ТЕМА 9.2 «СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УМНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ»

Автор: Меленевский Б.Л. Архитектор бизнес-систем интеллектуальное предприятие, SAP CIS

Содержание

Содержание 1

Общепринятая архитектура информационных систем 1

Цифровые технологии изменили мир..... 2

Фабрики Будущего 3

Обеспечение гибкости производства 4

Индивидуализация продукции 6

Оценка эффективности работы оборудования..... 9

Повышение эффективности. Обслуживание по состоянию 11

Новые условия труда..... 12

От иерархии к сетевому взаимодействию..... 14

Новая архитектура систем управления 15

Пример умного предприятия..... 15

Развитие фабрик будущего в России 16

Общепринятая архитектура информационных систем

В начале рассмотрим общепринятую архитектуру информационных систем. В типовой иерархической архитектуре систем управления производством выделяют две подсистемы: Автоматизированная система управления производством – АСУП и Автоматизированная система управления технологическими процессами – АСУТП.

Система управления технологическими процессами (АСУТП) включает в себя 3 уровня:

- Уровень SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition, система сбора данных и диспетчерского управления.
- Control-level – уровень локального управления ходом технологического процесса.

- Input/Output – Входы/Выходы объекта управления, являющиеся различными датчиками и исполнительными механизмами, отдельных технологических установок и рабочих машин.

В системе управления производством АСУП выделяют уровни управления ресурсами организации и управления производственными процессами.

На уровне управления ресурсами происходит расчёт и анализ финансово-экономических показателей, решаются задачи обеспечения производства и логистики, формируются объемные и оперативно-календарные планы производства.

На уровне управления производственными процессами (Manufacturing Operation Management) решаются задачи управления качеством и трудовыми ресурсами, определяется порядок выполнения операций технологического процесса, оптимизируется загрузка производственных ресурсов.

Важными критериями распределения задач между уровнями управления являются дискретность времени, в единицах которого функционируют информационные системы; а также объемы обрабатываемых данных.

В 2004 году Международная ассоциация производителей и пользователей систем управления производством опубликовала модель c-MES, которая включает 8 основных модулей, относящихся к уровню управления производственным процессом.

Ассоциация разработала и поддерживает стандарт ISA 95, главной целью которого является интеграция уровней управления ресурсами предприятия и производственными процессами между собой. В России стандарту ISA 95 соответствует ГОСТ Р МЭК 62264.

Особое внимание в этом стандарте уделяется моделям, с помощью которых может быть организовано такое взаимодействие. В стандарте выделены четыре основные направления: управление производственными операциями; управление качеством; техническое обслуживание и управление запасами.

Цифровые технологии изменили мир

Развитие компьютерных систем и цифровых технологий вместе с глобализацией экономики и насыщением рынков оказали огромное влияние на наш мир.

- Произошла интеллектуализация вещей.
  - Практически во всех промышленных изделиях установлены датчики или микроконтроллеры;
  - Многие функции стали программируемыми;
  - В себестоимости готовой продукции растет доля программного обеспечения и электронных компонент;

- Развитие интернета, подключение к нему множества устройств и вещей привело к появлению глобальной сети взаимодействия людей и машин. Наступила эра интернета вещей;
- Меняется сама модель потребления. Происходит переход от индивидуального владения вещами к модели их коллективного использования;
- Потребители при выборе товара все больше внимания уделяют общей стоимости владения, а не его первоначальной цене.

Промышленно выпускаемые изделия теперь могут собирать, анализировать и передавать данные о работе в ходе своей эксплуатации, что открывает производителям огромные возможности по развитию послепродажного сервиса и выпуска продукции под конкретные требования клиента.

Объединение виртуального и реального миров для получения полного представления о каждом экземпляре изделия и обо всей цепочке формирования ценности позволит производителям быстрее и эффективнее выпускать продукцию с уникальными потребительскими характеристиками.

Все эти изменения приводят к тому, что производители, которые хотят быть конкурентоспособными, должны трансформировать свои бизнес-процессы и изменить модели управления.

