

АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА С ПОЗИЦИИ ИНДУСТРИАЛЬНОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

AUTOMATION OF METALLURGY FROM THE POINT OF INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS

Z. Liu

Summary. The article is devoted to the consideration of the integrated information management system of a metallurgical enterprise based on the use of the Internet of things approach. The state of informatization of the metallurgical industry is reviewed. Factors preventing the usage of Big Data methods in metallurgy are determined. Recommendations are given on the use of IoT in metallurgy.

Keywords: metallurgy, management, system, automation, Big Data, Internet of things, Net of Things, cloud computing.

Лиу Цзы Фэнг

Аспирант, Санкт-Петербургский горный
университет
zifeng.liu@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена рассмотрению интегрированной информационной системы управления металлургическим предприятием на основе использования подхода Интернета вещей. Дан обзор состояния информатизации металлургической отрасли промышленности. Определены факторы, препятствующие внедрению методов обработки больших данных в металлургии. Даны рекомендации по внедрению подхода Интернета вещей в металлургию.

Ключевые слова: металлургия, управление, система, автоматизация, большие данные, интернет вещей, сеть вещей, облачные вычисления.

Введение

Современный этап индустриальной революции предполагает не только техническую реконструкцию и технологическое обновление существующих организационных структур и производственных систем, но и широкое использование всего спектра автоматизированных информационных систем управления предприятиями, их экономической, производственной энергетической и материальной инфраструктурой.

Исторически внедрение систем управления металлургическими предприятиями проходило в несколько этапов. На первом этапе автоматизировались процессы управления бизнесом и процессы снабжения. На втором этапе автоматизации подвергается сам процесс производства, что, в определенной степени требует ре-инжиниринга производственных процессов.

Ярким примером таких инноваций является внедрение в практику предприятий технологий Интернета вещей. В результате этой трансформации нас ждет появление умных предприятий, на которых объединенные в сеть датчики, оборудование и информационные системы, будут связываться друг с другом в режиме реального времени, управлять производством, самонастраиваться и учиться новым моделям поведения.

Во ряде стран уже существуют национальные программы интернетизации производства. В Германии это — «Промышленность 4.0», в Нидерландах — Smart Factory, во Франции — Usine du Futur, в Великобритании — High

Value Manufacturing Catapult, в Италии — Fabbrica del Futuro, в Бельгии — Made Different, в США — Industrial Internet, в КНР — «Сделано в Китае 2025».

По оценкам McKinsey¹ даже частичное внедрение элементов Индустрии 4.0 дает эффект по снижению издержек и росту продаж. По сделанным оценкам, при этом происходит увеличение производительности труда на 45–55%. Одновременно применение новых технологий сокращает расходы на обслуживание оборудования на 10–40%, время простоя техники на 30–50%, повышает качественные показатели на 10–20% и уменьшает складские расходы на 20–50%.

Однако примеров полноценного воплощения завода формата 4.0 в металлургии пока нет. Некоторые причины возникновения такой ситуации будут рассмотрены ниже.

Пока же состояние автоматизации отдельных машин и процессов в металлургии можно определить, как Индустрию 3.0. Следующий этап информатизации подразумевает сквозную цифровизацию всех производственных активов и их интеграцию в единую цифровую экосистему, охватывающую всю цепочку создания стоимости товара.

Все же в России набирает скорость движения в направлении Больших Данных (Big Data), интернета ве-

¹ McKinsey Industry 4.0 after the initial hype. Where manufacturers are finding value and how they can best capture it URL: https://www.mckinsey.de/files/mckinsey_industry_40_2016.pdf

щей (IoT) и виртуальной реальности. В прессе в качестве примера использования облачных сервисов и больших данных в российской металлургии приводился проект «Снайпер», реализованный в 2016 году Магнитогорским МК совместно с компанией Yandex. По информации прессы только на этапе предварительного тестирования была достигнута экономия ферросплавов при использовании данного решения в среднем на 5% при сохранении показателей качества стали [10].

Обзор литературы

Задача применения вычислительной техники в металлургическом производстве возникла одновременно с развитием компьютерной техники. Подготовка современных металлургов немыслима без освоения информационных технологий и информационных систем.

Новые информационные технологии, в основе которых лежит теория искусственного интеллекта, позволяет специалисту — металлургу, — непрограммирующему конечному пользователю компьютера — непосредственно, без промежуточных помощников и без специальных знаний в области математики, программирования и вычислительной техники, обращаться с ЭВМ как при формулировке, так и при поиске решений неформализованных задач [9].

Интерес к активному использованию компьютеров в управлении металлургическими производствами возник в середине 90-х годов прошлого века и отразился в работе [6]. Основным ограничением на пути информатизации процесса управления была низкая производительность вычислительных устройств.

