ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 59799— 2021

Умное производство

МОДЕЛЬ ЭТАЛОННОЙ АРХИТЕКТУРЫ ИНДУСТРИИ 4.0 (RAMI 4.0)

(IEC PAS 63088:2017, NEQ)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2021

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 22 «Информационные технологии»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25 октября 2021 г. № 1301-ст

4 Настоящий стандарт разработан с учетом основных нормативных положений международного документа МЭК/ТС 63088:2017 «Умное производство. Модель эталонной архитектуры индустрии 4.0 (RAMI 4.0)» (IEC PAS 63088:2017 «Smart manufacturing — Reference architecture model industry 4.0 (RAMI4.0)», NEQ)

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© IEC, 2017
© Оформление. ФГБУ «РСТ», 2021

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины, определения и сокращения 1
3.1 Термины и определения 1
3.2 Сокращения 3
4 Активы Индустрии 4.0 3
4.1 Объектный мир 3
4.2 Носители информации 4
4.3 Активы и информационный мир 4
4.4 Жизненный цикл и характеристика актива 5
4.5 Средства представления и актуализации актива в информационной системе 6
4.6 Состояние актива в течение жизненного цикла 8
4.7 Коммуникационные возможности 9
4.8 Классификация активов на основе представления и коммуникационных возможностей 10
4.9 Представления активов на основе информационных и технических функциональных возможностей 11
5 Модель эталонной архитектуры Индустрии 4.0 (RAMI4.0) 11
5.1 Общая информация 11
5.2 Ось координат архитектуры («уровни») 12
5.3 Ось координат жизненного цикла и объектов производств 14
5.4 Ось иерархии 14
6 Компоненты Индустрии 4.0 15
6.1 Общие положения 15
6.2 Административная оболочка компонентов Индустрии 4.0 20
6.3 Формы компонентов Индустрии 4.0 27
Библиография 29

Введение

Предпосылки

Промышленность требует постоянного внимания к оптимизации, экономичности, энергосбережению, заботе об окружающей среде, качеству, защите информации, безопасности, времени выхода на рынок, сокращению запасов, моделированию, простоте обслуживания и так далее. Пользователи также хотят удовлетворить новые потребности и рассмотреть новые варианты использования, достижимые с учетом наличия новых технологий. Для решения этих проблем было создано несколько проектов в разных странах с похожими названиями и целями, например в Германии «Industrie 4.0», во Франции «Industrie du Futur», в Китае «Intelligent Manufacturing», в Японии и так далее.

Производители, клиенты, поставщики услуг работают все в большей степени на глобальном рынке. Поэтому потребность в интероперабельности продуктов, открытых интерфейсов и так далее может быть достигнута только на основе международных стандартов. Чтобы удовлетворить эти потребности, МЭК и ИСО осуществляют деятельность, связанную с умным производством.

Задачи

Настоящий стандарт определяет модель эталонной архитектуры для идентификации, структурирования и иллюстрации различных областей, в которых существуют стандарты или в которых требуются стандарты. Это позволяет устанавливать стандарты при наличии разных подходов, иерархий и жизненных циклов.

Жизненные циклы имеют отношение к продуктам, активам на фабрике или заводе, к заказам, начиная от планирования и до цепочек поставок, охватывающих процесс от замысла до поставки.

Кроме того, настоящий стандарт определяет термины и определения в целом для умного производства. Поскольку умное производство охватывает различные области (непрерывные, дискретные и т. д.); термины должны быть согласованы и приняты на глобальном уровне.

Основной целью Индустрии 4.0 является содействие сотрудничеству и взаимодействию между техническими объектами, что означает, что они должны быть виртуально представлены и связаны. В этом контексте технический объект — это объект, представляющий ценность для организации. К техническим объектам относят не только физические материальные объекты, но и нематериальные объекты, такие как идеи, архивы и программное обеспечение. Концепция «Индустрия 4.0» предназначена для создания правил цифрового описания для технического объекта и изменения его состояния на протяжении всего его жизненного цикла в виде модели эталонной архитектуры Индустрии 4.0 «RAMI4.0». Цель этой модели — представить технический объект и все аспекты, относящиеся к нему, от его разработки, производства и использования вплоть до его утилизации. Компонент Индустрии 4.0 обеспечивает цифровое описание объекта, что позволяет виртуально представлять этот объект.

Технические объекты изготавливают для достижения определенной цели. Они обладают общими характеристиками с точки зрения их жизненного цикла и связанных с ними изменений. Технические объекты, для которых «изменение стоимости» или «владелец» являются важными аспектами, также называются «техническими активами». Поскольку в большинстве случаев эти аспекты важны, термины «технический объект» и «технический актив» можно рассматривать как синонимы. В этом стандарте используется термин «технический актив» или просто «актив».

Настоящий стандарт описывает две фундаментальные эталонные модели для концепции «Индустрия 4.0»:

а) модель эталонной архитектуры RAMI4.0 является эталонной моделью эталонной архитектуры Индустрии 4.0 и дает структурированное описание основных идей (см. раздел 5);

б) эталонная модель компонента Индустрии 4.0 обеспечивает цифровой доступ к этому описанию (см. раздел 6).

Основа концепции «Индустрия 4.0» заключается в том, что активы можно объединять любым способом, и эти активы формально описаны достаточно подробно для использования в цифровом мире. Эта методология не только обеспечивает достаточные общие описания конфигурации, но благодаря увеличению степени детализации также допускает очень конкретные описания. Это является основой концепции, независимо от способа использования актива.

Чтобы виртуально представлять конфигурации активов и связи между ними, «принцип рекурсивного описания активов» используется для характеристики актива следующим образом:

а) структурное описание соответствует RAMI4.0;

б) конфигурация двух или более активов вместе образует новый актив, который описан с использованием RAMI4.0;

в) компоненты актива сами могут представлять отдельные активы, которые описаны в RAMI4.0;

г) описание актива предоставляется в виде структурированной информации в административной оболочке компонента Индустрии 4.0, который действует как виртуальное представление актива.

Это означает, что любая конфигурация может быть представлена в цифровой форме с любой степенью детализации путем описания структурированных активов и их комбинаций с использованием RAMI4.0.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Умное производство

МОДЕЛЬ ЭТАЛОННОЙ АРХИТЕКТУРЫ ИНДУСТРИИ 4.0 (RAMI 4.0)

Smart manufacturing. Reference architecture model industry 4.0 (RAMI4.0)

Дата введения — 2022—04—30

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на доступную модель эталонной архитектуры, представленную в виде многоуровневого (многослойного) куба и отображающую технические объекты (активы) в виде уровней с возможностью описания и прослеживания в течение их жизненного цикла, с учетом принадлежности их к технической и/или организационной иерархии.

Стандарт также включает структуру и компоненты Индустрии 4.0, являющиеся существенной частью виртуального представления активов.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р МЭК 61360-2 Стандартные типы элементов данных с ассоциированной схемой классификации электрических компонентов. Часть 2. Словарная схема EXPRESS

ГОСТ Р МЭК 61512-1—2016 Управление серийным производством. Часть 1. Модели и терминология

ГОСТ Р МЭК 62264-1—2014 Интеграция систем управления предприятием. Часть 1. Модели и терминология

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

Примечание — Более полный список терминов и определений приведен в [1].