Фабрики Будущего

Завод будущего будет выпускать индивидуальные изделия с необходимым качеством и минимальными затратами по требованию клиентов. Адаптивность производственных систем к изменяющимся требованиям является основной особенностью завода будущего. Произойдут значительные изменения способов выполнения работ, будут созданы совершенно новые группы профессий, в то время как другие устареют.

Системы управления должны будут обеспечивать решение задач на всем жизненном цикле изделия - от замысла до утилизации последнего экземпляра.

В основе систем управления нового поколения будут лежать цифровые двойники, которые по свой сути, являются математическими моделями высокого уровня адекватности, которые позволяют с высокой степенью точности описывать поведение объекта в различных ситуациях и на всех этапах жизненного цикла.

Фабрики будущего будут «цифровыми», «умными» и «виртуальными».

- **Digital Factory** -Производство, основанное на использовании технологий цифрового моделирования и проектирования глобально конкурентоспособной и

кастомизированной продукции нового поколения и производственных процессов на всем протяжении жизненного цикла.

- **Smart Factory** - Производство, оснащенное высокотехнологичным оборудованием: 3D-принтерами, ЧПУ−станками, робототехническими комплексами, датчиками, сенсорами, а также автоматизированными системами управления технологическими процессами и системами оперативного управления производственными процессами на уровне цеха, которые позволяют осуществлять быструю и гибкую («автоматизированную») переналадку оборудования (в т.ч. межмашинное взаимодействие). Умная фабрика формируется, как правило, на основе Цифровой Фабрики
- **Virtual Factory** - Распределенная сеть Цифровых и Умных фабрик, а также поставщиков услуг / компонентов. Виртуальная фабрика призвана сократить издержки и расширить конкурентные предложения на рынке за счет использования технологий управления глобальными цепочками поставок и распределенными производственными активами

«Умные производства» от обычных отличаются не столько IoT- датчиками, сколько наличием информационных систем, способных к интеллектуальной обработке данных из различных источников.

Как изменятся системы управления чтобы обеспечить решение задач умного производства?

- Обеспечение гибкости производства;
- Удовлетворение индивидуальных требований клиентов;
- Повышение общей эффективности работы;
- Обеспечение новых условий труда.

Обеспечение гибкости производства

Под термином «гибкость производства» понимают возможность предприятия адаптироваться к изменениям внешней среды. «Гибкость производства» естественно зависит от технологии производства продукции и качества системы управления.

На ряде производств оборудование предназначено для изготовления только одной продукции и не может быть использовано для производства других изделий. Современное производство как правило допускает определенную гибкость. Можно выделить несколько групп производств с точки зрения технологической гибкости:

- **Производство, основанное на перестраиваемой технологии,** когда при изменении отдельных компонентов оборудования или добавлении дополнительных технических устройств можно выпускать новое изделие или группу изделий;

- **Производство, использующее переналадки технологических процессах** на оборудовании, предназначенном для одновременного выпуска группы изделий. Для перехода на изготовление какой-либо детали требуются перестройка, регулировка отдельных узлов, механизмов, замена некоторых устройств;
- **Гибкие технологии производства**. В этом случае для чередования выпуска группы изделий, деталей или перехода на выпуск нового вида продукции переналадка не требуется, так как оборудование автоматически переналаживается с обработки одного вида изделий на обработку другого по командам системы управления (например, интегрированные производственные системы с ЭВМ, управляющей ходом технологического процесса).

Две последние группы являются гибкими производствами, иногда их называют программируемыми, так как для перехода с одного объекта производства на другой необходимо изменять управляющие программы, а не оборудование.

Современные аддитивные технологии обеспечивают гибкость и быстрое производство изделий практически любой геометрии.

Аддитивное производство является инновационной технологией, которая значительно влияет не только на сам продукт, но и на способы его проектирования и дистрибуции. К преимуществам цифровых моделей относится не только произвольность формы, но и возможность их моментальной передачи в любую точку мира, что позволяет организовать производство в любом месте. Еще одной важной особенностью аддитивных технологий является существенное сокращение расхода материала и отходов производства.

