

Трансформация промышленности в цифровой экономике – экосистема и жизненный цикл

В.П.Куприяновский, С.А.Синягов, Д.Е. Намиот, Н.А.Уткин, Д.Е. Николаев, А.П.Добрынин,

Аннотация— В статье рассматриваются вопросы, связанные с трансформацией промышленности в цифровой экономике. Это – первая из серии статей, в которой речь идет об экосистеме и моделях жизненного цикла. Сегодня все технологии и смены парадигмы группируются вокруг подхода, основанного на киберфизических системах, который начал превращаться в экосистему стандартов, как для новой промышленности, так и для иных приложений цифровой экономики. Интеграция, казалось бы, далеких ранее систем промышленности, транспорта, городов, энергетики и много другого на единой экосистеме стандартов, ранее казавшаяся немыслимой, становится все более реальной в трансформациях цифровой экономики. Этому совсем непростому эволюционному процессу в части промышленности и посвящена настоящая работа.

Ключевые слова—цифровая экономика, цифровая трансформация.

I. ВВЕДЕНИЕ

«Цифровая экономика относится к широкому спектру экономической деятельности, который включает в себя использование - цифровой информации и знаний в качестве ключевого фактора производства» это цитата из итогового документа G20 Программа по развитию и сотрудничеству в сфере цифровой экономики [1]. В значительной мере именно документы G20 2016 года, подготовленные с российским участием, и послужили одним из оснований для Указа Президента Российской Федерации [2], фактически определившему масштабную трансформацию промышленности в цифровой экономике России и смену парадигм ее развития. В начале этого нелегкого пути стоит изучить то, как это делали другие страны и межгосударственные объединения с тем, чтобы наш путь был легче и короче.

Статья получена 10 декабря 2016.

В.П.Куприяновский – МГУ имени М.В. Ломоносова (email: vpkupriyanovsky@gmail.com)

С.А. Синягов – Иннопрактика (e-mail: ssinyagov@gmail.com)

Д.Е. Намиот - МГУ имени М.В. Ломоносова (email: dnamiot@gmail.com)

Н.А.Уткин – РВК (email: Utkin.NA@rusventure.ru)

Д.Е. Николаев - МГТУ имени Н.Э. Баумана (email:d.nikolaev@bmstu.ru).

А.П.Добрынин - МГУ имени М.В. Ломоносова (email: andrey.p.dobrynin@gmail.com)

Промышленность мира вступила в новую эру производства. Это сдвиг в разработке и производстве товаров не является результатом единого тренда, но приводится в действие широким спектром комплексных и взаимосвязанных факторов. Эти факторы варьируются от достижений в области цифровых технологий и автоматизации до изменений климата и требований рынка. Коллективным следствием этого является сдвиг в сторону проектирования и дизайна инновационных процессов, который происходит все более и более быстро и предполагает открытую и совместную работу в рамках оговоренных экономических союзов, таких, как, например, ЕЭК. Экономическая картина также меняется. В прошлые два десятилетия, движимые дешевой и обильной рабочей силой в Азии, доминировали глобальные поставки промышленных товаров.

Это означает, что для того, чтобы продолжать свое производственное господство, Азии потребуется расширить свои собственные внутренние и региональные рынки, в то время, как быстрыми темпами происходит повышении конкурентности во всех производственных секторах. Это открывает, по нашему мнению, совсем новые возможности для России в части производственно-экономических союзов в новых производствах, модернизированном цифровыми технологиями строительстве, инфраструктурных проектах на новых принципах, робототехники, 3D печати и др.

Тем не менее, с момента начала мирового финансового кризиса в 2008, спрос со стороны стран с развитой экономикой замедлился, в то время как заработная плата и другие расходы возросли

Происходит масштабная кастомизация продуктов и вырастает доступность электронных компонент за счет процессов производств для массового потребителя или консьюмеризации. Эти и другие тенденции могут также оказать давление на модели работы заводов и фабрик, а также на выбор своего промышленного пути России.

Практически оформилась часть экономики, которая в качестве конечного продукта предлагает на рынке только цифровые результаты своих производств.

II. ИЗМЕНЕНИЯ В ПУТИ РАЗВИТИЯ ЗАВОДОВ

В мире этих производственных изменений, путь планируемого развития заводов трансформируется, их

строительство и эксплуатация также будут меняться. Они должны стать более гибкими и адаптироваться, достичь более тесной интеграции между зданиями и процессами, а также быть более устойчивой к экономическим и экологическим сдвигам.

Эти будущие заводы будут вынуждены работать на более высоком уровне использования исходных материалов и более эффективно использовать энергию, обеспечивая при этом безопасные и здоровые условия труда для все более квалифицированной и разнообразной рабочей силы. Бесшовные конструкции в производствах фокусируются на все более широком использовании больших объемов данных, идей, инноваций и умных машин, чтобы оптимизировать производственные процессы и обеспечить большую настройку сложных продуктов.

Происходит быстрое перемещение идей и решений между разными отраслями, и возникают совсем новые отрасли с совсем новыми названиями. Иногда они сохраняют преемственность в наименованиях, а иногда у них они совсем иные. Так бурно развивающаяся интеллектуальная мобильность «собирается» из транспортных и логистических частей аналоговой экономики и ее объем в недалеком будущем может составить фантастический годовой оборот в 1 триллион \$. Все это и приводит к неизбежной смене производственных парадигм.

Для иллюстрации сказанного приведем три рисунка, которые наиболее наглядно иллюстрируют происходящее.

- На первом (рисунок 1) от Siemens показаны временные рамки 4 промышленных революций и основа 4 промышленной революции — кибер-физические системы.
- На втором то же из немецких источников показана роль сенсоров на производстве в разрезе кибер-физических систем.
- На третьем от промышленного гиганта GE приведена обобщенная схема работы индустриального интернета, который в конечном итоге также приводит к кибер-физическим системам.

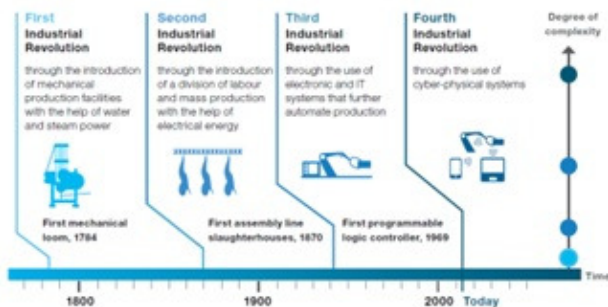


Рис. 1. Индустриальная революция и кибер-физические системы [7]

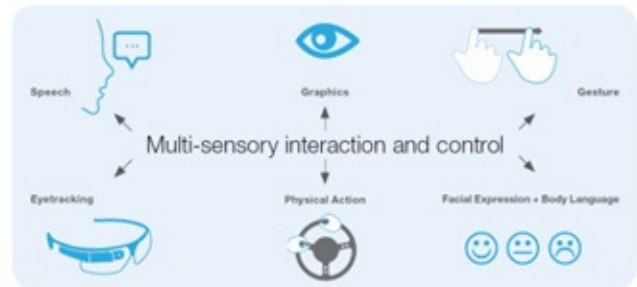


Рис. 2. Получение всех возможных показаний от сенсоров [7]

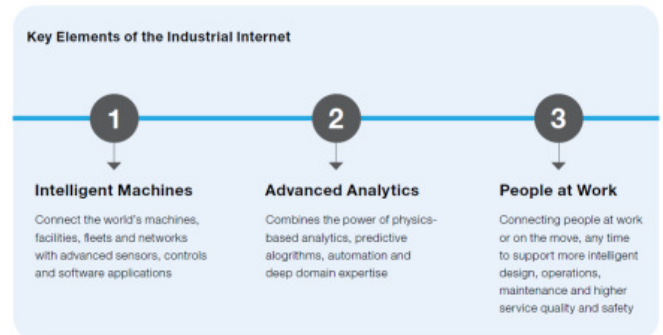


Рис. 3. Ключевые элементы индустриального Интернета [7]

Насколько важны производства и каков их вклад в экономику? Приведем только обобщенные данные по Европе. Несмотря на продолжение спада выхода из кризиса, производство означает много для Европы, так как эта часть экономики составляет:

- 20% прямых рабочих мест;
- 67% экспорта;
- 65% расходов бизнеса и R & D.

