

Трансформация промышленности в цифровой экономике – проектирование и производство

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 – вторая из серии статей, в которой речь идет о стандартах проектирования и системах на производстве. Сегодня все технологии и смены парадигмы группируются вокруг подхода, основанного на кибер-физических системах, который начал превращаться в экосистему стандартов, как для новой промышленности, так и для иных приложений цифровой экономики. Системами стандартов, которые здесь обсуждаются, определены области технического взаимодействия между различными направлениями усилий по стандартизации. Это влияет не только на реализацию новых парадигм промышленности, а, в целом, и на начавшийся проект цифровой экономики Российской Федерации.

Ключевые слова—цифровая экономика, цифровая трансформация.

I. СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Модели данных производственных систем и стандарты практики обеспечивают информационные модели для заводского производства через системы проектирования. Они усиливают обмен информацией между заинтересованными сторонами, а также делают возможным включить виртуальный ввод в эксплуатацию, что может улучшить производственную маневренность и снизить стоимость производства.

Кроме стандартов САХ, существуют несколько международных стандартов, специфичных для моделирования производственной системы и обмена данными. Стандарты в этой области могут быть разделены на два домена, как показано в таблице 7: производственных ресурсов и процессов, и строительства / моделирования объектов.

В ISO 10303 AP 214 было показано, что нужно иметь

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)

возможность представлять различные аспекты производственной системы в целях ее развития.

ISO 10303 AP 221 определяет функциональные данные и схематические изображения технологических установок.

ISA 95 определяет модель иерархии оборудования и модели производственных процессов.

ISO 18629 определяет язык спецификации процессов (Process Specification Language - PSL), направленный на выявление и формальное определения и структурирования семантических понятий, присущих получению и обмену информацией, связанной с процессом дискретного производства.

IEC 62832 (Digital Factory) определяет комплексную сеть цифровых моделей, методов и инструментов для представления основных элементов и средств автоматизации, а также поведения и отношений между этими элементами / активами.

Концепция цифрового завода включает в себя пять вид информации:

- 1) Строительство (Construction - C),
- 2) Функции (Function - F),
- 3) Производительность (Performance - P),
- 4) Местоположение (Location - L)
- 5) Бизнес (Business - B).

ISO 17506 определяет открытый стандарт для обмена цифровыми активами между различными приложениями графического программного обеспечения для геометрических представлений и кинетического моделирования.

Информационная модель Core Manufacturing Simulation Data (CMSD) была разработана NIST и стандартизована организацией по стандартизации Simulation Interoperability Standards Organization (SISO) для определения спецификации данных-интерфейса для эффективного обмена данными производства в течение жизненного цикла в среде моделирования.

PLC Open XML обеспечивает стандарты для представления программируемого логического контроля (PLC), включая последовательности действий, внутреннего поведения объектов и систем ввода / вывода (IO).

Таблица 1: Информационные подходы к производственным системам и практические стандарты [6]

Domain	Standards	Description
Manufacturing Resource and Process Domain	ISO 10303-214/221	214: Core data for automotive mechanical design processes to represent a manufacturing system which is a part of factory design 221-Functional data and schematic representation of process plants
	ISA 95	Defines hierarchy models for a manufacturing enterprise and function/activity/object models for Manufacturing Operations Management
	IEC 62424	Provides neutral data format that allows storage of hierarchical plant object information
	ISO 18629	Process Specification Language developed by NIST is a set of logic terms used to describe processes.
	IEC 62832	Industrial-Process Measurement, Control and Automation—Reference Model for Representation of Production Facilities (Digital Factory)
	ISO 17506	COLLADA - defines an open standard XML schema for exchanging digital assets among various graphics software applications
	PLC Open XML	The standard allows the representation of control logics for programmable Logic controllers based on XML technologies
	CMSD	Core manufacturing Simulation
	IEC 62337	Commissioning of electrical, instrumentation and control systems in the process industry - Specific phases and milestones.
	ISO 15746	Defines information models for advanced process control and optimization capabilities for manufacturing systems.
	IEC 61987	Industrial-process measurement and control - Data structures and elements in process equipment catalogues
Building/facility Domain	ISO 10303-225/227	225 - Building elements using explicit shape representation 227 - Plant spatial configuration
	ISO 16739	Industry Foundation Class (IFC) - Building information modeling standard developed by buildingSMART (formerly the International Alliance for Interoperability, IAI) to facilitate interoperability in the architecture, engineering and construction (AEC) industry

IEC 62337 определяет конкретные этапы и вехи в вводе в эксплуатацию электрооборудования, приборов и систем управления в обрабатывающей промышленности. IEC 61987 определяет стандарт для облегчения понимания измерения и контроля процесса описания оборудования при передаче из одной партии в другую.

II ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ ИНЖЕНЕРНОЙ КАТЕГОРИИ

Производственная система инженерных стандартов может соединить инженерные инструменты из разных дисциплин, например, из системной инженерии, механической части заводской инженерии, электротехнического проектирования, технологических процессов, управления технологическими процессами проектирования, разработки человеко-машинного интерфейса (HMI), PLC программирования, и программирования для роботов.

В производственной системе инженерной категории, есть несколько важных стандартов, которые играют решающую роль в улучшении производственной системы инженерной эффективности, как показано в таблице 2. В то время как большинство из этих стандартов служат для весьма специфических функций, два из них являются основными методами, которые лежат в основе значительной части работ в производственной системе современного машиностроения.

Systems Modeling Language (SysML) от OMG является языком информационного моделирования общего назначения для систем инженерных приложений. Он

поддерживает процессы спецификации, анализа, проектирования, верификации и проверки достоверности широкого спектра систем и систем-систем (SoS), и особенно полезен для крупных проектов, таких как производственные системы. Modelica [92] представляет собой объектно-ориентированный, декларативный, многодоменный (для многих областей применения) язык информационного моделирования.

Modelica широко используется в приложениях, информационном моделировании сложных физических систем и, в частности для моделирования механических, электрических, электронных, гидравлических и тепловых подсистем, контроля за электроэнергией или ориентированных на процессы подкомпонент производственных систем. В автоматизации инженерной области производственных систем, IEC 61131 является широко принятым стандартом для программируемых контроллеров, в том числе требований к оборудованию и испытаниям, связи, функциональной безопасности, языков программирования, а также рекомендаций по их реализации. В частности, IEC 61131-3 является наиболее широко принятым стандартом, определяющим языки программирования для PLCs, встроенных элементов управления и промышленных персональных компьютеров.

IEC 61499 является открытым стандартом для распределенных систем управления и автоматизации, на которых целые приложения могут быть построены из функциональных блоков (FB) с триггерами событий. Этот стандарт не был принят промышленностью, хотя этому в значительной мере пыталось способствовать академическое сообщество, так как он сегодня не обеспечивает прочную основу для следующего поколения систем промышленной автоматизации.

IEC 61804 определяет FB для управления технологическим процессом.

IEC 62714, AutomationML, соединяет между собой информационные инженерные инструменты из различных дисциплин, например, механической части заводской инженерии, электротехнического проектирования, технологических процессов, инженерного управления технологическими процессами, разработки HMI, PLC программирования, и программирования для роботов и т.д. [12].

AutomationML включает в себя различные стандарты посредством строго типизированных связей через форматы, включая CAEX (IEC 62424) для свойств и отношений объектов в их иерархической структуре, COLLADA для режимов графических атрибутов и кинематики и PLCopen XML для логических элементов.

IEC также имеет набор стандартов для моделирования и настройки производственного оборудования, таких как IEC 62453-2 для устройства спецификации интерфейсов полевых инструментов, и IEC 61804-3 с указанием языка описания электронных устройств (EDDL). ISO 18828 находится в стадии разработки ISO TC184 / SC4 для стандартизированных процедур для производственной системной инженерии.

Для производственной инженерной практики, IEC 61508 является международным стандартом для

электрических, электронных и программируемых электронных систем, связанных с безопасностью. Он определяет требования для обеспечения того, чтобы системы были разработаны, реализованы, эксплуатировались и обслуживались на стандартах для уровней полноты безопасности (SIL).

IEC 61511 представляет собой технический стандарт, который определяет практику в области инженерных систем, обеспечивающих безопасность промышленного процесса за счет использования контрольно-измерительных приборов. Этот стандарт является специфицированным для процессов индустрии в конкретных рамках IEC 61508.

ISO 13849 содержит требования по технике безопасности и указания относительно принципов проектирования и интеграции частей, связанных с безопасностью систем управления, в том числе при разработке программного обеспечения.

Таблица 2: Стандарты производственной инженерной системы [6]

Standard	Description
SysML	Systems Modeling Language (SysML) dialect of the Unified Modeling Language (UML) for systems engineering applications owned by OMG.
Modelica	Modelica® is a non-proprietary, object-oriented, equation based language to conveniently model complex physical systems containing managed by Modelica Association
IEC 61131	An IEC standard for programmable controllers.
IEC 61499	An open standard for distributed control and automation based on basic building blocks from which entire applications may be built.
IEC 61804	Function blocks (FB) for process control Part 2: Specification of FB concept Part 3: Electronic Device Description Language (EDDL)
IEC 61508	Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems.
IEC 61511	Safety instrumented systems for the process industry sector ;
ISO 13849	Safety of machinery -- Safety-related parts of control systems
IEC 62714	Automation ML - Engineering data exchange format for use in industrial automation systems engineering.
IEC 62453	Field device tool (FDT) interface specification
ISO 18828	Standardized procedure for production systems engineering in development

Стандарты управления данными в течение жизненного цикла производства, определяют общие информационные модели интеграции данных, совместного использования, обмена и передачи информационной эстафеты по этапам для поддержки жизненного цикла производственных мощностей.

Выбранный набор важных стандартов управления данными производства в течение жизненного цикла, приведен в таблице 3.

