

# Требования к современной MES со стороны ее окружения



**Михаил ПОНОМАРЕНКО,**  
руководитель направления производственных решений компании «Аскон»

Для управления производственными процессами предприятия применяются различные системы. Ключевыми являются системы классов MES и ERP, взаимодействующие с системами других классов. Еще в стандарте ISA-95 были предложены варианты взаимодействия и разделения задач таких систем. За последние годы предложено немало изменений, которые учитывают современные тенденции и вызовы, стоящие перед средствами автоматизации. Исходя из этого формируются новые требования к системам различных классов.

## Одиннадцать базовых функций

В середине 1990-х годов была сформирована функциональная модель MESA-11, согласно которой выделяется

С учетом задач импортозамещения, повышения эффективности производства, нехватки кадров, недоступности многих единиц оборудования необходимо повышать уровень автоматизации процессов. Без этого невозможно достичь поставленных целей. Причем важно, чтобы имеющиеся отдельные программные продукты были интегрированы в единую информационную платформу, единую информационную сеть.

11 базовых функций, реализуемых MES-системами.

1. Контроль состояния и распределение ресурсов (RAS) – отслеживание состояния и истории запущенных операций на оборудовании, ведение исторической базы данных о состоянии оборудования.
2. Оперативное/детальное планирование (ODS) – расчет производственных расписаний, основанный на приоритетах, атрибутах и характеристиках изделий.
3. Диспетчеризация производства (DPU) – контроль выполнения технологических операций с отслеживанием физического перемещения продукции (заготовок, партий) от станка к станку в режиме реального времени.
4. Управление процессами (PM) – управление запланированными технологическими операциями, мониторинг состояния процессов и их отдельных показателей, поддержка принятия решений оператором на основе заданных бизнес-правил.
5. Управление персоналом (LM) – ведение справочника сотрудников с сохранением информации об их квалификации, сертификатах, уровнях доступа, выполненных технологических операциях.
6. Сбор и хранение данных (DCA) – ведение базы исторических данных о процессах, ресурсах, материалах, персонале.
7. Ведение БД исторической информации (PTG) – сохранение данных о плановых и фактических показателях использования сырья и материалов, а также сведений о выполнении технологических операций.
8. Анализ эффективности (PA) – предоставление аналитической информации (отчеты, графики, «приборные панели») на основе всех имеющихся в БД MES данных.
9. Управление техобслуживанием и ремонтом (MM) – управление техническим обслуживанием, плановыми и оперативными ремонтами оборудования, оснастки, контрольно-измерительных приборов.
10. Управление качеством продукции (QM) – реализация процедур статистического контроля качества, выявление и предупреждение негативных тенденций на основании исторических и текущих данных. Обеспечение процедур входного и выходного контроля качества сырья, материалов и готовой продукции.

11. Управление документами (DOC) – поддержка внутрицехового документооборота.

## Модель на основе киберфизических систем

При создании программных продуктов и комплексных решений все чаще принимаются во внимание технологии промышленных киберфизических систем, т. е. реализуется информационно-технологическая концепция, подразумевающая интеграцию вычислительных ресурсов в физические сущности любого вида, включая биологические и рукотворные объекты.

В киберфизических системах вычислительная компонента распределена по всей физической системе, которая является ее носителем и синергетически увязана с составляющими ее элементами.

В последнее время предлагается использовать модель на основе киберфизических систем, т. е. потоков данных без строгого соблюдения иерархии. Что это означает на практике?

С одной стороны, такие подходы существенно улучшают процессы автоматизации внутри производственных компаний за счет более высокой скорости передачи информации, с другой –кратно повышают сложность

комплексных решений. Если при иерархической системе автоматизации достаточно запустить на каждом уровне по одной системе и обеспечить между ними интеграцию, то при CPS-подходе структура связей значительно сложнее, что необходимо учитывать при создании комплексных систем «тяжелых» классов.