Издание официальное

3.1.1 **административная оболочка** (administration shell): Виртуальное цифровое и реальное представление компонента Индустрии 4.0 в системе Индустрии 4.0.

Примечание — Административная оболочка содержит манифест и диспетчер компонентов.

3.1.2

архитектура (architecture): Основные понятия или свойства системы в окружающей среде, воплощенной в ее элементах, отношениях и конкретных принципах ее проекта и развития.
[ГОСТ Р 57100-2016/ISO/IEC/IEEE 42010:2011, статья 3.2]

3.1.3 **архивный мир** (archive world): Совокупность информации в информационном мире, срок действия или актуальность которой истек и которая, таким образом, больше не может быть изменена.

Примечания

1 Информация, которая больше не является актуальной или обновляемой, передается в архивный мир.

2 Нет никаких утверждений о том, когда информация передается из мира моделей или мира состояний в архивный мир.

3.1.4 **актив** (asset): Объект, имеющий ценность для организации.

3.1.5 **услуга** (service): Отдельная область функций, предлагаемых сущностью или организацией через интерфейсы.

Примечание — Данное определение не совпадает с определением услуг по OASIS-RM («услуги — это механизм, посредством которого объединяются потребности и возможности»).

3.1.6 **сущность** (entity): Уникально идентифицируемый объект, управление которым осуществляется в информационном мире.

3.1.7 **информационный мир** (information world): Цифровой мир или кибермир: идеи, концепции, алгоритмы, модели и совокупности представлений физических объектов и людей в виртуальной среде.

Примечания

1 Для рассмотрения каждой совокупности необходимо определить границы.

2 Элементы информационного мира могут быть семантически связаны друг с другом.

3.1.8 **диспетчер компонентов** (component manager): Организатор автономного администрирования и доступа к ресурсам соответствующего компонента Индустрии 4.0, такого как сам компонент Индустрии 4.0, объект, техническая функциональность, виртуальное представление.

Примечание — Во многих документах диспетчер компонентов называется диспетчером ресурсов, но в будущем его следует называть диспетчером компонентов.

3.1.9 **манифест** (manifest): Определенный набор метаинформации о функциональных и нефункциональных свойствах соответствующего компонента Индустрии 4.0, доступный извне.

Примечание — Манифест можно рассматривать как аналогичный манифесту в области информационных технологий.

3.1.10 **физический мир** (physical world): Совокупность всех реально существующих объектов и людей.

Примечания

1 Реальный мир — то же самое, что и физический мир.

2 Загруженное или сохраненное программное обеспечение является частью физического мира.

3 Для рассмотрения каждой совокупности необходимо определить границы.

3.1.11 **эталонная архитектура** (reference architecture): Модель для описания архитектуры (Индустрии 4.0), которую обычно используют и признают приемлемой (в качестве ссылочной).

Примечание — Эталонная архитектура может быть определена на основе эталонной модели.

3.1.12 **эталонная модель** (reference model): Модель, имеющая рекомендательный характер и которую обычно используют и признают приемлемой для получения конкретных моделей.

3.1.13 **цепочка создания добавленной стоимости** (value-added chain): Последовательность процессов, взаимодействующих линейно или иерархически и добавляющих ценность.

Примечание — Границы компании не обязательно соответствуют цепочке создания добавленной стоимости или цепочке создания стоимости.

3.1.14 **система создания добавленной стоимости** (value-added system): Сеть или система цепочек создания добавленной стоимости, которые могут содержать описание их связей и отношения между ними.

3.1.15 **процесс создания добавленной стоимости** (value-added process): Процесс, в результате которого может быть создан товар, ценный для потребителя.

Примечания

1 Товар не обязательно должен быть материальным (таким как сырье или готовое изделие), он также может быть нематериальным (таким как знание, информация или услуга).

2 Определение стоимости или цены здесь не рассматривается.

3 Процессы создания добавленной стоимости — это деятельность по созданию стоимости согласно Портеру.

3.2 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

CP — Связь — представление

ERP — Система планирования ресурсов предприятия

HART — Highway Addressable Remote Transduce

HMI — Человеко-машинный интерфейс

ID — Идентификатор

MES — Система управления производством

PDF — Portable Document Format

P&ID — Схема трубопроводов и контрольно-измерительных приборов

QoS — Качество обслуживания

QR — Быстрое реагирование

RAMI4.0 — Эталонная модель архитектуры Индустрии 4.0

RFID — Радиочастотная идентификация

SbD — Безопасность по проекту

SOA — Сервис-ориентированная архитектура

SPARQL — SPARQL Protocol and RDF Query Language

XML — Расширяемый язык разметки

ИТ — Информационные технологии

ПЛК — Программируемый логический контроллер

ПО — Программное обеспечение

ЦФ — Цифровая фабрика

4 Активы Индустрии 4.0

4.1 Объектный мир

На рисунке 1 показана структура объектных миров. В объектном мире Индустрии 4.0 содержатся активы из информационного мира и физического мира. Помимо указанных активов, важную роль выполняют люди (мир людей). Информационный мир делится на мир моделей, мир состояний и архивный мир. Мир моделей содержит следующие объекты: мета-документы, модели, концепции, техническую документацию, производственные планы и процедурные описания. Мир состояний описывает текущее состояние объекта. Архивный мир содержит сохраненную информацию о состоянии и жизненном цикле выполненных процессов, таких как производственные процессы, процессы разработки, процессы обслуживания и т. д.

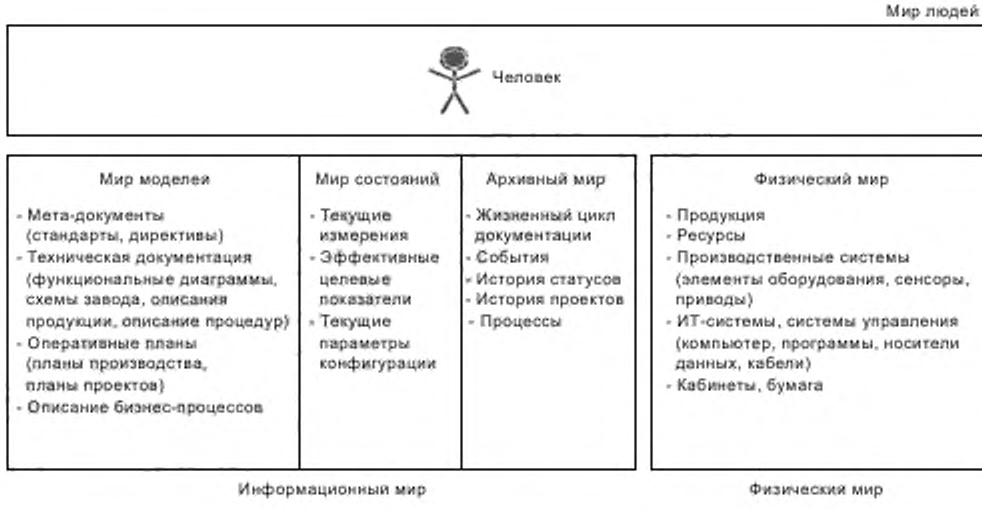


Рисунок 1 — Примеры структуры объектных миров

Физический мир включает физические продукты, установки, ресурсы, ИТ-системы, ПО и др. При классификации программного обеспечения следует учитывать, что сам алгоритм принадлежит информационному миру, а исполняемая программа, установленная в систему, является частью физического мира. Люди являются частью физического мира, участвуют в информационном мире и имеют особый статус благодаря своему интеллекту и способности принимать решения.

