



## Индустрия 4.0: КАК ВОСПОЛЬЗОВАТЬСЯ НОВЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ

Цифровизация и ускорение развития промышленных технологий, связанные с переходом на IoT, открывают прекрасную возможность повысить качество продукции и оптимизировать производство в целом. В этом контексте выбор оптимальных технологий на основе анализа предыдущего опыта играет ключевую роль в правильном планировании целей, выборе технологических партнёров и в качестве интеграции компонентов ИТ и ОТ.

С момента своего появления несколькими годами ранее Интернет вещей (IoT – Internet of Things) оказал поистине ошеломительное воздействие на промышленный и производственный мир. Возьмём итальянскую действительность: там 92% всех предприятий – средние или малые, представляющие разнообразные сценарии развития, среди которых можно найти множество примеров передового опыта и цифровых инноваций. Обычно современные пути развития приводят к рыночному успеху, как на национальном, так и на международном уровне. Интернет вещей стал не только важным инструментом для изучения и мониторинга про-

гресса производственных процессов с целью оптимизации производительности и затрат, но также и фундаментальным фактором, способным помочь компаниям улучшить качество своих процессов и конечных продуктов (рис. 1). Всё это стало возможным благодаря обработке дополнительной информации, получаемой от специальных интегрированных датчиков, проливающих свет на неочевидные аспекты деятельности и выступающих в качестве важных источников информации, которая имеет решающее значение для оптимизации производства. Получаемые от этого выгоды благотворно отражаются не только на самих производствен-

ных компаниях, но и на их конечных потребителях (рис. 2).

### БАЗОВЫЙ СЦЕНАРИЙ

На сегодняшний день большинство производственных предприятий характеризуется высокодиверсифицированной производственной системой, хотя часто она ещё слабо оцифрована. Включение всех механизмов в единую систему позволяет организовать взаимодействие с производственным оборудованием. Это делается с целью сбора ценных данных для мониторинга эффективности производственной системы в реальном времени. Благодаря цифровой связи становится возмож-



Рис. 1. Роботизированная производственная линия



Рис. 2. Пищевое производство

ным контролировать фактическое время доступности оборудования, скорость его работы и частоту ошибок (так называемый OEE-index – Overall Equipment Effectiveness, индекс общей эффективности оборудования). В результате появляется возможность цифровой обратной связи и контроля рабочих параметров прямо из MES-систем управления производством. Данные, собранные и используемые в режиме реального времени, сохраняются для анализа с целью извлечения полезной для планирования и оптимизации процессов информации, например, анализа тенденций, отклонений и повторяющихся ошибок, а также корреляции между проблемами и возможными их источниками (или способствующими им обстоятельствами), эти закономерности выявляются промышленными аналитиками.

### Датчики и промышленное оборудование

Один из самых интересных связанных с цифровизацией машин и процессов аспектов, безусловно, – так называемая сенсоризация, то есть возможность введения в отдельную машину или всю производственную линию датчиков с целью улучшения качества продукции. На самом деле подавляющее большинство машин уже обладает в той или иной мере такими качествами: чтобы наилучшим образом выполнять производственную функцию, компьютер или ПЛК, который управляет и контролирует определённые промышленные процессы, выполняемые определённым оборудованием, использует для этих целей ряд датчиков, установленных внутри самой машины. Что касается Интернета вещей и фабрик будущего, дополнительная возможность заключается в добавлении специальных датчиков для контроля и оптимизации качества продукции. Качество – термин, который широко используется в последние годы. В него могут вкладываться совершенно различные значения, каждое из которых предполагает разные ожидания. В этом контексте нас интересует соблюдение производственных требований, то есть гарантия того, что продукт будет обладать свойствами и структурными характеристиками, подходящими для удовлетворения потребностей клиентов. Следовательно, для повышения качества продукции требуется сбор любой полезной информации, позволяющей лучше понять производственный процесс с целью его совершенствования и принятия коррек-

рующих мер в режиме реального времени (в процессе производства) или после более глубокого анализа данных, в том числе исторических, проведённого промышленными аналитиками.

На производственной линии могут быть установлены дополнительные датчики самых разных типов. Вот некоторые примеры:

- **тепловизионные камеры** позволяют контролировать и измерять температуру продуктов на разных этапах обработки, формируя термографические изображения высокого разрешения и с высокой частотой обновления или идентифицируя горячие и холодные точки даже у движущихся объектов. Их можно использовать, например, в стекольной промышленности, где они могут быть полезны для выявления возможных аномалий в производстве бутылок, банок, пробирок, стёкол. Точно так же они могут применяться в производстве металлов (например, в автомобилестроении), в резиновой промышленности (вулканизация), при производстве пластмассовых изделий путём термоформования (при изготовлении панелей или других предметов даже со сложной геометрией) и так далее;
- **профилометры** (на основе лазерных сканеров или времяпролётных камер), которые позволяют измерять профиль поверхности продукта, а также контролировать тенденции его изменения с течением времени. Их можно использовать, например, для проверки на дефекты плоской поверхности. С помощью таких технологий можно произвести оценку того, как измеренное во времени значение меняется вдоль определённых осей, что позволяет измерить зазоры между собранными изделиями (например, двери и капота относительно кузова автомобиля) или определить параметры конкретных профилей (например, протекторов шин); их можно использовать даже в микромеханических производствах и при контроле позиционирования компонентов на печатной плате, то есть во всех областях, требующих высочайшей точности;
- **стереоскопические камеры**, позволяющие получать и анализировать трёхмерные изображения продуктов или их отдельных частей. Возможность воссоздать 3D-изображения, похожие на формируемые человеческим зрением, чрезвычайно полезны, например, для осмотра продукта и провер-



Рис. 3. Настройка промышленного оборудования

ки таких характеристик, как взаимное расположение, качество сборки, форма или завершенность объектов. При контроле качества они могут быть эффективно реализованы в таких задачах, как подсчёт или проверка правильного положения предметов, измерение геометрических характеристик продуктов (объём, площадь поверхности, толщина), проверка правильности и целостности упаковки, а также выявление пустых и не заполненных до нормы упаковок продукта. Другие специальные датчики могут распознавать и классифицировать цвета (они используются с приложениями, проверяющими правильность сборки, соответствие цвета изделия образцу, неизменность качества продукции в производстве с течением времени) и т.д. (рис. 3).

Информация, собранная этими специализированными датчиками, добавляется к информации от машины на производственной линии и представляет собой базу данных чрезвычайной ценности для компаний. Эта информация позволяет не только досконально понять и улучшить качество производственных процессов, но и снизить количество дефектов, лучше использовать сырьё и необходимые ресурсы, сократить количество брака и отходов, а также способствует тому, чтобы деятельность компании стала более экологичной.

### Сложность сенсоризации промышленных сред

Промышленные среды весьма разнообразны и сильно зависят от типа производства. Среда, в которой должны работать датчики, характеризуется различными факторами, от которых зависит оцифровка и сенсоризация комплекса производственных линий.

Первый уровень сложности связан с тем, что многие производственные ма-

шины снабжены датчиками с единственной целью локальной автоматизации производственного процесса и не предназначены для расширения за счёт дополнительных датчиков, например, с целью повышения качества работы всего конвейера. Это влечёт за собой необходимость выявления в зависимости от ситуации лучшего решения не только по отношению к конкретной цели (локальная оптимизация качества), но также в связи с ограничениями физических и технологических характеристик других задействованных на производственной линии машин.

Второй уровень сложности, происходящий из условий окружающей среды, иногда даже более сложный, особенно в отношении таких аспектов, как высокие температуры и наличие дыма и пыли. В этих условиях датчикам часто требуется дополнительная защита для повышения рабочей температуры (например, снабжённые рубашками водяного охлаждения датчики могут работать даже в сталеплавильном производстве) или системы очистки линз (продувка воздухом под высоким давлением способна непрерывно поддерживать чистым объектив камеры или тепловизора).

Третий уровень сложности связан с необходимостью интеграции с фабричной системой (которая не всегда бывает стандартизированной и централизованной). Кроме того, необходимо правильно наладить диалог с производителями машин, чтобы исключить все возможные проблемы, связанные с добавлением и физической установкой дополнительных датчиков. В некоторых случаях бывает необходимо интегрировать в машину несколько датчиков с разными характеристиками и целями измерения.

### Несколько примеров из практики

Чтобы лучше понять, как Интернет вещей может повысить способность компании к совершенствованию с точки зрения качества, можно рассмотреть пару примеров конкретного применения. Первый пример — из области пищевой промышленности, где необходим большой набор проверок и постоянный контроль, связанный с обеспечением качества конечной продукции, особенно в случае консервированных или расфасованных продуктов. В этом контексте Интернет вещей может оказать ценную помощь благодаря, например, применению датчиков и систем искусственного зрения (как на основе профилометров, так



Рис. 4. Производство продуктов питания требует особо тщательного контроля

и на базе стереоскопических камер). Фактически с помощью этих датчиков можно проводить морфологические исследования продуктов: выборочную проверку отдельных конечных продуктов (например, выпечки), проверку начинки или подсчёт количества продуктов в соответствующих упаковках (например, на этапе упаковки печенья или выпечки в контейнерах из несколько отдельных отсеков), контроль порционирования пищи, проверку вакуумной упаковки, контроль окончательной упаковки (например, в нескольких коробках, рис. 4).

