

# Автоматизация непрерывного и дискретного производства: архитектура и модули MES



**Анжелика СУЛТАНОВА,**  
бизнес-архитектор группы MES-решений, IBS

## Основные типы производства

Если сравнить непрерывное производство и дискретное, то различаются они, прежде всего, подходом к самому процессу производства.

Одна из ключевых особенностей непрерывного производства – непрерывный поток материала или сырья с момента подачи и до выхода готовой продукции на производственной линии, т. е. без промежутков или остановок. Процессы настроены на обеспечение постоянного потока продукции, что позволяет сократить время на простои и почти полностью исключить необходимость вручную перенастраивать



**Наталья БАТУСОВА,**  
архитектор группы MES-решений, IBS

оборудование для выпуска изделий. Гибкость обеспечивается изменением не типа продукции, а, скорее, параметров процесса.

Примеры непрерывного производства: выпуск стали, бумаги, химических веществ, электрической энергии и других продуктов, где важна стабильная и безостановочная работа оборудования для обеспечения постоянного потока. Кроме того, в непрерывном производстве могут использоваться устройства контроля и регулирования процессов для высокой степени автоматизации и управления.

Дискретное производство характеризуется отдельными процессами, которые могут запускаться и останавливаться

Активное развитие промышленности диктует высокие стандарты к применяемому ПО, способам и инструментам управления. Автоматизация производства – одна из основных задач современных предприятий, стремящихся повысить эффективность процессов, снизить издержки и улучшить качество продукции. Ключевым элементом автоматизации являются MES-системы, которые обеспечивают управление производственными операциями, сбор и анализ данных, планирование и контроль производственных процессов. Рассмотрим специфику требований к автоматизации непрерывного и дискретного производства, а также способы их реализации в архитектуре и модулях MES.

независимо один от другого. Исходный материал (сырье) при переработке в готовый продукт проходит через конечное число технологических и сборочных операций. Перед началом обработки каждой новой партии продукции требуется подготовка,

включающая загрузку программ, настройку оборудования и производственных процессов.

Для дискретного производства важны гибкость и адаптивность с целью быстрого реагирования на изменения в заказах, спросе или технологиях. Такой тип производства преобладает в машиностроении, приборостроении, легкой промышленности, на предприятиях по выпуску мебели, в фармацевтике и т. д.

Непрерывное и дискретное производство имеют свои уникальные особенности и требования, но MES-системы (Manufacturing Execution System) являются универсальными инструментами для автоматизации производств в различных отраслях промышленности. Подход к внедрению системы похож, а различия проявляются лишь в особенностях каждого производства.

## Архитектура и модули MES

Обычно MES-системы имеют модульную архитектуру, которая позволяет адаптировать их для любого типа производства. Модули можно настраивать и комбинировать в зависимости от потребностей бизнеса и стратегии автоматизации.

доступности производственных ресурсов;

- сбор данных и мониторинг процессов. Используется для автоматического сбора информации о производственных процессах, мониторинга ключевых параметров (например, скорости, температуры, давления) и анализа данных для принятия управленческих решений;
- контроль качества. Помогает контролировать качество выпускаемой продукции, проводить испытания и контрольные проверки, а также отслеживать соответствие стандартам и требованиям качества;

Кроме того, MES-система может включать в себя модули для интеграции с другими решениями предприятия (например, WMS, LIMS, TОiP), модули для управления персоналом, планирования ресурсов, обслуживания оборудования и пр.

## Особенности автоматизации

При автоматизации непрерывного производства одна из ключевых задач – сбор и анализ данных с различных приборов и сенсоров, установленных на оборудовании и линиях производства. Они могут включать

---

MES-системы имеют модульную архитектуру, которая позволяет адаптировать их для любого типа производства.

---

- управление материалами, инструментом и оснасткой. Позволяет отслеживать запасы, контролировать обеспечение производства материалами, оптимизировать использование

в себя информацию о температуре, давлении, скорости, составе сырья, производственных параметрах, влияющих на выпуск продукции. Важно организовать надежное соединение между приборами и самой системой, настроить сенсоры на оценку нужных параметров, обеспечить четкое считывание информации и ее передачу для анализа, определения паттернов, прогнозирования возможных отклонений, принятия оперативных решений.

