

## ОБЗОР МОДЕЛИ СТАНДАРТНОЙ АРХИТЕКТУРЫ И КОМПОНЕНТОВ INDUSTRY 4.0

Т. Шульц (General Electric Company, GE Digital)

И.В. Некрасов (ООО "ДжиИ Рус", General Electric Company, GE Digital)

Д.В. Лежнин (ЗАО "ТЕХНОЛИНК")

Представлен обзор модели стандартной архитектуры Industry 4.0 (МСАИ 4.0), обобщающей существующие классификации промышленных систем. Особое внимание уделено компонентам Industry 4.0. Приведен пример применения представленной архитектуры на машиностроительном производстве.

Ключевые слова: Industry 4.0, архитектура цифрового промышленного производства, формальное описание производственных процессов, дискретное производство.

### Введение

Современный мир находится в той стадии цифровой трансформации, когда инновации различных отраслей промышленности взаимно проникают и изменяют друг друга. Не так давно в Европе было введено в обиход понятие Industry 4.0, обозначающее так называемую четвертую технологическую революцию — новый этап экономического ускорения и усовершенствования производственных цепочек создания добавленной стоимости продукции (понятие, применяемое ко всем этапам жизненного цикла продукции). Базовой особенностью данного этапа является возможность информационной коммуникации между единицами оборудования, позволяющая связать их в единую цифровую производственную систему. Подобный цифровой подход порождает множество вариантов описания реального мира в абстрактных моделях.

Необходимым условием успешного совместного функционирования компонентов является четкость их взаимодействия. С целью исключения неоднозначного трактования данных, поступающих от компонентов в процессе их взаимодействия, необходимо ввести стандарты коммуникации, обязательные для всех. В условиях сильной глобализации экономики в целом, и ее промышленного сектора в частности, следование единым стандартам является ключевым условием успешности производства. Конечной целью процесса стандартизации является постепенное приведение всех производителей к единым техническим, производственным и эксплуатационным нормам. Ключевыми организацион-

ми-поставщиками норм и стандартов в данном случае являются IEC (МЭК) и ISO.

### Стандартная архитектура промышленного производства

Применительно к сектору высокотехнологичного производства (включающего такие отрасли, как автомобилестроение, станкостроение, производство электроники) в 2016 г. была введена модель стандартной архитектуры Industry 4.0 (МСАИ 4.0) [1]. Данная модель обобщает существующие классификации промышленных систем, сводя их в единую многомерную иерархию, и определяет место каждой системы в информационном пространстве как отдельного предприятия, так и систем более высокого уровня (группа предприятий, отрасль, страна, мировая экономика). Дополнительно модель вводит понятие так называемых "компонентов Industry 4.0", представляющих



Рис. 1. Модель стандартной архитектуры Industry 4.0 (МСАИ 4.0) [2]

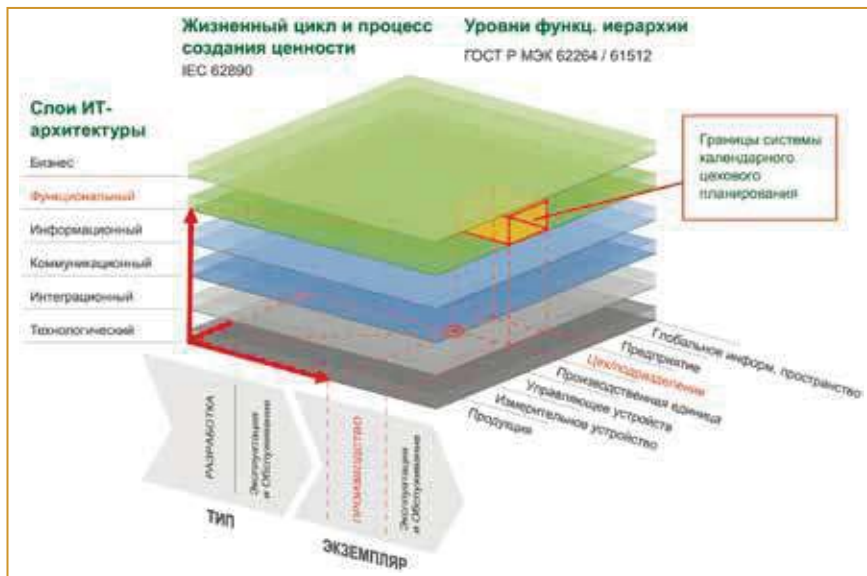


Рис. 1.а. Пример позиционирования системы календарного цехового планирования в рамках МСАИ 4.0

собой информационные абстракции объектов, участвующих в производственном процессе (например, технологическая единица, любое оборудование, информационная система, продукция и т. п.). В целом введенные понятия стандартной архитектуры и компонентов Industry 4.0 образуют фундамент Industry 4.0 и используются для формального описания производственных процессов и создания нового подхода в производстве [1].

