

УДК 004.4

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ ИНДУСТРИИ 4.0



Д.А. Беренов

Технический директор Уральский аналитического центра обработки больших данных.



Д.Н. Гайнанов

Заведующий кафедрой аналитика больших данных и методы видеоанализа Уральского Федерального университета.

Уральский Федеральный Университет, РФ
E-mail: d.n.gainanov@urfu.ru

Аннотация. Работа посвящена проблемам, связанным с цифровой трансформацией промышленных предприятий в рамках концепции Industry 4.0. Обращается внимание на концептуальные аспекты, позволяющие производить цифровую трансформацию эффективно. Приводятся примеры практического применения с использованием озвученных концептуальных аспектов, а также рассматривается практическое применение программных платформ.

Ключевые слова: данные, АСУ, DATA-TRACK, система, материал, слежения, платформа, цех, фрагмент, перемещение, контроль, клиент, MES, место, проект.

Процесс «цифровизации» и промышленные предприятия

Расходы на «цифровизацию» предприятий составляют в среднем 18% ИТ-бюджета. Потенциал роста этих расходов до 28% в 2018 году. Для лидеров рынка процент еще выше 34-44%. Кроме того, происходит объединение компаний в «экосистемы» для взаимодействия с партнерами в едином информационном пространстве. В таких объединениях в среднем участвует 49% предприятий, среди лидеров рынка в объединении участвуют 79%. Цифры приведены согласно исследованиям компании Gartner. [1]

Приводят ли вложения к качественным изменениям? Да, но в области отношений с клиентом, потребителем продукции/услуги. В остальных областях мы видим традиционную кооперацию с применением новых методов коммуникаций и цифровых технологий. В бизнес-процессах в управленческой модели, особенно на уровне отдельного предприятия качественных изменений не просматривается.

Чтобы изменить ситуацию, нужен «совершенно новый подход к производству», утверждается в отчете Industry 4.0 Working Group, представленном сообществом крупных промышленников, экспертов в области искусственного интеллекта, экономистов и академиков [2] Федеральному правительству Германии в октябре 2012 года [3]. Итоговый отчет рабочей группы Industry 4.0 был презентован 8 апреля 2013 года на Ганноверской ярмарке [3].

Индустрия 4.0, определена как средство повышения конкурентоспособности обрабатывающей промышленности через усиленную интеграцию «киберфизических систем», в заводские процессы [2].

Концепция во многом эквивалентна ориентированному на потребителей «Интернету вещей» [2], в котором все источники включены в единую сеть обмена данными

С чего начать

Внедрение Индустрии 4.0 на российских предприятиях началась с затрат на инфраструктуру и тотального сбора данных. В лексиконе менеджеров появились слова «озеро данных», hadoop, предиктивная аналитика. Но эффективность предпринятых мер оставляет желать лучшего. Во многих случаях весь процесс замыкается на разработку локальных моделей оптимизирующих производственный процесс на том или ином агрегате в том или ином частном случае. Но построение локальных моделей производственных процессов успешно применялось еще в 70-е годы XX века и напрямую не связано с «озером данных» и Индустрией 4.0.

Обнаружилось, что термин Индустрии 4.0 остается довольно туманным. «Несмотря на то, что Индустрия 4.0 – одна из самых обсуждаемых тем в эти дни, я не могу объяснить своему сыну, что она означает», – сказал один из производственных менеджеров Audi [2].

Чтобы предприятиям не действовать при внедрении Индустрии 4.0 методом проб и ошибок были разработаны «КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ ИНДУСТРИИ 4.0».

В разработке принял участие консорциум из коммерческих фирм и научных учреждений.

Фирма I-Tesco – Один из крупнейших системных интеграторов России. В рейтинге «CNews100: Крупнейшие ИТ-компании России » I-Tesco занимает 11 место с выручкой (без вычета НДС) 12,28 млрд руб. Опыт крупных проектов в области ERP систем в металлургии.