Пожалуй, самый сложный процесс в дискретном производстве – планирование. С учетом огромного количества факторов, влияющих на производство, практически невозможно эффективно планировать в ручном режиме.

Основные трудности при ручном планировании:

- многообразии технологических операций и технологического оборудования: на дискретном производстве применяются различные технологии и процессы,

---

MES-система может включать в себя модули для интеграции с другими решениями предприятия.

---

К наиболее распространенным модулям MES-систем относятся следующие:

- оперативное планирование. Позволяет оперативно планировать и перепланировать производственное расписание с учетом выбранных критериев оптимизации и текущей

ресурсов и обеспечивать необходимый уровень запасов;

- отчетность и аналитика. Используется для создания отчетов о производственных процессах, анализа данных, выявления тенденций и принятия управленческих решений на основе полученных данных.

одно и то же оборудование позволяет выполнять различные операции, что усложняет разработку единой системы автоматизированного планирования, способной учитывать все возможные варианты производственных операций;

- неопределенность объемов, приоритетов и номенклатуры заказов: дискретное производство часто используется для выполнения индивидуальных заказов, что усложняет планирование из-за неопределенности и изменчивости объемов производства и требований к продукции;

## Готовность к автоматизации

Подготовка к автоматизации на производстве обуславливает необходимость финансовых вложений, серьезных изменений в организационной культуре и процессах на предприятии. Внедрение MES может требовать и таких инвестиций, как время, усилия и ресурсы сотрудников.

Проверить степень готовности производства к автоматизации можно по следующим аспектам:

- уровень автоматизации производственных процессов. Чем он выше, тем более эф-

к адаптации компании к новым условиям и требованиям, которые вносит внедрение MES;

- поддержка высшего руководства. Оно должно понимать и поддерживать цели, преимущества использования MES, активно участвовать в процессе внедрения;
- готовность к обучению, переподготовке и мотивации персонала. Это важно, чтобы сотрудники могли эффективно работать с новой системой.

У каждой компании свои особенности, и готовность к внедрению MES зависит от конкретной ситуации и самого производства, но этот перечень может помочь сориентироваться в отношении первых шагов в направлении автоматизации.

## Внедрение MES может требовать и таких инвестиций, как время, усилия и ресурсы сотрудников.

- сложные логистические сети: на дискретном производстве зачастую большое количество поставщиков материалов, комплектующих и собственных полуфабрикатов, а также сложные цепи поставок, что необходимо учитывать при автоматизированном планировании для обеспечения надлежащего согласования всех процессов;
- обеспечение гибкости: в условиях изменчивой среды и рынка, где требуется быстрая реакция на изменения, автоматизированное планирование должно быть достаточно гибким и способным быстро адаптироваться к новым условиям.

Вследствие перечисленных проблем автоматизация планирования на дискретном производстве требует разработки специализированных алгоритмов, а также постоянного совершенствования и доработки системы с целью эффективного функционирования в динамичной и сложной среде производства.

фективно и успешно можно внедрить MES;

- стабильность и готовность ИТ-инфраструктуры. Бизнес должен быть готов обеспечить проект необходимым оборудованием, программным обеспечением и технической поддержкой для успешного внедрения MES;
- финансовые ресурсы. Внедрение MES может потребовать значительных финансовых ресурсов на разработку решений, закупку лицензий, оборудования, обучение сотрудников и др.;
- наличие полной и качественной технологической документации. Без полной технологической информации невозможно построить корректный план и эффективно контролировать производственные процессы в цехе;
- готовность к изменениям в организации и бизнес-процессах. Внедрение MES зачастую влечет за собой изменения в организационной структуре, бизнес-процессах, рабочих методах и т. д. Бизнес должен быть готов

## Подходы к внедрению MES-систем

Внедрение MES – серьезный и сложный процесс, который требует хорошо продуманного подхода. Предположим, непрерывное или дискретное производство готово к автоматизации. Что дальше?

Как ни странно, но исполнитель, т. е. внедренец, тоже должен убедиться, что его команда готова к проекту технически, функционально и самое главное – психологически. Если производство сложное, нет культуры работы в системе, а сроки внедрения сжатые, могут быть негативные настроения пользователей, регулярный пересмотр бизнес-процессов, неопределенности при разработке решения и интенсивной длительной работе, так как некоторые проекты длятся годами.