В настоящее время в промышленном секторе для описания и управления производственным процессом применяются разнородные программные инструменты, частные модели и всевозможные локальные решения. Данный подход является основой эффективного решения конкретных производственных задач. Концепция Industry 4.0 предполагает включение указанных частных моделей в единую систему с целью их координированного использования. При этом принципы и методы решения локальных производственных задач полностью сохраняются, а их вызов и взаимодействие осуществляются стандартизованно. Для обеспечения горизонтальной и вертикальной интеграции цепочек создания добавленной стоимости, а также гарантированного информационного обмена между элементами этих цепочек, необходимо создать единое описание всей рассматриваемой системы, основанное на международных стандартах и нормах. Таким образом, разработка и развитие модели стандартной архитектуры применительно к Industry 4.0 (МСАИ 4.0) является центральным направлением на современном этапе исследований. Так, в сентябре 2015 г. группа участников консорциума "Платформа Industry 4.0" (нем. "Plattform Industrie 4.0") инициировала проект DIN SPEC 91345 под названием "Модель стандартной архитектуры Industry 4.0" (МСАИ 4.0). К апрелю 2016 г. был подготовлен и опубликован технический отчет по исследуемому в рамках проекта направлению [2]. Пред-

ложенная модель МСАИ 4.0 описывает в едином функциональном пространстве взаимодействие между материальными техническими единицами на протяжении всего их жизненного цикла, включая стадии разработки, производства, эксплуатации и утилизации. Одной из основополагающих функций МСАИ 4.0 является сведение различных представлений процессов и материальных единиц, в них участвующих, в единую модель. Это служит основой для систематизации и необходимо для успешного внедрения подходов и идей Industry 4.0 в различных отраслях. МСАИ 4.0 для промышленного производства высокотехнологичной продукции (в частности, машиностроения) может быть представлена в виде слоистой структуры в трехмерном пространстве технологических решений. Указанное пространство реализует абстрактное описание процесса создания конечной продукции совместно с используемыми стандартами, основанное на разложении всей информации по трем осям: жизненный цикл изделия, функциональная иерархия и слои ИТ-архитектуры [2]. Выбранный базис осей позволяет определить место любой производственной системы в единой иерархии цифрового пространства, описываемого в рамках концепции Industry 4.0. В результате различные по своему функциональному назначению и уровню задач управления информационные системы включаются в четкую структуру, определяющую порядок их взаимодействия/координации (рис. 1). Рассмотрим далее примеры такого позиционирования информационных производственных систем.

На рис. 1 справа по горизонтали располагается ось функциональной иерархии. Она отображает разложение процесса изготовления и эксплуатации по уровням вложенности используемых технологических единиц. На нижнем уровне находятся отдельные продукты и средства их производства, которые группируются в структурные подразделения внутри отдельного предприятия. Структурные подразделения формируют предприятия, которые, в свою очередь, являются элементами глобального коммуникационного пространства.

Слева по горизонтали представлена ось времени, отображающая стадии жизненного цикла изделия. В машиностроительном производстве стадии жизненного цикла изделия определяются стандартом IEC 62890 и формируют следующую последовательную цепочку (укрупненно): проектирование изделия — изготовление опытного образца — доработка изделия — запуск изделия в серийное производство — поставка/продажа изделия — эксплуатация

и обслуживание изделия. Стадии данной цепочки сгруппированы на рассматриваемой оси в два укрупненных блока: работа с типом изделия (все стадии до серийного производства, когда работа осуществляется не на уровне конкретной изготовленной единицы, а на уровне технологии ее изготовления); и деятельность, связанная с конкретным экземпляром выпускаемого изделия (все стадии, начиная от производства и поставки, до эксплуатации и технического обслуживания). Заметим, что свойства и характеристики одних и тех же изделий на разных стадиях жизненного цикла могут значительно отличаться. В качестве примера можно привести процесс адаптации опытного образца изделия определенного типа под конкретные специфические требования. При выполнении заказа на партию изделия выбирается конкретная модификация исходного типового образца (цифрового типа изделия), которая определяет точные свойства конечных экземпляров продукции в данной партии.