Фирма «ДАТА-ЦЕНТР Автоматика» Опыт крупных проектов в АСУ ТП с 2000 года. Опыт крупных проектов в области MES с 2008 года. Опыт в области промышленной видеоаналитики с 1993 года. Опыт в области анализа данных с 1991 года.

Уральский Федеральный Университет - в среднем занимает 6 место по России, в международном рейтинге QS World University Rankings входит в топ-500. УрФУ предлагает студентам более 350 программ бакалавриата, магистерских программ, докторов наук, MBA и исполнительных MBA по инженерии, ИТ, естественным наукам, искусству, гуманитарным наукам, социальным наукам, экономике и менеджменту. Обучение проводится не только на русском, но и на английском языке, а сам вуз принимает более 2,2 тыс. иностранных студентов 80 национальностей.

Министерство образования РФ выделило грант на проведение работ, кроме государства работы финансировали фирмы «I-Tesco» и «ДАТА-ЦЕНТР Автоматика».

В результате появились не только концептуальные наработки, но и программные платформы, с успехом внедренные на производстве.

Перейдем к рассмотрению итогов проведенной работы.

Принцип «слежения»

Если принцип «слежения» эффективен при использовании BIG DATA в медиа, социальных сетях, маркетинге и рекламе, значит, он будет эффективен и в промышленности.

Первыми технологии Big Data стали применять те отрасли, деятельность которых связана на обработке больших потоков информации ежедневно, – банки, мобильные операторы, торговые сети. В основном работа с данными в этих сферах направлена на формирование портрета клиента, чтобы предложить ему наиболее подходящие для него услуги [5].

Скажем прямо составление портрета клиента «паспорта клиента» это отслеживание клиента, слежка за клиентом. По медиа и социальным сетям правительства «следят» за одобрением или неодобрением того или иного начинания. Продавцы могут следить за нашими вкусами. Портрет клиента позволяет доставлять ему «таргетированную рекламу». Слежение за клиентом дает максимальную эффективность от работы с большими данными.

Как ни странно на практике внимание при внедрении Индустрии 4.0 в промышленности мы наоборот ничего не слышим о слежении. При этом понятие «паспорта продукции» полностью аналогичное «паспорту клиента» или портрету клиента это ключевое понятие для MES или ERP систем. Объясняется это тем, что специалисты по «Интернету вещей» и «Индустрии 4.0» пришедшие на предприятия из банков, страховых или торговых фирм привыкли к тому, что сначала нужно собрать «озеро данных», а затем на базе собранных данных составить «паспорт клиента». Получение достоверных данных они относят к обязанности заводской службы АСУ ТП. Далее оказывается что полученные данные или не достоверные или не достаточные. «Озеро данных» есть, а «пить» нельзя!

В результате нашего исследования и практического применения разработанных программных платформ мы установили, что получение как «паспортов данных» на производственную продукцию, так и на промежуточные материалы и заготовки должно производиться не после того как данные попадают в «озеро данных», а в реальном времени в процессе слежения за движением материала на производстве. Поскольку данный процесс относится к АСУ ТП, специалисты, пришедшие из непромышленной сферы не «опускаются» до этого уровня автоматизации. Но если вы заинтересованы в эффективности использования производственных данных, начните работы по внедрению Индустрии 4.0 именно на уровне АСУ ТП. Мало потребовать, чтобы АСУ ТП выдало данные, «какие есть». На уровне АСУ ТП должна быть построена Система Слежения за Материалом (ССМ)

Система слежения за материалом

Система слежения за материалом в тесном взаимодействии с АСУ ТП (которая возможно должна быть модернизирована для нужд ССМ), MES и ERP системами должна непрерывно отслеживать движение продукции, материалов и заготовок на предприятии и привязывать к ним данные и сигналы, поступающие от датчиков агрегатов.

Данные должны поступать от пультов операторов, от учетных систем цеха и предприятия. Система не может «терять данные» или единицы продукции, поскольку автоматизирует учетные функции. В случае аварийных или нештатных ситуаций система прибегает к взаимодействию с персоналом цеха.

Система должна обеспечить [6].