Второй пример касается индустрии потребительских товаров, в частности, производства продуктов, в составе которых присутствуют пластиковые компоненты, созданные с применением процесса термоформования. В эту категорию входит целый набор товаров, в которых есть пластиковые детали, образующие внешнюю конструкцию, например, небольшая бытовая техника (кофемашины, блендеры, миксеры, экстракторы) или крупная бытовая техника, такая как холодильники с их пластиковыми внутренними панелями.

Процесс термоформования состоит из последовательных фаз, которые предусматривают этапы нагрева пластикового листа в камере до определённой температуры и последующей передачи листа в камеру термоформования. Здесь благодаря пневматическому воздействию нагретый лист сначала раздувается, а затем помещается на металлическую форму; после этого он прижимается к форме вследствие воздействия вакуума и в результате, охладившись контролируемым потоком воздуха, принимает желаемую форму. Применение тепловизора с линейным сканированием в переходе между двумя этими фазами позволяет получить тепловизионное изображение листа, которое можно использовать для точной настройки производственных параметров (нагрев и формование), влияющих на улучшение качества конечного продукта. Данные, собранные с помо-

щью дополнительных датчиков, могут быть использованы для создания цифровых моделей оборудования в реальном времени. Имитационная модель, в свою очередь, позволяет опробовать варианты процессов до того, как они будут развернуты в производственных системах.

### Выгоды несомненны

Решения IoT, применяемые в конкретном производственном контексте для повышения качества продукции, приносят преимущества, часто далеко выходящие за рамки поставленной цели. Фактически, помимо предоставления в режиме реального времени целого набора информации, которая может быть использована для соответствующей корректировки рабочих параметров в процессе производства, они служат источником данных, которые вместе с соответствующими параметрами выполнения процесса необходимы для понимания, углубления и совершенствования самого производственного процесса.

Итак, решения IoT позволяют:

- улучшить качество продукции и снизить объём брака;
- сократить отходы и сэкономить сырьё, одновременно переходя к более экологичным процессам, оптимально потребляющим энергоресурсы и снижающим загрязнение окружающей среды;
- иметь в наличии мощный инструмент для анализа возникающих на производстве проблем;
- реализовать структурированный контроль каждого изменения производственных процессов, обогащая арсенал средств возможностями цифровых двойников машин или процессов;
- расширить базу данных, доступных для промышленной аналитики, чем усилить функции раннего предупреждения и прогнозного обслуживания;
- связать подробную информацию о производстве с конечными продуктами, как для внутреннего использования (например, для управления гарантийным обслуживанием), так и в перспективе для внешнего использования конечными клиентами.

### Как к этому прийти

Трудно предложить универсальный рецепт, применимый в любом контексте. Если компания уже встала на путь цифровых инноваций, то IoT на таком производстве, безусловно, не является чем-то новым. Если же компания делает свои первые шаги или планирует на-



Рис. 5. Модель эволюционного развития Индустрии 4.0: всё взаимосвязано

чать освоение этого нового пути, то ей, вероятно, понадобится консультант, который поможет настроить последовательный процесс. Исходя из практического опыта, можно сказать, что обычно базовые требования таковы:

- работа с заказчиком для выявления и анализа требований и, самое главное, ожиданий для построения чёткой дорожной карты, при этом всегда должны быть ясны конечные цели процесса оцифровки производства;
- работа с промышленными партнёрами (такими как специализированные про-

изводители датчиков) для определения характеристик различных датчиков, которые предполагается встраивать в промышленное оборудование;

- работа с производителями оборудования для определения и проверки возможных решений по интеграции дополнительных устройств в машину или в производственную линию без влияния на нормальную работу производственных процессов;
- обеспечение интеграции с заводскими информационными системами (MES, ERP);

- оценка возможности интеграции различных технологий, протоколов, источников данных, алгоритмов с общей целью улучшения и оптимизации качества производства;

- обеспечение возможности постепенной эволюции решений, а также их совместимости с новыми требованиями или более поздними технологическими разработками, такими как 5G.

Подвести итог можно, процитировав известного теннисиста Артура Эша: «Успех в самом путешествии, а не в прибытии в пункт назначения». Позитивные результаты должны быть достигнуты в пути, который становится всё больше похожим на эволюционную модель (рис. 5), на цифровую трансформацию [1]. ●

### ЛИТЕРАТУРА

1. Industry 4.0 [Электронный ресурс] // Режим доступа : <https://www.italtel.com/industries/industry40/>.

*Статья подготовлена по материалам компании Italtel*

**Перевод Юрия Широкова**  
E-mail: [textoed@gmail.com](mailto:textoed@gmail.com)











Сертифицируемые драйверы и библиотеки  
для графических процессоров и графических ядер








DO-178C



ISO 26262



IEC 61508




**Дистрибьютор CoreAVI в РФ**  
ООО «АВД Системы», (916) 194-4271, [avdsys@aha.ru](mailto:avdsys@aha.ru), [www.avdsys.ru/gpu](http://www.avdsys.ru/gpu)

Реклама