Вертикальная ось характеризует уровень ИТ-абстракции при рассмотрении технологических единиц. Над нижним слоем оборудования располагается так называемый интеграционный слой, работающий с виртуальными представлениями технологических единиц. В качестве таких представлений могут выступать, например, аналоговые и цифровые сигналы измерения состояния объекта, сохраняемые исторические тренды параметров работы оборудования, рекомендации по обслуживанию техники, управляющие сигналы и т. п. Интеграционный слой МСАИ 4.0 группирует функции, реализующие управляющие воздействия ИТ-системы на физические объекты управления, включая задачи интерпретации и адресного приложения данных воздействий на исполнительные устройства. В коммуникационный уровень МСАИ 4.0 включены протоколы информационного обмена, которые определяют структуру информационных сообщений между интеграционным и информационным слоями. Заметим, что МСАИ 4.0 не вводит никаких дополнительных протоколов обмена и не определяет предпочтительных информационных структур. Коммуникационный уровень представляет собой выделенное информационное пространство, в которое в зависимости от реализации конкретной промышленной информационной системы может быть включено описание любых протоколов обмена как существующих, так и вновь разрабатываемых. Данный уровень регламентирует лишь формат представления, в котором необходимо описать протокол взаимодействия. Информационный слой содержит всю информацию, необходимую для функционирования и управления технологическими единицами, нормирует и стандартизует формальный язык, используемый для коммуникации между указанными единицами, а также выполняет функцию единой шины данных. На данном уровне производится структурирование информации о каждом объекте, участвующем

в производственном процессе, а также обеспечивается читаемость данной информации другими участниками (объектами). Функциональный слой содержит формальные описания функций и действий. На данном уровне к информационной структуре объекта добавляется стандартное описание функционирования данного объекта с указанием порядка применения к нему действий, а также раскрытием необходимой входной/выходной информации каждого действия. Бизнес-слой является высшим по отношению к другим и описывает технологический и бизнес-процесс в целом. На данном уровне приводится описание процессов взаимодействия объектов нижних слоев, а также формальное описание задач управления.

Функционирование МСАИ 4.0 можно проиллюстрировать на примере строительного рынка. Как известно, строительные рынки специализируются на поставках различных материалов для строительства. При этом для эффективной работы рынка различные продуктовые группы (например: ручной инструмент и гвозди, краска и обои, древесина и строительные материалы) располагаются в отдельных зонах и на отдельных стеллажах. В зависимости от конкретного проекта покупатель определяет необходимый список товаров, направляется к соответствующим стеллажам и наполняет свою корзину. Аналогичным образом в МСАИ 4.0 по трем осям структурированы технологические единицы и стандарты, которые участвуют в той или иной задаче управления, которая, в свою очередь, относится к определенной стадии жизненного цикла изделия и выполняется на определенном уровне иерархии производства (например, на уровне отдельного цеха, подразделения или предприятия в целом).

#### **Пример применения МСАИ 4.0: внедрение ИТ-системы на машиностроительном производстве**

В качестве примера рассмотрим проект внедрения системы календарного цехового планирования на машиностроительном предприятии [3]. Перед началом внедрения необходимо определить следующие параметры будущей системы:

- режим функционирования системы (частота перепланирования, учет особенностей производства — склады, графики ремонта оборудования, и т. п.);
- достаточность исходных данных для внедрения системы календарного планирования (для корректной математической постановки задачи — наличие точного описания технологического процесса изготовления конечного изделия, точные данные об объемах и производительности используемых ресурсов, например станков);
- текущий ИТ-ландшафт предприятия, а именно: наличие систем целеполагания для задачи планирования (например, ERP-система, система бизнес-планирования), наличие систем-исполнителей сгенерированного календарного плана (например, MES, система отчетности, план-факт);

- требования к текущим измерениям параметров технологического процесса, в частности, к регистрации начала и окончания технологических операций, к учету партий сырья/полуфабриката/продукта;
- планируемые информационные связи с другими системами.

Используя графическое представление модели стандартной архитектуры Industry 4.0 (рис. 1 и 1.а), определим место внедряемой системы календарного цехового планирования в ИТ-архитектуре:

- уровень в иерархии предприятия — цех: сопоставляем по правой горизонтальной оси;
- область применения — управление производством конечной продукции, то есть экземпляров: сопоставляем по левой горизонтальной оси;
- уровень ИТ — функциональный (не затрагивает вопросы бизнес-стратегии, относится к ее реализации): сопоставляем по вертикальной оси.

В результате получена область влияния внедряемой системы (отмечена параллелепипедом на рис. 1.а). На основании данной схемы легко сделать выводы о требованиях и условиях успешного внедрения рассматриваемой системы календарного цехового планирования:

- по левой горизонтальной оси: для производства экземпляров изделия этапы разработки, тестирования и доработки типа изделия (находятся ближе к началу координат по данной оси) должны быть полностью завершены. Для системы планирования это, в частности, выражается в обязательном наличии строго определенного технологического процесса изготовления конечного изделия.