1) Автоматический тотальный контроль перемещения материала на производстве:

–кранами и передаточными тележками на складах;

–перемещение между агрегатами на производстве: на рольгангах, кранами и передаточными тележками;

–перемещение материала по агрегату.

2) Автоматический тотальный контроль режимов обработки материала и промежуточной продукции.

–автоматический учет продукции на входе и выходе агрегата;

–тотальный сбор данных с датчиков агрегата о преобразовании материала на агрегате;

–автоматическая проверка нормативов выполнения технологического процесса;

–контроль износа оборудования и оснастки;

–контроль энергопотребления

Требование к персоналу цеха выдать с АСУ ТП «правильные» данные в конечном итоге сводятся к перечисленным нами пунктам. Никакой линейный ремонтный персонал цеха не сможет самостоятельно реализовать такую систему. Поэтому для решения задачи тотального слежения нами была разработана программная платформа «DATA-TRACK»

Платформа «DATA-TRACK»

Платформа DATA-TRACK решает все типичные задачи уровня «цифровой хаба». Он хорошо приспособлен, чтобы эффективно собирать данные от различных датчиков и интеллектуальных устройств вне зависимости от особенностей их работы и форматов передачи данных. Но существует важное отличие DATA-TRACK от множества других систем сбора данных в реальном времени.

DATA-TRACK анализирует собранные данные и вычисляет по ним в реальном времени координаты нахождения материалов, заготовок, конечной продукции и прочих объектов.

В терминологии DATA-TRACK можно сказать, что он непрерывно отслеживает движение единиц продукции (ЕП) и привязывает к ним данные и сигналы поступающие от датчиков агрегатов, заводских и цеховых учетных систем.

В настоящее время эта особенность DATA-TRACK является уникальной и не представляется никакими другими существующими модулями уровня «цифрового хаба»

Вообще «геодезическая», координатная составляющая данных для промышленного, или индустриального, интернета вещей чрезвычайно важна. Для любой конечной продукции необходимо знать, из какого материала она изготавливалась, как заготовки и промежуточные продукты перемещались между агрегатами производства, где производилось соединение или резка промежуточной продукции. При этом собранные данные от датчиков, контроллеров, приборов и устройств должны обладать этой «геодезической» составляющей. Необходимо знать где, когда и для какой продукции, в какой фазе производственного процесса эти данные поступили. Связи между данными через генеалогию и автоматическую фиксацию трансформации продукции в процессе производства дают иное качество собранным данным. Данные превращаются в информацию.

Указанных результатов система DATA-TRACK достигает путем применения самых передовых методов.

Для слежения за перемещением материала по складу на кранах устанавливаются видеокамеры и/или лазерные сканирующие устройства фиксирующие факт взятия/поставки груза на место хранения или на транспорт (ж/д платформа, автомобильный транспорт, передаточные тележки или рольганги).

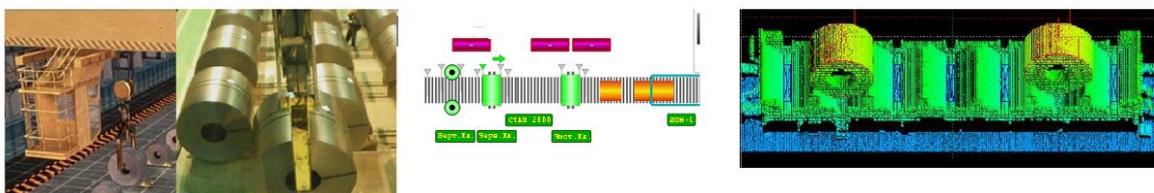


Рисунок 1. Фрагмент окон системы. Крайний слева фрагмент 3D визуализации склада рулонов на металлургическом заводе, далее фрагмент видеопотока с камеры, установленной на кране. Система зафиксировала взятие рулона краном и готова отследить дальнейшее перемещение рулона. В середине фрагмент окна системы отражающей перемещение материала в прокатном стане. Справа система с помощью лазерного сканирования определяет положение вагона и размещение рулонов в вагоне

Для слежения за перемещением материала на рольгангах, передаточных тележках и шлепперах видеокамеры и/или устройства лазерного сканирования располагаются так, что перекрывают пространство перемещения единиц продукции. С помощью программного

обеспечения на транспортных механизмах выделяются объекты (единицы продукции) и производится контроль их перемещения.