Таблица 3: Стандарты управления данными производства в течение жизненного цикла [6]

Standard	Description
ISO 10303-239	Product lifecycle support
ISO 15926	Industrial automation systems and integration -- Integration of lifecycle data for process plants including oil and gas production facilities
ISO 16739	Industry Foundation Class (IFC) - Building information modeling standard developed to facilitate interoperability in the architecture, engineering and construction (AEC) industry
IEC 62890	Lifecycle management for systems and products used in industrial-process measurement, control and automation

Изучение информационного моделирования позволило практикам установить, что ISO 10303 AP 239 (PLCS) имеет наибольший потенциал для моделирования производственной системы для ее жизненного цикла.

Тем не менее, необходимы рекомендации относительно того, как использовать PLCS для представления предметно-ориентированных объектов, таких как, например, обрабатывающие центры.

ISO 15926 является наиболее широко используемым стандартом управления данными производственного жизненного цикла в перерабатывающей промышленности. ISO 15926 -1 определяет структуру классов различных явлений или явлений, которые существуют во времени и пространстве в этой отрасли.

Благодаря общему характеру модели данных в PLCS 15926, стандарт 15926 определяет и модель эталонных

данных в части 4 обеспечивает более полезные объекты для представления технологических установок. ISO 16739 определяет общую модель данных для построения жизненного цикла поддержки, которые могут быть применены к производственным предприятиям. Развитие IEC 62890 определяет стандарты для управления жизненным циклом для систем и продуктов, используемых в промышленных процессах измерения, контроля и автоматизации.

Стандарты O&M определяют обработку данных, связь и стандарты представления для мониторинга и диагностики состояния машин, для поддержания адекватной производительности систем, а также для поиска путей повышения производительности. Таблица 4 показывает выбранный набор стандартов O & M.

Таблица 4: Набор стандартов O & M производственных систем [6]

Standard	Description
ISO 13374	The standard establishes general guidelines for software specifications related to data processing, communication, and presentation of machine condition monitoring and diagnostic information.
MIMOSA OSA-CBM	The Open System Architecture for Condition-Based Maintenance (OSA-CBM) specification is a standard architecture for moving information in a condition-based maintenance system.
MIMOSA OSA - EAI	Open System Architecture for Enterprise Application Integration (OSA-EAI) specification provides an information exchange standard to allow sharing information between enterprise systems and a relational database model to allow storage of the same asset information.
ASME B5.59.2M	Information Technology for Machine Tools Part2 – Data Specification for Properties of Machine Tools for Milling and Turning

Стандарты поддержки производства O & M включают архитектуру открытых систем MIMOSA Open Systems Architecture for Enterprise Application Integration для интеграции корпоративных приложений (OSA-EAI) технических характеристик и состояний на основе технического обслуживания (CBM) технические характеристики, которые широко используются в нефтяной и газовой промышленности. ISO 13374 также определяет обработку данных, связь и стандарты представления для мониторинга и диагностики состояния машин.

В будущих ASME B5.59-2 будут рассмотрены производительность и возможности для станков в любой момент их жизненного цикла, например, во время спецификации, после тестирования приемке в эксплуатацию, или во время работы. ASME B5.59-2

обращается только с информацией, относящейся к самому станку, и не включает в себя информацию, относящуюся к процессу.

III БИЗНЕС-ЦИКЛ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЦЕПОЧКАМИ ПОСТАВОК

Электронная коммерция имеет решающее значение сегодня для того, чтобы был осуществлен любой вид бизнеса или коммерческой сделки, и всегда включает в себя обмен информацией между заинтересованными сторонами.

На рисунке 1 показан план цикла возврата для управления цепочкой поставок для производства.

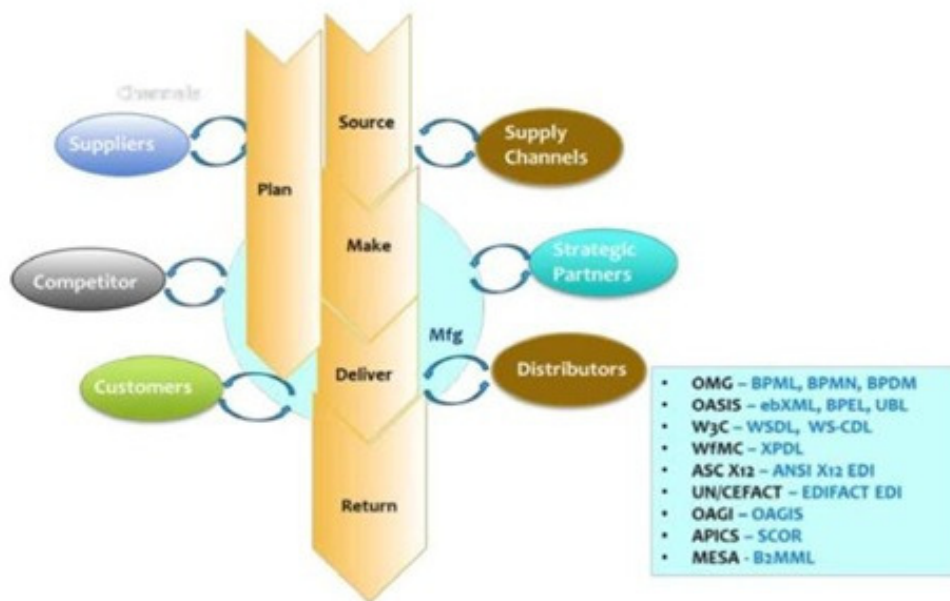


Рис. 1. Стандарты для циклов цепочек поставок [11]

Стандарты взаимодействия между производителями, поставщиками, клиентами, партнерами и даже конкурентами включают в себя общие стандарты информационного бизнес-моделирования (в таблице 5),

а также конкретные производственные стандарты информационного моделирования и стандарты соответствующих протоколов сообщений.

Таблица 5: Общие стандарты, используемые для моделирования и выполнения бизнес-процессов [6]

SDO	Standards	Description
OMG	BPMN	Business Process Modeling Notation- A standardized graphical notation for drawing business processes which also defines a metamodel and interchange format
	BPDM	Business Process Definition Metamodel - Provides abstract concepts to express business process models
WfMC	XPDL	XML Process Definition Language - business process models that addresses both the graphics and the semantics and can be executed, stored, and exchanged
OASIS	ebXML	Electronic Business XML - uses the Extensible Markup Language (XML) to standardize the secure exchange of business data
	BPEL	An orchestration language for specifying business process behavior based on Web Services; XML-based business process models that can be executed, stored, and exchanged
	UBL	A generic XML interchange format for business documents that can be customized to meet the requirements of particular industries
W3C	WSDL	WSDL is an XML format for describing network services as a set of endpoints operating on messages containing either document-oriented or procedure-oriented information.
	WS-CDL	Web Services Choreography Description Language - describes interoperable, peer-to-peer collaborations between participants
ASC X12	ANSI X12	One of the most widely adopted Electronic Data Interchange (EDI) document standards developed by ANSI chartered the Accredited Standards Committee (ASC) X12
UN/CEFACT	EDIFACT	Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport - an international EDI standard developed by the United Nations.
OAGi	OAGIS	XML based specifications for defining business messages, and for identifying business processes (scenarios) that allow businesses and business applications to communicate
APICS	SCOR	A supply chain framework, linking business processes, performance metrics, practices and people skills into a unified structure
MESA	B2MML	An XML implementation of the ANSI/ISA-95, Enterprise-Control System Integration

Эти стандарты являются ключом к повышению эффективности цепочек поставок и маневренности производства. Здесь выделяются три набора конкретных

производственных стандартов критически важных для интеграции спецификаций: APICS Supply Chain Operations Reference (SCOR), Open Applications Group Integration Specification (OAGIS), и MESA.

SCOR представляет собой процесс эталонного информационного моделирования цепочки поставок Совета Supply Chain Council (SCC) (ныне часть APICS) и является стандартом де-факто, который идентифицирует и продвигает лучшие практики в области управления и функционирования цепочек поставок в деятельности многих отраслей промышленности. SCOR является инструментом управления, охватывающий цепочку поставок от поставщиков до поставщиков и от поставщиков до клиентов заказчика.

Модель описывает бизнес-деятельность, связанную со всеми этапами удовлетворения требований заказчика. Модель использует подход, основанный на трех основных принципах: моделирование процессов и реинжиниринга, измерения производительности и передового опыта. Модель SCOR является текстовой в своей основе и, следовательно, непосредственно не пригодна для автоматизации.

OAGIS включает в себя набор инженерных и спецификаций бизнес сообщений под названием Business Object Documents (Bods), которые определяют общие модели контента и сообщений для обмена данными между бизнес-приложениями. OAGIS также предлагает руководства для их реализации.

Содержание OAGIS охватывает многие отрасли и функции, в том числе электронной коммерции, производства, логистики, управления взаимоотношениями с клиентами и планирования ресурсов предприятия (ERP). Он включает в себя не только определенные форматы для распространенных типов сообщений, используемых в производственных областях, но и механизмы для расширения и применения стандартов для конкретных нужд.

Стандарт может служить в качестве определения строительных блоков для индивидуальных обменов данными. ME3A B2MML является хорошо принятой в реализации информационной моделью данных ISA-95. Она облегчает интеграцию систем управления

цепочками поставок с ERP и с производственными системами, такими как системы управления и MES.

IV ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПИРАМИДА

Производственная Пирамида является ядром экосистемы SM, где жизненный цикл продукции, жизненный цикл производства, и бизнес-циклы сходятся и взаимодействуют между собой.

В смарт-операциях, поведение автономных и интеллектуальных машин, в том числе их самосознание, мышление и планирование, и самокоррекция являются ключевыми, но информация о результатах такого поведения должна перемещаться вверх и вниз по производственной пирамиде.

Эта информационная интеграция с машинами для внедрения в корпоративных системах является жизненно важной и критически зависит от стандартов.

Стандарты с интеграцией и поддержкой SM позволяют:

- 1) Осуществить доступ к полевым производственным данным и для принятия быстрых решений и оптимизации пропускной способности самого производства и качества его работы,
- 2) Собрать точные показатели использования энергии и материалов,
- 3) Добиться улучшения безопасности и повышения устойчивости производства.

На рисунке 2, мы разделим стандарты интеграции, основанные на иерархии ISA 95 [34], которые также были включены в ISO / IEC 62264.