III. НОВАЯ ИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ ОТРАСЛЕЙ

Мы полагаем, что важность российской промышленности для нашей страны не чуть не меньше, чем для Европы, только, может быть, мы об этом чуть-чуть подзабыли. Но для новой парадигмы промышленности и практическом отсутствии сегодня представлений на базе официальной статистики, что будет попадать в сферу новой промышленности, ее доля в ВВП может оказаться гораздо больше ориентировочных 20%.

Приведем два примера новой индустриализации отраслей:

- Далеко не один раз мы уже говорили, что в цифровой экономике огромную роль играет информационное моделирование и если для тем строительной индустрии, умных городов или цифровой железной дороги это утверждение вызывает удивление, то в промышленности именно переход на цифровое информационное моделирование любых изделий уже давно стал общепринятым в России.

- То же самое можно сказать и про концепции жизненного цикла в промышленности. Это признанная тема и доказавшая, как и цифровое информационное моделирование, свою, в первую очередь,

экономическую успешность. Промышленные подходы, примененные в строительном секторе, например, Великобритании превратили этот сектор, по сути говоря, в промышленный. Те же процессы начались и при переходе к цифровым железным дорогам.

Таким образом, именно промышленные решения могут стать мощным катализатором развития цифровой экономики в России. Необходимо отметить, что цифровое информационное моделирование и идеи жизненного цикла, будучи примененными, например, в строительной отрасли, превратили ее в индустрию и принесли отличные результаты.

Но верно и другое. Идеи, рожденные не в промышленном секторе, также его преобразуют — таковы свойства цифровой экономики.

IV. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ КАК РАЗВИТИЕ АСУТП

Огромное количество терминов, которое сегодня возникло вокруг новых парадигм индустрий, безусловно, вызвано очень бурным развитием трансформаций в цифровой экономике. Термины быстро возникают и так же быстро исчезают и это нормальное свойство быстрого развития.

Между тем производственники это люди по своей профессии люди ответственные, основательные и отнюдь не чуждые прогрессу часто просто в силу именно своих положительных качеств, склонны скептически смотреть на такую пеструю картину жизни, придерживаясь старого проверенного жизнью принципа «что при трубе оно надежнее». Это создает серьезные проблемы при продвижении абсолютно полезных и нужных инноваций, как у тех, кто их продает (производители промышленных инноваций), так и у тех, кто их хочет купить (производственники).

В работе [5] мы на примере того, что можно делать уже сегодня в части интернета вещей, показав, что для производственников интернет вещей можно рассматривать как развитие очень хорошо известного для них понятий датчиков и сенсоров. Мы постарались, не впадая в упрощенчество, показать, как можно по новому и с выгодой для «трубы» взглянуть на модернизацию систем автоматизации технологических процессов (АСУТП), превращая их в интеллектуальные производственные системы или SMS (Smart Manufacturing Systems).

Ведь цель и АСУТП и SMS одна и та же — устойчивая конкурентоспособность промышленных производителей.

Устойчивая конкурентоспособность промышленных производителей зависит от их возможностей по отношению к цене, доставке, гибкости и качеству.

Интеллектуальные производственные системы (SMS), как и ранее АСУТП, представляют собой попытку максимизировать эти возможности с использованием передовых технологий, которые способствуют быстрому

поступлению и широкому использованию цифровой информации внутри и между производственными системами.

Правильная реализация SMS может обеспечить беспрецедентные успехи в производстве, качестве и эффективности производителей, повышении долгосрочной конкурентоспособности. В особенности, SMS которые используют информационные и коммуникационные технологий наряду с интеллектуальными программными приложениями.

В данной работе мы используем кроме термина SMS так же термины Smart Manufacturing и Industrie 4.0, которые приняты в США и Германии соответственно, но с точки зрения производства все равно приходят к общему знаменателю уже в силу его (производства) интеграционного характера.

Применение всех этих терминов сегодня, однако, необходимо и для того, чтобы показать разницу и общность в подходах уже континентальных масштабов.

В работе [3] мы уже подробно рассматривали кибер-физические системы (CPS), указывая на то, что это понятие гораздо более широкое чем SMS, и играет огромную роль в цифровой экономике. Оно связывает кибернетический мир с физическим, а именно это уже является основой успехов во многих отраслях. Так как этот термин также используется в этой работе, то о нем тоже обязаны упомянуть, так как, по сути, SMS и есть промышленная часть CPS.

Устойчивая конкурентоспособность промышленных производителей зависит от их возможностей по отношению к цене, доставке, гибкости и качеству. Интеллектуальные производственные системы (SMS) представляют собой попытку максимизировать сегодня эти возможности с использованием передовых технологий, которые способствуют быстрому поступлению и широкому использованию цифровой информации внутри и между производственными системами.

Правильная реализация SMS может обеспечить беспрецедентные успехи в производстве, качестве и эффективности производителей, повышении долгосрочной конкурентоспособности. В особенности, SMS которые используют информационные и коммуникационные технологий наряду с интеллектуальными программными приложениями базирующиеся на интернете вещей.

Интернет вещей или датчики и сенсоры позволяют измерять все более детально, точно и чаще реальный мир и производственные процессы в нем. Именно они, снабженные радиосистемами, и создают новые измерения в цифровой экономике наряду с традиционными физическими 3D (широта, долгота и высота). Практически утвердились 4D измерение — время и 5D измерение — деньги и создание новых измерений продолжается.

Модель виртуального человеческого мира становится все более богатой в безграничном познании физического мира, и именно это и меняет производственные парадигмы и понимание того, что будет включено в то, что мы называет сегодня производством.

Этот процесс уже приводит к следующему:

1) Оптимизации использования рабочей силы, материалов и энергии для производства высококачественных продуктов и их своевременной доставки.

2) Обеспечению быстрой реакции на изменения требований рынка и цепочек поставок.

Смарт производство или SMS, отличается от других, основанных на технологии производства парадигм, так как определяет видение производства нового поколения с расширенными возможностями применения этих многих измерений. Работы в этих новых измерениях

построены на новых информационных и коммуникационных технологиях и позволяют идти путем объединения возможностей более ранних производственных парадигм, так введение новых измерений естественный процесс дополнения размерностей, а не отмена их.

В Таблице 1 показано, что SMS поглощает из предыдущих производственных парадигм, которые были до этого.

Таблица 1. Smart Manufacturing и другие предыдущие производственные парадигмы [6]

Smart Manufacturing Characteristics	Other Manufacturing Paradigms	Enabling Technology
<ul style="list-style-type: none"> Digitization of every part of a manufacturing enterprise with interoperability and enhanced productivity Connected devices and distributed intelligence for real time control and flexible production of small batch products Collaborative supply chain management with fast responsiveness to market changes and supplying chain disruption Integrated and optimal decision making for energy and resource efficiency Advanced sensors and big data analytics through product lifecycle to achieve fast innovation cycle 	Lean Manufacturing - Emphasis on utilizing a set of "tools" that assist in the identification and steady elimination of all kinds of waste in a manufacturing system ¹	Process leveling; work flow optimization; real-time monitoring and visualization
	Flexible Manufacturing - utilizing an integrated system of manufacturing machine modules and material handling equipment under computer control to produce products with changed volume, process and types ²	Modularized design; interoperability; service oriented architecture
	Sustainable Manufacturing - creating products with minimal negative environmental impacts while conserving energy and natural resources and enhancing human safety ³ .	Advance materials; sustainable processes metrics and measurement, monitoring and control
	Digital Manufacturing - using digital technology through product lifecycle to improve product, process, and enterprise performance and reduce the time and cost of manufacturing ⁴ .	3D modeling; model based engineering; product lifecycle management
	Cloud Manufacturing – - a form of decentralized and networked manufacturing based on cloud computing and service-oriented architecture (SOA) ⁵ .	Cloud Computing, IoT, virtualization, service-oriented technologies, and advanced data analytics
	Intelligent Manufacturing - implementing artificial intelligence based intelligent production that can automatically adapt to changing environments and varying process requirements, with minimal intervention from human ⁶ .	Artificial intelligence ; Advanced Sensing and control; optimization; knowledge management
	Holonic Manufacturing - applying agents to a dynamic and decentralized manufacturing process, so that changes can be made dynamically and continuously ⁷ .	Multi-agent systems; decentralized control; model based reasoning and planning
	Agile Manufacturing - utilizing effective processes, tools, and training to enable manufacturing systems to respond quickly to customer needs and market changes while still controlling costs and quality ⁸ .	Collaborative engineering, supply chain management, product life cycle management

V ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ. ПЕРЕВОД И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ.