С управленческой точки зрения критерием гибкости производства является скорость, с которой предприятие может перестроить свои планы и работу с учетом новых требований рынка и текущей ситуации на производстве.

Быстрое изменение планов на предприятии – это сложная и трудоемкая задачей, она требует согласованного решения задач на различных уровнях управления.

На предприятиях для упрощения задач планирования часто создаются избыточные резервы по ресурсам, времени и запасам. Запасы также страхуют предприятие на случаи отклонения сроков поставки, брака в поставках, изменений в программе производства, нарушения условий хранения. Наличие избыточных запасов приводит к замораживанию большого объема денежных ресурсов предприятия.

На уровне ERP составляются объемные и оперативно-календарные планы выпуска продукции. Объемный план производства является основой для формирования бюджета компании. Как правило, он формируется на 1-2 года вперед с поквартальной или ежемесячной детализацией.

Оперативно-календарное планирование решает задачи по своевременному исполнению клиентских заказов и контролю обеспеченности производства. Оперативно-календарный план строится от требуемой даты исполнения заказа. В нём рассчитывает необходимые сроки поставки материалов и готовности узлов с учетом длительности производственного цикла.

Этот план использует логику управления ресурсами *– – «завершить к определенному сроку и обеспечить производство материалами с такой то даты …. »*. Одна из основных задач оперативно-календарного плана выполнить заказы в срок и при этом не замораживать средства заранее.

На уровне управления производственными операциями формируется производственный график работы.

Производственный график определяет загрузку оборудования и последовательность выполнения заданий с учетом производственных ограничений, стараясь обеспечить выполнение сроков завершения заданий, которые были определены в оперативно-календарном плане. Он использует логику «начать выполнение задания как можно раньше при наличии свободных мощностей и ресурсов».

Диспетчерская информация может изменяться в реальном масштабе времени в зависимости от событий, происходящих на цеховом уровне.

Обратите внимание, что планы формируются на разные горизонты времени, с различными степенями детализации и логикой их построения.

Развитие инструментов математического программирования и имитационного моделирования, их активное применение на производстве – всё это привело к появлению и развитию систем расширенного планирования производства – Advanced Planning and Scheduling.

Реализация всех уровней планирования в рамках единой информационной системы позволяет существенно сократить длительность цикла планирования, что приводит к сокращению запасов, фиксированного периода и окна обещания заказа для клиентов. Возможность построения сбалансированного плана организации является одной из важнейших характеристик систем управления «умным предприятием».

Индивидуализация продукции

Рост конкуренции приводит к тому, что производители вынуждены удовлетворять специфические требования каждого клиента. Заказы должны выполняться в кратчайшие сроки, требуемого качества и по приемлемой цене.

Требования клиентов могут быть совершенно различны, поэтому для обеспечения сжатых сроков изготовления и минимальных цен производство должно иметь возможность управления потоком изделий, производимых под различные требования клиентов.

Планирование производства должно выполнять расчет нетто потребностей индивидуально для каждого заказа. При этом ряд стандартных узлов и деталей могут быть произведены или закуплены сразу для нескольких заказов клиента. Каждое производственное задание, выполняемое по заказу клиента, должно иметь соответствующий идентификатор заказа.

Другой важной задачей является прослеживаемость самого производства. Сквозная прослеживаемость позволяет получить ответы на следующие основные вопросы:

- из какой партии сырья сделана партия готовой продукции? (сверху-вниз)
- в какую партию продукции вошла данная партия сырья? (снизу-вверх)

Под партией, с точки зрения прослеживаемости, понимается определенная единица измерения сырья, полуфабрикатов или готовой продукции, размер которой определяется технологическим процессом производства. Для деталей часто это ее серийный номер.