- по правой горизонтальной оси: для автоматического/автоматизированного функционирования любой системы уровня цеха необходимо наличие автоматических систем уровня производственных единиц и ниже (расположены ближе к началу координат по данной оси). На практике это означает, что автоматизация задач более высокого уровня подразумевает наличие автоматизации задач более низкого уровня. Очевидным примером является неэффективность внедрения ERP-системы на неподготовленном производстве [4], на котором отсутствуют системы уровня MES и SCADA/АСУТП, необходимые для реализации принятых на уровне ERP стратегических бизнес-решений.

- по вертикальной оси рис. 1.а дает представление о необходимом уровне ИТ-инфраструктуры, наличие которой требуется для успешного внедрения системы календарного цехового планирования. Для внедрения системы на функциональном уровне необходимо наличие информации, организованной на более низких, в частности, информационном и коммуникационном уровнях. То есть для функционирования системы необходима четкая определенность, над какими объектами ведутся операции (информационный слой должен содержать структуры с информацией о станках, сырье, людских ресурсах, технологическом про-

цессе и т. п.) и куда направляются результаты работы системы (коммуникационный уровень должен полностью определять, где и кем используются сгенерированные системой календарные планы, а также каким образом они доводятся до адресатов).

- по смежным уровням иерархии в направлении всех трех осей определяется наличие смежных систем и направления и содержания возможных информационных потоков при их взаимодействии.

По аналогии с проделанным анализом систем календарного цехового планирования можно провести позиционирование любой производственной информационной системы (например, PLM, CRM, ERP и т. п.) и определить необходимый уровень подготовленности предприятия для ее внедрения. Дополнительно представленная на рис. 1 структура дает четкое понимание, что ни одна из существующих ныне систем не покрывает изображенное информационное пространство полностью. Это лишний раз подчеркивает, что ключ к развитию цифрового производства лежит в интеграции производственных систем, их координации и максимальном использовании уже реализованных функциональных возможностей. Подходы к унификации процессов информационного обмена базируются на так называемых компонентах Industry 4.0, которые рассмотрены в следующем разделе.

#### Компоненты Industry 4.0

Следующим важным шагом является общее абстрактное описание моделей компонентов Industry 4.0. Повторим, что процессы интеграции локальных систем разного уровня крайне важны. Однако задача интеграции по праву считается одной из самых сложных по причине огромного разнообразия функций, архитектур, подходов к организации и хранению информации и прочих характеристик производственных ИТ-систем. В концепции Industry 4.0 осуществлена попытка обобщения любых интегрируемых объектов и систем в виде так называемых компонентов Industry 4.0. Указанные компоненты представляют собой детальные описания реальных технологических единиц, дополненные виртуальным информационным интерфейсом взаимодействия, позволяющим обращаться к любому компоненту по единым правилам, вне зависимости от его функций и особенностей работы. С точки зрения информационных технологий, технологические единицы представляются в виде идентифицируемых элементов стандарта Industry 4.0, коммуницирующих между собой.

Интерфейс взаимодействия является виртуальным цифровым отображением технологической единицы в системе Industry 4.0. При этом интерфейс взаимодействия и его вложенные объекты могут располагаться как в собственном цифровом поле обиходования (при его наличии), так и в вышестоящей ИТ-системе. С точки зрения программной реализации интерфейс взаимодействия содержит разделы



Рис. 3. Представление объекта в виде описательной структуры на примере системы управления положением оси электродвигателя [5]

"Описание" и "Диспетчер компонента" (рис. 2). Раздел "Описание" в стандартной форме предоставляет всю информацию о содержании и функциях интерфейса взаимодействия, в то время как раздел "Диспетчер компонента" организует адресацию и идентификацию, а также обеспечивает взаимодействие со службами компонентов.

Компонент Industry 4.0 логически включает саму технологическую единицу (или совокупность нескольких единиц), а также интерфейс взаимодействия с ней (с ними). Согласно данной концепции, компонент Industry 4.0 логически включает компоненты более низкого уровня и представляется для вышестоящей системы в виде единого объекта. Не исключена ситуация, когда один компонент Industry 4.0 (например, агрегат в целом) включает другие компоненты Industry 4.0 (узлы агрегата, например, двигатель, зубчатая передача, исполнительный механизм и т. п.). Пример представления системы компонентов в виде единого объекта приведен на рис. 3.

За счет стандартизированного механизма представления информации компонента Industry 4.0 его состояние всегда известно (может быть получено через стандартный запрос) другим участникам взаимодействия при условии, что они также функционируют в рамках стандартов Industry 4.0. Интерфейс взаимодействия связывает коммуникационный слой с оборудованием и задает перечень возможных состояний компонента в виде модели состояний. Модель состояний компонента четко идентифицируема другими компонентами и содержит строго определенные признаки идентификации состояний всех технологических единиц, входящих в ее состав.