Здесь и далее мы решили не переводить термины по двум причинам. Первая из них банальна - многих из них банально нет в русской практике как устоявшихся. Вторая состоит в том, что мы рассчитываем на то, что нас будут читать совсем разные люди и, в том числе, лучше нас знающие конкретные направления. Для того, чтобы не усложнять им чтение и понимание написанного, а также не выглядеть самонадеянными, мы оставляем оригинальные названия, тем более, что хотим мы этого или не хотим, но английский давно уже стал

международным рабочим языком технологий и науки мира.

Мы также обращаем еще раз внимание читателя на то, что не смотря на слова о четвертой индустриальной революции, реальное цифровое развитие промышленности это эволюционный путь применения цифровых технологий, которые просто оказываются выгоднее во многих смыслах предыдущих, и это уже экономическое обоснование эволюционного развития.

VI СТАНДАРТИЗАЦИЯ

В этой публикации мы активно используем лучшую, на наш взгляд, на сегодня работу [6], в которой

наиболее полно отражены все вопросы текущего ландшафта стандартизации и собраны рассыпанные ранее во многих источниках таблицы и иллюстрации.

Стандарты являются строительными блоками, которые обеспечивают повторяемость процессов и состава различных технологических решений для достижения надежного конечного результата и их развитие так же отражает преемственность производственных парадигм.

Стандарты, которые мы обсудим, в первую очередь, это "добровольные стандарты на основе консенсуса". Это означает, что они устанавливаются с помощью стандартов организации на основе консенсуса партнеров, которые будут использовать их. Кроме того, эти виды стандартов обеспечиваются путем добровольного их соблюдения. Такие стандарты разработаны, чтобы открыть новые рыночные возможности для своих пользователей. Стандарты, поддерживающие SMS, варьируются от информационных технологий и связи до тех, которые управляют предприятиями вплоть до стандартов цепочек поставок.

Текущая экосистема SMS стандартов основана на определении смарт - производственной экосистемы и охватывает три аспекта - продукцию, производственные системы, а также системы предприятий и их бизнеса. Такая экосистема связывает стандарты с фазами жизненного цикла в каждом возможном измерении. Далее представлены ее основные возможности и производственные экосистемы на базе такой экосистемы как конвергенцию трех различных точек фаз жизненного цикла в операционных системах производства.

В ней также определены области, где интегрирование функций внутри и между ними (фаз) приводит к системам, которые являются более эффективными в первую очередь экономически. Далее мы описываем такую экосистему с точки зрения организации ключевых

стандартов, работающих в этой области, видов стандартов в каждом из трех измерений, а также производственную пирамиду, где их влияние пересекается. Но заметим, что это все-таки уже не те 3D измерения, о которых мы говорили выше и даже не 5D, а совсем новые. Наконец, мы обсудим возможные направления развития будущих стандартов с точки зрения интеллектуальных возможностей производства.

VII ЭКОСИСТЕМА СТАНДАРТОВ SMART MANUFACTURING

Стандарты имеют основополагающее значение для обеспечения SMS. Различные стандарты способствуют разным возможностям смарт-производственных систем. Чтобы создать SMS-ландшафт, мы определяем стандарты в пределах области на основе того, способствует ли стандарт возможности проанализировать, где, когда и с какой целью используется такой стандарт. Существенные и позитивные отношения существуют между стратегиями производственных и корпоративных конкурентных стратегий.

Для достижения корпоративных конкурентных целей, производственные системы должны быть разработаны с возможностью согласования или выравнивания их с конкурентной стратегией фирмы, которая обычно состоит из контроля затрат, стратегий качества, доставки, инноваций, сервиса и экологически устойчивого производства. Обычно классифицируются ключевые возможности SMS на четыре категории, включая: производительность, маневренность, качество и устойчивость. В Таблице 2 показано отображение возможностей SMS для корпоративных конкурентных стратегий.

Таблица 2: Основные показатели систем Smart Manufacturing [6].

Corporate Competitive Strategy	SMS Key Capability	Capability Decomposition	Performance Metrics
Cost Control	Productivity	Throughput	Products being produced on a machine, line, unit, or plant over a specified period of time
		OEE	Overall Equipment Effectiveness - a multiplier of Availability x Performance x Quality
		Material/Energy efficiency	Material/Energy (electricity, steam, oil, gas, etc.) required to produce a specific unit or volume of production
		Labor productivity	Worker hours per unit of production
Differentiation	Agility	Response to changes	Time to Make Changeovers, Rate of New Product Introduction, Engineering Change Order Cycle Time
		On-Time Delivery to Commit	The percentage of time that manufacturing delivers a completed product on the schedule
		Resilience to faults	Downtime in Proportion to Operating Time
	Quality	Product quality	Yield, Customer Rejects>Returns, and Material Authorizations>Returns
		Innovation	Product innovativeness
		Variety	Variety/product family, Options Per Product, Personalization options
		Customer service	Customer reviews on services
	Sustainability	Product	Recyclability, Energy Efficiency, Durability, Remanufacturability
		Process	Primary energy use, Greenhouse gas emission
		Logistics	Transportation fuel usage; Refrigeration energy usage

Для того, чтобы проанализировать роль существующих производственных стандартов обычно суммируются основные возможности SMS следующим образом:

- **Производительность:** Производительность производства определяется как отношение выпуска продукции к затратам, используемым в производственном процессе. Производительность может быть разбита далее на производительность труда, материалы и эффективность использования энергии. По мере увеличения производственных размеров, обычно увеличивается производительность. Тем не менее, для SMS, для которых настройки в информационно-технологическом блоке являются отличительным признаком, показатели производительности, возможно, потребуются скорректировать, чтобы построить их с учетом способности реагировать на запросы клиентов.

- **Agility:** Agility определяется как "способность к выживанию и процветанию в конкурентной среде непрерывных и непредсказуемых изменений, быстро и эффективно реагировать на изменяющиеся рынки, производить продукты и услуги, ориентированные на клиентов». Решающее значение для успеха гибкого производства являются широкие возможности технологий, таких как инженерные модели, интеграция цепи поставок и гибких производственных систем с распределенным интеллектом. Традиционные метрики для измерения agility включают On Time Delivery to Commit, Time to Make Changeovers, Engineering Change Order Cycle Time, and Rate of New Product Introduction [8]. Новые метрики могут включать Delay Due to Supply Chain Change (приводим наименования на английском ввиду отсутствия этих терминов на русском, как,

впрочем, и далее).

- **Качество:** Традиционные показатели качества отражают, насколько хорошо готовая продукция соответствует требованиям к конструкции. Кроме того, для SMS, качество также включает в себя метрики инновационности продукта и настроек. Традиционные показатели качества включают Yield, Customer Rejects>Returns, and Material Authorizations>Returns. Необходимы новые показатели измерения качества для инновационности и разнообразия / семейств продуктов и опций / продуктов для измерения степени персонализации.

- **Устойчивость:** В то время как затраты времени и средств в качестве меры производительности, были традиционными драйверами для производства, устойчивость приобрела сегодня большее значение. Наука измерения устойчивости производства не столь развита для времени и затрат и является активной областью исследований. Поскольку производительность и маневренность производственных систем возрастает, необходимость лучшего понимания и контроля устойчивости, связанных с последствиями этих систем увеличивается. Производственная устойчивость определяется с точки зрения воздействия на окружающую среду (такие, как энергетика и природные ресурсы), безопасность, хорошее самочувствие работников, и экономическая жизнеспособность.

Экосистема Smart Manufacturing охватывает широкую сферу применения систем в производственном бизнесе, включая производство, управление, проектирование и инженерные функции. На рисунке 4 показаны три аспекта, которые имеют отношение к концепту SMS.