Ответы на эти вопросы дают предприятию возможность быстро проводить диагностику продукции по партиям, а не браковать и отзывать сразу весь объём продукции. Становится возможным выявить из-за каких компонентов произошёл брак, выделить те партии продукции, в какие эти бракованные компоненты вошли, найти источник брака и сделать точечный отзыв продукции. Для организации прослеживаемости на производстве часто используются методы штрихкодирования и сплошной идентификации деталей. Однако, это не всегда обеспечивает решение необходимой задачи. Например, когда деталь устанавливается в блок, а тот в свою очередь в агрегат. Использование цифрового двойника детали, который хранит в себе все операции и понимает ее «предназначение», позволяет избежать ошибки использования недопустимой конфигурации изделия при выполнении операции по конкретному заказу клиента.

Еще одним важным требованием является контроль изменений в производственной спецификации, которые могут появляться в ходе удовлетворения новых требований клиентов. Иногда необходимо будет провести дополнительные операции по разборке и повторной сборке изделия, или использовать произведенный агрегат для других заказов.

Важнейшим элементом для реализации индивидуальных требований клиента является управление качеством. Клиенты по-разному воспринимают ценность товара. Один и тот же продукт одними клиентами может восприниматься как годный, а другими нет.

Международная организация по стандартизации определяет качество (стандарт ИСО-8402) как «***совокупность свойств и характеристик продукции или услуги, которые***

придают им способность удовлетворять обусловленные или предполагаемые потребности». Требования к качеству на международном уровне определены стандартами ИСО серии 9000. В соответствии с ГОСТами ИСО 9000 «качество продукции и услуг включает **не только выполнение функций** в соответствии с их назначением, но также **воспринимаемую ценность и выгоду для потребителя»**

В истории развития систем качества можно выделить несколько этапов:

- качество как соответствие стандартным характеристикам;
- качество как соответствие стандартам и стабильность технологических процессов;
- и качество как соответствие требованиям клиента, а также работников и общества в целом.

На первом этапе, при контроле качества продукции, главная роль отводилась поиску дефектов и отбраковке некачественной продукции, на следующем этапе основное внимание уделялось стабильности производственных процессов.

Широкую известность получила концепция управления производством Шесть Сигм. Суть концепции сводится к необходимости улучшения качества выходов каждого из процессов, минимизации дефектов и статистических отклонений в операционной деятельности. Зрелость производственного процесса в этой концепции описывается как рейтинг отклонений, или процентом бездефектной продукции на выходе. Процесс управления качеством на выходе даёт 99,99966 % выходов без дефектов, или не более 3,4 дефектных выходов на 1 млн операций.

Затем оформилась концепция всеобщего контроля качества. (Total Quality Control). Появились документированные системы качества, устанавливающие ответственность и полномочия, а также взаимодействие в области качества всего руководства предприятия, а не только специалистов служб качества. В мире стали уделять большое внимание документированию систем обеспечения качества и их регистрации или сертификации третьей (независимой) стороной.

В конце 20 века начался переход от всеобщего контроля качества (TQC) к менеджменту качества (TQM). Если TQC – это управление качеством с целью выполнения установленных требований, то TQM – это еще и управление целями и самими требованиями. В TQM включается также и обеспечение качества, которое трактуется как система мер, обеспечивающая уверенность у потребителя в качестве продукции. Усилилось влияние общества на предприятия, а предприятия стали все больше учитывать интересы общества. Это привело к появлению стандартов ИС014000, устанавливающих требования к системам менеджмента с точки зрения защиты окружающей среды и безопасности продукции.

В основе современного подхода к управлению качеством лежит риск-ориентированное мышление. Оно предполагает оценку вероятности возникновения дефектов и степень их влияния на продукцию и потребителя.

Одним из известных методов решения этой задачи является анализ видов и последствий потенциальных несоответствий (FMEA). Эта методология позволяет оценить риски и возможный ущерб, вызванный потенциальными несоответствиями конструкции и технологических процессов на самой ранней стадии проектирования и создания готового изделия.