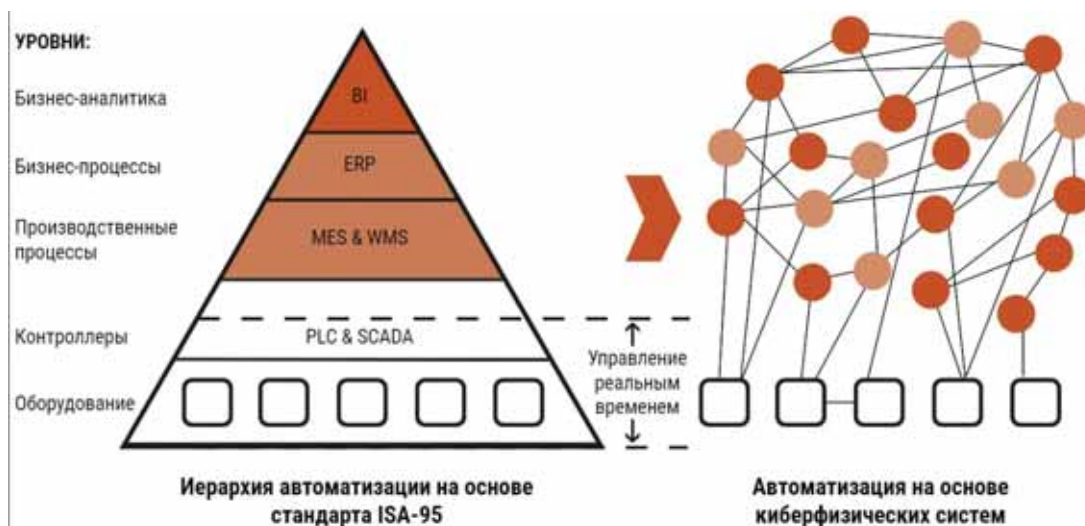
## Качество интеграции систем

Для работы MES-системы нужны данные, поступающие с этапа технологической подготовки производства (ТПП). На этом этапе ключевую роль играют системы классов PLM/PDM, которые управляют процессами вокруг жизненного цикла изделия, а также данными об этом изделии. И если системы классов MES и PLM можно отнести к системам, управляющим бизнес-процессами, то системы классов CAD, CAM, CAPP, CAE и др. являются более «узкими» инструментами автоматизации задач конструктора или технолога. Каждая из этих систем формирует и потребляет большое количество данных, создаваемых в других системах. От качества их интеграции и взаимодействия зависят качество и скорость работы специалистов на этапах ТПП.

Рассмотрим процесс прохождения заказа по этапам

жизненного цикла изделия. При поступлении заказа важно определить возможность его изготовления, себестоимость, сроки. Зачастую на этом этапе технологических данных недостаточно, и решения принимаются экспертным методом, что впоследствии может привести к чрезмерной загрузке ресурсов.

После согласования заказа и запуска его в работу необходимо описать состав изделия, технологию, маршруты изготовления, пронормировать и др. От качества данного этапа зависит дальнейшая эффективность производства. Именно здесь решающую роль играют САПР-системы и их взаимодействие между собой. Например, программист станков с ЧПУ должен получить задание на разработку управляющей программы (УП) и иметь возможность на основе конструкторской 3D-модели детали создать свою, технологическую. Для этого важно не только иметь удобные инструменты для выполнения дополнительных построений, но и располагать возможностью автоматического пересчета в середине поля допуска на основе значений, заложенных конструктором. САПР должна обеспечивать возможность автоматически пересчитывать технологическую модель в случае внесения изменений в конструкторскую.



При передаче данных могут возникать сложности, связанные с использованием различных форматов и процедур экспорта/импорта. Известна проблема, когда конструкторская модель передается из САПР в САМ разных вендоров, и происходит потеря и/или искажение геометрии, поскольку такие системы построены на разных математических ядрах. По этой причине ведущие вендоры создают единые CAD-CAM решения на едином ядре.

Итак, по завершении этапов ТПП переходим к планированию производства и подготовки заданий. Тут вступает в работу MES. Зачастую предприятия вынуждены запускать в работу заказы, которые еще не прошли все этапы ТПП. Например, может не быть всех техпроцессов на каждую ДСЕ, но какие-то уже можно изготавливать. Важно, чтобы MES позволяла гибко

добавлять/изменять данные с этапов ТПП.

### Нетривиальная задача: алгоритм решения

Организация этапов ТПП с точки зрения автоматизации является нетривиальной задачей и не решается одним вендором. На примере комплексного решения компании «Аскон» рассмотрим особенности решения и требования к системам и окружению.