4.2 Носители информации

На рисунке 2 показаны примеры различных носителей информации. План, например может храниться в виде файла XML или PDF на компьютере. Также он может храниться в чьей-то голове или быть напечатанным на листе бумаги. В каждом случае «план» информационного актива одинаков. Вид физического носителя не изменяет информационный актив. Если носитель уничтожен, то и вся информация, хранящаяся на нем, уничтожается. Чтобы предотвратить потерю информации, ее копии могут быть сделаны на нескольких носителях. Тем не менее, они все по-прежнему являются одним и тем же активом.

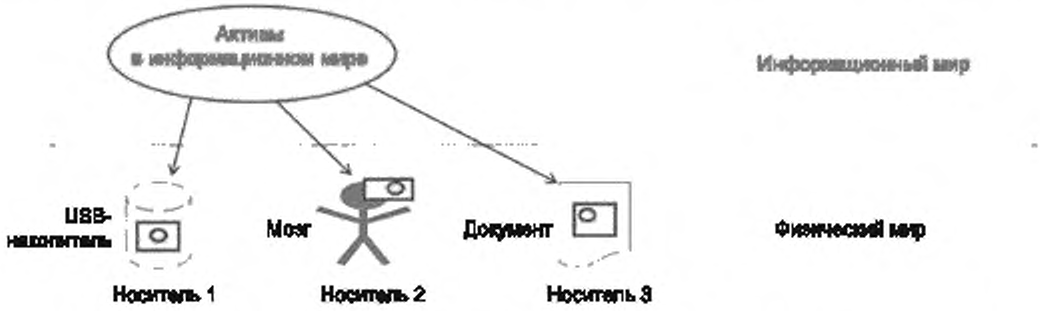


Рисунок 2 — Активы в информационном мире и их представление на носителях физического мира

4.3 Активы и информационный мир

Каждый актив имеет ценность для организации и представляет собой артефакт, который специально предназначен для выполнения определенной роли в конкретной системе. Активы предназначены для выполнения конкретной цели и обладают общим жизненным циклом и связанным с ним изменени-

ем стоимости (см. рисунок 3). Активы, для которых «изменение стоимости» или «владелец» — важные аспекты, также называются «техническими активами».

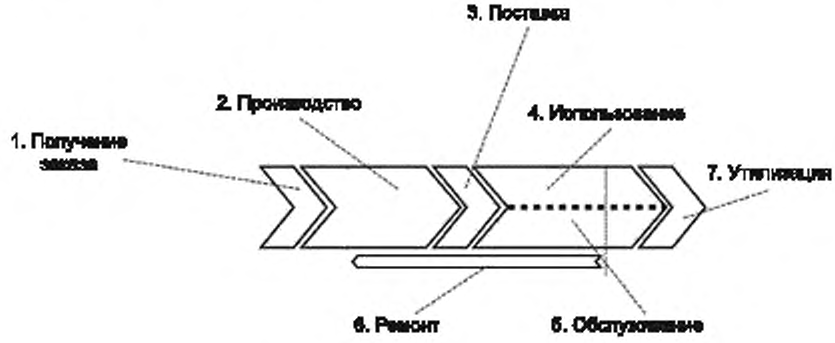


Рисунок 3 — Жизненный цикл актива

Ключевая задача Индустрии 4.0 — использовать технические активы из физического мира и представлять их виртуально в информационном мире. При этом под физическим миром следует понимать совокупность всех реальных активов и людей.

Каждый актив может быть определен следующими характеристиками:

а) актив спроектирован, создан, использован и утилизирован;

б) актив может быть идеей, программой, архивом, услугой или любым физическим элементом (другими словами, он не должен существовать в физической форме);

в) актив имеет срок службы;

г) актив четко идентифицируется;

д) актив представлен в виртуальном мире своей административной оболочкой,

е) актив может иметь несколько виртуальных представлений, созданных в соответствии с правилами Индустрии 4.0 для разных целей;

ж) активы могут быть объединены для создания новых активов с различными свойствами;

з) актив используется в процессе и характеризуется во времени, местоположении и состоянии;

и) у каждой части информации актива есть носитель;

к) характеристики актива описаны с использованием глоссария Индустрии 4.0, который включает набор терминов, описывающих свойства.

Пример — Активы в контексте Индустрии 4.0 — это устройства или их части, электронные модули, подсистемы и системы, машины, установки и сети, услуги, концепции и идеи, планы, архивы и программы.

4.4 Жизненный цикл и характеристика актива

Каждый актив имеет определенный срок службы, в течение которого он служит цели, для которой он был создан (см. рисунок 3). Способ его создания зависит от типа актива. Под созданием актива подразумевается развитие типового продукта, проектирование завода, статус информации об измерении, строительство установки или производство продукта. После создания актив должен быть готов к использованию. Процесс поставки включает все процессы, начиная от создания продукта и до его эксплуатации на месте применения. Процессы обеспечения включают доставку, транспортировку, складирование, настройку и сборку, а для программного обеспечения — такие процессы, как выпуск, загрузка и установка. После поставки необходимо произвести установку актива для его использования на месте применения, другими словами, он готов выполнять предназначенную ему роль в качестве технического устройства. На следующем этапе должны учитываться два различных вида применения актива: использование и обслуживание. При использовании актива обслуживание является частью технической системы для выполнения желаемых технических (производство или использование) процессов. Во время обслуживания актив по-прежнему является продуктом, функциональность которого должна быть сохранена или восстановлена. Техническое обслуживание может быть проведено пользователем, сторонней организацией или производителем. Работа может проходить на месте, в режиме дистанци-

онного обслуживания или (например, после демонтажа) в сторонней организации. Определенные процедуры технического обслуживания можно рассматривать как цикл, включающий возобновление производства и повторный ввод в эксплуатацию, в то время как другие процедуры — как просто изменение статуса актива при использовании.

В информационном мире актив можно охарактеризовать на основе концепции, как показано на рисунке 4. Актив:

а) представлен или сделан известным определенным образом (то есть известен или неизвестен в определенной степени);

б) имеет определенное состояние в течение жизненного цикла (по крайней мере, тип или экземпляр);

в) имеет коммуникационные возможности;

г) представляется при помощи информации (данных);

д) имеет техническую функциональность.



Рисунок 4 — Концепции актива

4.5 Средства представления и актуализации актива в информационной системе

4.5.1 Общие положения

Каждый существующий актив имеет определенный срок службы. Изначально существование физического актива, его идентичность, состояние и жизненный цикл неизвестны информационной системе. Наиболее важные вопросы системного проектирования — в какой степени эта информация доведена до сведения информационной системы, и какая часть этой информации в ней представлена. Актив в информационном мире, по крайней мере, известен в собственной информационной системе.

Если информация о физических активах содержится в информационной системе, то административные объекты, которые управляют активом, должны быть созданы и обеспечены информацией. Актив можно классифицировать следующим образом в зависимости от объема информации, доступной информационной системе:

а) неизвестный;

б) анонимно известный;

в) индивидуально известный;

г) администрируемый как сущность.