Компания Форд Моторс разработала методологию нахождения корневой причины проблемы и внедрения корректирующих действий, направленных на предотвращение в будущем возникновения данной или схожих неисправностей. Эта методика состоит из 8 шагов или дисциплин и получила название 8D. По своей сути она очень близка к методике FMEA, с той лишь разницей, что FMEA применяется для недопущения отказов и несоответствий, а 8D после данных событий.

Современные технологии обеспечивают повышение эффективности выполнения работ на каждом этапе управления качеством. Например, системы визуального контроля и компьютерного зрения помогают безошибочно найти дефекты, а системы обработки потока событий (event stream processing) позволяют задокументировать возникающие отклонения параметров выполнения операций.

Промышленные изделия сегодня оснащены большим количеством сенсоров и контроллеров. Например, в самой современной модели самолета Airbus — A350 установлено двести пятьдесят тысяч датчиков. Сбор и анализ данных об эксплуатации изделий с последующим их анализом методами предиктивной аналитики становятся обязательными элементами современной системы управления.

Возможность использования производителем данных, собираемых в период эксплуатации, требует повышения уровня доверия между производителями, сервисными организациями и эксплуатантами оборудования. Технологии blockchain и смарт контракты позволяют существенно упростить задачу коллективного использования данных для получения выгод каждой из сторон.

Оценка эффективности работы оборудования

Эффективность – это соотношение между полученными результатами и понесенными затратами для их достижения.

Наиболее значительными причинами потери эффективности считаются следующие:

- **Остановки** — внеплановые смены оснастки и внеплановое обслуживание, общие остановки, отказ вспомогательного оборудования и т.д.
- **Настройка или регулировка** – переналадка, плановая смена оснастки, простои из-за нехватки материалов или операторов, время на запуск оборудования и т.д.
- **Небольшие остановки/простои** – обычно это остановки до 5 минут, которые не требуют вмешательства вспомогательного персонала. Они могут происходить по причине мелких неполадок, перебоев с доставкой материалов, чисткой/проверкой.
- **Снижение производительности** – это любые неполадки, которые снижают скорость работы оборудованию по равнению с паспортной (износ оборудования, снижение мощности, увеличение времени загрузки.
- **Брак при запуске** – брак, произведенный в процессе запуска, разогрева или других начальных стадий работы оборудования.
- **Производственный брак** – брак, полученный в процессе производства продукции.

В мировой практике для оценки эффективности работы оборудования используется интегрированный показатель общей эффективности работы оборудования (Overall Equipment Effectiveness), который оценивает эффективность по трем критериям:

Первый из них - доступность оборудования. Он учитывает потери времени на остановки и переналадки.

Второй - Производительность. Он показывает снижение скорости работы и рассчитывается как отношение фактического времени работы к чистому операционному времени.

И третий критерий оценивает эффективность с точки зрения качества продукции.

OEE позволяет выявить потери и причины неэффективности работы. В результате выявляются не только простои из-за поломок, но и потери из-за неэффективной настройки оборудования, снижения производительности его работы или ожидания поступления материалов. В конечном итоге OEE позволяет проследить, каково влияние текущей производительности отдельной единицы оборудования на эффективность работы целого производства.

Наличие достоверных результатов измерения производительности фондов позволяет принимать взвешенные решения о капитальных вложениях, обеспечивающих более быстрый возврат инвестиций. На основе данных OEE делается вывод, возможно ли улучшение производительности на существующем оборудовании или же его возможности фактически исчерпаны и для увеличения производительности необходимо новое.

Повышение эффективности. Обслуживание по состоянию

Одним из факторов, существенно влияющих на работу оборудования, является своевременные ремонты и техническое обслуживание. Ремонтная служба предприятия руководствуется в своей деятельности набором правил по обеспечению работоспособности оборудования. Они называются стратегиями обслуживания.

Выделяют три основные стратегии.