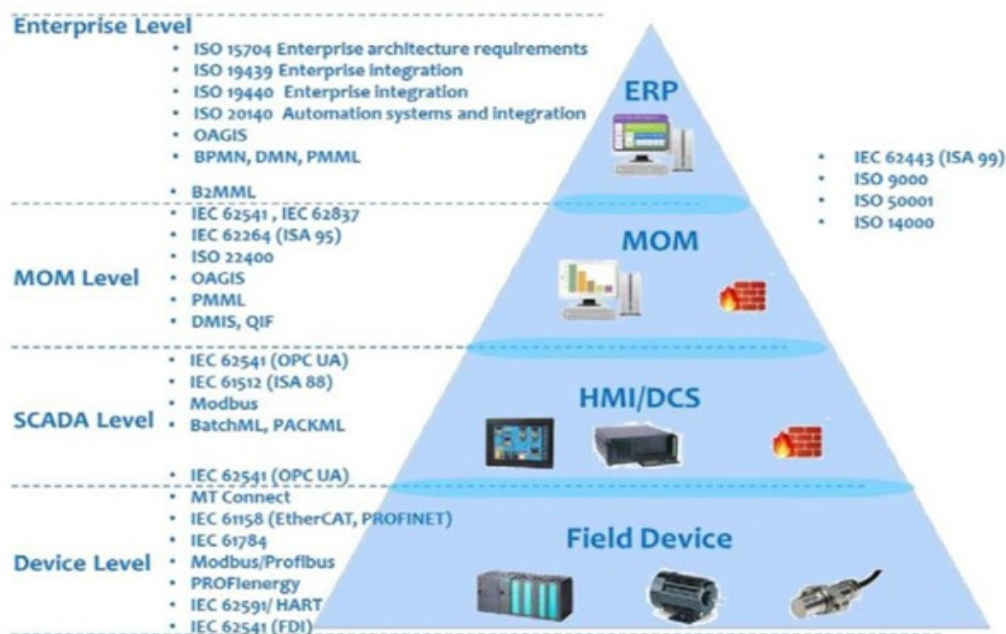


Рис. 2. Производственная пирамида от сбора объективных данных с поля до ERP [11]

ISA 95 является широко используемой эталонной

моделью для разработки автоматизированных интерфейсов между системами предприятия и управления. Этот стандарт был разработан для мировых производителей и предназначены для применения во всех отраслях промышленности как для дискретных так для и непрерывных процессов.

А. Уровень предприятия

ISO 15704 определяет требования к базовым корпоративным архитектурам и методологию. Стандарты ISO 19439 и 19440, перечисленные на рисунке 5 определяют рамки и характеристики основных конструкций и информационных моделей, необходимых для деятельности на уровне предприятий.

ISO 20140 устанавливает обзор и общие принципы метода для оценки экологического воздействия производственных систем. OMG модель бизнес-процессов Business Process Model Notation (BPMN) представляет собой графическое представление и часто используется для определения процессов в информационной модели бизнес-процесса производства.

Предсказательные информационные модели на базе

языка Markup Language (PMML), разработанные Группой Data Mining Group (DMG) представляют собой формат для определения статистических и информационных моделей данных интеллектуального анализа данных. PMML может быть также адаптирована на уровне MOM. Стандарт информационных моделей и нотаций Decision Model and Notation (DMN) разрабатывается OMG, чтобы ликвидировать разрыв между бизнес-решениями проектирования и дизайна и реализацией этих решений. OAGIS определяет общую информационную модель содержания для интеграции корпоративных приложений.

В. Уровень MOM

Уровень MOM: Управление операциями производства, или MOM, относится к приложениям, которые контролируют операции на уровне завода или фабрики. В таблице 6 приведены некоторые важные стандарты уровня MOM.

Таблица 6: Стандарты уровня MOM
[6]

SDO	Standards	Description
OMG	BPMN	Business Process Modeling Notation- A standardized graphical notation for drawing business processes which also defines a metamodel and interchange format
	BPDM	Business Process Definition Metamodel - Provides abstract concepts to express business process models
WfMC	XPDL	XML Process Definition Language - business process models that addresses both the graphics and the semantics and can be executed, stored, and exchanged
OASIS	ebXML	Electronic Business XML - uses the Extensible Markup Language (XML) to standardize the secure exchange of business data
	BPDL	An orchestration language for specifying business process behavior based on Web Services; XML-based business process models that can be executed, stored, and exchanged
	UBL	A generic XML interchange format for business documents that can be customized to meet the requirements of particular industries
W3C	WSDL	WSDL is an XML format for describing network services as a set of endpoints operating on messages containing either document-oriented or procedure-oriented information.
	WS-CDL	Web Services Choreography Description Language - describes interoperable, peer-to-peer collaborations between participants
ASC X12	ANSI X12	One of the most widely adopted Electronic Data Interchange (EDI) document standards developed by ANSI chartered the Accredited Standards Committee (ASC) X12
UN/CEFACT	EDIFACT	Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport - an international EDI standard developed by the United Nations.
OAGi	OAGIS	XML based specifications for defining business messages, and for identifying business processes (scenarios) that allow businesses and business applications to communicate
APICS	SCOR	A supply chain framework, linking business processes, performance metrics, practices and people skills into a unified structure
MESA	B2MML	An XML implementation of the ANSI/ISA-95, Enterprise-Control System Integration

IEC 62264 является международным стандартом для интеграции системы управления предприятием и основан на ISA 95. IEC 62264 определяет информационные модели деятельности, функциональные модели и модели объектов в домене MOM.

Business to Manufacturing Markup Language (B2MML), опубликованный MESA, является реализацией IEC

62264 для связи систем ERP и управления цепочками поставок (SCM) с производственными системами, такими как Manufacturing Execution Systems (MES).

ISO 22400 определяет ключевые показатели эффективности (KPI), используемые в управлении операциями производства.

QIF представляет собой набор стандартов, позволяющих циркулировать информации в рамках систем измерения качества автоматизированных систем.

PMML от DMG может быть применен на этом уровне для поддержки функций MOM.

C. SCADA и уровень устройств

SCADA и уровень устройств: стандарты уровня SCADA (диспетчерского управления и сбора данных) и стандарты на уровне устройств приведены на рисунке 2 и рассматриваются как стандарты в цехах. Если раньше эти уровни были еще различны, то сейчас это только различие по времени и безопасности для критически важных мероприятий и не критичной ко времени деятельности.

На уровне предприятия это, как правило, организованная иерархия систем управления, состоящих из HMI, PLC, и полевых компонент, таких как датчики и исполнительные устройства. PLCs, как правило, подключены к HMI через не критичные ко времени коммуникационные системы, такие как Ethernet / IP, DeviceNet, ControlNet, PROFINET и EtherCAT.

Полевые шины, такие как PROFIBUS, CAN шины, HART и Modbus, связывает PLCs с полевыми компонентами. Последовательный коммуникационный протокол, Modbus также часто используется для подключения компьютера-супервизора с удаленного терминала (RTU) в SCADA системах.

В то время как регуляция профилей связи в режиме реального времени Ethernet на основе протоколов, таких как EtherCAT, PROFINET и Ethernet / IP охватываются действием IEC 61874, полевые шины, такие как Foundation Fieldbus и PROFIBUS указаны в МЭК 61158.

В дополнение к протоколам связи, описанным выше, существует несколько важных стандартов интеграции, связывающих контрольные функции до уровня MES и систем уровня предприятия, такие как OPC и OPC UA (Unified Architecture), MTConnect, PackML и BatchML.

OPC UA представляет собой промышленный протокол связи машина-машина на базе сервис-ориентированной архитектуры (SOA). Кроме того, OPC UA обеспечивает гибкую структуру информационной модели для создания и раскрытия кастомизированной информации настроенной стандартным образом, в тех случаях, когда пользователи OPC UA согласились с настройками.

Некоторые из этих настроек содержатся в стандартах компаний для разных областей применения, например, OPC UA для ISA 95, OPC UA для Field Device Integration (FDI), OPC UA для Analyzer Devices (ADI) и OPC UA для PLCopen (IEC 61131-3).

MTConnect используется для доступа к данным в реальном времени от цехового производственного оборудования, таких как, например, станки. ISA 88 является стандартом для перерабатывающей промышленности и определяет физические модели, процедуры и рецепты. Он был принят МЭК в МЭК 61512. PackML является стандартом, который используется в перерабатывающей промышленности как часть ISA 88 стандартов. BatchML является реализацией ISA 88 для связи систем управления для MES. Стандарты, поддерживающие системы производственного цеха на этом уровне представлены в таблице 7.

Таблица 7: Стандарты уровня SCADA и стандарты уровня устройств [6]

Standards	Description
IEC 61512	ISA-88 - defines terminology, reference models, data models (including recipe model) for batch control as used in the process industries.
BatchML	BatchML is an XML implementation of the ISA-88
PackML	Packaging Machine Language, defines a common approach, or machine language, for automated machines. PackML was adopted as part of the ISA88 industry standard in August 2008.
IEC 62541	OPC Unified Architecture - an industrial M2M communication protocol for interoperability developed by the OPC Foundation.
IEC 61158	The standard specifies industrial communication networks – Fieldbus including ControlNet and Profibus.
IEC 61784	This standard defines a set of protocol specific communication profiles based on the IEC 61158 series and real-time ethernet communication profiles. to be used in the design of devices involved in communications in factory manufacturing and process control.
ISO 11898	Controller Area network (CAN) -a serial communication protocol that supports distributed real-time control and multiplexing for use within road vehicles
IEC 62591	The standard specifies Wireless communication network and communication profiles – WirelessHART.
MTConnect	MTConnect is a lightweight, open, and extensible protocol designed for the exchange of data from shop floor equipment to software applications used for monitoring and data analysis.
IEC/PAS 62030 (Modbus)	Modbus is a de facto standard providing serial communications protocol to connect industrial electronic devices; Modbus is often used to connect a supervisory computer with a remote terminal unit (RTU)/PLC in supervisory control and data acquisition (SCADA) systems.
MQTT	An extremely lightweight publish/subscribe messaging transport for connections with remote locations where a small code footprint is required and/or network bandwidth is at a premium.