Негативная реакция пользователей зачастую связана с непониманием принципов работы незнакомой системы, появлением ошибок в процессе внедрения и необходимостью адаптации к новым рабочим процессам. Исполнителю важно проявлять терпение, уметь общаться с пользователями, объяснять и обучать сотрудников, чтобы минимизировать сопротивление и повысить

эффективность работы с новой системой.

Неопределенность также является неотъемлемым свойством процесса внедрения MES, поскольку могут возникать непредвиденные ситуации, технические сложности при интеграции, другие трудности, требующие быстрого решения.

Если все участники готовы, при внедрении MES можно пойти следующим путем.

1. Провести анализ потребностей компании. Прежде чем приступить к внедрению MES, необходимо тщательно проанализировать потребности и особенности производственного процесса компании. Это поможет определить цели и требования к системе, выбрать подходящее решение.
2. Выбрать подходящее ПО. После анализа потребностей рекомендуется выбрать оптимальное программное обеспечение MES. Важно учитывать функциональность системы, ее совместимость с существующими технологиями и возможности интеграции с другими системами.
3. Подготовить инфраструктуру. Для успешного внедрения MES-системы нужно обеспечить соответствующую инфраструктуру. Этап может включать в себя установку необходимого оборудования, настройку сетевых соединений, обеспечение безопасности данных.
4. Обучить персонал. Персонал компании должен быть обучен работе с новой системой. Имеются в виду пользователи, администраторы и другие сотрудники, которым предстоит взаимодействовать с MES-системой.
5. Выполнить постепенное внедрение и тестирование. Рекомендуется внедрять MES поэтапно, начиная с пилотного проекта или ограниченного региона/цеха. Это позволит проверить работоспособность системы, выявить сложности и внести необходимые коррективы до полного внедрения.

6. Осуществить мониторинг и оптимизацию. После внедрения MES-системы стоит продолжать мониторинг ее работы и производственных процессов. Это позволит выявлять узкие места, оптимизировать производство и повышать его эффективность.

Если говорить о конкретных примерах, то в нашей практике самой сложной задачей стала разработка цехового планирования для раскройно-заготовительного и механообрабатывающего цеха. Весь процесс требует точности и детализации, когда каждая секунда имеет значение. Начали с тщательного анализа техни-

в целом при желании и поддержке со стороны заказчика любую задачу можно выполнить успешно.

## Эффект внедрения MES-систем

Независимо от типа производства MES-системы – универсальный инструмент для повышения эффективности и конкурентоспособности предприятия. Они помогают обеспечить прозрачность производства, автоматизацию и эффективность, что, в свою очередь, способствует росту прибыли и укреплению позиций компании на рынке.

---

## MES-системы – универсальный инструмент для повышения эффективности и конкурентоспособности предприятия.

---

ческой документации совместно с нормировщиками непосредственно на производстве. Мы долго не могли понять, почему производственный процесс по расписанию был более длительным, чем по факту. Оказалось, что сотрудник выполнял операцию в три раза быстрее, чем требовалось по нормативу, и при этом не нарушал технологию. Затем предстояло выбрать подходящие математические модели для планирования каждого вида производства. К работе привлекали научные кафедры университетов. Главное – учесть доступность оборудования, персонала и материалов, но обнаружили нюансы: учет времени на транспортировку, доступность транспорта и кранов, специфика взаимозаменяемого оборудования, масштабные матрицы переналадки, доступность инструмента и оснастки. Для лазеров дополнительно требовалось решать задачу оптимального размещения деталей на листе с учетом минимизации отходов. Тем не менее,

MES-системы становятся важным инструментом для современных производственных предприятий, стремящихся к повышению производительности, качества и конкурентоспособности.

При оценке эффективности внедрения MES чаще всего оперируют следующими показателями: уменьшение доли аутсорсинга – примерно на 10%; сокращение времени на планирование расписания и простоя оборудования – около 15%; повышение качества продукции – 5%; снижение затрат на подготовку сменных заданий – 15%; уменьшение объема переналадок оборудования – 15%.

Такие бизнес-эффекты достигаются за счет автоматизации процесса планирования с учетом переналадок, доступных ресурсов производства, приоритетов партий запуска, особенностей производства, оперативного информирования ответственных лиц о нарушении плановых параметров, возможности оперативного принятия управленческих решений. ■