4.5.2 Неизвестные активы

Неизвестный актив — это тот актив, который не известен в информационном мире.

4.5.3 Анонимно известные активы

Анонимно известный актив — это тот, который может быть признан только в информационном мире как актив определенного типа в определенном месте.

Пример — Винт находится в коробке с другими винтами. Даже если количество винтов в коробке известно, индивидуальные свойства не могут быть назначены любому из винтов, кроме общих для этого типа. Если в систему включается актив, который не идентифицируется индивидуально, то его можно косвенно идентифицировать посредством его местоположения. Если винт установлен на заводе, то можно определить, что именно этот винт установлен именно на этом месте и должен быть заменен. Однако это верно только в том случае, если винт установлен. После удаления он попадает в утиль и больше не может быть идентифицирован. То же самое касается таких изделий, как детали, изготовленные методом вырубки в штампе. В процессе вырубки можно определить, какая штампуемая деталь позиционирована в матрице штампа. После удаления из штампа деталь не идентифицируется индивидуально, но в информационной системе зафиксировано наличие детали и ее нахождение в контейнере для транспортировки.

4.5.4 Индивидуально известные активы

Индивидуально известный актив является однозначно идентифицируемым, у которого есть уникальное имя, известное в информационном мире. Система с помощью метода идентификации определяет актив в физическом мире и присваивает имя объекту.

Примечание — Здесь не имеет значения, какая технология используется для идентификации: это может быть идентификационный код, физически прикрепленный к активу (шильдик с серийным номером, штрих-код, RFID и так далее), анализ характерных физических свойств (отпечаток пальца и так далее) или детерминированная и систематическая стратегия отслеживания в системе (рулон, партия и так далее). В каждом случае идентифицированному активу может быть однозначно присвоено имя объекта в информационном мире.

4.5.5 Администрирование активов как сущностей

Сущность является уникально идентифицируемым активом, который управляется в информационном мире.

Сущности — это информационные активы, обладающие собственными объектами, которыми можно управлять.

Представление информации о сущности содержит данные об активе, которые могут храниться в соответствующем компоненте Индустрии 4.0 (как описано в разделе 6) и могут быть доступны для внешнего мира с использованием связи, совместимой с Индустрией 4.0. В качестве альтернативы данные могут быть в ИТ-системе, которая делает ее доступной для внешнего мира посредством связи, совместимой с Индустрией 4.0.

Совместимая с Индустрией 4.0 связь должна осуществляться таким образом, чтобы можно было получить доступ к информации о представлении соответствующего компонента Индустрии 4.0 в самом активе либо в ИТ-системе. Функциональность, доступная таким образом в информационной системе, выходит далеко за рамки простой идентификации. Она включает такие функции, как отслеживание активов, запись данных о жизненном цикле, эксплуатационное управление собственным производственным процессом компании, а также автоматизированный мониторинг и обеспечение качества. Если функции администрирования заключены в функциональном блоке, то их выполняют в проактивных задачах, где функциональный блок называют диспетчером компонентов (см. рисунок 5).

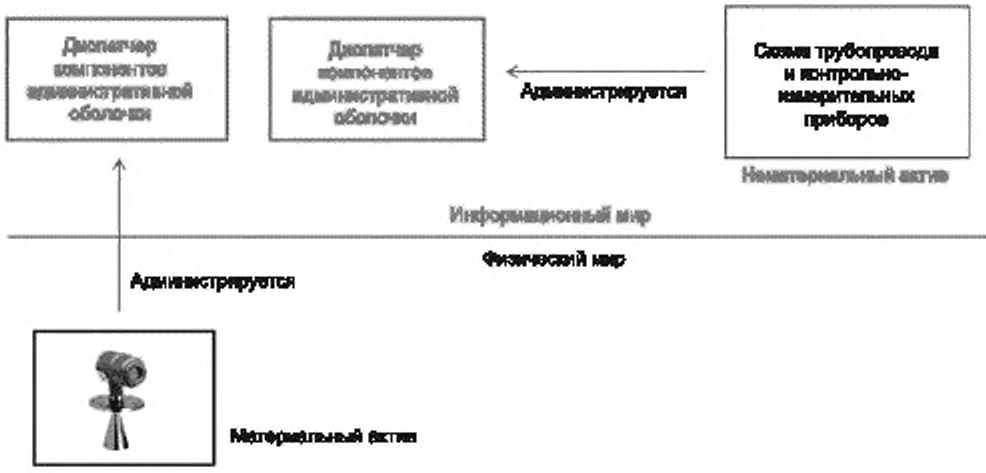


Рисунок 5 — Диспетчер компонентов для администрирования объектов

Как показано на рисунке 5, объекты могут быть не только активами в физическом мире, но и активами в информационном мире.

Пример — Срок службы радарного зонда задокументирован слева на рисунке 5. Радарный зонд рассматривается как сущность, и ему предоставляется собственный диспетчер компонентов. Пример справа документирует жизненный цикл (создание, выпуски и процессы обслуживания) P&ID. В этом случае P&ID становится сущностью, а также получает свой собственный диспетчер компонентов. В используемой здесь модели сам актив концептуально отделен от его администрирования.

4.6 Состояние актива в течение жизненного цикла

4.6.1 Общие положения

На протяжении всего жизненного цикла актив имеет определенное состояние в определенное время в определенном месте нахождения. Это состояние можно описать, используя дополнительную информацию, когда проводится различие между типовым продуктом и штучным изделием. В зависимости от того, как актив используется в цепочке добавленной стоимости, свойства и состояние его типа или его конкретного примера релевантны. Типовые продукты и отдельные штучные изделия подлежат использованию и обслуживанию.

4.6.2 Типовой продукт

Актив как типовой продукт определяет набор свойств, которые характерны для всех штучных изделий этого конкретного актива, а также однозначно идентифицируется и возникает с этапа первичного замысла. Это включает, например заказ, разработку и тестирование, вплоть до первоначального изготовления образцов и опытных образцов. После завершения всех испытаний, необходимых для проверки, типовой продукт выпускают для серийного производства, что означает, что штучные изделия этого типового продукта можно производить.

4.6.3 Штучное изделие

Штучное изделие — это однозначно идентифицируемый актив, характеризующийся свойствами типового продукта. Штучное изделие всегда однозначно связано с его типовым продуктом.

Для физического актива конкретные активы создаются в производстве на основе типового продукта. Каждый производственный актив представляет собой штучное изделие типового продукта для использования в конкретных целях. Штучные изделия могут быть проданы, доставлены клиентам, использоваться клиентами и обслуживаться.

Для актива в информационном мире штучные изделия создают на основе типа, например путем выделения и инициализации структур данных, которые используются, модифицируются и обновляются.

4.7 Коммуникационные возможности

4.7.1 Коммуникационные возможности активов в физическом мире

4.7.1.1 Общие положения

Активы в физическом мире могут быть физическими объектами (например, труба или кабель), носителями информации (например, сервер) или быть и тем, и другим (например, «интеллектуальное» устройство сопряжения). Поскольку они несут информацию; активы в физическом мире должны быть интегрированы в технологическую информационную сеть системы для коммуникационных целей. Связь всегда относится к способности коммуникации с использованием цифровых систем связи (например, магистральная шина или связь по TCP/IP).