### Интерфейс взаимодействия

Интерфейс взаимодействия компонента Industry 4.0 содержит всю информацию обо всех объектах, входящих в его состав. Информация о составляющих компонента может быть представлена в разных формах, например, в виде конструкторской документации, инструкции по эксплуатации, справочника и т. п. (рис. 3). Объем и содержание данной информации определяется и обеспечивается производителем. Дополнительно в перечень поставляемой информации могут включаться прочие важные сведения, например, рекомендации по обслуживанию оборудования, инструкции по его стыковке с другими программными и аппаратными средствами (компонентами). Кроме того, интерфейс взаимодействия находится в режиме постоянной готовности к работе (в ожидании внешних запросов к компоненту). Интерфейс взаимодействия задействуется, например, для таких задач, как планирование, проектирование, конфигурирование, обслуживание, а также исполнение сложной бизнес-логики. Также интерфейс взаимодействия (а именно его часть "Описание") используется как хранилище данных, передаваемых между стадиями жизненного цикла технологической единицы. Примером данных, передаваемых между жизненными циклами изделия, может являться конструкторская документация, разрабатываемая на стадии проектирования и используемая на стадии эксплуатации.

Как показано на рис. 2, интерфейс взаимодействия как минимум должен содержать правила взаимодействия с компонентом в виде разделов "Описание" и "Менеджер Компонента" и состоять из заголовка (Header) и текстовой части (Body). Заголовок содержит информацию для идентификации и обращения к технологической единице в системе Industry 4.0, а также описывает методы его управления и эксплуатации. Текстовая часть включает "Менеджер Компонента", который осуществляет контроль и управление частными моделями технологической единицы, в зависимости от выполняемой в настоящий момент задачи. Каждая частная модель содержит структурированный список признаков, который применяется в соответствии с выполняемой моделью функцией. Для каждой модели определяется минимальный набор базовых признаков, необходимых для управления технологической единицей.

### Частные модели

Основной задачей частных моделей является формализация конкретных задач управления различного уровня. При построении модели осуществляется увязывание компонентов, узлов, приборов, машин и прочего оборудования различных типов в единую систему, соответствующую постановке конкретной задачи управления (например, на уровне АСУТП/SCADA объекты описываются в едином стиле в виде списка измеряемых сигналов/тегов; на уровне рассмотренной выше задачи планирования все объекты пред-

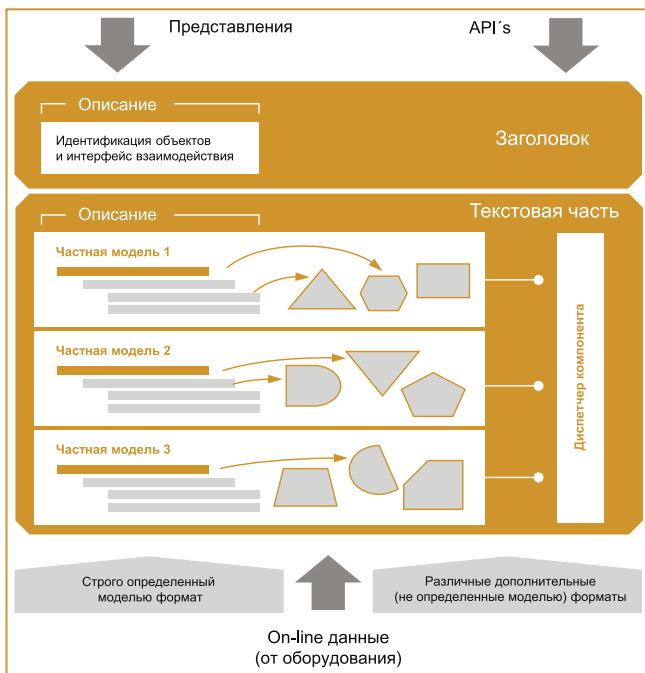


Рис. 4. Схема взаимодействия на основе частных моделей по стандарту Industry 4.0 [2]

ставляются в виде ресурсов, обладающих производительностью и степенью их загрузки в каждый момент времени и т. п.). Также частные модели используются для обеспечения взаимодействия указанных объектов в рамках производственных цепочек (цепочек создания добавленной стоимости конечной продукции). Частные модели, в зависимости от уровня их абстракции, содержат семантическое описание задач управления, иерархия которых отображена на вертикальной оси МСАИ 4.0 (рис. 1). Задачей частных моделей также является представление и структуризация признаков и свойств объектов в соответствии с решаемой задачей.

Процесс определения и управления признаками объектов должен осуществляться на основе классификации МСАИ 4.0. Признаки, стандартизованные и применяемые во всех процессах управления, являются базовыми. Таким образом, признаки каждого объекта (технологической единицы) делятся на две группы — обязательные (базовые) и дополнительные (опциональные). Для реализации процесса коммуникации и управления необходим механизм считывания и различения признаков объектов. Каждый признак должен быть независимым от других признаков, а его предоставление не должно меняться от версии к версии. Заметим, что данная концепция целиком и полностью повторяет принципы объектно-ориентированного программирования, где в роли информационных объектов выступают представления объектов (технологических единиц) в виде компонентов Industry 4.0.