При движении материала по холодильникам на металлургических заводах единицы продукции могут двигаться параллельно и партии продукции, зашедшие на холодильники первыми, не обязательно первыми выходят. На выходе с холодильников партии продукции могут появиться в произвольном порядке. Задача автоматического отслеживания продукции на холодильниках решена впервые. Приоритет подтверждён патентом.

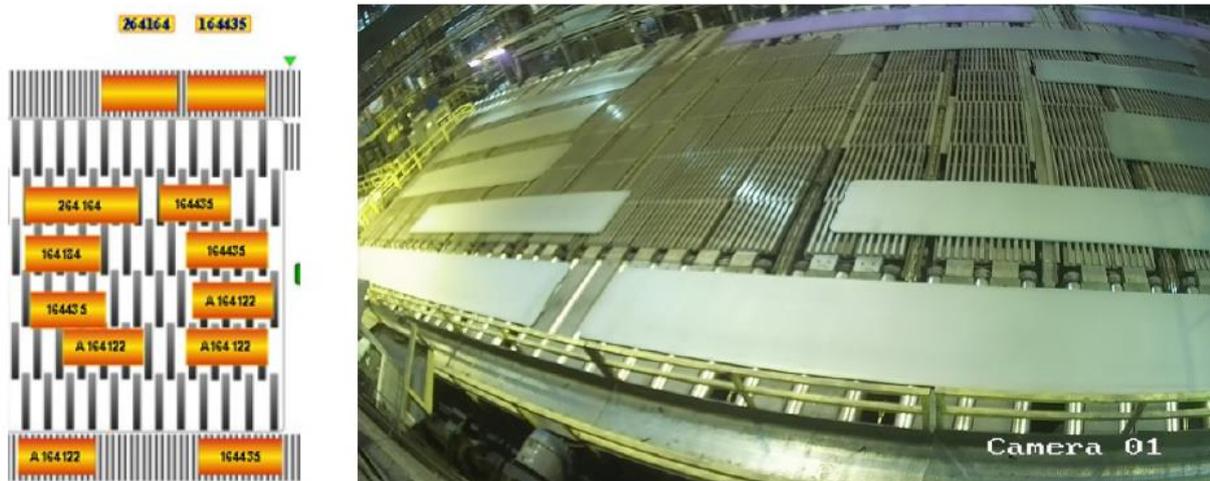


Рисунок 2. Фрагменты окон системы. Слева фрагмент визуализации системы при движении материала по холодильникам. Справа видеопоток одной из камер системы

Следует отметить, что система не привязана жестко к той или иной отрасли. Приведенные примеры относятся к металлургической отрасли в связи с тем, что первое массовое внедрение системы произошло именно там. Но следующее масштабное внедрение было произведено на предприятиях изготавливающих фанеру. Таким образом, отсутствие жесткой привязки к той или иной отрасли подтверждено фактически.

Для слежения за материалом при обработке на агрегатах система работает на основании данных, поступающих в систему от всех датчиков расположенных на агрегате и смежных систем АСУ ТП

Модель слежения на агрегате состоит из линий слежения. Линия слежения – участок агрегата, на котором единица продукции последовательно проходит технологические узлы, рольганги и датчики движения.

Система принимает сигналы с различных источников в линии. Источники данных и их тип определяются в конфигурационном файле системы. Данные привязываются к единице продукции и передаются в хранилище данных, а также и при необходимости преобразуются для передачи в MES или ERP системы.

Данные, необходимые для слежения в конфигурационном файле, определяются как датчики наличия материала. Их срабатывание (переход с одного уровня на другой) будет вызвать коррекцию положения координат головы и хвоста заготовки в системе слежения. В качестве датчика наличия может выступать также любой измерительный датчик. Для слежения важна смена его состояния.