Активы могут быть размещены в следующих категориях в зависимости от их коммуникационных возможностей:

а) активы без коммуникационных возможностей;

б) активы с пассивными коммуникационными возможностями;

в) активы с активными коммуникационными возможностями (базовый компонент);

г) активы с совместимой с Индустрией 4.0 возможностью связи (компонент Индустрии 4.0).

4.7.1.2 Активы без коммуникационных возможностей

Физический актив не имеет возможности связи, если он не является носителем информации (например, винт, кабель или резервуар) или если он является носителем информации, но не имеет цифрового интерфейса (например, обычная стиральная машина или 4-20 мА устройство сопряжения без HART).

4.7.1.3 Активы с возможностью пассивной связи

Если актив содержит носитель информации, который может быть прочитан через интерфейсы, он имеет пассивные коммуникационные возможности. Сам носитель информации пассивен, но позволяет данным о нем считываться для идентификации актива (например, RFID, штрих-код и так далее).

4.7.1.4 Активы с активными коммуникационными возможностями (основные компоненты)

Физический актив, способный активно участвовать в сетевой коммуникации в качестве основного компонента с точки зрения цифровой связи, активно идентифицирует себя при создании связи с сетью для входа в систему и участия в коммуникации.

4.7.1.5 Активы с совместимой с Индустрией 4.0 возможностью связи (компоненты Индустрии 4.0)

Актив, который имеет все возможности пользователя системы обслуживания Индустрии 4.0, является компонентом Индустрии 4.0 ввиду его особой роли в системе Индустрии 4.0. Компоненты Индустрии 4.0, программное обеспечение и аппаратные средства называются автономными компонентами Индустрии 4.0.

Чтобы компонент Индустрии 4.0 мог предоставлять информацию, он должен по крайней мере соединяться с активом через информационную систему. Пассивная связь является минимальным условием. Также есть возможность интегрировать актив, который является пассивным или активным, способным к связи, но не соответствующим Индустрии 4.0. ИТ-система более высокого уровня может использоваться как элемент совместимой с Индустрией 4.0 связи, реализуемой на основе сервис-ориентированной архитектуры (SOA).

Пример — Таким образом, идентифицируемая клеммная колодка может стать компонентом Индустрии 4.0.

4.7.2 Коммуникационные возможности активов в информационном мире

4.7.2.1 Общие положения

В дополнение к физическим компонентам активы из информационного мира также могут быть классифицированы по тем же признакам.

4.7.2.2 Активы без коммуникационных возможностей

Носитель данных не способен к связи. Все данные на нем не способны к коммуникации.

Пример — Физическая паспортная табличка устройства, информация P&ID в виде распечатки на бумаге.

4.7.2.3 Активы с возможностью пассивной связи

Актив не имеет активной связи. Однако данные хранятся на носителе, которые можно прочитать (и, возможно, записать) в системе.

4.7.2.4 Активы с активными коммуникационными возможностями

Данные администрируются в активном программном компоненте. Программный компонент способен активно участвовать в системной связи. Программный компонент идентифицирует себя, когда активируется и авторизуется для участия в обмене информацией в системе.

4.7.2.5 Активы с совместимой с Индустрией 4.0 возможностью связи (компоненты Индустрии 4.0)

Компонент Индустрии 4.0, представляющий актив, обладает всеми возможностями службы Индустрии 4.0 как пользователь системы. В отличие от компонентов Индустрии 4.0, представляющих актив из физического мира, этот вид компонента Индустрии 4.0 представляет программный компонент Индустрии 4.0.

Примечание — 4.7.1.5 и 4.7.2.5 описывают компоненты Индустрии 4.0.

4.8 Классификация активов на основе представления и коммуникационных возможностей

К ним относятся средства, которыми объект управляется в информационной системе, и, следовательно, его представление или «публичность» в этой системе не зависят от ее коммуникационных возможностей. Это означает, что важная единица в системе, например двигатель, может быть идентифицирована как сущность, даже если она совершенно не способна к взаимосвязи. Затем ее состояние должно отслеживаться и регистрироваться с использованием внешних систем измерения и идентификации, а также людьми.

Примечание — Для администрирования объекта важно, если актив объекта, по крайней мере, способен к пассивной связи (например, используя сигнальные интерфейсы или RFID), но это не является обязательным условием.

Рисунок 6 иллюстрирует систему классификации связи и представления (CP). Класс администрирования каждого объекта — то есть его представление в информационной системе — может быть свободно выбран и являться проектом решения. Коммуникационные возможности важны, но не обязательны для администрирования объекта. Однако некоторые коммуникационные возможности требуют, чтобы объект был достаточно идентифицируемым.

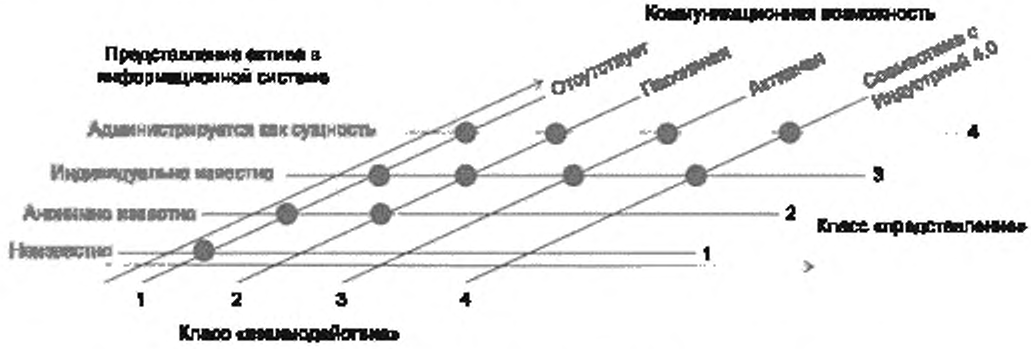


Рисунок 6 — Действительное представление актива в информационной системе и его коммуникационных возможностей

Принадлежность к определенному классу объекта в зависимости от коммуникационных возможностей и представлений может быть выражена с помощью «CP» и числа. CP расшифровывается как классификация связи и представления. Этот тип обозначения похож на широко используемую систему обозначений для классов защиты IP. Ниже приведен пример обозначения CP в системе.

Пример — CP33 обозначает индивидуально известный компонент, способный к активной связи, например классическое полевое устройство с подключением полевой шины. Класс CP для контейнера безопасности, который отслеживается на протяжении всей своей жизни, но не способен на какой-либо вид коммуникации будет обозначен как CP14.

Примечание — В соответствии с системой, показанной на рисунке 7, компонент Индустрии 4.0 представляет собой CP24, CP34 или CP44.

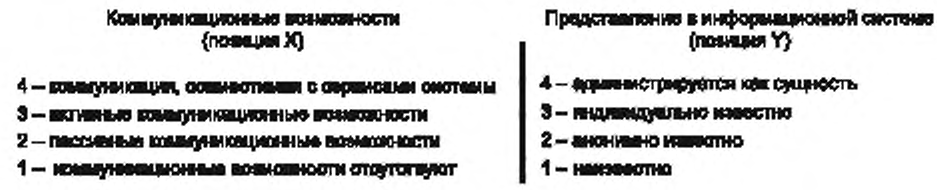


Рисунок 7 — Система обозначений CP для классификации
в соответствии с коммуникационными возможностями и представлениями

Чтобы назначить данные и функции активу, он должен существовать как объект.