Подобный подход к стандартизации на основе Industry 4.0 позволяет создавать и развивать универсальные технические системы, применимые в любой отрасли промышленности. При этом интерфейс

управления строится таким образом, чтобы он мог использоваться различными частными моделями с различными наборами признаков. Схема работы с различными частными моделями представлена на рис. 4. В этом случае разные задачи управления в разных отраслях используют общий утвержденный список признаков и параметров. Заметный эффект при этом ожидается, например, на этапе внедрения новой системы или технологической единицы в существующую среду предприятия, когда стандарты интеграции известны и определены заранее.

#### Семантика и взаимодействие

Сценарии применения систем стандарта Industry 4.0 в оперативном управлении производством весьма разнообразны за счет универсальности и автономности входящих в них компонентов. Применение компонентов Industry 4.0 обеспечивает прозрачность и надежность коммуникации между процессами управления в общей цепочке создания добавленной стоимости продукции. При этом процессы управления, используемые ресурсы, технологические единицы и прочие объекты, участвующие в производственном процессе, представляются в виде стандартизованных информационных структур (а именно, компонентов Industry 4.0), коммуникация с которыми на уровне ИТ-систем строится по единым правилам, описание которых зашито в самих этих структурах и доступно для внешних пользователей, тоже являющихся компонентами Industry 4.0 (рис. 5). Высокие показатели надежности достигаются за счет использования стандартного, единого для всех языка коммуникации. Язык коммуникации состоит из так называемого словаря, представляющего собой описательный набор используемых понятий, и определенных семантических правил применения этих понятий, называемых грамматикой [5, 6].

Компоненты Industry 4.0 осуществляют обмен сообщениями, которые оказывают влияние на их поведение. Формат и содержание сообщений удобно описывать в виде онтологий, которые подразделяются на базовые и предметные [7]. Базовые онтологии разрабатываются на коммуникационном и интеграционном уровнях и задают единые правила информационного обмена для всех компонентов, вне зависимости от их функций и назначения (например, обращение к информационным полям "идентификационный номер" или "имя" объекта одинаково для всех). Предметные онтологии тесно связаны с постановкой конкретных задач управления на функциональном и бизнес-уровне; их применимость определяется ролью компонента в задаче управления (например, при работе описанной выше системы календарного планирования форматы и содержание обращений к объекту "станок", "график поставок сырья" и "технологическая карта" принципиально отличаются друг от друга). Содержимое онтологий размещается в разделе "Описание" каждого компонента Industry 4.0. Все онтологии

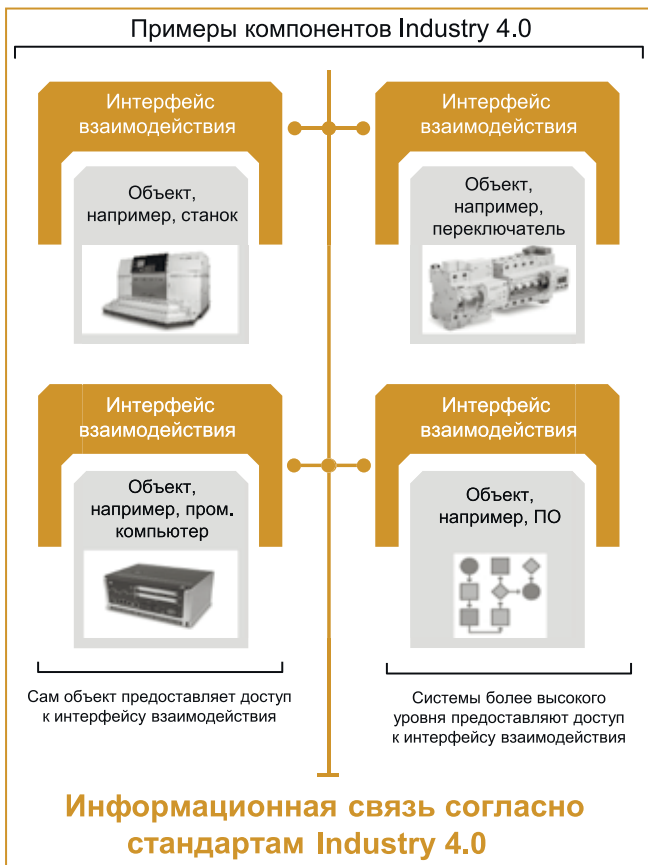


Рис. 5. Связь экземпляров оборудования через интерфейс взаимодействия Industry 4.0 [2]

должны быть однозначно определены и зарегистрированы в системе Industry 4.0. Онтология может быть определена как на основе простого списка признаков объекта, так и описывать более высокоуровневые бизнес-понятия.