D. Перекрестные уровни

Перекрестные уровни: несколько стандартов пересекают все уровни и определяют системы безопасности производства, процессы управления качеством, управление энергопотреблением и управлением защиты окружающей среды.

В таблице 8 перечислены несколько производственных стандартов кросс-уровня. ISA / IEC-

Standards	Description
IEC 62443 (ISA 99)	IEC-62443 defines procedures for implementing electronically secure Industrial Automation and Control Systems (IACS).
ISO 9000	ISO 9000 is a quality management standard that presents guidelines intended to increase business efficiency and customer satisfaction.
ISO 50001	The standard specifies the requirements for establishing, implementing, maintaining and improving an energy management system, to improve organizations energy performance, including energy efficiency, energy security, energy use and consumption
ISO 14000	The ISO 14000 family of standards provides practical tools for companies and organizations of all kinds looking to manage their environmental responsibilities.

Концепция производства и электронных систем контроля безопасности применяется в самом широком смысле, охватывающем все виды производств, объектов и систем во всех отраслях промышленности.

Семейство стандартов ISO 9000 систем качества менеджмента разработано, чтобы помочь производителям гарантировать, что они отвечают потребностям клиентов и других заинтересованных сторон при соблюдении законодательных и нормативных требований, связанных с их продуктом.

ISO 50001 определяет требования для создания, внедрения, поддержания и совершенствования систем управления энергопотреблением для производственного бизнеса.

ISO 14000 представляет собой серию стандартов экологического менеджмента, содержащих рекомендации о том, как систематизировать и повысить эффективность усилий по управлению защитой окружающей среды.

V РОЛЬ СТАНДАРТОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВ В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ

Стандарты играют большую роль в обеспечении экономического роста во всем мире. Грубо говоря, 80% мировой торговли товарами зависит от стандартов и нормативно-правовых актов, которые воплощаются стандартами.

В Соединенных Штатах, экономическое влияние стандартов, к примеру, не отслеживается. Нам известно сегодня, что только в Великобритании это делается достаточно давно и регулярно. Мы исследовали это и опубликовали работу [12], к которой и отсылаем читателя заинтересованного этой темой.

На основе исследования в Великобритании, опубликованном уже в 2005 г. (есть и более поздние, но специально приводим более раннее) поименованного

62443, ранее ISA 99, представляет собой серию стандартов, технических отчетов, а также связанной с ними информации, которая определяет процедуры для осуществления их в электронном виде обеспечения промышленной автоматизации и систем управления.

Таблица 8: Стандарты, которые используются на всех уровнях производственной пирамиды [6]

как Эмпирическая Экономика стандартов, стандарты делали уже тогда ежегодный взнос в размере 2,5 млрд. в экономику Великобритании и 13% роста производительности труда объясняется ролью стандартов [12].

Сегодня в цифровой экономике Великобритании стандартизация информационных моделей разного вида одна из центральных тем, а вклад стандартизации в экономику невероятно вырос на цифровом ее этапе.

Изучение экономических преимуществ стандартизации, проведенных немецким институтом стандартизации (DIN) и Федеральным министерством экономики и технологий в 1997-2000 на основе 700 компаний нашло пользу стандартов для национальной экономики больше, чем на \$15 млрд. в год, но это было только разовое исследование страны, которая одна их лидеров мира промышленности.

Они, как и британцы, также обнаружили, что компании, которые участвуют в разработке стандартов, имеют фору по отношению к своим конкурентам в адаптации к требованиям рынка и новым технологиям.

Не трудно предположить какую огромную, и мы бы сказали определяющую, роль играют стандарты информационно моделирования в промышленности.

Однако, пользуясь совершенно оправданным методом аналогий уже проведенной цифровой трансформации аналоговой строительной индустрии в цифровую [13,14,15,16,17], широко известной как информационное моделирование зданий или BIM можно привести только две цифры — 30% сокращения стоимости изделия (здания) и 50% сокращения времени создания изделия (здания).

Неудивительно, что трансформация строительной отрасли очень быстро переросла в Великобритании в тотальное применение информационного моделирования как базы цифровой экономики, дополняемой многими инновациями и в первую голову

интернетом вещей.

Расчеты показывают, что это только совсем верхняя часть айсберга экономии за счет внедрения информационных моделей и технологий и оценка сокращения стоимости в строительстве может достигать 75% от аналоговой. Как обычно мы отсылаем читателя к уже опубликованным работам на эту тему [13,14,15,16,17].

Не менее впечатляют и расчетные показатели цифровой трансформации железной дороги в цифровую железную дорогу. Это увеличение пропускной способности железной дороги на 40% и снижение стоимости перевозок на 30%.

Как и в случае BIM, это только гарантированный результат первого этапа трансформации. При этом время таких трансформаций фантастически мало по сравнению с тем, что было ранее известно при одновременном достижении целой группы (а не одного результата). Читатель может также свободно ознакомиться с этими работами по цифровой железной дороге и роли в этой трансформации стандартов и информационных моделей в работах [18,19,20,21,22,23,24].

Очень важно отметить еще раз и другое: многое в эти трансформации из информационных технологий пришло из промышленности и многое - из достигнутого в этих цифровых трансформациях, когда готовые компоненты включаются в процесс цифровой трансформации промышленности.

Для производств, основанных на применении цифровых технологий, уже мало подходят старые здания заводов и фабрик. Для них уже строятся новые по технологиям BIM. BIM уже стал одним из оснований производственной пирамиды и частью интегрированных информационных технологий (информационного моделирования) в новой парадигме производства. Второй пример с цифровой трансформацией железной дороги очень показателен для демонстрации изменений в производственной парадигме при цифровой трансформации — потребовался новый или глубоко модернизированный промышленно подвижной состав, перестройка и переоснащение новой промышленной продукцией вокзалов, станций, грузовых терминалов, ремонтных депо и всей инфраструктуры железных дорог.

Так информационные трансформации резко подстегивают изменения в самой промышленности и ее цифровую трансформацию и изменение производственных парадигм за счет невероятной прибыльности и быстрой реализации правильно рассчитанных и осуществленных проектов информационно моделирования и внедрения на их базе новых информационных технологий и в первую голову интернета вещей. Так очень быстро раскручивается спираль преобразований в цифровой экономике.

Именно поэтому информационные по сути своей стандарты являются ключевыми компонентами для изменений сегодня парадигм производства и не только собственно его, а всего уклада экономической жизни. Они обеспечивают ту основу, на которой можно

объединить специализированные знания для создания высокоэффективных систем производства. Общая сумма усилий по такой стандартизации в области производства огромна. Стандарты содержат определения данных, детальные информационные модели и информационные отношения, а также протоколы интерфейсов для всех трех жизненных циклов.

Они поддерживают конструкции изделий и управление, проектирование производственных систем, а также интеграцию цепей добавочной стоимости бизнеса. Это является основой, на которой информация может проходить через уровни производственного контроля, а также между партнерами в производственном предприятии, в том числе, через различных поставщиков программного обеспечения и поставщиков устройств, которые принимают участие, предоставляя свой опыт для этих систем в виде коммерческих продуктов. Именно это служит основой развития программирования и электроники. Стандарты позволяют четкое разделение задач между участниками, эффективно снижают затраты при одновременном повышении надежности и эффективности.

Через несколько жизненных циклов в некоторых отраслях промышленности стандарты становятся более зрелыми, чем в других. В дискретном производстве, которое характеризуется отдельными частями, из которых собраны конечные продукты, стандарты вдоль всего жизненного цикла продукта достаточно хорошо позиционируются для поддержки Smart Manufacturing. В мире непрерывного производства, однако, стандарты не установлены, а также пока их нет готовыми для управления данными процессов производства. Системы производственных инженерных стандартов более разнообразны и обычно могут быть применены в обеих категориях производства. В рамках производственной пирамиды, стандарты связи, хорошо известны, но возможность взаимодействия между системами несколько ограничены, а это означает, что производители, как правило, фиксируются в единое решение поставщика комплексного решения.

VI БАРЬЕРЫ НА ПУТИ РОСТА SMS И ВОЗМОЖНОСТИ ПО ИХ ПРЕОДОЛЕНИЮ

На всем жизненном цикле существуют некоторые хорошо установленные стандарты, однако уровень, на котором информация смыкается с производственными системами весьма ограничен. Другие пробелы в способности стандартов для удовлетворения интеллектуальных потребностей производства существуют и это предмет дальнейшего развития.

Помимо пробелов, в стандартах есть два других барьера на пути внедрения, которые подавляют рост SMS.

1) Отсутствие отслеживания стандартов и принятия (адаптации) стандартов. Огромное количество стандартов может ввести в заблуждение, так как многие стандарты никогда не используются. Ряд стандартов, которые активно продаются, составляют небольшую

часть, предлагаемых для продаж, то есть многие стандарты попросту не используются. В 1996 году в докладе NIST определили, что 25-30% стандартов США, можно определить, как устаревшие и, конечно же, сегодня это число выросло. В SDOs редко инактивируют (выводят из действующих) стандарты, как только они были опубликованы. Результатом этого является то, что производители и их сети поддержки, в виде программного обеспечения и провайдеры устройств, которые пытаются ориентироваться на такие стандарты, остаются без компаса, чтобы помочь им найти свой путь в бизнесе.