Итогом работы системы является увязанная между собой информация о производстве, в которой отражается прохождение всех единиц продукции через технологические узлы и параметры производственного процесса на всех технологических узлах с датчиков агрегата.

Определяется фактическая загрузка агрегата, простои, соответствие параметров обработки нормативам. Это «озеро данных», из которого можно «пить».

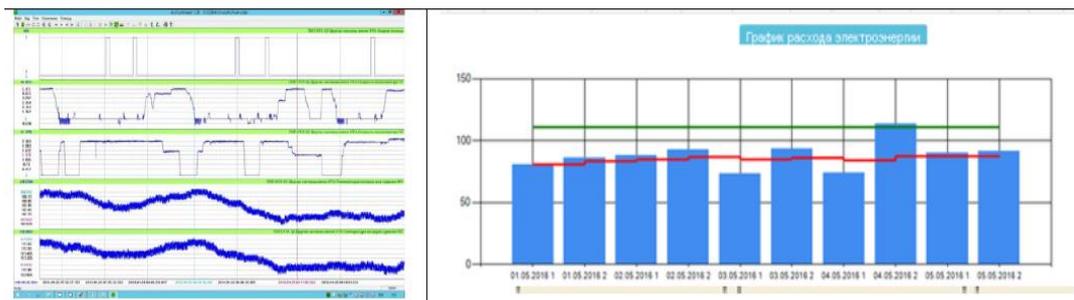


Рисунок 3. Фрагменты окон системы. Слева фрагмент отчета по качеству. Справа фрагмент отчета по расходу энергоресурсов.

Итак, слежение за продукцией создано данные находятся в хранилище. Что дальше? Клайву Хамби, разработавшему систему лояльности для торговой сети Tesco приписывают слоган «Данные – это новая нефть» Он произнес его на конференции по маркетингу в 2006 году

«Данные похожи на нефть. Они имеют большую ценность, но в необработанном виде непригодны для использования. Как нефть нужно преобразовать в газ, пластмассы или бензин, и уже с их помощью делать что-то полезное и приносящее прибыль, так и данные необходимо переработать и проанализировать, чтобы они принесли пользу»

И если, создав DATA-TRACK, мы научились «качать нефть», то далее необходима глубокая переработка собранной «нефти».

Принцип: «Извлечение прибыли из данных это тоже бизнес процесс предприятия»

Внедрение элементов индустрии 4.0 предоставляет множество возможностей:

1. Возможности для снижения издержек на производстве благодаря непрерывному анализу собранных данных. На одном из металлургических предприятий снижение издержек благодаря анализу данных окупило затраты на внедрение элементов Индустрии 4.0 за один год и продолжает приносить прибыль ежегодно.

2. Возможность эффективно собирать данные от различных датчиков и интеллектуальных устройств вне зависимости от особенностей их работы и форматов передачи данных.

3. Возможность добавлять вещам и устройствам функции искусственного интеллекта, превращая каждую вещь в системе промышленного интернета не только в источник, но также и в потребителя информации. Компоненты промышленного интернета должны принимать все более активное участие в собственном создании, обслуживании и ремонте.

4. Способствовать сокращению доли участия человека в производственных процессах, а также его отказу от роли посредника при взаимодействиях между вещами.

5. Возможность мгновенной обработки и анализа большого потока разнородных данных.

6. Хранить большой объем архивной информации для последующей аналитики и постановки задач для машинного обучения.

7. Обеспечивать эффективные механизмы «встраивания» технологий Индустрии 4.0 в существующий корпоративный ландшафт систем за счет развитых систем диспетчеризации и визуализации данных для различных групп потребителей.

8. Предусматривать пути к полной автоматизации производства и услуг благодаря массовому применению систем машинного обучения и искусственного интеллекта, построенных на активном использовании Big Data как источника информации для предсказания спроса и последующего планирования производства.

Однако все эти возможности окажутся не реализованными, если управление изменениями на производстве в результате анализа накопленных данных не будет постоянно действующим бизнес процессом. Анализ данных должен проводиться постоянно. Должны быть поставлены цели и предприняты усилия для достижения этих целей.