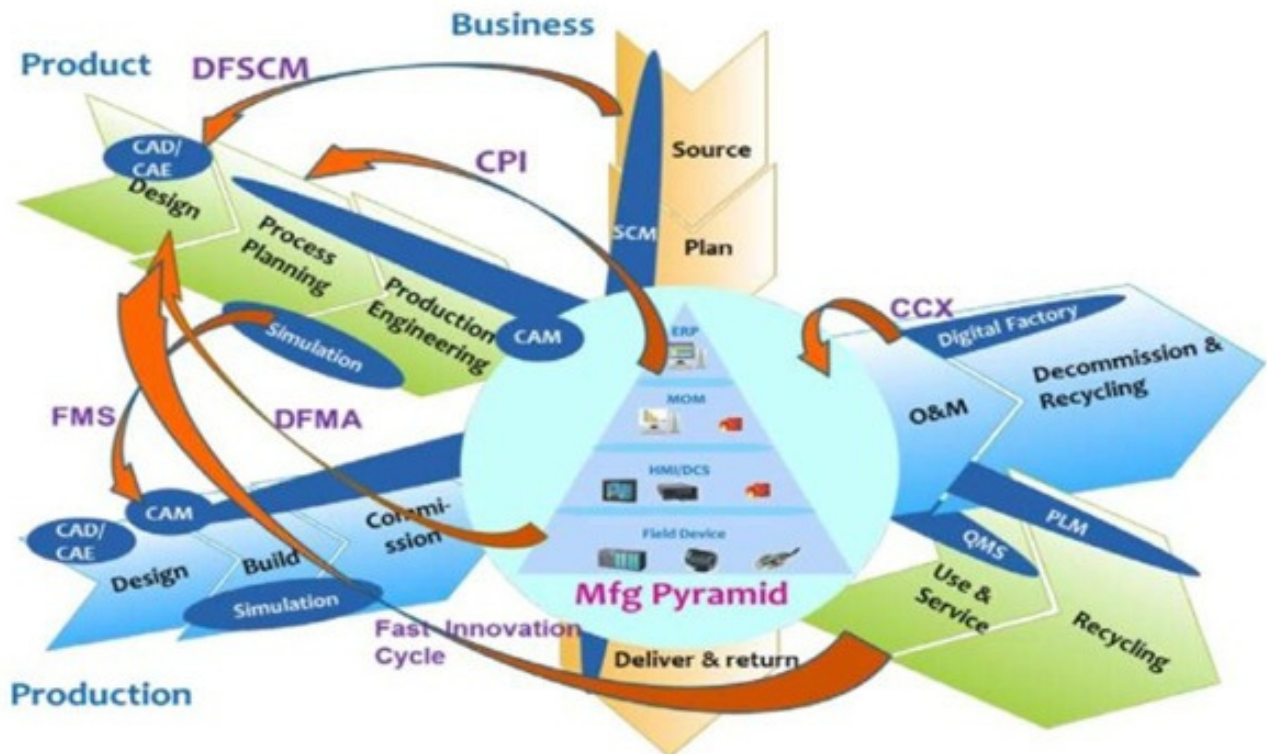


Рис. 4. Экосистема Smart Manufacturing [7]

Каждое измерение имеет на рисунке свой цвет - продукт (зеленый), система производство (синий) и бизнес (оранжевый) - показанных в рамках своего жизненного цикла. Жизненный цикл продукта связан с информационными потоками и управлением, начинается с ранних этапов проектирования продукции и продолжается вплоть конца жизненного цикла продукта.

Жизненный цикл производственной системы фокусируется на разработке, развертывании, эксплуатации и выводе из эксплуатации всего производственного объекта, включая его системы.

В цикле деловой активности рассматриваются функции взаимодействия с поставщиками и клиентами.

Каждое из этих измерений в игру вступает в вертикальной интеграции машин, установок и систем предприятия в том, что называется производственной пирамидой (рисунок 5). Интеграция производства и программных приложений по каждому измерению помогает включить дополнительные элементы управления в цехе и принятия оптимальных решений на заводе и предприятии. Сочетание этих перспектив и систем, которые поддерживают и составляют экосистему программных систем для производства.

VIII Силос данных

Исторически сложилось, что эти системы оперировали в силосах данных [4], вызывающих вначале озабоченность при практическом их преодолении в реализации. Однако, по нашему мнению, проблема силоса данных будет необычайно серьезно стоять в России по причине практического отсутствия и самого термина и наработанной практической дисциплины с

интересным названием наука о данных (data science).

Интегрирование для хотя бы одной из этих размерностей является нетривиальной задачей в мире именно из-за данных и их силоса, но ведь взаимодействие внутри этих размерностей внутри себя и между собой происходит только через данные, так как CPS это и есть работа через данные с реальным миром.

Замечено, что те компании, которые сумели решить эту задачу и интегрировать единичную размерность этой экосистемы через механизмы науки о данных, расширяются в объеме для решений в других размерностях (оранжевые стрелки на рисунке 4) и становятся цифровыми чемпионами.

Парадигмы, такие как улучшение непрерывного процесса (CPI), гибкое производство (FMS), а также конструкции для изготовления и сборки (DFMA) также естественно полагаются на обмен информацией между размерностями, как показано на рисунке 4.

Тесная интеграция как внутри, так и по всем трем измерениям через информацию приведет к более быстрому продуктово - инновационному циклу, более эффективным цепочкам поставок, а также к большей гибкости в производственных системах. Сочетание этих размерностей через объективную и своевременную информацию позволяет оптимально управлять автоматизацией и принятием решений, необходимых для создания высококачественных и высоко настроенных товаров в жесткой синхронизации со спросом на эти товары.

По сути, это есть бесшовная информационная интеграция внутри и между размерностями SMS и производственной пирамидой, которые приводят уже к производственным возможностям SMS в традиционном понимании промышленности. В таблице 3 приведены такие интеграционные технологии, показанные на Рисунке 4 и возможности SMS, поддерживаемые ими.

Таблица 3: Экосистема SMS и ее отображение на информационные технологии [6]

	Description	Information Flow	Key Capabilities Supported
PLM	Product life cycle management - is the process of managing the entire lifecycle of a product from inception, through engineering design and manufacture, to service and disposal of manufactured products	Bi-directional information flow through product and production system lifecycle	Quality, Agility and Sustainability
SCM	Supplying chain management - The management of upstream and downstream value-added flows of materials, final goods, and related information among suppliers, company, resellers, and final consumers.	Bi-directional information flow among supply chain stakeholders – manufacturers, customers, suppliers and distributors	Agility, Quality, Productivity
DFSCM	Design for Supply Chain Management - designing products to take advantage of and strengthen supply chain.	Bi-directional information flow between supply chain management activities and design engineers activities	Quality and Agility
CPI	Continuous process improvement - is the set of on-going systems engineering and management activities used to select, tailor, implement, and assess the processes used to produce products.	Information flow from run-time manufacturing system to process design activities	Quality, Sustainability, Productivity
CCX	Continuous Commissioning - ongoing process of diagnosis, prognosis and performance improvement of production systems	Bi-directional Information between production engineering activities and production operation activities	Productivity, Agility, Sustainability and Quality
DFMA	Design for Manufacturing and Assembly - the design for ease of manufacture of the parts the design of the product for ease of assembly.	Information flow from production engineering, operation activities to product design activities	Productivity and Agility
FMS/RMS	Flexible Manufacturing System/Reconfigurable Manufacturing system - machines are flexible and can be configured to produce changed volume or new product types with or without changed process	Information flow from product engineering activities to production engineering activities	Agility
Manufacturing Pyramid	The hierarchical nature of existing manufacturing systems illustrated by a three-level pyramid including ERP, MoM and shop floor.	Bi-directional flow among ERP, MoM activities and control systems	Quality, Agility, Productivity and Sustainability
Fast Innovation Cycle	To improve New Product Introduction (NPI) Cycle by anticipating trends through gathering data from product usage and feeding it back into product ideation	Information flow from product use to product design	Quality and Agility

Исходя из требований рынка на всеобщую совместимость, стандарты являются фундаментальными и ценными инструментами, которые могут способствовать внедрению технологий и инноваций в промышленности. Таким образом, они вносят вклад в ключевые возможности одного или нескольких SMS.