- **Реактивное или реагирующее техническое обслуживание** — когда ремонт или замена оборудования производится только в том случае, когда оно выходит из строя или вырабатывает свой ресурс.
- **Стратегия планово-предупредительных ремонтов**, которая предполагает определение ремонтного цикла как заранее заданной последовательности ремонтов и интервалов между ними, а также определение перечня и объема работ при выполнении каждого вида ремонта. Именно эта стратегия является типичной для российской промышленности в современных условиях. Ключевым недостатком этой стратегии является проведение так называемых лишних ремонтов, т.е. ремонтов фактически исправного оборудования, и, как следствие, рост эксплуатационных затрат и снижение доступности оборудования.
  - **Обслуживание по наработке** является одним из вариантов этой стратегии**.** В этом варианте сохраняется последовательность ремонтов, но время между ними определяют не календарно, а в зависимости от показателей работы машины.
- **Стратегия обслуживания по техническому состоянию**. При её применении объем ремонтов и время между ними заранее не фиксированы, а определяются по результатам регулярных ревизий оборудования и мониторинга его состояния с помощью автоматизированных средств контроля и диагностики. Основой этого метода являются техническое диагностирование и прогнозирование
  - **Проактивное обслуживание является развитием этой стратегии,** которое основано на прогнозе времени до выхода оборудования из строя с определенной степенью надежности. состояния объекта в будущем. С помощью средств диагностики и самодиагностики проводится непрерывный или периодический контроль параметров работы оборудования. Прогнозирование используется для определения времени, в течение которого сохранится работоспособное состояние.

Ключевую роль для использования более эффективной стратегии обслуживания оборудования по его техническому состоянию играют технологии обработки больших и потоковых данных, а также концепция цифрового двойника изделия.

Цифровой двойник, по свой сути, это математические модели высокого уровня адекватности, которые позволяют нам описывать с высокой степенью точности поведение

объекта во всех ситуациях и на всех этапах жизненного цикла. Цифровой двойник не ограничивается сбором данных, полученных на стадии разработки и изготовления продукта. Он продолжает агрегировать данные в течение всего жизненного цикла объекта. Это могут быть данные о состоянии изделия, показатели датчиков, история операций, заводская (as-build) и сервисная (as-maintained) конфигурация, версия программного обеспечения и многое другое. Это даёт дополнительные возможности для технического обслуживания и позволяет увидеть всю картину целиком. Анализ собираемых данных о работе каждого экземпляра оборудования позволяет постоянно повышать степень адекватности математических моделей.

Использование цифровых двойников раскрывает суть проактивной стратегии обслуживания, которая заключается в выполнении необходимых действий, направленных на снижение скорости развития или устранение неисправностей, которые выявлены на основе сведений о фактическом состоянии оборудования

Новые условия труда

На современном производстве существенно меняются и условия труда. Цифровые технологии глубоко проникли в производственные цеха:

- На производствах уже внедрены технологии беспроводной связи, разные типы оборудования объединены в сеть;
- Носимая электроника и мобильные технологии обеспечили практически постоянное подключение человека к единой сети;
- Технологии распознавания речи и компьютерного зрения обеспечивают возможность новых видов взаимодействия рабочего и робота на производственной площадке.

Машины заменяют человека в выполнении однообразных операций. Выполнение человеком простых рутинных операций является неэффективным использованием его потенциала. Компоненты изделий становятся миниатюрнее и сложнее, и только роботы могут справиться с такой тонкой работой. На промышленном предприятии возникает необходимость нового типа взаимодействия машина-машина и машина- человек.

Большое внимание в современных системах управления уделяется вопросам промышленной безопасности и охране труда и окружающей среды.

Классические промышленные роботы выполняют работу, не контактируя с людьми. Для роботов характерны сложные траектории движения и высокие скорости. Для человека сложные траектории создают непредсказуемость действий машины. Статистика свидетельствует, что 75% несчастных случаев связаны с «человеческим фактором». Чтобы предотвратить травмы, вокруг роботов устанавливают оградительные заборы и клетки.