2) Перекрывание и избыточность между стандартами. Три практики вызывают дублирование и избыточности. Первоначальные стандарты возникают от систем национальных, региональных, международных стандартов и иногда идентичны эквивалентным или каким-либо иным образом связаны, но часто это приводит к путанице, и к обращению к наиболее авторитетному источнику. Во-вторых, стандарты в одних и тех же технических областях, но и в различных областях применения определяются независимо друг от друга. Например, методы материального-тестирования, определенные для различных отраслей промышленности иногда не согласуются. Для США, например, третья избыточность возникает из системы плюралистических стандартов. В системе плюралистических стандартов, никакой орган не санкционирует разработку стандартов. Эта система отражает культурную индивидуализацию и веру в рыночную экономику в этой стране. В США насчитывается 600 SDOs, которые осуществляют текущие программы по стандартизации. К сожалению, в России мы также наблюдаем бурное развитие «самодеятельной стандартизации», которая не только, как правило, ни что не опирается в опыте применения, а просто служит целям проталкивания конкретных бизнес интересов под модными лозунгами цифровой экономики. Это представляет огромную угрозу для объявленной программы цифровой трансформации в России и очень сильно дезориентирует лояльных к цифровой экономике производителей страны. Помимо этого по мере увеличения числа производственных стандартов, появляется больше возможностей для избыточности и дублирования результатов. Такие организации стандартизации в России не только конкурируют друг с другом, чтобы писать стандарты, они иногда пишут противоречивые стандарты, таким образом, ставя совсем ложные цели. По словам одного старого программиста, "мы создаем спагетти из кодов в наших стандартах"

Для решения вопросов относительно не отслеживаемых и перекрывающихся стандартов, согласование и сотрудничество между SDOs необходимо осуществлять в четком соответствии с федеральным Законом о стандартизации. На наш взгляд, хотя мы и не являемся сторонниками еще одного удивительного явления зарегулированности написания законов Российской Федерации под любые новые

информационные технологии (никто не запрещает производить софт и электронику и ее покупать), в данном случае изменения в сторону усиления роли стандартов, скорее всего, уместны после тщательного анализа этих чрезвычайно вредных явлений, особенно когда они инициированы госкорпорациями или напрямую финансируются из бюджета. Но и в этом должна быть мера.

Отельная и очень большая проблема это взаимодействие с международными организациями по стандартизации и развитие прямых отношений с национальными мировыми лидерами в этом вопросе. Так Китай уже в 2014 году подписал соглашение о локализации и адаптации стандартов по цифровым стандартам с BSI, и уже вышло много дополнений к первоначальному соглашению. Все это меры создания согласованных экосистем стандартов. Согласованными стандартами, как это определено ISO являются "эквивалентные стандарты по той же теме, утвержденные различными органами по стандартизации, которые устанавливают взаимозаменяемость продукции, процессов и услуг, взаимное понимание результатов испытаний или информации, предоставленной в соответствии с этими стандартами». Именно к этому необходимо стремиться в России и не только в цифровой трансформации промышленности.

Тема эта не нова и немного напоминает, по сути, подготовку сводов законодательства так имеет общие корни регулирования. Исторически сложилось так, было предпринято несколько попыток гармонизации стандартов. Первая международная гармонизация произошла, когда ISO была создана в 1947 году. До Второй мировой войны, стандарты по всему миру были национальными по своему охвату, часто их разработка финансировалась правительством через национальные органы по стандартизации. Тогда были разработаны стандарты для обслуживания конкретные потребности страны и на благо отечественного поставщика, и эта древняя история до сих пор в России рассказывается как актуальная сегодня.

Тем не менее, стандарты для аналогичных продуктов, утвержденных различными национальными органами по стандартизации, создают трудности не только для глобальных компаний, но и для получения цифровых дивидендов. Торговые барьеры приводят к тому, что продукты, предназначенные для одного рынка, могут быть заблокированы на других рынках, основанных на различных национальных требованиях. ISO была создана с целью содействия развитию торговли в первую очередь, путем открытия рынков во всем мире. Теперь мы видим, что есть тенденция для многих SDO, чтобы быть глобальными и на этот факт в России тоже упорно не хотят обращать никакого внимания.

Парадокс ситуации в том, что большинство из этих SDO фанатично придерживаются открытой стандартизации и являются абсолютно необходимыми для российской цифровой экономики и могут реально стать ее катализаторами, одновременно из-за принципов открытости соответствуя российской политике защиты национальных интересов. То же самое можно сказать и

про организации открытого программного кода. Применение их платформ уже давно поддерживают правительства таких стран, как США и Великобритании, как более экономически выгодные решения, исключая зависимость от отдельных поставщиков и что очень важно в контексте новой парадигмы производств — эффективного средства преодоления информационного силоса.

Проще говоря, если не добыть информацию из замкнутых информационных силосных башен», то нельзя будет получить информацию или нефть 21 века, а значит, нечего будет перерабатывать в бензин 21 века цифровые информационные модели и двигатель цифровой экономики просто остановится.

Многие из организаций, упомянутых нами, превратились в международные организации, уйдя от их национального происхождения, часто сбросив исходные значения их сокращений и наименований одновременно. Например правительство США отошло от конкретных государственных информационных стандартов (известных как Federal Information Processing Standards или FIPS и военных стандартов Соединенных Штатов или MILSPECS) и пришло к принятию стандартов, разработанных публичными SDO, во многих областях цифровой экономики. Мир стандартизации очень сильно изменился.

Так десять лет назад, 80% всех работ по стандартизации в европейских органах по стандартизации были сосредоточены на работах на национальном уровне, а остальная часть, была связана с международными усилиями в области развития. Сегодня это соотношение обратное: 80% стандартов это в работы международных органов стандартизации и тут тоже предмет для огромной работы в России - наше представительство в международных органах стандартизации по информационным технологиям невероятно ослаблено. Там, где существует перекрытие между российскими интересами и этими организациями по стандартизации, необходимо иметь, по крайней мере, связь, которая отвечает за выяснение и опосредование критических различий.

Часто SDOs, как уже говорилось, аккредитованные там создают также совместные рабочие группы с международными организациями и могут очень существенно помочь России в решении этой большой для нас проблемы. Необходимо сказать, что совершенно логично цифровые технологии уже используются для создания непротиворечивых экосистем стандартов.

Так BSI успешно применяет хорошо известный программистам механизм паттернов. В России есть очень существенный потенциал для такого рода решений и эту цифровую трансформацию в стандартизации тоже надо экстренно планировать.

Подводя итог, в этом этапе развития

интеллектуальных требований для производства необходимость согласования дальнейших стандартов и упреждающая необходимость разрабатывать и внедрять повсеместно распространенные стандарты существует в России больше, чем когда-либо прежде. Для производителей России это не только возможность охватить возникающие мировые информационные и коммуникационные технологии и их использовать, но и экстренная необходимость выйти на глобальные рынки и инновационные бизнес-модели, а также обеспечить быструю эволюцию проектирования и создания новой продукции и новых технологий, основанных на нужных для этого стандартах, которые должны быть четкими и однозначными, и это абсолютно необходимо при переходе к цифровой экономике.

Ландшафтами стандартов, которые мы обсуждали здесь, определены области технического взаимодействия между различными направлениями усилий по стандартизации, которые, как мы пытались показать, влияют далеко не только на реализацию новых парадигм промышленности, а, в целом, на начавшийся проект цифровой экономики Российской Федерации.

VII ВОЗМОЖНОСТИ СТАНДАРТОВ ДЛЯ SMART MANUFACTURING

Большинство стандартов для производств, созданные за последние 30 лет уже достигли высокой степени зрелости; Тем не менее, для того, чтобы функционировала SMS, разработка дополнительных стандартов необходима. Мы определяем несколько областей в экосистеме SMS, где стандарты могут быть расширены или где должны быть разработаны новые стандарты, и мы отождествляем некоторые новые инициативы, направленные на SMS, которые будут стимулировать развитие как SMS-технологий, так и стандартов.

Полная реализация возможностей SMS потребует замены классической системы изготовления архитектурной парадигмы, основанной на иерархической модели управления. На рисунке 6 показана новая парадигма, основанная на распределенных производственных услугах, которая также называется Кибер Физические системы производства Cyber Physical Production Systems (CPPS).

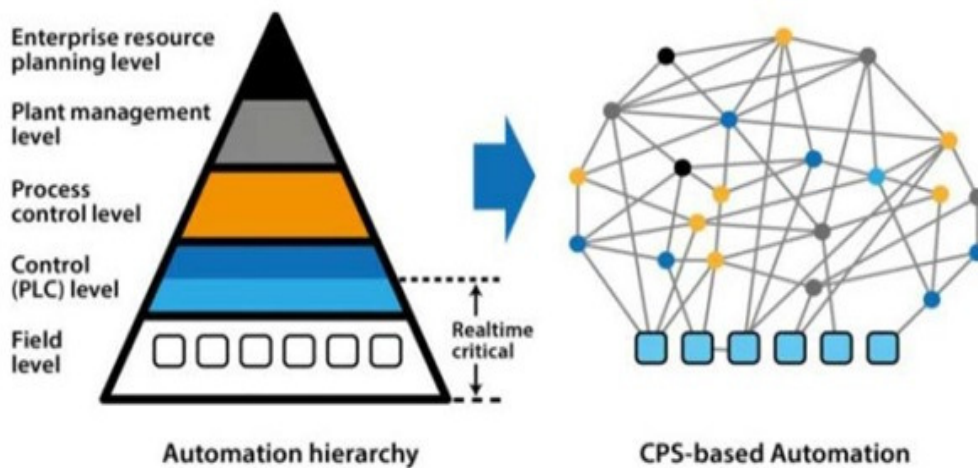


Рис. 3. Разложение иерархии автоматизации с распределенными услугами и сервисами [11]

Сдвиг парадигмы стал возможным благодаря внедрению доступных интеллектуальных устройств в виде сервисов в сети, встроенного интеллекта на каждом уровне, прогнозирующей аналитики, которые позволяют осуществлять реагирующее управление и облачных технологии, которые позволяют виртуализировать управление и инженерные функции на всех уровнях иерархии. С этими доступными возможностями, широкое распространение автоматизации иерархических уровней с использованием новых подходов для управления является реальной возможностью.

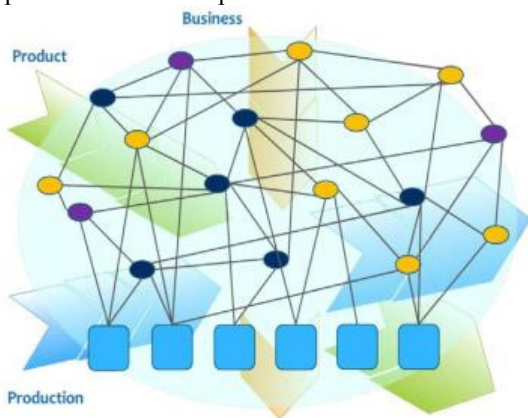


Рис. 4. Сервис ориентированная экосистема умного производства (Smart Manufacturing) [11]

Существующие производственные стандарты далеки от того, что достаточно для сервис-ориентированной

А. Сервис-ориентированная парадигма

Новая сервис-ориентированная парадигма, в конечном счете, превращает смарт-производственную экосистему в полностью соединенную и интегрированную систему, показанную на рисунке 3. Все производственные функции по трем параметрам, так и в производственной пирамиде можно виртуализировать и разместить в качестве услуг, за исключением тех, которые критичны ко времени и функциям производственной безопасности, критически важные из которых остаются на уровне цеха.