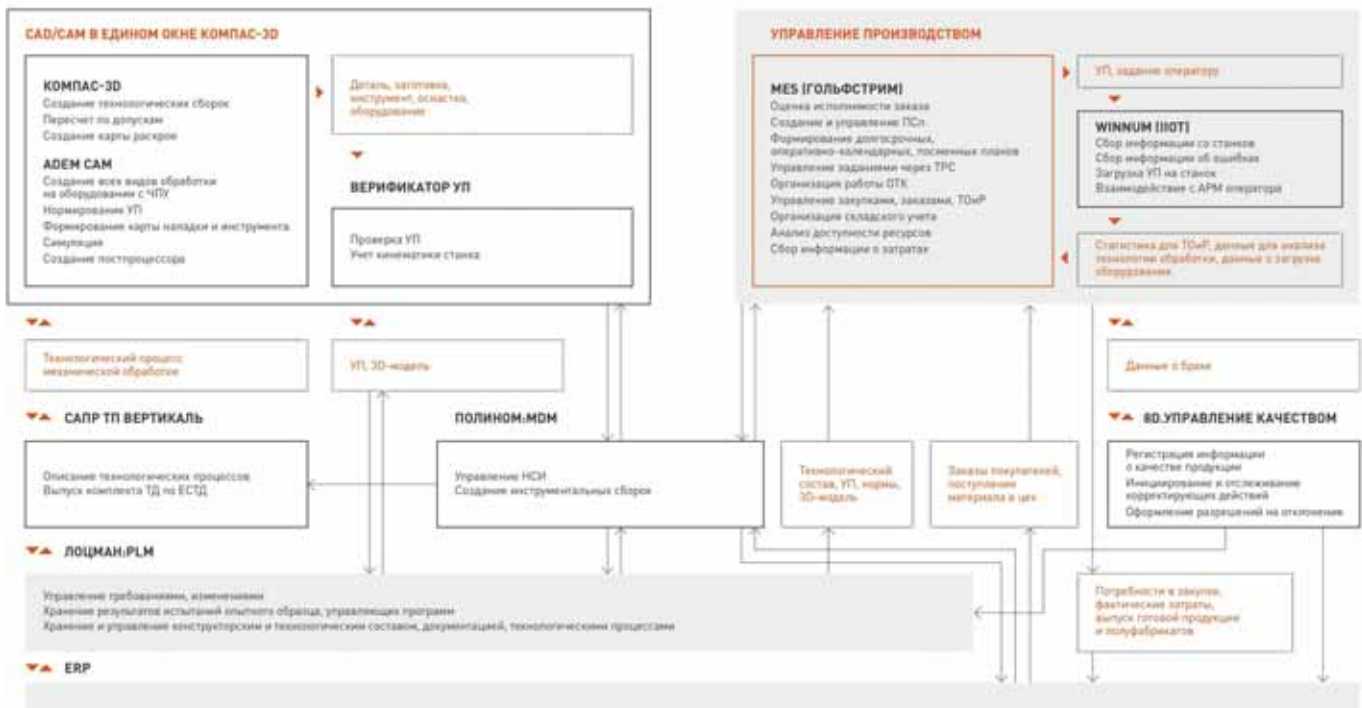
В комплексе «Аскон» ключевую роль играет система «Лоцман: PLM», которая управляет информацией об изделии, объединяя данные, создаваемые в «Компас-3D» (CAD), САПР ТП «Вертикаль» (CAPP), ADEM CAM для «Компаса» (CAM), расчетных системах KompasFlow и APM FEM (CAE). За управление нормативно-справочной информацией отвечает «Полином: MDM». Это ключевые

продукты, специализированные инструменты решают локальные задачи, расширяющие возможности системы PLM «тяжелого» класса (например, отдельные системы для 1D-моделирования, проектирования оснастки, печатных плат и др.).

«Лоцман: PLM» позволяет формировать, хранить данные об изделии, управлять ими. Далее информация передается в MES-систему «Гольфстрим». Особенность решения «Аскон» в том, что «Гольфстрим» и «Лоцман: PLM» построены на единой структуре БД, что решает проблему интеграции и передачи в двух направлениях огромного массива данных.

Системы «Лоцман: PLM» и «Гольфстрим» могут быть интегрированы с системами класса ERP. Также важно получать данные с уровня оборудования: для этого в решении «Аскон»

## КОМПЛЕКСНОЕ РЕШЕНИЕ АСКОН ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА



CAD (Computer-aided design) — Компьютерная поддержка проектирования  
 CAM (Computer-aided manufacturing) — Компьютерная поддержка изготовления  
 CAPP (Computer Aided Process Planning) — Компьютерная поддержка процессов планирования  
 ERP (Enterprise resource planning) — Планирование ресурсов предприятия  
 IoT (Industrial Internet of Things) — Промышленный интернет вещей  
 MDM (Master data management) — Управление основными данными  
 MES (Manufacturing execution system) — Система управления производством  
 PLM (Product lifecycle management) — Управление жизненным циклом продукта

Winnum — Система мониторинга станков и IoT  
 APM — Автоматизированное рабочее место  
 JCI — Жизненный цикл изделия  
 NCI — Нормативно-справочная информация  
 PLS — Производственная классификация  
 TPC — Терминальный рабочий стол

TP — Технологический процесс  
 TD — Технологическая документация  
 TOSM — Техническое обслуживание и ремонт  
 UP — Управление программой  
 CPU — Числовое программное управление

имеется система класса IIoT Winnum. В отдельный блок вынесена подсистема управления качеством 8D, которая дополняет возможности MES-системы в области качества.