Самое худшее, что может случиться, если армия Data Scientist будет использовать собранные данные для бессистемного решения локальных задач производства. Поэтому необходимо предоставить предприятиям аналитическую систему уровня бизнес приложений, для того чтобы объединить все работы по оптимизации производства в едином информационном поле в рамках единого бизнес процесса.

Дело в том, что высокая эффективность и производительность работы отдельного агрегата, участка, технологической единицы еще не означает, что предприятие в целом будет работать высокоэффективно, обеспечивать высокие финансово-экономические показатели своей деятельности. Важно создать на предприятии глобальную информационную систему, способную оптимизировать деятельность всех производственных звеньев производственного процесса, что позволяет существенно снизить издержки производства, повысить качество продукции, обеспечить рост выпуска продукции

Именно с этими целями была создана «Автоматизированная Система Выпуска Продукции» (АС ВП).

Платформа АС ВП

Платформа предназначена для анализа производства с помощью моделей и принятия управленческих решений в реальном времени.

Сочетание моделирования с хранилищем данных со всех переделов производства, когда эти данные поступают в реальном масштабе времени, предложено пользователям впервые

Анализ с использованием моделей направлен в первую очередь не на управление производством, а на изменение производства, вернее, на управление изменениями.

При этом Система охватывает все производство и построена на анализе «больших данных», то есть обладает возможностями проверить управленческие решения на исторических данных или данных, поступающих в масштабе реального времени.

На основе собранных статистических данных и построенных на базе них моделей, Система может выдавать рекомендации об оптимальном движении материальных потоков и, соответственно, об изменениях инфраструктуры предприятия, давать возможность прогнозировать качество продукции, предупреждать возможность появления брака.

Для долгосрочного развития производства работы по оптимизации производства должны вестись комплексно в рамках единого бизнес-процесса и единой системы, что позволит избежать разрозненных работ по оптимизации, которые часто не приносят желаемого результата, поскольку не учитывают взаимодействия с другими переделами.

Система может использоваться работниками предприятия и как инструмент для получения моделей производственных процессов, и как хранилище моделей в целях их использования.

Постоянное поступление данных в систему позволяет применять, проверять и использовать модели, не покидая системы, в рамках единого для предприятия бизнес-процесса

Практически система позволяет создать для всех производственных процессов путем машинного обучения «цифрового двойника».

Анализ производства с помощью моделей и анализ «что будет, если» предлагает новое качество системы по сравнению с традиционными MES и ERP системами.

В то время, когда большинство производителей видят решение своих проблем во внедрении MES и ERP систем конкурентное преимущества получают фирмы, которые кроме решения задачи «как управлять?» решают задачу «что изменить?».

Изменения могут касаться, например, правил отбраковки заготовок на переделах, технологических и маршрутных карт, логистики перемещения материала, принятых бизнес процессов предприятия.

Система позволяет руководству компании и начальникам подразделений, технологическому персоналу анализировать производственный процесс, оценивать его состояние по ключевым показателям, оценивать факторы, влияющие на качество продукции, и степень выполнения заказов.

Система дает возможность по итогам глубокого анализа принять управленческие решения по изменению производства и в конечном итоге выиграть в эффективности бизнеса.

Данные в системе это постоянно достраиваемый граф производства. Для этого графа условно постоянной частью являются узлы, представляющие цеха и агрегаты (иерархия предприятия), и ребра возможных маршрутов движения единиц продукции. Постоянно нарастающей частью являются ребра, описывающие реальное движение продукции.

Всякая единица продукции на каждом этапе производства в системе имеет генеалогию и полный набор параметров, описывающих единицу продукции на каждом переделе.