смарт-производственной экосистемы. Области, которые нуждаются в поддержке новых стандартов включают эталонную архитектуру, кибер-безопасность, заводские сети, интеграцию цепочек поставок, а также передачу данных от заводского цеха до уровня предприятия. В таблице 9 перечислены возможности этих стандартов, а также типы возможностей, которые они поддерживают.

Таблица 9: Возможности SM стандартов для функционала SM [6]

Standards Opportunity	Eco System Dimension				Capability Supported			
	Product Lifecycle	Production Lifecycle	Business Cycle	Mfg Pyramid	Agility	Productivity	Quality	Sustainability
Cyber Security	X	X	X	X	X	X	X	
SMS Reference Model and Reference Architecture	X	X	X	X	X	X	X	X
CPPS Reference Architecture		X		X	X		X	X
Smart Device Information Model		X		X	X	X		
Intelligent Machine Communication Standards				X	X	X	X	X
Human Machine Interface		X		X	X	X	X	
PLM/MES Integration	X	X		X	X	X	X	X
Cloud Manufacturing	X	X	X	X	X	X		
Manufacturing Sustainability	X	X	X	X				X

Специфические, новые или улучшенные стандарты в этой области улучшат возможности, связанные agility (A), качеством (quality-Q), производительностью (productivity-P) и устойчивостью (sustainability-S).

Первый столбец является областью возможностей для новых стандартов. Вторая колонка показывает, где стандарты влияют на SM Экосистему жизненного цикла продукта Product Lifecycle (PL), систему жизненного цикла производства (PSL), бизнес-циклы (BC) и смарт-пирамиды производства (SPP). Третья колонка показывает, как выглядит карта стандартов с возможностями SMS. Обратите внимание, что мы представляем это не как полный перечень, а, скорее, в качестве отправной точки для исследования и обсуждения инфраструктуры SM стандартов.

Как показано в таблице 9, эталонная архитектура высокого уровня для SMS, включает, в том числе, функциональные модели и архитектурные определения, необходимость внутренней интегрировать функции как внутри предприятия, так и в рамках расширенного предприятия, в том числе между поставщиками и клиентами. Эти модели будут служить основой для динамических возможностей производства и настройки конечных продуктов.

В Информационные модели

Информационные модели, представляющие интеллектуальные устройства в цехах и производственные услуги необходимы также для повышения производительности и гибкости за счет поддержки реконфигурации оборудования, а также чтобы позволить более оптимальную поддержку работоспособности. Референтная архитектура для CPPS позволит осуществлять развитие производственных

модулей, включающих интеллектуальные устройства. Поскольку эти системы систем (SoS) уже доступны, стандарты интеллектуальной связи машин вместе с архитектурной основой позволяют автоматизировать управления системного уровня и добиться прозрачности данных от самых низких уровней производства до более высоких уровней управления.

Это увеличение возможностей автоматизации приносит потребность в новых типах интерфейсов для людей, чтобы взаимодействовать с машинами. Большая часть данных о производительности отдельных машин может быть представлена людям через инструментальные панели, которые также дают возможность прямого контроля. Кроме того, необходимы инструментальные панели для контроля и управления общей системной производительностью. Оптимизация этих интерфейсов является областью активных исследований, и связанные с ним стандарты должны соответствующим образом этому следовать. В ISA сформирован комитет HMI, чтобы разрабатывать стандарты, рекомендовать практики, а также технологические применения.

Кроме того, для проектирования производственной системы, оперативные данные производства необходимы для создания новых конструкций и более лучших планов процессов быстрее. Для управления жизненным циклом продукта, AMP 2.0 рекомендует иметь онтологию данных и фактов, которые собираются, хранятся, визуализируются, ищутся, и совместно используются как статические, так и динамические данные, как по всему жизненному циклу продукта, так и через цепочки поставок. Разработка такого стандарта позволит большую маневренность в цепочке поставок и повторное использование дизайна и проектов продукции для быстрой модернизации.

Данные жизненного цикла изделия в сочетании с данными от производственных процессов могут

позволить дополнительные анализы самих процессов, что приводит к улучшению процесса с точки зрения производительности, устойчивости и качества. Например, анализ эксплуатационных характеристик продукта в его области иногда может выявить проблемы с качеством производства. Одно из видений для SMS является то, что сами продукты могут содержать историю о том, как, когда и где они были изготовлены.

Институт MTConnect начинает создавать стандарты деятельности, которые позволят реализовать этот тип прослеживаемости. Технологии и стандарты для больших объемов данных и создания облаков позволят делать много типов расширенного анализа и других функций, которые будут предоставляться на основе услуг, тем самым, делая их более доступными для производителей.

С. Стандарты, связанные с оценкой устойчивости

Стандарты, связанные с оценкой устойчивости для систем производства развиваются по каждому из аспектов, описанных выше. Текущая практика для оценки устойчивости для производства следовать методологии оценки жизненного цикла (LCA), стандартизированной в серии ISO 14000 по охране окружающей среды.

Эти стандарты действуют с точки зрения управления и используют нисходящий подход к оценке устойчивости к воздействию различных процессов, участвующих в производстве товаров. В SMS, мы предполагаем более точные меры устойчивости к воздействию каждого из производственных процессов на основе оперативных данных для каждого процесса.

Эти меры позволяют делать более точный учет воздействия индивидуальных решений на каждом производственном объекте. Тем не менее, многие проблемы будут существовать, так как оценки устойчивости, по самой своей природе, должны учитывать компромиссы между многими критериями. То, как эти данные могут быть использованы по каждой из размерностей экосистемы SMS, и как устойчивость от воздействия распределяется на различные аспекты производства и продукта, является грандиозной задачей для оценки устойчивости.

Стандарты необходимы для обеспечения недвусмысленных и сопоставимых данных для поддержки этого процесса принятия решений.

VIII РЕАЛИЗАЦИИ И ИНИЦИАТИВЫ SMS И CPPS

Большинство областей стандартов, которые мы описали, расширяются возможности для решения SMS. Довольно много новых инициатив во всем мире появилось, желающих внести свой вклад в стандарты и возможности, указанных выше.

А. Industry 4.0

Индустрия 4.0 является ключевой инициативой в

Германии, содержащей техническую стратегию достижения SMS. Здесь компонентами концепции 4.0 являются интернет, мобильные компьютеры и технологии облачных вычислений.

Одной из целей Industry 4.0 является создание инноваций, включая интеллектуальные продукты, интеллектуальные системы производства, умные заводы, а также смарт-логистику, работающую в децентрализованных и динамичных модальностях.

Рабочая группа Industry 4.0 рекомендовала стандартизацию и открытые стандарты для эталонной архитектуры в качестве первого приоритета для осуществления программы.

Следуя этой рекомендации, Немецкая комиссия по электрическим, электронным и информационным технологиям (DKE) подготовила дорожную карту по стандартизации в 2014 году.

Параллельно с этим, проекты платформы для Industry 4.0 были учреждены рядом немецких ассоциаций для формирования междисциплинарных рабочих групп по будущим вопросам стандартизации. Китай присоединился к Industry 4.0 уже на правительственном уровне [3] вслед за Швейцарией и рядом других стран.

Результатом этих работ в Германии является архитектурная модель Reference (PCA) 4.0 и компоненты Industry 4.0, которые описывают функциональные модели для CPPS. Они будут служить промышленности в качестве основы для разработки будущих продуктов и бизнес-моделей в Германии.

В. Интернет вещей (IoT)

В области Интернет вещей (IoT), Европейский Союз (ЕС) основал несколько проектов по разработке эталонной модели и эталонной архитектуры IoT. IoT-A, EU Seventh Framework, создал архитектурную эталонную модель, задуманную как основа для Интернета вещей [3].

IoT @ Work является еще одним проектом ЕС во главе с Siemens AG, который фокусируется на использовании технологий IoT в промышленных средах и средах их автоматизации [3]. Три основных сценария, обеспечивающие требования к архитектуре IoT @ Work включают:

- 1) Гибкие производства,
- 2) Крупномасштабные производства
- 3) Дистанционное обслуживание.

В США, Консорциум Промышленного Интернета (II) был основан GE, IBM, Cisco, Intel и AT & T и является трансатлантическим кузеном Industry 4.0. II касается всего, что может быть подключено к Интернету, и предоставлять данные в качестве обратной связи, а также тому, что может способствовать повышению эффективности работы. Его охват больше, чем Industry 4.0 в том, что он охватывает не только

производственные системы, но и энергетику, здравоохранение и инфраструктуру.

В отличие от Industry 4.0, которая работает по стандартам непосредственно, ИС поставил перед собой цель "определять и развивать эталонную архитектуру и структуры, необходимые для взаимодействия" и

которые могли бы помочь установить будущие стандарты. В таблице 10 показано сравнение между Industry 4.0 и ИС.