Например, по размерности продукта, стандарты PLM (это тоже информационные стандарты) способствуют как маневренности (за счет оптимизации процессов) так и качеству (путем включения интеграции различных видов деятельности в продукцию и систему жизненных циклов производства).

В области производственной системы непрерывного ввода в эксплуатацию (CCX) информационные стандарты могут повысить производительность машин и надежность систем для повышения производительности, качества и устойчивости (за счет повышения энергетической эффективности).

Стандарты для электронной коммерции или цифровой ее организации, такие как Open Applications Group Integration Specification (OAGIS) помогают оптимизировать бизнес-процессы между партнерами в цепочке поставок.

IX ЛАНДШАФТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТАНДАРТОВ И ДАННЫЕ

Существующие производственные стандарты обеспечивают инструкции для проектировщиков, дизайнеров, инженеров, строителей, операторов и лиц, принимающих решения как проводить дисциплинированные информационные действия в рамках своих производственных зон. Они также облегчают взаимодействие между заинтересованными сторонами через границы зон, границы иерархии производственных систем, а также между фазами жизненного цикла.

Такую информационную совместимость и передачу информации то происходит резкое увеличение стоимости за счет потери уже оплаченных информационных продуктов и сами по себе усилия по кусочной автоматизации, естественно, будут приводить не к резкому росту доходности, а к практическим убыткам. При этом могут быть абсолютно грамотные стандарты и совершенно отвратительные результаты.

Более того если не организовать обычный рутинный контроль по всем информационным цепочка то и все затраты государства или предприятия будут просто чистыми убытками, а не планируемыми доходами.

Сегодня многочисленные организации по вопросам развития национальных, региональных и международных стандартов (SDOs) разработали наборы промышленных стандартов для производства в этой сфере. В первую очередь приводим обзор типов стандартов для каждого из трех измерений в течении жизненного цикла с акцентом на тех стандартах, которые конкретно адресованы информационному контенту производства. В то время как некоторые национальные или региональные стандарты рассматриваются, абсолютный и естественный упор делается на международных стандартах. Во многих случаях местные стандарты SDOs могут иметь прямые связи с международными SDO.

Комплектный стандарт, как правило, является результатом одного из нескольких процессов развития. Более традиционные из них проходят через официально санкционированные SDO. Эти организации содействуют формированию консенсуса и обеспечению того, чтобы стандарты были открыты и доступны для стран и организаций, которые хотят использовать их. В этой категории находятся международные органы по стандартизации, такие как ISO, IEC, ASME, ASTM, и национальные органы, включая профессиональные организации, которые определяют лучшие практики для их практики. В России это Росстандарт, в Соединенных Штатах – ANSI. Именно они уполномочивают профессиональные организации для создания стандартов в их областях специализации.

Традиционный процесс формирования консенсуса, используемый для SDO, может потребовать довольно много времени; в результате этого, появились и другие процессы, в том числе с открытым исходным кодом. В процессе с открытым исходным кодом, стандарт может быть представлен в формах спецификации описания стандарта, эталонной реализации стандарта или в обеих формах.

Эти стандарты часто разрабатываются в рамках консорциума, они поддерживаются совместно и широко доступны для широкой общественности.

Сущностью применения этих стандартов является общественное доверие различного рода, и они открыты для заинтересованных участников.

Модели лицензирования и управления для интеллектуальной собственности, содержащейся в этих стандартах, сильно различаются между проектами. Стандарты с открытым исходным кодом иногда переходят к более формальным санкционированным позициям с помощью SDO. Независимая организация, как правило, управляет процессом с открытым исходным кодом. Некоторые из управляемых производителями (вендорами) сообщества стандартизации приняли другой подход, при котором выбирается реализация предлагаемого стандарта поставщиком для определения стандарта. Выбранная реализация становится ссылкой, которую другие

поставщики реализуют.

Несколько стандартов, предназначенных для совместной работы, часто определяются как комплекты. Примеры этого в информационных технологиях (ИТ) мира включают в себя стандарты из таких групп, как WC3, OGC и IETF, которые помогли цифровой революции так занимались конкретными структурами и моделями данных в своих областях знаний.

Сегодня те из них, кто занял лидирующие позиции, уже аккредитованы, как при международных организациях по стандартизации, так и на уровне уполномоченных органов стандартизации и работают с ними как единое целое.

В России сегодня многие из них просто не представлены, не говоря уже о налаженной совместной работе и это еще одна из острых проблем уже сегодняшнего дня. Так, в мире производства, имеется набор стандартов ISO 10303 (обычно известный как STEP) для корректной работы с данными о продукте, информационную систему обеспечения качества (QIF) для оптимизации возможностей тестирования качества, а также стандарты, возникающие из консорциумов, таких как Open Group Application, Inc. (OGi) для приложений на уровне предприятия.

Эти информационные стандарты включают другие, более фундаментальные, стандарты, например, EXtensible Markup Language (XML) от W3C, и предложения по инжинирингу и представлению контента для производства и их интерпретации. Object Management Group (OMG) также определяет наборы стандартов, которые, по большей части, информационно адресованы лежащим в основе технологиям, а не определенным производствам. Некоторые из этих стандартов стали особенно полезными для применения в интеллектуальных производствах, основанных на нефти 21 века — информации и обсуждаются ниже.

Две ведущие международные организации по стандартизации ISO и IEC работают над стандартами, имеющими большое значение для интеллектуального производства основанных на данных. В ISO технический комитет по системам автоматизации и интеграции (TC184) имеет два подкомитета (SC), которые представляют особый интерес нашего ландшафта: SC4 и SC5. SC4 фокусируется на промышленных стандартах о данных - в первую очередь тех, которые связаны с данными о продуктах, включая ISO 10303. SC4 фокусируется на функциональной совместимости, интеграции и архитектуре для приложений автоматизации. Обе подкомиссии уже предлагают новые стандарты для Smart Manufacturing, которые находятся в процессе развития.

IEC, который исторически специализировался в электронной промышленности, разработал такого рода стандарты, которые имеют широкую сферу применения вне электронной промышленности. Например, IEC TC 65 фокусируется на стандартах для промышленного контроля и автоматизации процессов и активно участвует в решении проблем интеграции между

данными о продукции и производственных процессах. Совместный технический комитет ISO / IEC (JTC) 1 по информационным технологиям имеет дело с большим количеством вопросов по стандартизации в области информационных технологий для производственных систем, включая сенсоры, сети устройств и пользовательские интерфейсы. Эти типы стандартов, также имеют непосредственное отношение к данным.

Ряд консорциумов разрабатывают стандарты и собирают и анализируют передовой опыт в области SMS и информации, включая OAGi MTConnect, ProStep iViP, OPC Foundation, DMSC, и MESA. Стандарты и лучшие практики из этих организаций уже довольно часто используются ISO и IEC в целях содействия более широкому распространению и внедрению своих технологий.

Следуя логике развития, самым вероятным сценарием является признание части из них также в виде аккредитации. OAGi и MTConnect сделали стандарты свободно доступными с открытым исходным кодом для использования общественностью.

PDES Inc., например, является промышленным консорциумом, который осуществляет проекты, связанные с обменом данными о продуктах для дизайна и проектов. Их проекты обусловлены конкретными потребностями своих членов в отношении стандартов интеграции данных.

Уже сегодня часть их результатов начал формироваться в стандартах ISO 10303 для определений продуктов и в других стандартах в зависимости от обстоятельств. Так как умным производствам надо развивать то это часто рассматривается через разрешающие вопросы, связанные с осуществлением этих стандартов. OPC Foundation изначально разработал стандарты, которые позволили поставщикам устройств интегрировать свои продукты в платформу на базе Microsoft.

OPC Foundation с тех пор превратилась уже в самостоятельную организацию по стандартизации со своей собственной программой сертификации и тестирования.