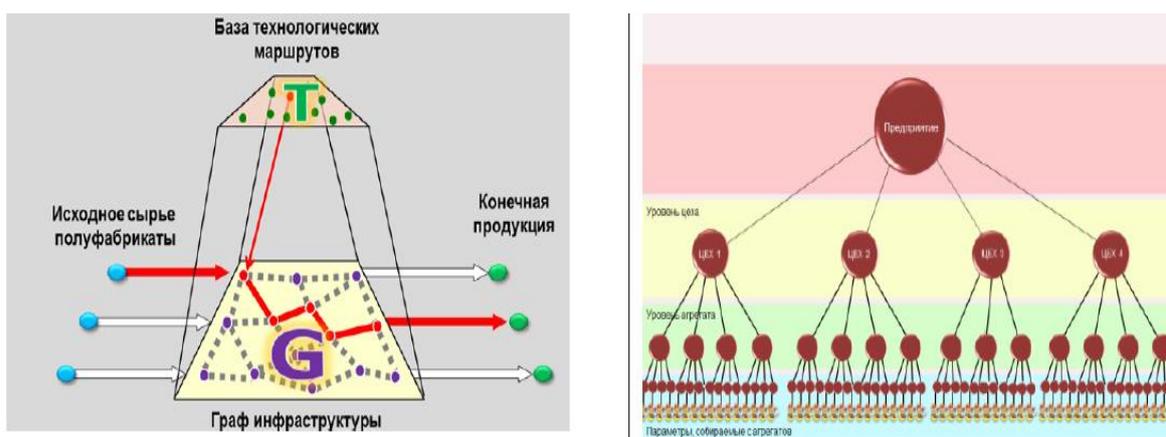


Рисунок 4. Граф производства и иерархия производства

Система предусматривает:

- единый интерфейс для доступа ко всем источникам данных;
- использование привычных бизнес-терминов при построении аналитического запроса;
- возможность самостоятельного построения (без программиста) нестандартных аналитических запросов;
- оригинальные аналитические и статистические графовые алгоритмы построения комитетов несовместной системы линейных неравенств, позволяющие в конечном итоге получить наглядные деревья решений;
- стандартные корреляционные и регрессионные алгоритмы;
- построения имитационных моделей и применение методов оптимизации процессов.

Подтверждение на практике

Платформа DATA-TRACK в настоящее время имеет множество внедрений. Производители MES и ERP систем быстро поняли, что для успешного внедрения достоверные данные жизненно необходимы.

Поэтому DATA-TRACK стал неотъемлемой частью внедрения MES на крупных предприятиях.

Опыт использования платформы показывает, что пользователь в итоге получает:

1. Автоматический, с исключением человеческого фактора, контроль движения материала.

2. Исключение случаев, когда на последующем переделе заготовки, сфабрикованные под один, заказ попадают в другой заказ и потребителю отгружается не надлежащая продукция.

3. Сбор и накопление данных о фактических параметрах производства на каждом переделе для принятия решения об оптимизации производства.

4. Контроль качества в реальном времени. Сравнение фактического значения параметров с допусками из операционных и технологических карт. Расчет показателей качества в реальном времени.

5. Контроль наработки на каждый технологический узел в тоннах, метрах, секундах, штуках.

6. Контроль потребления энергоресурсов (вода, газ, электроэнергия и т.д.) с привязкой ко времени или к единицам продукции (расход на единицу, расход на партию, расход на тонну и т.д.)

Точная фактическая генеалогия производства каждой единицы продукции, отслеживание связей родитель-потомок для каждой единицы продукции с привязкой фактических параметров производственного процесса к каждой единице продукции.

Улучшение пропускной способности складов и использования складского пространства до 20%.

Элементы платформы АС ВП наиболее полно были внедрены на ПАО «Северсталь» в ходе проекта «Автоматизированная система контроля процессов «Технология»».

В результате внедрения платформы

1. Эффективность бизнес-процессов организации является объектом постоянного анализа и контроля, что позволяет лучшим образом перестраивать управленческие и производственные процессы.

2. Совершенствование и оптимизация производства становится постоянно действующим бизнес-процессом на предприятии

DATA-TRACK обеспечил «цифровой хаб», а аналитическая система дала возможность превратить анализ данных в источник прибыли для комбината. Например, разработка методики назначения слябов конвертерного цеха штрипсовых сталей в заказы на основе статистических методов [6] позволила полностью окупить затраты на развертывание системы.