Таблица 10: Сравнение Industry 4.0 и Industrial Internet Consortium [6]

	Industry 4.0	The Industrial Internet Consortium
Key authors	German government	Large multinationals
Key stakeholders	Government, academia, business	Business, academia, government
Taxonomy of revolutions	Four revolutions	Three revolutions
Support platforms	German industrial policy	Open membership non profit consortium
Sectoral focus	Industry	Manufacturing, energy, transportation, healthcare, utilities, cities, agriculture
Technological focus	Supply chain coordination, embedded systems, automation, robots	Device communication, data flows, device controls and integration, predictive analytics, industrial automation
Holistic focus	Hardware	Software, hardware, integration
Geographical focus	Germany and its company	Global marketplace
Corporate focus	SMEs	Companies of all sizes
Optimization focus	Production optimization	Asset optimization
Standardization focus	On agenda	Recommendations to standards organizations
Economic approach	Normative economics	Positive economics
Overall Business approach	Reactive	Proactive

Между тем, консорциум Open Interconnect Consortium (OIC), основанный ведущими технологическими компаниями такими, как Samsung, Cisco, GE и Intel, предлагает комплексное решение с открытым исходным кодом, дающее возможность для подключения к сети по типу "устройство к устройству" для IoT. OIC фокусируется на создании общего стандарта связи и спонсирует проект IoTivity, чтобы построить эталонную реализацию с открытым исходным кодом для этих спецификаций.

Принятие стандарта OIC как ожидается, начнется с области потребительской электроники и расширится с течением времени для промышленного применения.

Открытые стандарты машинной связи являются одним из ключевых компонентов реализации IoT. Использование многоотраслевых сценариев IoT означает, что не будет одного «победителя» с точки зрения стандартов машина-машина (M2M). Такие инициативы, как OneM2M, HyperCat [4], OMA LightweightM2M, Eclipse M2M и Weightless имеют потенциал, чтобы быть де-факто стандартами M2M. В частности, Eclipse SCADA обеспечит возможность подключения к различным промышленным устройствам и предлагает систему мониторинга для создания аварийных сигналов и событий, а также позволяет записывать исторические данные и рамки для создания пользовательских интерфейсов и визуализацию для выполнения этих функций.

Новый технический комитет ETSI (Европейский институт стандартизации электросвязи) также разрабатывает стандарты для M2M коммуникаций в

сегменте сотовых применений IoT в промышленной автоматизации, здравоохранении, и цепочках поставок.

С.Кибер физические системы (CPS)

В то время как IoT имеет дело с уникальными, идентифицируемыми и подключенными к Интернету физическими объектами, усилия в области кибер-физических систем связаны с характером кибер-физической связи и системой систем характеристиками системы систем (SoS) как программно-управляемых систем.

Стандарты включают эталонную архитектуру CPS, общих служб и функциональных моделей, семантики, стандарты безопасности и сохранности, а также стандартные интерфейсы для взаимодействий с системой систем (SoS). Общественная рабочая группа во главе с NIST работает над терминологией и эталонной архитектурой для CPS. Исследования CPS и создание стандартов производятся в нескольких лабораториях NIST в программах производства advanced manufacturing, кибербезопасности, структуре зданий и сооружений, устойчивости к бедствиям и смарт-сетях.

Усилия NIST включают в себя также работы по технологическим системам управления (ICS). В Европе, ЕС выделяет значительные инвестиции в CPS через свои программы ARTEMIS и ECSEL JU и в смарт - проектах Smart CPS в рамках плана Horizon 2020. Ассоциация немецких инженеров основала Технический комитет Technical Committee 7:20 - Cyber-Physical Systems для поддержки разработки стандартов CPS с точки зрения технологии автоматизации.

D Большие данные и облачное Производство

Объем данных в производственных системах взрывается. Аналитика больших данных позволяет непрерывно осуществлять инновации и совершенствование процесса изготовления систем, и была признана в качестве ключевого средства обеспечения возможностей SMS.

От инфраструктуры облачных вычислений, производители получают возможность получить доступ к программному обеспечению и в режиме реального времени данные по более низкой цене и быстрее реагировать на вопросы клиентов.

Ассоциация IEEE Standards Association представила ряд стандартов, связанных с большими данными и облачными приложениями, в том числе IEEE 2200-2012, IEEE 6136 и IEEE P2302. ISO / IEC JTC 1 признал анализ данных в качестве важной будущей зоны для фокусировки и создал исследовательскую группу по большим данным с целью выявления пробелов стандартов и подготовки предложений по приоритетам в области стандартизации, чтобы они могли служить в качестве основы для будущей работы JTC 1.

NIST создал общественную рабочую группу, чтобы предложить эталонную архитектуру и определить стандарты, связанные с большими данными, фундаментальной технологией для SMS. В то время как развитие технологий в этой области будет иметь огромное влияние на производство, ни один из этих видов деятельности специально не направлен на производство. В мае 2015 года, NIST и OAGI совместно провели семинар по Open Cloud архитектурам для smart Производств Smart Manufacturing.

E. Умные Производственные инициативы в США

В то время как большинство существующих консорциумов и профессиональных обществ в США обращаются к SMS разными путями, несколько промышленных консорциумов созданы для решения более широких, всеобъемлющих, потребностей в SMS.

Самым старым из них является коалиция Smart Manufacturing Leadership Coalition (SMLC), некоммерческая организация, целью которой является создание масштабируемой, общей, инфраструктура под названием Smart Manufacturing Platform. Деятельность SMLC поможет установить будущие стандарты в области интеграции приложений SM.

Впоследствии правительство США инициировало ряд институтов для поддержки производства в США. Эти институты в совокупности называются Национальной сетью National Network of Manufacturing Institutes, или NNMI, для того чтобы решать различные вызовы для передовых технологий. Институт Digital Manufacturing and Design Innovation Institute (DMDII) наиболее близко выравнивает с потребностями SMS поток информации по всей технологической цепи производственной пирамиды.

VIII ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На самом деле на производственную пирамиду можно взглянуть и по-другому (Рисунок 5). Из него видно, что в основании производственной пирамиды находятся технологии интернета вещей, которые есть основание пирамиды; далее включаются технологии Умного производства (Smart manufacturing), больших данных и все это, работающее вместе, и составляет кибер-физическую систему сегодня. В России появилось решение Росстандарта [7], которое мы цитируем ниже: «МОСКВА, 02 ноября 2016 г. - Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) уведомляет о начале формирования технического комитета по стандартизации «Кибер-физические системы». Создание нового технического комитета по стандартизации инициировано АО «РВК».

Деятельность нового технического комитета по стандартизации будет распространяться на стандартизацию следующих перспективных технологий: «Интернет вещей» (Internet of things), «Умные города» (Smart cities), «Большие данные» (Big data) и «Умное производство» (Smart manufacturing).

В рамках деятельности нового технического комитета по стандартизации планируется разработка и принятие ряда национальных стандартов:

- ГОСТ Р «Интернет вещей. Эталонная архитектура» (гармонизация с ИСО/МЭК 30141);
- ГОСТ Р «Интернет вещей. Термины и определения» (гармонизация с ИСО/МЭК 20924);
- ГОСТ Р «Интернет вещей. Интероперабельность систем «Интернета вещей». Часть 1. Структура» (гармонизация с ИСО/МЭК 21823-1);
- ГОСТ Р «Интернет вещей. Интероперабельность систем «Интернета вещей». Часть X. Семантическая интероперабельность» (гармонизация с ИСО/МЭК 21823-X);
- ГОСТ Р «Большие данные. Эталонная архитектура» (гармонизация с ИСО/МЭК 20547);
- ГОСТ Р «Большие данные. Термины и определения» (гармонизация с ИСО/МЭК 20546);
- ГОСТ Р «Умный город. Эталонная структура ИКТ. Часть 1. Структура бизнес-процессов Умного города» (гармонизация с ИСО/МЭК 30145-1);
- ГОСТ Р «Умный город. Эталонная структура ИКТ. Часть 2. Структура управления знаниями Умного города» (гармонизация с ИСО/МЭК 30145-2);
- ГОСТ Р «Умный город. Эталонная структура ИКТ. Часть 3. Инженерные системы Умного города» (гармонизация с ИСО/МЭК 30145-3);
- ГОСТ Р «Умный город. Показатели ИКТ» (гармонизация с ИСО/МЭК 30146).

Дата завершения приема заявок на участие в создаваемом техническом комитете по стандартизации: 28 декабря 2016 г.»

Авторы настоящей статьи являются активными участниками и руководителями предшественника нового

комитета ТК-098. Постоянные авторы издания INJOIT выступали с одной стороны экспертами ТК-098 и с другой стороны совместно с руководителями ТК-098 постоянно публиковали статьи о ходе стандартизации в этом комитете. Добавление направления кибер-физические системы создало огромную практическую направленность на выполнение Указа Президента РФ [2] и, собственно, пониманию путей и задач выполнения

этого Указа и посвящена эта статья.

У России великие производственные традиции. Именно производство и в том числе военной техники позволило стране выстоять в огромных катаклизмах 20 века. Цифровая трансформация производства в 21 веке имеет не меньшее значение.

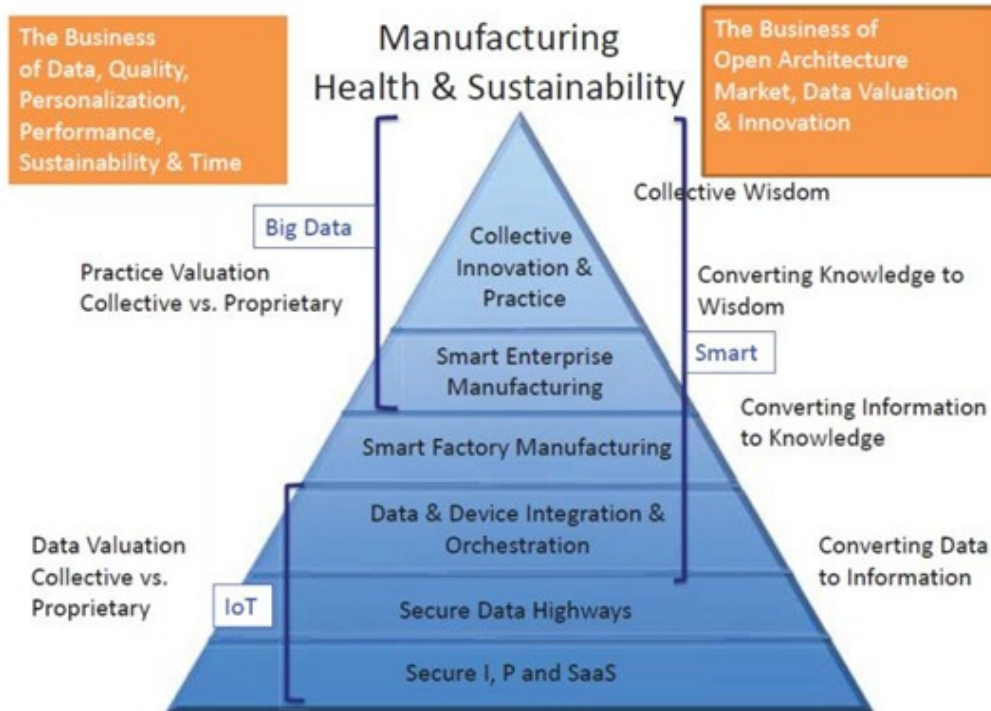


Рис. 5. Взгляд на производственную пирамиду с точки зрения составляющих ее решение [11]

Технология CPS требует постоянных инвестиций в исследования из-за своей научно-технической значимости, а также их потенциального очень большого воздействия на грандиозные задачи в ряде отраслей, критически важных для безопасности и конкурентоспособности, такие, как те, что отмечены выше. Огромный прогресс был достигнут в продвижении технологии CPS за последние пять с лишним лет. Сегодня уже есть основополагающие технологии, которые охватили постоянно растущий набор прикладных областей, что позволяет предполагать прорыв и существенные достижения во многих из этих областей. В то же время, спрос на инновации в этих областях продолжает расти, и является движущей необходимостью ускорения фундаментальных исследований, чтобы идти в ногу с мировыми тенденциями.