Консорциум Dimensional Metrology Standards Consortium (DMSC) устанавливает типично информационно-измерительные стандарты, в том числе QIF, что имеет основополагающее значение для обеспечения качества измерений процессов, состоящих из измерения продукта проектирования, планирования, правил, ресурсов, программирования, результатов и сводных статистических данных, которые полностью интегрированы и отслеживаются в их уже готовой системе правил.

Так APICS, ASTM, MESA, IPC и ISA являются промышленными профессиональными обществами или торговыми ассоциациями, работающими чтобы продвигать внедрение в своих областях и также используют информационные подходы. Их работа

включает в себя стандарты, а также образовательные и другие мероприятия.

Направлением APICS является цепочки поставок и управление операциями. Часть APICS, известная как Совет цепочек поставок, подготовил ряд справочных документов для создания руководств по наилучшей практике для цепи поставок отрасли. Этот богатый набор информации включает в себя определения для широкого спектра показателей производительности для производственных операций, многие из которых могут быть применены вне контекста цепочки поставок.

ASTM адресует к производствам и материалам, продуктов и процессов, систем и услуг.

MESA касается уровня производства управления производственных операций (MOM) или Manufacturing Executions Systems (MES) и интеграции информационных систем от уровня предприятия в производственные операции.

IPC возникла из электронной промышленности, в частности, сосредоточив внимание на печатных платах, но, как и со многими другими организациями, сфера ее применения расширилась для решения темы обслуживания и цепочек поставок также.

ISA фокусируется на автоматизации, в частности, применительно к "технике и технологии для улучшения управления, безопасности и кибербезопасности современных систем автоматизации и управления, используемых всеми видами промышленности и критическими инфраструктурами».

В то время как каждая из этих организаций имеет разные точки зрения, их направленность пересекается в приоритетных областях - продуктах системах производства, а также в бизнес-информационных потоках.

Другие примечательные стандарты происходят из более академически-ориентированных профессиональных обществ, которые, как правило, являются аккредитованными, например, в ANSI — национальным органом стандартизации США.

X СТАНДАРТЫ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Стандарты жизненного цикла продукта, по сути, и есть правила передачи данных между этапами для обеспечения конкурентности на рынке, базируются на информационных моделях и в контексте интеллектуального производства экосистемы включают в себя 6 этапов, как показано на рисунке 5: проектирование (дизайн), планирование процессов, технологии производства, изготовление, эксплуатацию и техническое обслуживание, а также, по окончании срока эксплуатации, и утилизацию или, в случае особо крупных продуктов, декомиссию.

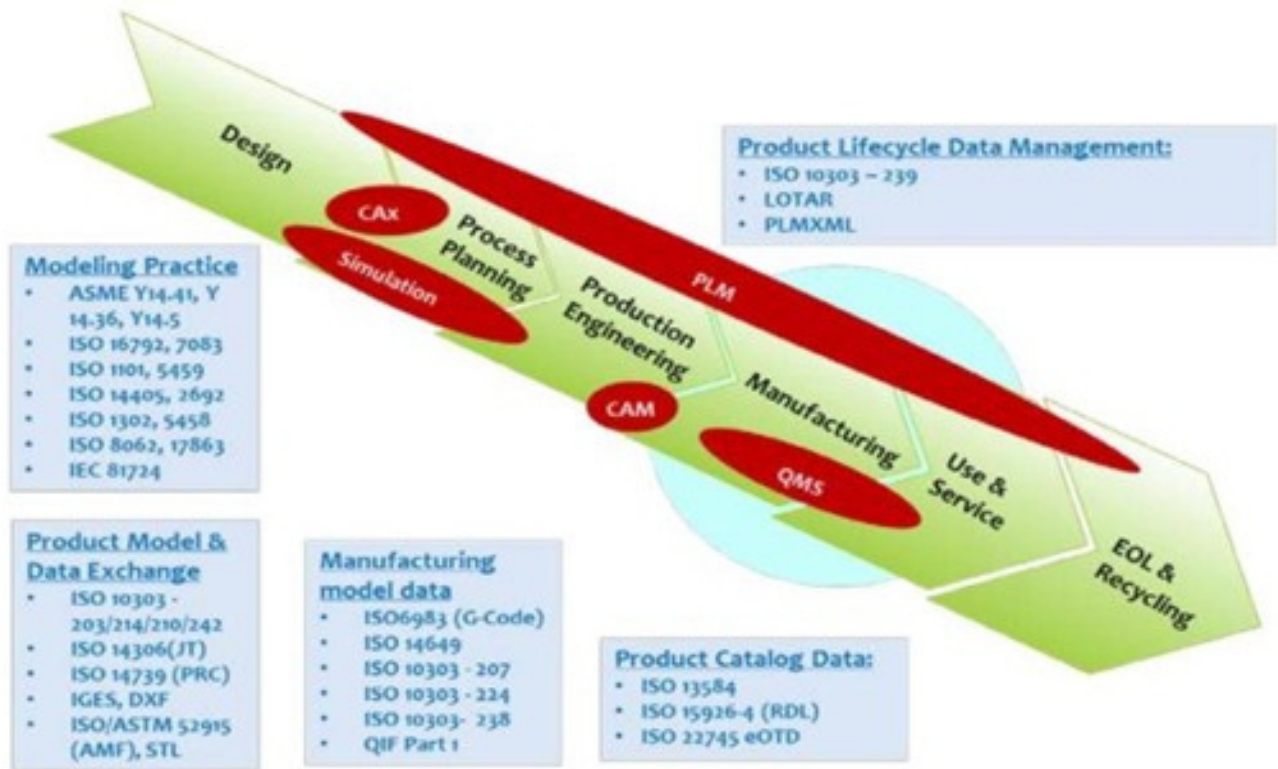


Рис. 5. Стандарты в жизненном цикле продукции Product Lifecycle [7]

Существующие стандарты, в частности, в таких областях, как системы автоматизированного проектирования (CAD), Computer Aided Manufacturing (CAM) и Computer Aided Technology (CAx), как правило, значительно повысили эффективность инженерных работ в жизненном цикле. Кроме того, эти стандарты приводят к повышению точности, как моделирования, так и данных и сокращают циклы создания инновационных продуктов, способствуя тем самым непосредственно системе маневренности производства и качеству продукции. Достижения в этой области привели к созданию новой парадигмы развития продукта, известного как модель на основе инженерии или предприятия MBE.

На рисунке 5 также показаны наборы отдельных стандартов, связанных с фазами жизненного цикла продукта и информацией о нем. Так как для каждого этапа жизненного цикла продуктов необходимы разные информационные модели и данные в них, то эти стандарты подразделяются на пять категорий: практику моделирования, модели и обмен данными, производственные модели данных, категории данных о продуктах и управление данными жизненного цикла изделия.

Стандарты практики моделирования определяют цифровые методы использования данных, продуктово-определенные как для двумерных (2D) чертежей так и для трехмерных (3D) моделей. Есть несколько стандартов, доступных по всему миру, которые определяют символы и правила для размеров и допусков, как на электронных, так и на бумажных

носителях.

Преобладающими стандартами являются стандарты ASME (Американское общество инженеров-механиков) Y14.5 GD & T (Геометрические размеры и допуски) и Международной организации по стандартизации, ISO / TC 213 GPS (Геометрические спецификации продукции) и ISO / TC 10 Техническая документация по продуктам. Стандарты ISO (GPS), как правило, адресуются одной теме.

Стандарт ASME Y14.5 сочетает в себе набор тем для GD & T в одном документе стандартов. В дополнение к GD & T, ASME Y14.36M, ISO 1302 установлены стандарты для передачи требований контроля текстур поверхности и определения свойств текстуры поверхности.

Совместный IEC / ISO стандарт 81714 определяет графические символы для использования в технической документации на продукцию. В таблице 4 перечисляются отдельные стандарты практик информационного моделирования ASME и ISO. Существуют также стандарты для конкретных производственных областей, таких как практики информационного моделирования продуктов электроники, включая IPC-D-325 для печатных плат, сборок и опорных чертежей.