Примечания

1 Программное обеспечение, которое в общепринятом смысле может поставляться как физически, так и нефизически, также является активом. Идеи, архивы и концепции также являются активами.

2 Поскольку целью совместимого с Индустрией 4.0 актива является предоставление в виде информации данных и функций, то в системе индивидуально известные активы являются субъектами по самой своей природе.

4.9 Представления активов на основе информационных и технических функциональных возможностей

Представление актива с помощью информации охватывает все данные и свойства, которые характеризуют связанный актив или представляют важную информацию для других активов.

Функции актива представляют его фактическую техническую функциональность.

5 Модель эталонной архитектуры Индустрии 4.0 (RAMI4.0)

5.1 Общая информация

Модель эталонной архитектуры Индустрии 4.0 (RAMI4.0) обеспечивает структурированное представление. Основные элементы активов представлены в трехкоординатном отображении, как показано на рисунке 8. Это позволяет показать сложные взаимосвязи элементов модели в различных точках многослойного куба.

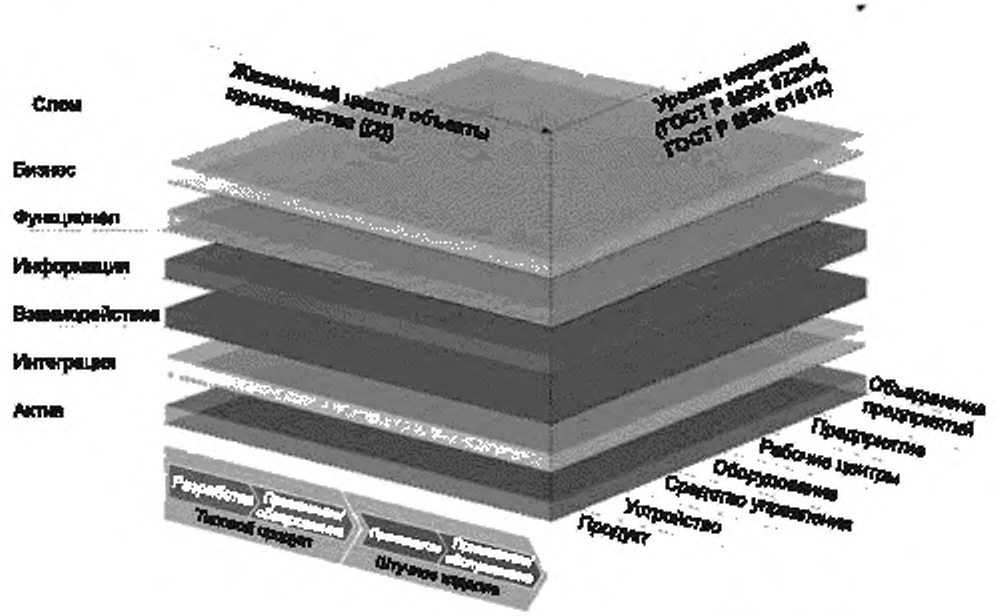


Рисунок 8 — Модель эталонной архитектуры Индустрии 4.0 (RAMI 4.0)

Три оси координат:

а) ось координат архитектуры («Уровни») с шестью слоями для представления информации, относящейся к активу;

б) ось координат «Жизненный цикл и объекты производства» для представления срока службы актива и стоимости; добавленный процесс, основанный на [2];

в) ось координат «Уровни иерархии» для назначения функциональных моделей конкретным уровням на основе ГОСТ Р МЭК 62264-1 и ГОСТ Р МЭК 61512-1.

Цель RAMI4.0 — описать активы и комбинации активов с достаточной точностью.

Описание в RAMI4.0 является чисто логическим. Реальная реализация может быть отличной от логического описания. Например, функция MES для машины логически описана на иерархическом уровне «Рабочие центры». Однако эта функция может быть реализована на уровне «Оборудование».

Безопасность является ключевым аспектом RAMI4.0 и всегда должна быть включена в описание в каждом секторе по трем осям координат.

5.2 Ось координат архитектуры («уровни»)

5.2.1 Обзор

Вертикальная ось координат описывает на основе многослойной структуры системы с указанием уровней (слоев), отражающих специфические функции активов.

Шесть архитектурных уровней (слоев) используются на вертикальной оси для описания структурных свойств актива или комбинации активов:

а) бизнес;

б) функционал;

в) информация;

г) взаимодействие;

д) интеграция;

е) актив.

Между уровнями существует слабая связь. Взаимодействие может происходить только между двумя смежными уровнями или внутри уровня. Исключение уровней не допускается. Взаимодействие с вышестоящими уровнями может быть реализовано, минуя промежуточные.

5.2.2 Бизнес-уровень

Бизнес-уровень описывает коммерческое представление. Он включает в себя:

а) общие организационные граничные условия (такие как ввод в эксплуатацию, общие условия заказа или нормативные положения);

б) финансовые условия (цена, доступность ресурсов, скидки и так далее);

в) обеспечение целостности функций в цепочке добавленной стоимости;

г) правила моделирования, которым должна следовать система Индустрии 4.0;

д) соответствие бизнес-моделей и возникающих в результате бизнес-процессов;

е) общие правовые и нормативные условия;

ж) инструментарий сервисов на «функциональном» уровне;

з) связи между различными бизнес-процессами;

и) получение событий для перехода бизнес-процесса на следующий этап.

Примечание — Функциональность уровня «Бизнес» не связана с конкретными решениями, такими как планирование ресурсов предприятия (ERP). Функции ERP обычно назначаются на «функциональном» уровне.

5.2.3 Функциональный уровень

Функциональный уровень описывает логические функции актива (технические функциональные возможности) относительно его роли в системе Индустрии 4.0.

К логическим функциям относятся:

а) формальное, цифровое описание функций;

б) платформа для горизонтальной интеграции различных функций;

в) среда выполнения и моделирования сервисов и бизнес-процессов;

г) среда выполнения для приложений и технической функциональности.

5.2.4 Информационный уровень

Информационный уровень описывает данные, которые использует, генерирует или изменяет техническая функциональность актива.

Он включает в себя:

а) среду выполнения для предварительной обработки события;

б) выполнение правил;

в) формальное описание моделей и правил;

г) сохранение данных, представленных моделями;

д) обеспечение целостности данных;

е) последовательную интеграцию разных данных;

ж) получение новых, более качественных данных (информации, знаний);

з) предоставление структурированных данных через сервисные интерфейсы;

и) получение событий и преобразование их в подходящую форму для данных, доступных для функционального уровня;

к) предварительную обработку контекста.

Примечание — Предварительная обработка контекста — это, например, когда к одному или нескольким событиям применяют общие правила, пригодные для генерации одного или нескольких других событий, которые затем инициируют обработку на функциональном уровне.

5.2.5 Уровень взаимодействия

Уровень взаимодействия описывает совместимый с Индустрией 4.0 доступ к информации и функции связанного актива другими активами. Другими словами, он описывает, какие данные используются, где они используются и как они распространяются.