К рубежу веков эта проблема уже была частично снята. В это время при рассмотрении процесса автоматизации металлургического производства основной упор делался на выборе задачи для автоматизации.

В работе [11] автор приходит к выводу, что глобальный ре-инжиниринг производственных систем в металлургии экономически невыгоден для организации. Он требует постоянного, в течение длительного периода времени, вложения инвестиций, задолго опережающих момент начала получения прибыли.

Как решение автор предлагает создание гибких многовариантных производственных систем и организационных структур, осуществляющих управление подсистемами организации, органично связанными между собой. При этом должны быть учтены многовариантные технологии, многомаршрутные сырьевые и производственные потоки, графики поставок

и подсистемы запасов материально-сырьевых ресурсов. Основной упор автор делает на внедрение информационных систем класса MES (Manufacturing Execution Systems) в качестве дополнения к ERP-системам.

Особое внимание автор обращает на гармоничное взаимодействие всех информационных систем металлургического предприятия. Для описания этого взаимодействия автор вводит понятие единого информационного пространства предприятия.

В качестве недостатка существующих систем управления предприятием автор приводит большое время обновления данных. Если в традиционных системах управления частота и дискретность обновления данных не очень критична — в некоторых системах это обновление происходит один раз в сутки и это, как правило, не сказывается на работе непроизводственных отделов. В случае управления производством период обновления должен быть существенно меньше. Это связано и с режимами производства, и с выполнением требований техники безопасности.

В обзоре компании Nexcom подробно рассмотрен весь ассортиментный ряд продукции, которая может быть использована при построении промышленного Интернета вещей в горнодобывающей и металлургической промышленности [1].

Попытка создания умного металлургического производства описана в работе [5]. В ней подчеркивается, что успех в этом направлении может быть достигнут лишь при сочетании технологий искусственного интеллекта, сетей вещей (обобщенное понятие, объединяющее интернет вещей и интранет вещей) и методов обработки больших данных.

Проблемам использования и обработке больших данных в металлургии посвящены работы [2,3].

Одной из ключевых задач при работе с большими данными является снижение размерности массивов информации [8]. В качестве примера приводится Большой адронный коллайдер — эффективной обработке подвергается лишь 1% собранной информации. В работе делается предположение, что решение этой проблемы связано с использованием технологий искусственного интеллекта.

В работе [4] приведены примеры использования методов работы с большими данными, наработанные учеными из области физики, наук о Земле, биологии в приложении к процессам металлургического производства.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Изложим принципы, на которые, на наш взгляд, должно базироваться проектирование умного металлургического производства.

Архитектура такой информационной системы должна состоять из трех слоев. На первом слое находятся датчики — «вещи», по определению Национального института стандартов и технологий (США), на втором — агрегаторы или накопители информации, а на третьем — интеллектуальные устройства, производящие анализ и принимающие решения.

Связующим звеном между всеми тремя уровнями выступают каналы связи.

Ниже мы определим требования, предъявляемые к датчикам и каналам связи умного металлургического производства.

Датчик — это электронное устройство, измеряющее физические характеристики, такие как температура, ускорение, вес, звук, местоположение, идентичность и т.д. Датчики используют механические, электрические, химические, оптические и другие явления при взаимодействии с контролируемым процессом или средой. Датчики характеризуются следующими свойствами и возможностями:

1. Датчики — физические объекты, которые могут иметь доступ в Интернет.
2. На выходе датчика мы получаем данные. Датчики могут быть цифровыми и аналоговыми.
3. Датчик может передавать информацию, идентифицирующую объект, с которым он связан, например с помощью методов радиочастотной идентификации (RFID),
4. Датчик может быть идентифицирован.
5. Датчик может не иметь или иметь минимальные вычислительные возможности и встроенное программное обеспечение. Более сложные датчики могут иметь функции вычислительного устройства и встроенное ПО.
6. Датчики могут быть разнородными, разных производителей и собирать данные различной степени сложности.
7. Датчик может быть стационарным и мобильным.
8. Датчики могут обеспечивать наблюдение. Видеокамеры и микрофоны — датчики.
9. У датчика может быть владелец, контролирующий данные, собираемые датчиком. Владелец сам распоряжается данными датчика в любое удобное для него время.
10. У датчика есть происхождение — производитель и место выпуска. Происхождение датчика может быть неизвестным или неподтвержденным.
11. Датчик может быть многоразовым, одноразовым или иметь ограниченное время работы.
12. Датчики могут иметь различные уровни защиты, безопасности и надежности.
13. Датчик на выходе может не выдавать никаких данных, может выдавать полностью некорректные данные, может выдавать частично некорректные данные, может выдавать корректные и приемлимые данные. Датчики могут выходить из строя время от времени или полностью и навсегда. Они могут терять чувствительность, их калибровка может сбиваться.
14. Датчики могут выдавать дискретные ранжируемые данные, например [1 ... 100]. Если данные выходят за пределы обозначенного диапазона, необходимы правила для того, чтобы определить — передавать контроль оператору или машине для того, чтобы принять решение, стоит ли учитывать такие данные или пренебрегать ими.
15. С точки зрения поддержания чувствительности датчика, его калибровки и других параметров, датчики могут быть одноразовыми или подлежащими сервисному обслуживанию.
16. Питание датчика может осуществляться постоянным током, с помощью батареи питания или путем пассивного приема радиоволн.
17. Датчики могут приобретаться готовыми или собираться в соответствии с техническими требованиями заказчика.
18. Основанием для начала сбора датчиком данных может быть событие, команда оператора, команда машины, либо сбор данных может быть запланирован заранее в определенное время.
19. В целях обеспечения безопасности данные датчиков могут шифроваться.
20. Датчики должны иметь возможность проходить проверку подлинности
21. Выходные данные с датчиков могут отправляться в различные Сети вещей. У одного датчика может быть несколько адресатов данных. Данные с датчика могут быть использованы одной или несколькими Сетями вещей.
22. Частота, с которой датчики передают выходные данные, определяет их пригодность и актуальность. Датчики могут передавать действительные, но устаревшие данные. Датчик может находиться в бездействии длительные периоды времени.
23. Класс точности датчика определяет объем передаваемой информации. Необходимо всегда учитывать статистический разброс (неопределенность) выходных данных датчика.
24. Датчики могут передавать сведения о состоянии системы, аналогично тому, как происходит в здравоохранении.

25. Оператор может оказывать влияние (положительное и отрицательное) на функционирование датчика, меняя его настройки, положение, либо не выполняя требования правил обращения с датчиком. Человеческий фактор — основная причина неисправности датчика.
26. Безопасность и защита существенны для датчиков, поскольку сами датчики и выходные данные могут быть подделаны, украдены, уничтожены, потеряны или попасть в руки тех, кому они не предназначались. Защита отдельных датчиков не обязательно должна быть составной частью защиты системы в целом и следовать из её конфигурации.
27. Надежность является важной характеристикой датчиков.

Канал связи — это среда, в которой происходит передача данных (например, с помощью интерфейса USB (универсальная последовательная шина), по проводам, по радиоканалу, по оптическому каналу, устно и т.д.). Канал связи характеризуется следующими характеристиками, свойствами и допущениями:

1. С помощью каналов связи происходит перемещение данных от датчика к агрегатору (накопителю) и затем к интеллектуальному устройству.
2. Каналы связи имеют физический или виртуальный характер, либо сочетают оба аспекта. Протоколы и связанные с их реализацией процедуры относятся к виртуальной составляющей, провода или пространство, в котором распространяются радиоволны) определяют физическую составляющую.
3. Поток данных в канале связи может быть однопольным или двупольным. В отдельных случаях накопитель может запросить данные с дополнительных датчиков, либо изменить порядок работы датчиков (изменить частоту опроса).
4. Предполагается, что отсутствует единый протокол, определяющий порядок передачи данных по каналу связи. Различные составные части Сети вещей могут общаться между собой с помощью различных протоколов.
5. Каналы связи могут быть беспроводными.
6. Каналы связи могут предоставляться (как продукт или услуга) сторонними поставщиками и производителями.
7. Надежность канала связи влияет на надежное функционирование датчика в составе Сети вещей.
8. В каналах связи могут происходить прерывания, задержки передачи данных и другие неисправности.
9. Избыточность (дублирование каналов связи) повышает их надежность. Между датчиками и накопителем (вычислительным устройством) может существовать несколько каналов связи.
10. Бесперебойность и доступность каналов связи влияет на нормальное функционирование Сети

вещей, особенно в случае жесткой временной привязки отдельных операций и решений.

11. Надежность и безопасность передачи данных является существенной характеристикой каналов связи.

Одним из условий реализации умного производства — учет, обработка и анализ всего массива информации, поступающей от датчиков. При традиционном подходе к информатизации металлургического производства обрабатывается не более 6% собранной микро-информации [7].

Для того, чтобы достичь этого предприятие должно решить следующие проблемы

1. Обеспечить доступность к собранным массивам данных
2. Автоматизировать процесс валидации данных
3. Централизовать процесс хранения информации
4. При анализе данных и отбраковке информационного шума базироваться на интеллектуальных информационных системах.

Проблемой является также выстраивание стратегии работы с базами больших данных. Для ускорения работы системы можно прибегнуть к сегментации этой базы (шардирование и партиционирование). Причем сегментация эта должна быть и вертикальной (по временным меткам) и горизонтальной (по типу устройства или аппарата, на котором установлен датчик). Ключевым, по нашему мнению, является шардирование по временному признаку. Шаг временных отметок определяется особенностью контролируемого производственного процесса.