Таблица 4: Практические стандарты моделирования [6]

SDOs	Standards	Description
	ASME Y14.36	Surface Texture Symbols
ASME	ASME Y14.41	Digital Product Definition Data Practices
	ASME Y14.5	Dimensioning and Tolerancing
ISO TC 10	ISO 16792	Technical product documentation -- Digital product definition data practices
	ISO 128	Technical drawings -- General principles of presentation
	ISO 7083	Technical drawings -- Symbols for geometrical tolerancing -- Proportions and dimensions
ISO TC 213 Geometrical Product Specifications (GPS)	ISO 1101	Geometrical tolerancing -- Tolerances of form, orientation, location and run-out
	ISO 5459	Geometrical tolerancing -- Datums and datum systems
	ISO 14405	Dimensional tolerancing
	ISO 2692	Geometrical tolerancing -- Maximum material requirement (MMR), least material requirement (LMR) and reciprocity requirement (RPR)
	ISO 5458	Geometrical tolerancing -- Positional and pattern tolerancing
	ISO 1302	Indication of surface texture in technical product documentation
	ISO 8062	Dimensional and geometrical tolerances for moulded parts
	ISO 17863	Tolerancing of moveable assemblies
IEC/ISO	IEC/ISO 81714	Design of graphical symbols for use in the technical documentation of products
IPC	IPC-D-325	Documentation Requirements for Printed Boards, Assemblies and Support Drawings

Стандарты на информационную модель продукта и обмена данными включают стандарты ISO и стандарты де-факто, как показано в таблице 5. Эти стандарты охватывают вопросы представление информации о продукте и технического обеспечения обмена данными

между программным обеспечением САПР от разных производителей.

Таблица 5: Информационные модели продуктов и стандарты обмена данными [6].

Standards	Description
ISO 10303 - 203/214/210/212/242	203: Configuration controlled 3D designs of mechanical parts and assemblies – aerospace and defense
	214: Core data for automotive mechanical design processes
	210: CAD systems for printed circuit board
	212: CAD systems for electrical installation and cable harness
	242: specifies the application protocol for Managed model based 3d engineering.
ISO 14306(JT)	A CAD file format described in ISO 14306:2012 is used primarily in industrial use cases as the means for capturing and repurposing lightweight 3D product definition data.
ISO 14739(PRC)	Document management -- 3D use of Product Representation Compact (PRC) format
IGES	An ASCII-based exchange format adopted by the American National Standards Institute (ANSI) since 1976. All meaningful development of IGES stopped in 1996 at version 5.3.
STL	A de-facto file format describe only the surface geometry of a three-dimensional object for additive manufacturing.
ISO/ASTM 52915 (AMF)	A new and open XML based standard developed as a replacement for STL format. AMF has many additional features compared to the STL format, including curved patches, recursive subdivision, multiple materials, graded materials, internal structures, material properties, colors, graphics, constellations, and metadata support.

STEP уникален тем, что он затрагивает более широкий круг информации, чем требуется для САПР представлений. Архитектура STEP включает в себя основополагающие методы для определения и обмена данными и архитектуры для интеграции определений данных в выполнимые единицы, называемыми прикладными протоколами (AP), где информация CAD подключается к структуре продукта, а также широкий спектр другой инженерной информации о жизненном цикле элементов. Наиболее часто реализуемыми и используемыми сегодня AP являются 203 для аэрокосмической и оборонной отраслей и AP 214 для автомобильной отрасли.

Самая последняя часть STEP будет выпущена как AP 242 издание 2, под названием «управляемая модель, основанная на 3D инженерии». Этот стандарт объединяет AP 203 и AP 214 и включает в себя требования к обмену данными в области разработки на основе моделей, управления данными о продукции (PDM), продуктовой и производственной информации (PMI), и долгосрочном архивировании цифровых данных. AP 242 дополняет другие форматы обмена визуализации, такие как JT (ISO 14306) и PRC (ISO 14739).

Другой набор стандартов для моделирования продукции используется в областях additive manufacturing. Формат файла Stereo Lithography (STL) широко используется для быстрого прототипирования,

3D печати и в конечном виде в новом типе производства и изначально цифрового - additive manufacturing.

ISO 52915, Additive Manufacturing File Format (AMF), является открытым стандартом, в котором предложено описывать цвет, материалы, решетки, и созвездия (color, materials, lattices, and constellations) 3D-объекта, что позволяет делать более сложные описания продуктов, помимо основной геометрии для его производства в этой новой промышленной отрасли.

XI ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ СТАНДАРТЫ МОДЕЛЕЙ ДАННЫХ

Производственные стандарты моделей данных, в отличие от стандартов моделей продукта, которые сосредоточены на дизайне и проекте продукта, определяют данные, необходимые для производства продукта из конструкций или для (роботизированных) сборочных конвейеров (таблица 6).

Таблица 6: Стандарты Информационных моделей производств из готовых компонент (сборочных конвейеров) [6]

Standards	Description
ISO 6983 (G-Code)	Numerical control of machines -- Program format and definitions of address words. The most widely used numerical control (NC) programming language
ISO 14649	Standard that specifies the technology-specific machine tool description data elements needed as process data for manufacturing and machine characteristics.
ISO 10303-207/224/238	207 -Sheet metal die planning and design
	224 - Mechanical product definition for process plans using machining features
	238 –Application interpreted model for computer numeric controllers

ISO 6983, или G-код, является наиболее широко используемым языком программирования Numerical Control (NC). ISO 14649 был разработан для преодоления проблем ISO 6983 путем определения модели данных для того, чтобы осуществить связь между производственными операциями и данными исходной геометрии САПР.

STEP AP 238 предназначен для расширения ISO 14649 с целью более тесной интеграции с определениями дизайн продукта. Он может обмениваться явными описаниями Toolpath вместе part, stock, fixture geometry, tool descriptions, GD&T и информацией PDM.

Стандарты каталогов производственных данных поддерживают описание конкретных примеров продуктов или их частей в едином формате,

независимом от конкретных поставщиков комплектации.

Примеры стандартов производственных данных включают ISO 13584, 15926-часть 4 и 22745. Первые два из них сосредоточены на методах определения каталогов. ISO 13854 определяет принципы, которые будут использоваться для определения характерных классов частей и свойств частей независимо от какого-либо конкретного поставщика с определенной идентификацией.

ISO 22745 содержит рекомендации по разработке терминологии для открытых технических словарей и составления перечней и каталогов таких систем. В противоположность этому, 15926 часть 4 представляет собой конкретную область такого производства и

определяет технические условия, необходимые для проектирования, строительства и эксплуатации производственные мощностей в области нефти и газа.

ХП УПРАВЛЕНИЕ ДАННЫМИ О ПРОДУКТЕ В ТЕЧЕНИЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Управление данными о продукте в течение жизненного цикла фокусируется на потребностях долгосрочного хранения и доступа к данным последовательно на протяжении всего жизненного цикла продукта.

Самый известный стандарт управления жизненным циклом данных о продуктах ISO 10303 AP239, также известный как Product Life Cycle Support (PLCS).

AP 239 предназначен для поддержки обмена данными о сложных продуктах длительного жизненного цикла, то есть информацией, необходимой и создаваемой во время эксплуатации и технического обслуживания продукции. PLM XML является новым открытым форматом от Siemens PLM для облегчения таких процессов.

PLM XML и разработан как легкий, расширяемый и гибкий формат для обмена проектами и дизайном и функциональными данными в среде совместной работы.

Аналогичный ему LOTAR (Долгосрочная Архивация и извлечение данных) это Международный проект, который имеет еще более широкий размах. В центре внимания LOTAR находится долгосрочный доступ к цифровому продукту и технической информации путем разработки архивных и поисковых механизмов, основанных на стандартах. Результаты этих усилий должны стать практические рекомендации о том, как стандарты могут быть применены к долгосрочному архивированию данных о продуктах и связанных с ними информации об их конструкции.

ХШ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ

«Производственные системы» относятся к коллекции машин, оборудования и вспомогательным системам, организованных для создания товаров и услуг из различных ресурсов.

Большинство моделей данных изделий и стандарты практического моделирования также применимы к развитию производственных систем. Тем не менее, как одни из самых сложных - производственные системы, которые, собственно, и есть заводы и фабрики и предназначены для производства непосредственно товаров, производственные системы имеют ряд уникальных стандартов, которые имеют основополагающее значение для достижения SMS.