Примечания

1 Текущие полевые устройства, RFID, QR-коды и так далее не являются частью уровня взаимодействия, а являются частью интеграционного уровня.

2 Передаваемая информация и функции важны не только во время их оперативной утилизации, но также и на всех других этапах жизненного цикла актива.

Примеры

1 Стандартизированная связь Индустрии 4.0 с использованием единого формата данных.

2 Предоставление сервисов, например в качестве информационных функций на основе сервис-ориентированной архитектуры (SOA).

5.2.6 Интеграционный уровень

Интеграционный уровень представляет собой переход от физического мира к информационному миру. Он описывает инфраструктуру, существующую для реализации функции ресурса. На этом уровне находятся свойства и функции, связанные с процессом, которые делают актив пригодным для использования по прямому назначению.

Примечание — Преимущество структурирования на уровне активов и на интеграционном уровне заключается в том, что на более высоких уровнях неважно, выполняется ли подфункция в физическом мире, то есть физически на уровне интеграции, или в форме программного обеспечения, другими словами, как программа на функциональном уровне.

Содержание интеграционного уровня включает в себя:

а) обеспечение представления фактического ресурса актива посредством информации об активах, физических объектах, оборудовании, документах, программном обеспечении/прошивки и так далее;

б) описание технических элементов, таких как считыватели RFID, датчики, человеко-машинные интерфейсы (HMI) и преобразователи сигналов;

в) автоматизированное управление техническими процессами;

г) генерирование событий из реальных активов;

д) человеко-машинный интерфейс (HMI).

Другими словами, каждое важное событие в реальном мире порождает событие в виртуальном мире на интеграционном уровне и возможно на более высоких уровнях. Если реальность меняется в физическом мире, об этом событии сообщается на интеграционном уровне. Следовательно, соответствующие события могут инициировать события на информационном и более высоких уровнях через уровень взаимодействия.

5.2.7 Уровень активов

Уровень активов представляет реальность, то есть актив, который существует в физическом мире. Это материальная реальность, представленная на указанных выше уровнях.

Для каждого соответствующего элемента на уровне активов должен существовать элемент на более высоком уровне цифрового мира. Однако не каждый соответствующий элемент в цифровом мире имеет соответствующий элемент на уровне активов.

Пример — Соответствующее свойство существующей детали машины отображается в виде представления на интеграционном уровне. Если элемент машины утилизируется, она исчезает из физического мира, но остается, например как план в архиве в информационном мире интеграционного или информационного уровня.

Уровень активов содержит:

а) физический мир, то есть весь реальный мир, существующие активы, как определено Индустрией 4.0, и людей, например физические элементы, такие как линейные оси и детали из листового металла, сервисы, документы, принципиальные схемы, идеи и архивы;

б) интерфейс между людьми и информационным миром;

в) подключение активов к интеграционному уровню.

Несколько активов, описанных в соответствии с RAMI4.0 на уровне активов, могут быть объединены для формирования более сложного актива. Для этого все отдельные активы и новый, более сложный актив, описываются в соответствии с правилами модели эталонной архитектуры.

5.3 Ось координат жизненного цикла и объектов производств

Ось координат жизненного цикла и объектов производства используют для описания актива в определенный момент времени в течение жизненного цикла, от производства и использования его с добавленной стоимостью до его утилизации.

По этой оси актив характеризуется своим состоянием в конкретное время в определенном месте.

5.4 Ось иерархии

Ось иерархии основана на модели эталонной архитектуры для фабрики по ГОСТ Р МЭК 62264-1 и ГОСТ Р МЭК 61512-1. Чтобы обеспечить последовательное рассмотрение как можно большего числа секторов автоматизации завода перерабатывающей промышленности, термины «предприятие», «рабочие центры», «оборудование» и «средства управления» были взяты из вышеупомянутых стандартов

(см. рисунок 9). Следующие уровни иерархии были изменены и дополнены, чтобы отразить потребности Индустрии 4.0:

а) «Объединения предприятий» описывают отношения между активом или комбинацией активов (например, установка или компания) и другой актив или комбинацию активов (другая установка или компания), например, сеть заводов;

б) «Устройство (инструмент)» добавлено как иерархический уровень;

в) «Продукт» обозначает взаимодействующий продукт, который будет изготовлен как неотъемлемая часть процесса добавленной стоимости Индустрии 4.0.

Примечание — Например, для актива «производственное предприятие» модель эталонной архитектуры Индустрии 4.0 позволяет одновременное рассмотрение производящегося продукта и производственного цеха со всеми их зависимостями и отношениями.

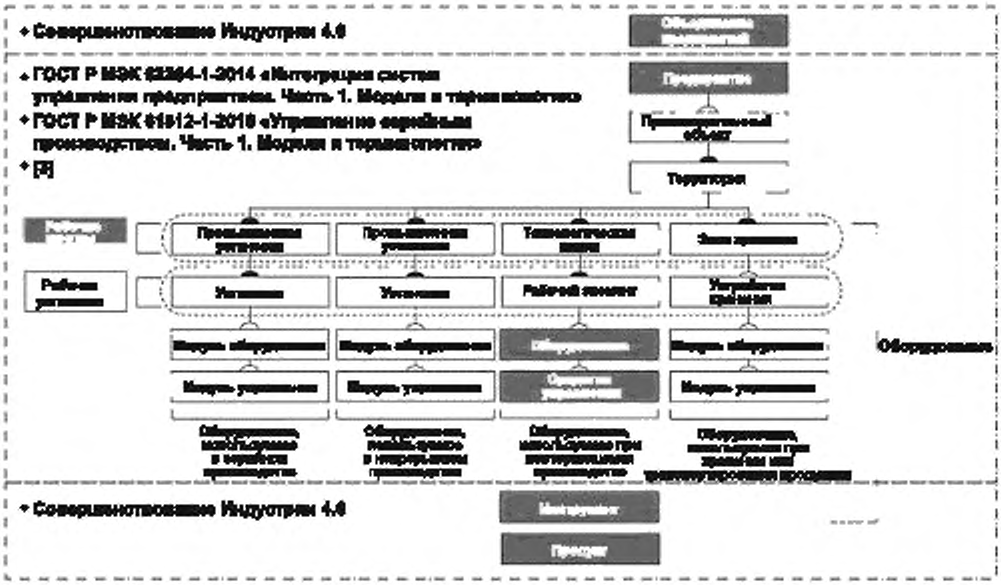


Рисунок 9 — Уровни иерархии RAMI 4.0

6 Компоненты Индустрии 4.0

6.1 Общие положения

6.1.1 Обзор

Компоненты Индустрии 4.0 являются глобально и уникально идентифицируемыми участниками, способными к взаимодействию, они состоят из административной оболочки и актива (см. рисунок 10) с цифровой связью в системе Индустрии 4.0 (соответствует CP24, CP34 или CP44) и обеспечивают услуги с определенными свойствами качества обслуживания (QoS).

Активы разных типов с разными коммуникационными возможностями могут быть реализованы как компоненты Индустрии 4.0, предлагающие поэтапную защиту услуг и данных, в том числе информационную безопасность, на уровне, соответствующем их использованию.

