определяет взаимодействие между информационными технологиями для бизнеса (ИТ) и операционными технологиями (ОТ — operational technology). ИТ в данной трактовке включает системы менеджмента качества предприятия (EQMS — enterprise quality management system), системы управления предприятием (ERP) и системы управления жизненным циклом изделия (PLM). ОТ — это технологии, используемые в производстве, лаборатории и сервисе. Об интеграции систем поговорим далее.

Сотрудничество (collaboration) критично для менеджмента качества, так как качество по своей природе кросс-функционально. Традиционно взаимодействие осуществляется через электронные сообщения (e-mail), системы автоматизации рабочих процессов (workflows) и порталы. Для поддержки сотрудничества в QMS предусмотрены свои инструменты для постановки задач, назначения исполнителя и сроков, контроля исполнения и т. д.

Масштабируемость — это способность поддерживать работу с объемом данных, пользователями, устройствами и аналитикой на глобальном уровне. Без глобального уровня традиционный подход к качеству и даже Quality 4.0 менее эффективны. Речь идет о поддержке распределенного производства (несколько площадок или даже предприятий), о взаимодействии с системой через Web-доступ, с различных мобильных устройств и др. Этот аспект заложен в архитектуру QMS.

Об интеграции систем и автономной работе

Об интеграции PLM, MES и QMS написан отдельный обзор [1], где используется термин комплементарность, суть которого состоит в том, что суммарный эффект от взаимодействия систем выше суммы эффектов от каждой системы в отдельности. Но на данный момент такое утверждение пугает многих. Ведь у нас и PLM толком нет, рано думать о QMS.

Заметим, что большинство QMS создавались в конце 80-х годов XX века, интеграция систем тогда была затруднительна, потому они предусматривали независимую от других систем работу.

Если у вас есть состав изделия в ERP или PLM системе, то его можно импортировать в QMS, если нет — то можно ввести вручную. Поручение на контроль в производстве может инициироваться заказом из ERP или MES, а может и вручную. Если в производстве внедрена система идентификации на основе штрих кодов или RFID-меток, то их считывание облегчит ввод данных и в QMS. Если речь о прослеживаемости, то это MES функциональность, однако часть данных может извлекаться из QMS при формировании паспорта изделия, где требуется прослеживаемость.

Однако интеграция систем не сводится к разовому импорту данных. Данными системы должны обмениваться регулярно, важным моментом интеграции является решение о той системе, которая будет первоисточником конкретных данных. Но данные, введенные один раз, далее используются повсеместно.

Остановимся на составе изделия. Для сложных технических устройств он не является единственным: различают конструкторский состав, технологический состав, состав конкретного экземпляра и т. д. Для работы с разными составами изделия обычно используются PLM-системы, где есть инструменты сопоставления составов между собой. QMS в общем случае имеет дело с различными составами изделия, например, FMEA анализ конструкции выполняется на основе конструкторского состава, а рекламации от потребителя, как правило, имеют дело с конкретным экземпляром изделия. То же касается версий, исполнений изделия. При наличии PLM, интегрированной с QMS, работа с составами изделия существенно облегчается.

Зрелость СМК и стоимость качества

Аналитическая компания LNS опубликовала интересный обзор, тема которого в переводе может звучать так «Менеджмент качества для высшего руководства компании» (https://blog.lnsresearch.com/building_the_executive_business_case_for_eqms), где речь идет о степени зрелости СМК, о показателях качества, о их влиянии на бизнес и о роли EQMS в этих вопросах (EQMS — термин, используется компанией LNS для того, чтобы подчеркнуть, что система используется на уровне всего предприятия — Enterprise QMS). Всего выделяется пять степеней зрелости, причем с изменением степени зрелости меняются и показатели качества. С ростом степени зрелости больше используются показатели из финансовой сферы. Такие показатели всегда понятнее для высшего руководства и позволяют рассматривать менеджмент качества не как затраты, а как инструмент управления предприятием.

В обзоре в качестве финансовых показателей от использования EQMS используются: CoPQ — стоимость плохого качества (Cost of Poor Quality), CoGQ — стоимость хорошего качества (Cost of Good Quality). В отечественной литературе эти показатели также используются, причем каждый разбивается на два. В обзоре даны следующие показатели и процент экономии затрат по ним:

- затраты на внутренние несоответствия (Internal costs) — 27%,
- затраты на внешние несоответствия (External costs) — 10%,
- затраты на проверку (Appraisal costs) — 7%,
- затраты на предупреждение (Preventive costs) — 1%.

Видно, что затраты на качество по всем показателям существенно снижаются при использовании EQMS. Для выявления причин этого снижения рассмотрим факторы, влияющие на эти показатели (те, на которые можно воздействовать при использовании QMS).

Ведмидь Павел Анатольевич — канд. техн. наук, зам. директора по развитию группы компаний «ПЛМ-Урал».

Контактный телефон +7 (343) 214-46-70 доб. 134.

E-mail: vpa@plm-ural.ru

На появление брака и переделки (внутренние несоответствия) влияют: неотлаженные процедуры FMEA/САРА, проблемы в организации производства, неформализованное управление изменениями конструкции/процесса, плохое взаимодействие подразделений разработки и производства.

На возврат продукции, на гарантийное обслуживание (внешние несоответствия) влияют: неотлаженные процедуры работы с рекламациями, неотлаженные процедуры поиска причин несоответствий, плохое взаимодействие подразделений.

Затраты на проверку включают стоимость оборудования для контроля и зарплату персонала. Основная экономия достигается за счет сокращения времени контроля, времени на администрирование средств измерения и за счет сокращения самих контрольных операций (с переносом внимания на предупреждающие действия).

Затраты на предупреждение включают: планирование качества, управление рисками (обычно FMEA), корректирующие и предупреждающие действия (САРА), управление аудитами, организационные мероприятия по реализации цикла непрерывного совершенствования (PDCA).

Указанные показатели определялись компанией LNS путем опроса и не учитывают их взаимовлияние. Например, снижение показателя CoGQ-prevention говорит о том, что предупреждающие действия выполняются быстрее, проще, имеют меньше ошибок и т. д. Но в результате может уменьшиться процент брака, затраты на контроль, затраты на гарантию и т. д. Корректные расчеты возможны только с привлечением систем класса QMS, которые способны учесть такое взаимовлияние.

Заключение

Автоматизация задач СМК с использованием QMS затрагивает многие сферы деятельности предприятия и обменивается данными с различными производственными системами.

Локальная автоматизация отдельных функций СМК не позволит создать комплексное решение по управлению качеством. Залог успеха современных QMS — это их архитектура, построенная на основе базы данных.

Для систем класса QMS существуют показатели качества, которые помогают обосновать их необходимость на уровне руководства — это стоимость плохого и хорошего качества.

Список литературы

1. Ведмидь П.А. О комплементарности систем уровня PLM, MES и QMS // Автоматизация в промышленности. 2018. №9. С. 38-40.
2. Ведмидь П.А. Место систем автоматизации СМК в ИТ ландшафте предприятия // Портал Управление производством — Цифровое производство. 2018. №3. С. 47-51.