Новое поколение роботов - коботы, (коллаборативные роботы) специально разработаны для совместной работы с людьми без необходимости в защитном ограждении. Коботы имеют ряд особенностей.

- Коботы относительно просты в программировании. В отличие от традиционных промышленных роботов, для которых требуются специализированные навыки программирования, некоторые модели коботов могут даже учиться, например, от работника, выполняющего движение с манипулятором, которую кобот затем может автоматически воспроизводить. Некоторым системам можно дать рабочие инструкции без кодирования, используя графический интерфейс пользователя.
- Коботы могут быть оснащены системой «компьютерного зрения», которые отслеживают перемещения людей. Как только человек попадает в рабочую зону робота, тот замедляется до безопасной скорости.

Рабочий на производстве теперь скорее помогает роботам выполнять производственные задачи. Причем, в ряде случаев, для этого ему не надо находиться непосредственно на рабочем месте.

Современные системы управления должны не просто контролировать действия рабочего, но и помогать ему в условиях быстрого изменения производственной ситуации. Это могут быть анимированные рабочие инструкции для выполнения операций, голосовые команды, быстрый поиск дополнительной информации по запросу, предупреждения об опасности и многое другое.

Развитие машинного обучения, робототехники и искусственного интеллекта будет неизбежно способствовать автоматизации производства, изменению структуры спроса на труд и ликвидации некоторых профессий. Вместе с тем по мере возникновения и развития новых продуктов, процессов и бизнес-моделей будут появляться рабочие места нового типа. Например, цифровизация и большие данные стимулируют спрос на специалистов с аналитическими навыками.

Роботизированные машины и компьютеры могут заменить в течение ближайших 20 лет до 45% существующих рабочих мест в развитых странах. В докладе за 2016 год Всемирного экономического форума в Давосе «Будущее трудоустройства» прогнозируется, что к 2020 году может произойти кардинальное изменение более 35% рабочих навыков, имеющихся у современных людей.

Профессиональная структура уже претерпела изменения во многих странах; процесс создания новых рабочих мест поляризуется по высоко- и низкоквалифицированным группам, а ликвидируются в первую очередь рабочие места, требующие среднего уровня квалификации и выполнения рутинных операций.

Работодатели и работники все чаще встречаются в интернете. В последние годы появились рекрутерские онлайн-сервисы, соединяющие ищущих работу (в том числе фрилансеров) с теми, кто ищет исполнителей для широкого круга разнообразных задач.

Рабочие задачи уже стали более фрагментированными; все больше работников выполняют нестандартные операции как на основном месте занятости, так и в качестве дополнительной подработки. Новые рабочие места могут не соответствовать стандартной модели полной занятости; возможно, они будут принимать нетрадиционные формы (неполный рабочий день, работа по требованию и т. п.).

От иерархии к сетевому взаимодействию

Как мы видим, требования к системам управления производством значительно превосходят классическую функциональность ERP систем. Система управления умным производством должна обеспечить широту ассортимента, свойственную производству под заказ клиента, а также скорость исполнения заказа и минимальные затраты, что характерно для массового типа производства.

Появляется новый тип производства - массово-кастомизированный, при котором производство может массово выпускать изделия с индивидуальными параметрами под каждого конкретного клиента.

Системы управления превращаются в информационные платформы для взаимодействия киберфизических систем между собой. Они должны быть не только интегрированными, но и ИНТЕГРИРУЮЩИМИ и должны позволять решать задачи, ранее относимые к различным подсистемам, в рамках единого информационного поля.

Выделим две ключевые особенности систем управления умным производством

- Сами изделия становятся неотъемлемой частью современной системы управления. Изделия напрямую могут обмениваться информацией с интеллектуальным оборудованием и инструментом. Технологии производства становятся цифровыми. Это приводит к повышению гибкости системы управления и возможности ее децентрализации.
- Производители и проектные организации получили техническую возможность собирать и обрабатывать данные об эксплуатации конкретного экземпляра изделия. В фокусе внимания оказывается весь жизненный цикл и общая стоимость владения.