Производственные системы, как правило, имеют гораздо более длительный жизненный цикл, чем товары, которые они производят. Кроме того, они должны быть часто перенастраиваемы, и, таким образом, имеют уникальные потребности в отношении их конструкций.

Уникальные возможности SMS, обсуждаемые здесь практически стали возможными благодаря стандартам автоматизации для управления и обслуживания систем. В этом направлении, безусловно, необходимы стандарты, поддерживающие информационное моделирование сложной системы, в области техники автоматизации и эксплуатации, а также технического обслуживания (O&M) перспективных производственных систем на принципах CPS.

Типичные этапы жизненного цикла для производственной системы, как показано на рисунке 6, включают в себя проектирование, строительство, приемку, O&M, и вывод из эксплуатации. Производственные системы и сооружения, как правило, предназначены для производства семейств продуктов.

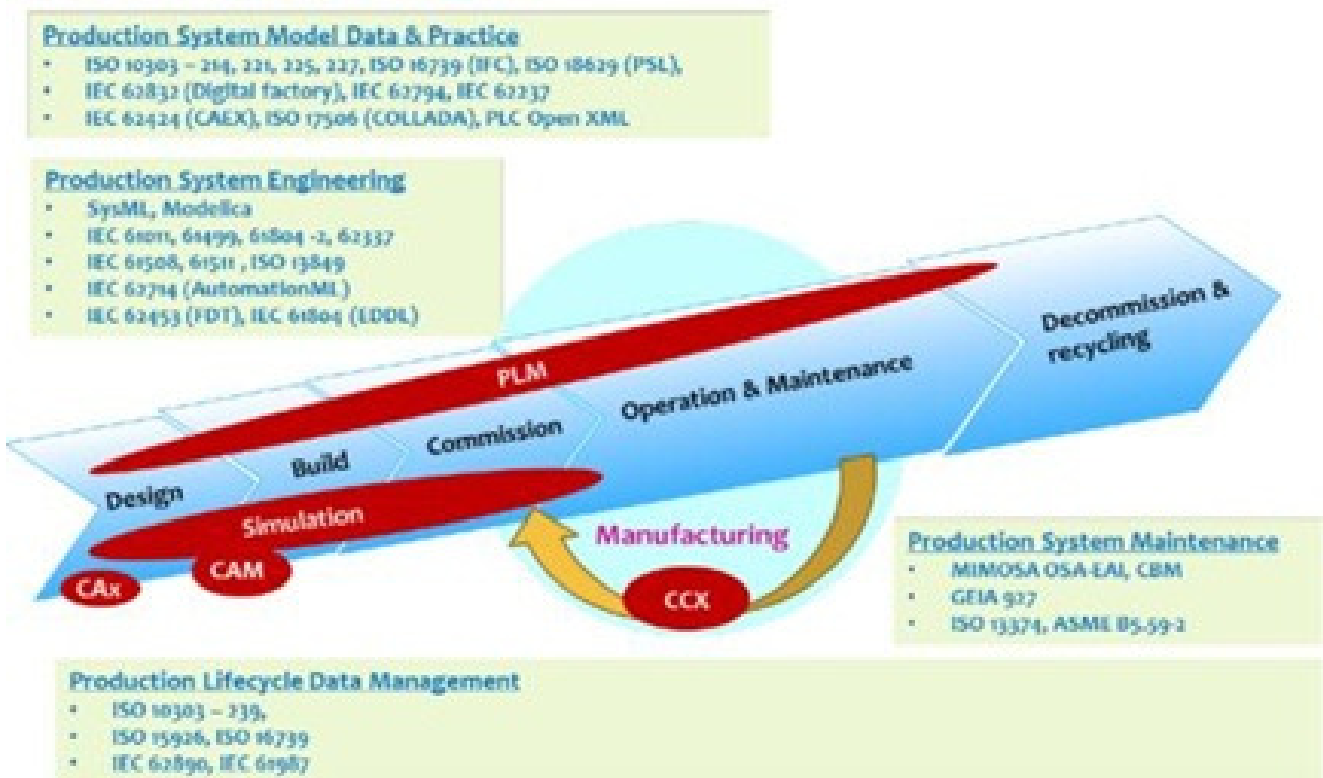


Рис. 6. Стандарты жизненного цикла для производственной системы (заводы и фабрики) [7]

БИБЛИОГРАФИЯ

Степень гибкости производства, как системы адаптивного производства в ответ на рыночные требования и изменения в цепочках поставок - это ключевое решение, проектирование и дизайн, которого не только влияет на стоимость, но и влияет на продолжительность жизненного цикла производственной системы.

Этап ввода в эксплуатацию включает в себя тестирование всей системы производства, в том числе оборудования, завода или объекта, и передачи завода или объекта для включения системы в работу или собственно начало производства.

Система проверяется, чтобы функционировать в соответствии с целями проектирования и спецификациями.

XIV Стадия O&M

После ввода в эксплуатацию производственная система входит в O&M - стационарное состояние тактических операций и стратегических направлений деятельности по техническому обслуживанию или режим эксплуатации.

Когда введены радикальные внутренние или внешние изменения, например, если происходит авария основной подсистемы или целевая группа продуктов будет постепенно выходить из рынка, жизнь производственной системы подходит к концу. На этом этапе производство постоянно сокращается или система входит в рециркуляцию.

Стационарная стадия O&M, как правило, самый длинный этап жизненного цикла производственной системы. В течение этого периода, производственные системы управляются наилучшим образом для того, чтобы преобразовывать материалы, энергию и труд в продукты или товары. На этом этапе планирование адаптаций, повторные вводы в эксплуатацию, а также непрерывный ввод в эксплуатацию проводятся с целью поддержания и повышения производительности системы и поиска путей изменения конфигурации системы, чтобы адаптироваться к изменениям на рынке и изменениям в цепочках поставок.

Область стандартов, которая поддерживает жизненный цикл производственной деятельности такой системы, включает в себя модели данных производственных систем и практику, инженерию производственных систем, O&M, а также управление жизненным циклом производства.

Так как стадия O & M является самой длинной фазой, то и информационные стандарты для O&M и управлением жизненным циклом заслуживают особого внимания. В частности, стандарты, поддерживающие производственные операции будут подробно обсуждены в отдельной статье о производстве.

- [1] Инициатива «Группы двадцати» по развитию и сотрудничеству в области цифровой экономики <http://kremlin.ru/supplement/5111> Retrieved: Dec, 2016
- [2] Указ Президента Российской Федерации «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации от 1 декабря 2016 года № 642
- [3] Куприяновский В. П., Намиот Д. Е., Синягов С. А. Киберфизические системы как основа цифровой экономики //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 2. – С. 18-25.
- [4] В.П.Куприяновский, А.Р. Ишмуратов, Д.Е. Намиот, Д.И. Ярцев, Н.А. Уткин, Д.Е. Николаев Цифровая экономика и Интернет Вещей – преодоление силоса данных. //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 8.-С. 36-42.
- [5] В.П. Куприяновский, Д.Е. Намиот, В.И.Дрожжинов, Ю.В.Куприяновская, М.О.Иванов Интернет Вещей на промышленных предприятиях //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 12.-С. 69-78.
- [6] Lu Y., Morris K. C., Frechette S. Current Standards Landscape for Smart Manufacturing Systems. – 2016.
- [7] OAGi/NIST Workshop on Open Cloud Architecture for Smart Manufacturing <http://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ir/2016/NIST.IR.8124.pdf> Retrieved: Dec, 2016

Industries transformation in the digital economy – the ecosystem and life cycle

Vasily Kupriyanovsky, Sergey Sinyagov, Dmitry Namiot, Nikita Utkin, Danila Nikolaev, Andrey Dobrynin

Abstract— This article deals with the issues related to the transformation of industries in the digital economy. This is the first paper of a series of articles. This part is devoted to the ecosystem and the life cycle model. Today, all the technology and the paradigm shift are grouped around an approach based on cyber-physical systems, which began to turn in the ecosystem of standards for new industries and for other applications of the digital economy. The digital economy opens a way for the previously unthinkable integration for industry systems, transport, urban, energy and many other ecosystems on a single standard. In this paper, we discuss this project from the industrial point of view.

Keywords—digital economy, digital transformation.