Несмотря на значительные достижения в технологии CPS в последние годы, у нас еще нет зрелой науки, чтобы поддержать инженерные системы CPS высокого уровня надежности, последствия этого являются весьма существенными. Традиционные инструменты анализа не в состоянии справиться со сложностями систем CPS или адекватно предсказать поведение таких системы. Например, в сети Интернет вещей (IoT) масштабируемая миллиардами подключенных устройств

- с возможностями в смысле контроля, и взаимодействием с человеческим и физическим миром - требованиям к надежности, безопасности, безопасности и неприкосновенности частной жизни растут безмерно.

Одним из препятствий для прогресса является отсутствие соответствующей области науки и техники для концептуализации и проектирования глубоких взаимозависимостей между спроектированными системами и природным миром. Проблемы и возможности CPS, таким образом, имеют значительные и далеко идущие последствия. Новые отношения между кибернетическими и физическими компонентами требуют новых архитектурных информационных моделей, которые переопределяют их формы и функции. Они интегрируют непрерывные и дискретные процессы, что усугубляется неопределенностью открытых сред.

Традиционные гарантии производительности реального времени являются недостаточными для CPS, когда системы становятся большими и пространственно распределенными, во времени, или иерархически распределенными в конфигурациях которые могут быстро меняться. С большими возможностями автономии и возможностями, предлагаемыми CPS, требуются большие гарантии в безопасности, устойчивости, масштабируемости и надежности, в предположениях использования открытых интерфейсов, модульности, совместимости и процедур проверки.

По нашему мнению, целью программ CPS является, в том числе, приоритетная разработка базовых систем

науки, необходимой для проектирования сложных кибер-физических систем, которые люди могут использовать или взаимодействовать с ними. Тематика CPS даже в исследованиях очень солидных мировых изданий только вступила в эпоху практической зрелости и российским исследователям и ученым вполне по плечу быть в этом на равных с другими. В работах [8,9,10], которые принципиально сделаны открытыми и, фактически, отражают уже совместные исследования Европы и США, это наглядно видно.

Оцифровка в промышленности и Интернет вещей, соединяющий физические, цифровые и виртуальные миры - это прямой перевод названия замечательной книги [8], которая и по названию и по содержанию представляет прямую иллюстрацию правильности позиций изложенных в этой статье.

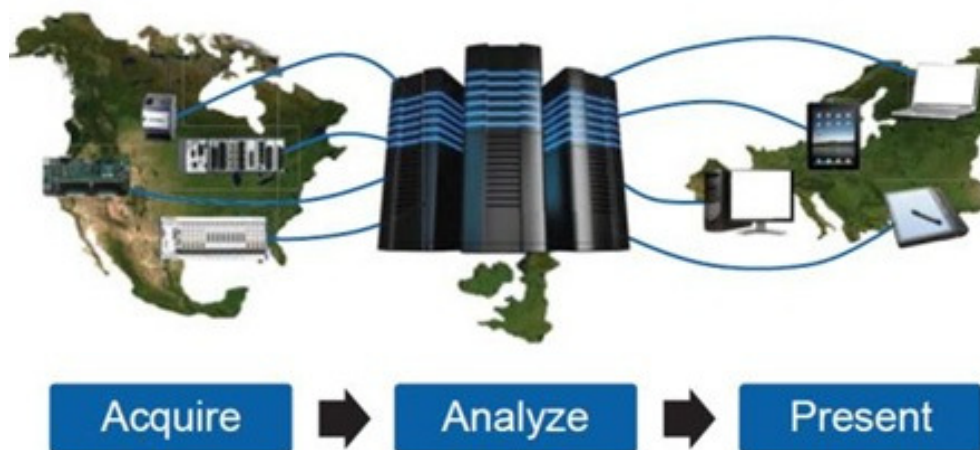


Рис. 6. Пример обсуждаемой архитектуры умного производства США и ЕС на базе облачных технологий [11]

БИБЛИОГРАФИЯ

- [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. Кибер-физические 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] Росстандарт уведомляет о начале формирования ТК в сфере «умных технологий» http://gost.ru/wps/portal/pages/news/?article_id=4137 Retrieved: Dec, 2016
- [8] Digitising the Industry Internet of Things Connecting the Physical, Digital and Virtual Worlds <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/digitising-industry-internet-things-connecting-physical-digital-and-virtual-worlds> Retrieved: Dec, 2016

В заключение этой статьи предлагаем читателю внимательно посмотреть на рисунок 6. На нем собственно схематически показано как цифровое производство и кибер-физические технологии позволяют организовать совместное цифровое производство в рамках экономического союза США и ЕС между двумя континентами Европой и Северной Америкой в совсем недалеком будущем. Для России и ее экономических союзников в рамках Евро-Азиатского экономического комитета (ЕЭК) стоят ровно те же задачи, только в рамках Европы и Азии. Построение таких систем с использованием международных стандартов на умное производство и кибер-физические системы позволяет расширить возможности экономических союзов и их наполнение в рамках новых производственных парадигм.

- [9] Cardona N. (ed.). Cooperative Radio Communications for Green Smart Environments. – River Publishers, 2016.
- [10] iURBAN: Intelligent Urban Energy Tool River Publishers http://www.riverpublishers.com/book_details.php?book_id=414 Retrieved: Dec, 2016
- [11] OAGi/NIST Workshop on Open Cloud Architecture for Smart Manufacturing <http://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ir/2016/NIST.IR.8124.pdf> Retrieved: Dec, 2016
- [12] Ярцев Д. И. и др. Экономика стандартизации в цифровую эпоху и информационно-коммуникационные технологии на примере Британского института стандартов //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 6.-С. 1-9.
- [13] Куприяновский В. П. и др. Экономические выгоды применения комбинированных моделей BIM-ГИС в строительной отрасли. Обзор состояния в мире //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 5.-С.14-25.
- [14] В.П. Куприяновский, С.А. Синягов, А.П. Добрынин BIM - Цифровая экономика. Как достигли успеха? Практический подход к теоретической концепции. Часть 1. Подходы и основные преимущества BIM //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 3.-С.1-8.
- [15] Куприяновский В. П., Синягов С. А., Добрынин А. П. BIM-Цифровая экономика. Как достигли успеха? Практический подход к теоретической концепции. Часть 2. Цифровая экономика //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 3.-С.9-20.
- [16] Куприяновский В. П. и др. Новая пятилетка BIM-инфраструктура и умные города //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 8.-С. 20-35
- [17] В.П. Куприяновский, А.В. Конев, С.А. Синягов, Д.Е. Намиот, П.В.Куприяновский, Д.Г. Замолодчиков Оптимизация использования ресурсов в цифровой экономике //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 12.-С. 86-96
- [18] М.А. Шнепс-Шнеппе О перспективах сети GSM-R для цифровой железной дороги //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 12.-С. 47-52

- [19] Куприяновский В.П., Суконников Г.В., Сиягов С.А., Намиот Д.Е., Карасев О.И., Бубнов П.М. Цифровая трансформация экономики, железных дорог и умных городов. Планы и опыт Великобритании // International Journal of Open Information Technologies. 2016. – Т. 4. – №10. – С.22-31.
- [20] Куприяновский В.П., Суконников Г.В., Ярцев Д.И., Кононов В.В., Сиягов С.А., Намиот Д.Е., Добрынин А.П. Цифровая железная дорога - целостная информационная модель, как основа цифровой трансформации // International Journal of Open Information Technologies. 2016. – Т. 4. – №10. – С.32-42.
- [21] Сиягов С.А., Куприяновский В.П., Суконников Г.В., Буланча С.А., Намиот Д.Е., Куприяновская Ю.В. Цифровая железная дорога - издание цифровых активов. По материалам проекта модернизации системы управления активами Network Rail (UK) // International Journal of Open Information Technologies. 2016. – Т. 4. – №10. – С.43-54.
- [22] Николаев Д. Е. и др. Цифровая железная дорога-инновационные стандарты и их роль на примере Великобритании //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 10. – С.55-61.
- [23] Куприяновский В. П. и др. Цифровая железная дорога-прогнозы, инновации, проекты //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 9. – С.34-43.
- [24] В.П. Куприяновский, Г.В. Суконников, С.А. Сиягов, Д.Е. Намиот, С.Н. Евтушенко, Н.О. Федорова Интернет цифровой железной дороги. //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 12.-С. 53-68

Industries transformation in the digital economy – the design and production

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 second paper of a series of articles. This part is devoted to the design and production. 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 systems of standards discussed here identify the areas of technical cooperation between the different efforts for standardization. This affects not only the implementation of new paradigms for industry, but in general, the whole beginning of the project the digital economy of the Russian Federation.

Keywords—digital economy, digital transformation.