Подобная структура обеспечивает жесткий формат коммуникации между частными моделями, позволяя получать доступ к содержащимся в них функциям (рис. 5). В процессе взаимодействия/коммуникации задействуется как минимум два объекта: один из них является поставщиком данных, второй — их получателем. Формат коммуникации не определяет, какие компоненты Industry 4.0 должны быть задействованы в информационном обмене; он предназначен для регламентирования процессов обмена в части вызываемых функций и потоков данных.

#### **Ограниченная применимость МСАИ 4.0 в непрерывном производстве. Понятие жизненного цикла продукции**

Согласно отраслевому стандарту DIN SPEC 91345:2016–04, принятому в ФРГ при разработке концепции Industry 4.0, ее положения применимы к технологиям производства продукции, которая сама представляет собой технические/технологические объекты: «The concept of Industrie 4.0 is intended to create digital description rules for a technical object

throughout its entire lifetime...» [2]. Как видно из представленной цитаты, одним из ключевых фокусов концепции Industry 4.0 является понятие жизненного цикла продукции (изделия). В свою очередь, стандарт [8] определяет понятие жизненного цикла следующим образом: «жизненный цикл изделия (product lifecycle) — совокупность явлений и процессов, повторяющаяся с периодичностью, определяемой временем существования типовой конструкции изделия от ее замысла до утилизации или конкретного экземпляра изделия от момента завершения его производства до утилизации. Таким образом, из представленных определений видно, что подходы и методы Industry 4.0 изначально ориентированы на применение к производству так называемой «технически сложной» продукции, обладающей высокой добавленной стоимостью (например, машиностроение и электронная промышленность; также к данной области может быть отнесено большинство дискретных производств, продукцией которых являются предметы/изделия).

Отличительной особенностью непрерывных производств является отсутствие у результирующей продукции в явном виде стадий жизненного цикла, изображенных на рис. 1, 1.а. Следовательно, данная продукция не может рассматриваться как технический объект и не может быть представлена в виде компонента Industry 4.0 (очевидно, например, что партия топлива, изготовленная на НПЗ, или партия выплавленного металла не являются техническими объектами). Попытка применить МСАИ 4.0 к производственному процессу, исключив при этом из рассмотрения саму продукцию, ограничивается возможностью классификации производственных систем в ограниченном двумерном пространстве осей «Слой ИТ-архитектуры» — «Уровень функциональной иерархии» (при отсутствии третьей оси «Этапы жизненного цикла»).

Дальнейшие выкладки касательно компонентов Industry 4.0 и их взаимодействия могут быть применены исключительно к технологическим производственным единицам (установкам, станкам, управляющим системам) непрерывного производства, но не к его продукции. Приведенные факты не позволяют в полной мере применить рассмотренные в данной статье стандарты и модели к видам производства, не соответствующим изначальному назначению и области применения концепции Industry 4.0 [2], в частности, к таким видам относятся сырьевое и непрерывное производство.

#### **Заключение**

Современный этап научно-технического развития определяется инновациями, которые ложатся в основу новых продуктов и технологий, используются для создания новых и усовершенствования существующих процессов. Ключом к успешной модернизации промышленности является сочетание стабильной,

устоявшейся промышленной нормативной базы с новыми подходами Industry 4.0. Однако при переходе к концепции Industry 4.0 использование существующих стандартов в чистом виде не всегда возможно. Поэтому процесс пошаговой адаптации существующих стандартов без ущерба для качества производственных процессов является важной задачей.

Цифровая трансформация открывает новые возможности, однако вместе с тем вносит новые риски. Настоящая публикация представляет собой первый шаг в направлении развития нормативной базы Industry 4.0 и может рассматриваться как общий обзор перспектив данного направления. Более глубокое исследование данной проблематики, включая анализ развития и применения конкретных технологий Industry 4.0, приведено в [8]. В настоящее время формирование концепции Industry 4.0 окончательно не завершено, однако применение ее основных положений в области высокотехнологичного производства (в частности, в области машиностроения) уже имеет несомненный положительный эффект, в том числе и в России. К очевидным эффектам применения МСАИ 4.0 относятся:

- унификация интерфейсов взаимодействия элементов производственного процесса;
- четкое позиционирование различных информационных систем в рамках стандартной архитектуры;
- стандартизация процесса декомпозиции задач, процессов, объектов (в предложенных на рис. 1 осях);
- увязывание применяемых информационных технологий в единую систему;
- внедрение единых стандартов и нормативов;

- формирование единой терминологической базы в отрасли.