Выводы

Умное производство — это завод, который без участия человека может снимать информацию с датчиков, анализировать ее и строить свою производственную траекторию в соответствии с результатами этого анализа. Все это возможно осуществить лишь на основе глубокого знания свойств материалов, процессов производства и синтеза компьютерной модели этого производства, которая может служить в качестве опорной при выработке умным производством сценария реагирования на ту или иную производственную ситуацию.

Умное производство подразумевает умные датчики (smart sensing), умную аналитику (smart analytics) и умное управление (smart control)

Умные датчики обеспечивают бесперебойный сбор, первичный анализ и передачу информации о состоянии данной конкретной установки и производственного процесса.

Умный анализ предполагает выстраивание сценария дальнейшего хода производственного процесса на основании опыта металлургов, научного описания протекающих процессов и методов анализа больших данных.

Умное управление подразумевает то, что в результате произведенного анализа и действий происходит оптимизация процесса производства.

Все исходные данные для умного анализа находятся в базах знаний, построенных в соответствии с принципами онтологического инжиниринга экспертами-металлургами.

Умное производство находится в состоянии непрерывного изменения, что исключает резкие скачки во вне-

дрении технологий или перестройке процессов. Для эффективного взаимодействия между собой отдельных частей производственной сети вещей на предприятии должны быть приняты и внедрены стандарты и форматы данных, а также телекоммуникационных процессов.

В основу построения сети вещей металлургического предприятия могут быть положены принципы, определенные в настоящей работе.

Организованное таким образом умное производство будет обладать устойчивостью к воздействию внешних и внутренних факторов, способностью гибко перестраивать производственный цикл, обеспечивать высокое качество продукции, безопасный режим производства и экономию энергетических ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. 2016 IoT Automation Solutions. — URL: www.nexcom.com (дата обращения: 06.06.2017).
2. An-lin Shao Digital Mine Research and Practice Based on Mining and Metallurgy System Engineering // *Frontiers of Engineering Management*, 2016, Vol. 3 Issue (1): pp. 67–73 URL: <http://engineering.cae.cn/fem/EN/10.15302/J-FEM-2016006> (дата обращения: 06.06.2017).
3. Bin Hu A General Architecture for Monitoring Data Storage with OpenStack Cloud Storage and RDBMS // *Proceedings of the 2nd International Symposium on Computer, Communication, Control and Automation (ISCCCA-13)*. — Paris: Atlantis Press, 2013. — pp.781–784
4. Christodoulou J. Lightweight and modern metals manufacturing innovation institute: Implications for materials, manufacturing and data // *Big Data in Materials Research and Development: Summary of a Workshop*. — Washington, DC: THE NATIONAL ACADEMIES PRESS, 2014. — 68 p.
5. Jeong, Duk-Kyoon Accelerating Digital Transformation with Smart Factory to Unlock New Value: Case of POSCO // *Asian Steel Watch*, Vol.02, October 2016. — pp.16–23 URL: https://www.posri.re.kr/files/file_pdf/59/329/6680/59_329_6680_file_pdf_1476085473.pdf (дата обращения: 06.06.2017).
6. Kuehmann C. J. and Olson G. B. «Computer-aided systems design of advanced steels // *International Symposium on Phase Transformations During the Thermal/Mechanical Processing of Steel* — E. B. Hawbolt, et al., eds. — Vancouver, British Columbia: The Metallurgical Society of the Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum, 1995 — pp. 345–356.
7. Sander Arnout Five Reasons Why Data Analysis Fails in Metallurgy. — URL: <https://www.linkedin.com/pulse/5-reasons-why-data-analysis-fails-metallurgy-sander-arnout> (дата обращения: 06.06.2017).
8. White A. A. Big data are shaping the future of materials science. // <https://www.cambridge.org>. — URL: <https://doi.org/10.1557/mrs.2013.187> (дата обращения: 06.06.2017).
9. Информационные системы в металлургии: / Н. А. Спирин, В. В. Лавров. Екатеринбург: Уральский государственный технический университет — УПИ, 2004. — 495 с.
10. Развитие ИТ-технологий на металлургических предприятиях России // *Металл-Курьер*, 2017, № 1. — с. 12–15 URL: <http://metalexpert-group.com/ru/mkjournal.html> (дата обращения: 06.06.2017).
11. Фомина Л.Д. О совершенствовании интегрированной информационной системы управления металлургическим предприятием // *Вестник ЮУрГУ*, № 21, 2011. — 146–154

© Лиу Цзы Фэнг (zifeng.liu@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»