Для реализации новых требований потребовался пересмотр архитектуры построения систем управления производством.

Новая архитектура систем управления

В апреле 2015 года международный консорциум, промышленного интернета (Industrial Internet Consortium — IIC), в который входит более 200 членов, включая IBM, Cisco, AT&T, Intel и GE, обнародовал «Эталонную архитектуру промышленного интернета» (Industrial Internet Reference Architecture — IIRA). В том же году на выставке в Ганновере была представлена архитектурная модель проекта Industrie 4.0. Немецкая модель, получившая название RAMI 4.0, ориентирована в первую очередь на производственные предприятия. Модель RAMI 4.0 позволяет описать и реализовать гибкие концепции Industry 4.0. Она представляет собой трехмерную карту решений Industry 4.0 и может использоваться в качестве справочного руководства при пошаговом переходе на новую концепцию.

Существенной особенностью этой модели является отражение жизненного цикла объектов и потока создания ценностей. Описание жизненного цикла изделий и оборудования ориентируется на структуру стандарта МЭК 62890, который делает различие между типом и экземпляром изделий. Тип продукта создается на нескольких этапах в процессе разработки продукции. Процесс разработки завершается после утверждения специальной версии изделия. На основе типа, утвержденного для серийного производства, производство выпускает изделия, которые являются экземплярами данного типа. Прекращение выпуска компонентов или модернизация могут потребовать внесения изменений в продукцию. Изменения вносятся в тип, и после завершения и утверждения корректировки на производство поступает новая версия изделия.

Две другие оси представляют собою организационную и функциональную иерархии.

Данная модель позволяет описывать и реализовывать различные сценарии управления и может использоваться в качестве справочного руководства при пошаговом переходе на новую концепцию построения систем управления производством.

Пример умного предприятия

Крупные компании уже перестраивают свои системы управления на основе этих принципов. Примерами могут служить

- Бриллиантовая фабрика компании General Electric
- Цифровой завод компании Siemens
- Подключенное производство SAP Leonardo

Рассмотрим один из примеров фабрики будущего – завод Audi в Мексике. Конвейер олицетворение принципа организации производства массовой продукции. В 1914 году Ford Motor Company с помощью поточного производства удвоила выпуск автомобилей при том же количестве рабочих. Сейчас автопром ассоциируется именно с конвейером. Однако, у конвейера есть и проблемы, одна из них - низкая гибкость самого процесса. При смене

собираемой модели зачастую требовалась полная остановка и переналадка оборудования, технологических карт, переобучение персонала и даже организации подвоза запчастей.

Audi разработала систему Smart Factory, которая позволит отказаться от конвейера на производстве. Новое производство будет сосредоточено в модульных секциях, каждая из которых приспособлена для выполнения конкретной операции. Перемещение элементов автомобиля осуществляется беспилотными роботами-тележками, названными Audi AGV. Они оснащены лазерными датчиками и системой распознавания радиометок, что позволяет им объезжать препятствия и произвольно менять маршруты по командам управляющего центра, включая и автоматическую парковку на свободном месте у зарядной станции. Производство теперь выглядит примерно так: уже окрашенный кузов с поста сушки подается на беспилотной тележке на следующий пост, где устанавливаются навесные элементы, окрашиваемые отдельно. Назначенные же именно этому кузову двери, капот, крышка багажника подвозятся другой беспилотной тележкой одновременно с прибытием кузова.

Развитие фабрик будущего в России

Вопросам цифровизации в России уделяется большое внимание. Принята программа «Цифровая экономика». По оценкам экспертов в 2016 году доля цифровой экономики в России уже составляла около 2,8% от внутреннего валового продукта.

Правительством принята программа «Цифровая экономика», рассчитанная до 2024 года. Утверждена дорожная карта "Технет", которая предусматривает запуск трех испытательных полигонов. Основные цели таких полигонов - отбирать и объединять лучшие в мире технологии с добавлением собственных ноу-хау, а также иметь площадки, где их можно было бы опробовать на практике.