#### Список литературы

1. Implementation Strategy Industrie 4.0: Report on the results of the Industrie 4.0 Platform. Berlin: Bitkom, Frankfurt am Main: VDMA, ZVEI, Januar 2016.
2. DIN SPEC 91345:2016-04 (E) Reference Architecture Model Industrie 4.0 (RAMI4.0). Berlin: Beuth Verlag, April 2016.
3. *Бальшова Н.В., Жуковская И.В., Щелканов С.К., Галаев А.С.* Концепция внедрения системы цехового планирования и учета в АО «КРАСМАШ» // «Решетневские чтения»: Тр. XIX Международной научной конференции, посвященной 55-летию Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Красноярск: СибГАУ им. М.Ф. Решетнева, 2015. С.168-170.
4. *Карпов Д.В.* Проблемы внедрения ERP-систем // Вестник Нижегородского Университета им. Н.И. Лбачевского. 2010. № 4 (1). с. 233-239.
5. Struktur der Verwaltungsschale, Fortentwicklung des Referenzmodells für Industrie 4.0-Komponenten, Ergebnispapier. Berlin, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), April. 2016.
6. Weiterentwicklung des Interaktionsmodells für Industrie 4.0-Komponenten, Diskussionspapier. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), November 2016.
7. *Муромцев Д.И.* Онтологический инжиниринг знаний в системе PROTÉGÉ. С.-Петербург: СПб ГУ ИТМО. 2007. 62с.
8. *Schulz Thomas* [Hrsg.]: Industrie 4.0: Potenziale erkennen und umsetzen. Würzburg: Vogel Business Media, 378 Seiten, 2017.

*Томас Шульц — инженер, менеджер по работе с партнерами GE Digital в Центральной и Восточной Европе (Германия),*

*Некрасов Иван Васильевич — канд. техн. наук, архитектор программных решений GE Digital (Россия),*

*Лежнин Дмитрий Валерьевич — инженер, начальник технического отдела ЗАО «ТЕХНОЛИНК»,*

*авторизованного партнера GE Digital в РФ, Россия*

*E-mail: t.schulz@ge.com ivannekr@mail.ru Lezhnin@technolink.spb.ru*

#### Завершение работ на заводе-роботе группы «Черкизово»

*Компания «Открытые Технологии» и Группа «Черкизово» сообщили о завершении работ по проекту «Создание комплекса кабельных систем, предназначенных для организации беспроводной связи на заводе по производству сырокопченых колбас производительностью 80 т/сут.».*

Группа «Черкизово» и компания «Открытые Технологии» завершили работы по проекту создания комплекса кабельных систем, предназначенных для организации беспроводной связи на заводе по производству сырокопченых колбас. Работы по данному проекту выполнялись в рамках полной реконструкции завода по производству мясных и колбасных изделий. Территория нового завода площадью более 95 000 м<sup>2</sup>: три корпуса общей площадью 35 тыс. м<sup>2</sup>, располагается в д. Топканово городского округа Кашира.

Применение роботов и систем автоматического управления производственными процессами в конвейерном производстве позволяет исключить из технологического процесса человеческий фактор и увеличить биобезопасность производства в целом.

Работы по реализации проекта проводились в несколько этапов.

Первый этап основывался на использовании новейшего высокопроизводительного аппаратного оборудования компании Cisco Systems, одного из лидеров рынка по производству IT оборудования, технологии и решения в области беспроводных сетей. Предоставляемые Cisco Systems сервисы позволили решить поставленные задачи в полном объеме. Использование единого бренда телекоммуникационного оборудования на своих предприятиях позволило Группе «Черкизово» оптимизировать затраты на администрирование и управление сети, а также не создавать в дальнейшем дополнительных издержек и сложностей при эксплуатации. Широкая программа сервисной поддержки, предоставляемая производителем, позволяет свести к минимуму затраты на обслуживание большого парка оборудования в целом.

Следующий этап реализации проводился на основе оборудования компании Telegärtner Karl Gärtner GmbH. В перечень предлагаемых решений входит полный спектр компонентов для создания сетей на медном и оптическом кабеле. Специально спроектированные шкафы на оборудовании компании APC и компании Rittal стали идеальным инженерным решением для размещения пассивного и активного оборудования. Надежные кабельные трассы построены на оборудовании компании ДКС.

Выполнение проекта позволило заказчику перейти на качественно новый уровень. Проект уникальный. Это крупнейший не только в России, но и в Европе, а возможно, даже в мире завод по производству сырокопченых колбас. В проекте реализована философия Industry 4.0, которая предполагает использование искусственного интеллекта. На предприятии установлена система SAP, работают роботы, которые синхронизированы между собой.

<http://www.ot.ru>