Выводы

Для эффективного внедрения Индустрии 4.0

1. На уровне АСУ ТП организуйте Систему Слежения за Материалом. Поставьте получение всех цифровых портретов (паспортов продукции) для всех материалов предприятия на поток.

2. Не используйте собранные данные только для локальной оптимизации. Высокая эффективность и производительность работы отдельного агрегата, участка, технологической единицы еще не означает высокой эффективности всего производства.

3. Создавайте на основе собранных данных модели производственных процессов, но только в рамках единой системы предприятия. Единая система предприятия должна быть как местом создания, так и местом хранения и использования моделей.

4. Превратите процесс оптимизации производства в постоянно действующий бизнес-процесс предприятия.

Без выполнения указанных рекомендаций ваши вложения в оборудование и персонал Data Scientist могут оказаться не эффективными. Сегодня конкурентное преимущество получают те фирмы, которые в приемлемые для практики сроки могут в процессе своей деятельности анализировать миллионы событий, описываемых тысячами переменных [7]. Придерживайтесь эффективных подходов. Преимущества получают те, кто не опоздает к переходу на «цифровые рельсы»

Литература

[1] Хаэт И. На пути к глобальной цифровизации: [Электронный ресурс] // <http://iteco.vestifinance.ru/>:сайт – URL: http://iteco.vestifinance.ru/na_puti_k_globalnoj_cifrovizacii (дата обращения: 20.04.2018)

[2] Хель И. Индустрия 4.0: Что такое Четвертая промышленная революция? [Электронный ресурс] // Hi-News.ru: сайт. – URL: <http://hi-news.ru/business-analitics/industriya-4-0-chto-takoe-chetvertaya-promyshlennaya-revoluciya.html> (дата обращения: 20.04.2018)

[3] Wikipedia, the free encyclopedia: Industry 4.0 [Электронный ресурс] URL https://en.wikipedia.org/wiki/Industry_4.0 (дата обращения: 20.04.2018)

[4] Легезо Д. «Ай-Теко» выросла на 17% [Электронный ресурс] // www.cnews.ru URL - http://www.cnews.ru/news/top/ajteko_vyrosla_na_17 (дата обращения: 20.04.2018)

[5] Смирнов А. Современные Big Data решения: где они используются и что еще им по силам: [Электронный ресурс] <https://ichip.ru/> URL - <https://ichip.ru/sovremennye-big-data-resheniya-gde-oni-ispolzuyutsya-i-chto-eshhe-im-po-silam.html> (дата обращения: 20.04.2018)

[6] Кабаков П.З., Кабаков З.К., Мишнев П.А., Никонов С.В., Иткин А.А. Разработка методики назначения слябов конвертерного цеха штрипсовых сталей в заказы на основе статистических методов // Журнал «СТАЛЬ». – М., 2015. – № 1. – С. 88–92.

[7] Беренов Д.А., Белан С.Б., Аксенов К.А., Перескоков С.А. ПОЛНОСТЬЮ ОЦИФРОВАННОЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО: СЛЕЖЕНИЕ, АНАЛИТИКА, МОДЕЛИРОВАНИЕ // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 9 (часть 2); URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=41739> (дата обращения: 20.04.2018).

CONCEPTUAL ASPECTS OF THE INTRODUCTION OF INDUSTRY 4.0

D.A. BERENOV

CTO of Ural analytical center for Big Data processing, Ural Federal University.

D.N. GAINANOV

Head of the Department of the Big Data analytics and methods of videoanalysis, Ural Federal University.

Ural Federal University, Russian

E-mail: d.n.gainanov@urfu.ru

Abstract. The work is devoted to the problems related to the digital transformation of industrial enterprises within the concept of Industry 4.0. Attention is drawn to the conceptual aspects that make it possible to perform digital transformation effectively. The examples of practical application with the use of aforementioned conceptual aspects are given, and the practical application of software platforms is considered.

Keywords: Industry 4.0; Big Data; Material Tracking System; Internet of Things