## Что должна уметь система

С учетом целей, которые ставит Правительство РФ, потребностей бизнеса, а также актуального состояния ИТ-инфраструктуры предприятий и возможностей вендоров можно составить целевую картину систем автоматизированного управления производством, в том числе распределенной структуры.

Возможности, которые должны иметь такие системы, следующие:

1. Управление портфелем заказов непосредственно в самой системе и/или получение данных из системы более высокого уровня ERP.
2. Получение данных о составе изделия, маршруте его изготовления, а также пооперационных технологических процессах, спецификациях, чертежах и моделях из PDM- и/или PLM-систем.
3. Оценка возможности изготовления и плановых ресурсов в виде оборудования, профессий и др.
4. Формирование планов в различных горизонтах планирования и разрезах (предприятие, цех, участок и т. д.) с учетом различных стратегий планирования. Создание нескольких планов, например, по алгоритмам «пессимист», «реалист», «оптимист». Важная задача планирования – учитывать фактическое состояние оборудования и доступность ресурсов.
5. Обеспечение запуска в работу заказов и партий заказов без полного набора данных с возможностью дальнейшей корректировки и дополнения. Выполнение этой задачи в автоматическом или автоматизированном виде – производственная спецификация должна наполняться из PDM-системы и иметь возможность выбора (для каких партий применяются изменения).

6. Функциональность, позволяющая управлять производственными процессами, – формировать документы типа сопроводительный лист, наряд, накладные на перемещения и т. д. С учетом того, что все чаще речь идет о CALS-технологиях (безбумажное производство), система должна уметь работать и в таком формате. Для этого каждый документ должен иметь идентификационный код (штрих- или qr-код), связывающий его с реальным ПДСЕ или ДСЕ при помощи аппаратных средств. Для упрощения взаимодействия работника и системы должен применяться специализированный HMI, который позволяет работнику увидеть в электронном виде задание, спецификацию или чертеж, сделать отметку о начале/окончании работы и др.
7. Отслеживание местоположения и состояния ПДСЕ или ДСЕ в процессе производства, а в случае с распределенными производственными предприятиями – состояния в процессе перемещения между площадками. Анализ эффективности таких маршрутов – учет времени, стоимости и других параметров в процессе логистических операций.
8. Функциональность службы качества, как минимум функция ОТК, учет современных тенденций в области качества и бережливого производства.
9. Составление графиков ремонта и обслуживания оборудования с учетом в процессе формирования планов производства. Важный элемент – блок управления техническим обслуживанием и ремонтом оборудования (ТОиР).  
Отдельным пунктом можно указать использование импортонезависимых БД и возможность работы под управлением различных ОС. Переход под управление Linux, использование PostgreSQL в современных реалиях становятся обязательными. С одной стороны, это дополнительная нагрузка на вендоров, которые ранее

использовали другие технологии и БД, с другой – хороший повод улучшить тот же интерфейс продуктов за счет применения современных web-технологий.

В этой статье не рассматриваем вопрос интеграции с BI-системами ввиду того, что такие системы должны получать и работать с данными систем различных классов, т. е. быть максимально гибкими в настройке интеграции, обладать широким спектром инструментов для создания различных графиков, диаграмм и других средств визуализации информации.

## Перспективы комплексных решений

В процессе развития комплексных производственных решений наблюдается тенденция создания отдельных комплексных решений под конкретную технологию, например, под задачи центров аддитивных технологий.

Особую роль играют предприятия с распределенной структурой – со сложной структурой взаимодействия различных площадок и подразделений. Отсюда повышенные требования к информационной безопасности при передаче информации.

Одновременно с этим важно иметь инструменты поддержки принятия решения, позволяющие учитывать особенности каждой площадки: технологические возможности, стоимость работ, загрузка, логистика и др. При решении этих задач могут найти применение технологии искусственного интеллекта.

В заключение отмечу, что решить перечисленные задачи самостоятельно одному вендору достаточно сложно, поэтому важно выстраивать совместную работу на единых правилах. В качестве примера можно привести консорциум «РазВИТие», который объединил отечественных разработчиков с целью создания PLM-комплекса «тяжелого» класса, взяв за технологическую основу общее геометрическое ядро C3D. ■