В промышленных приложениях компонент Индустрии 4.0 может быть производственной системой, индивидуальной машиной или блоком, или модулем внутри машины.

На рисунке 10 показано, что актив не обязательно является компонентом Индустрии 4.0. Только если сущность содержит, по крайней мере, пассивные возможности связи и оснащена «административной оболочкой», то актив становится компонентом Индустрии 4.0.



Рисунок 10 — Компонент Индустрии 4.0 в качестве необходимого взаимодействия между активом и административной оболочкой

Административная оболочка включает в себя соответствующую информацию для представления актива и его техническую функциональность, которая обеспечивает информационный мир информацией об активе или нескольких активах, структурированных в соответствии с RAMI4.0.

6.1.2 Свойства компонентов Индустрии 4.0

Термин «компонент» обозначает актив в физическом или информационном мире, который выполняет определенную роль или предназначен для ее выполнения в своей системной среде. Компонентом может быть труба, функциональный модуль ПЛК, лампа или клапан интеллектуального блока привода. В описании компонента должна быть представлена его техническая функциональность, которую он должен выполнять или уже выполняет в системе Индустрии 4.0. Компонент Индустрии 4.0 — это особый тип компонента, характеризующийся тем, что он соответствует определенным требованиям в отношении классификационных свойств, указанных выше.

Примечание — Система Индустрии 4.0 может также включать компоненты, которые не соответствуют требованиям Индустрии 4.0 и следовательно не соответствуют компонентам Индустрии 4.0.

Чтобы представить информацию о своих активах в информационном мире, компонент Индустрии 4.0 имеет следующие свойства, основанные на технических характеристиках, описанных в 4.4.

а) четкая идентификация как субъекта;

б) либо «типовой продукт», либо «штучное изделие» с точки зрения конкретного этапа его жизненного цикла;

в) способность к активной или пассивной связи, соответствующей Индустрии 4.0 (цифровое соединение в пределах системы Индустрии 4.0);

г) представление актива с помощью информации;

д) наличие технической функциональности с уровнем защиты, подходящим для его использования.

Возможности безопасности актива должны быть соблюдены с требуемыми возможностями безопасности административной оболочки.

6.1.3 Идентифицируемость

Компонент Индустрии 4.0 уникально идентифицируется в сети, что означает, что физический актив можно найти с помощью уникального идентификатора (ID). Если это компонент CP34 или CP44 (как описано в 4.8), с ним можно связаться через коммуникационный адрес (такой как IP-адрес). Активный компонент Индустрии 4.0 может самостоятельно осуществлять связь, совместимую с Индустрией 4.0, при этом для пассивного компонента Индустрии 4.0 это обеспечивается необходимой инфраструктурой.

6.1.4 Состояние в жизненном цикле

Информация из 4.6 применима для этого случая, так как каждый компонент Индустрии 4.0 является частью сети с конкретными задачами, и эти задачи должны быть выполнены в процессах скоординированным образом. В любое время другие пользователи запрашивают состояние каждого компонента Индустрии 4.0 в совместимой с Индустрией 4.0 сети связи. Эта информация используется, например для локального администрирования других компонентов Индустрии 4.0 и глобального управления для координации процессов.

Следует проводить различие между типовыми продуктами и штучными изделиями в качестве активов, чтобы отношения могли также устанавливаться между производителями компонентов и пользователями, что позволяет передавать на уточнение активы как типовой продукт для пользователей, когда это необходимо, и наоборот, чтобы передать обратную связь от пользователей к производителю.

6.1.5 Безопасность совместимых с Индустрией 4.0 коммуникаций, услуг и качества обслуживания

Компоненты Индустрии 4.0 взаимодействуют друг с другом на основе сервис-ориентированной архитектуры (SOA), включая общую семантику, совместимую с Индустрией 4.0. Компонент Индустрии 4.0 предоставляет информацию о себе, используя сервисы на основе модели сервисов. Подходящий профиль для компонента Индустрии 4.0 описывает, какие сервисы работают, и какие технологии были использованы для этого.

Компоненты Индустрии 4.0 должны иметь возможность использовать разные протоколы связи. Следовательно, позднее должна быть возможность загружать дополнительные протоколы и функции приложения.

Следует проводить различие между адресацией компонента Индустрии 4.0 и адресацией его прикладных объектов. Адресацию проводят с использованием глобального уникального идентификатора, который не зависит от производителя.

Компоненты Индустрии 4.0 поддерживают в целом стандартизированные (а также впоследствии загружаемые) функциональные сервисы и состояния для системы Индустрии 4.0. Они обладают свойствами, необходимыми для этой задачи, в форме качества обслуживания (QoS), которая также включает свойства безопасности. Что касается использования свойств в технологии автоматизации, то они должны быть согласованы или храниться в профиле, например:

а) диапазон для продуктивной коммуникации в реальном времени, например детерминизм с возможностью работы в реальном времени;

б) максимальная отказоустойчивость для безопасности с точки зрения архитектуры окружающей сети (надежность);

в) достаточно точная тактовая синхронизация;

г) интероперабельность;

д) диагностика и разработка на основе единых правил;

е) установление специальных связей.

В зависимости от требований к административной оболочке и связанных активов для безопасности важно следующее:

а) должна быть обеспечена конфиденциальность, целостность данных, функции и доступность технической функциональности, в том числе в отношении функций соответствующего актива (конфиденциальность, целостность, доступность). Это также относится к передаваемой сохраненной информации;

б) при использовании данных за пределами компании (например, в облаке), псевдо- или полная анонимность персональных данных должна быть принята во внимание, как и любая другая корпоративная система управления идентичностью и правами.

6.1.6 Представление информации в семантическом виде, совместимом с Индустрией 4.0

Компонент Индустрии 4.0 обеспечивает свое представление, включая динамическое поведение, используя стандартизированную семантику, совместимую с Индустрией 4.0.

Эта информация генерируется в соответствии с RAMI4.0 как виртуальное структурированное представление реального актива в формате данных, совместимом с Индустрией 4.0. Одна из частей этого представления — манифест, который должен иметь совместимую с Индустрией 4.0 семантику.

Свойства и функции актива классифицируются с использованием следующих элементов.

а) общие условия бизнеса (бизнес);

б) механика (строительство);

в) функциональность (функция);

г) место (локализация);

д) возможности (производительность).

Для спецификации свойств применяются [4] и ГОСТ Р МЭК 61360-2.

Каждый компонент Индустрии 4.0 имеет минимальную инфраструктуру для обеспечения информационной функции безопасности. Поскольку безопасность обеспечивается только в том случае, если в рассмотрение включен производственный процесс, инфраструктура безопасности компонента Инду-

стрии 4.0 является необходимой функциональностью, но она сама по себе недостаточна. Требования принципа «безопасность по проекту» (SbD) должны быть выполнены.

Кроме того, приложения для функциональной безопасности также требуют инфраструктуры, где функциональная безопасность и информационная безопасность не смогут отрицательно влиять друг на друга.

6.1.7 Система Индустрии 4.0, состоящая из компонентов Индустрии 4.0

Система Индустрии 4.0 состоит из компонентов Индустрии 4.0 и компонентов с наименьшим числом CP, которые:

а) служат определенной цели;

б) имеют указанные свойства;

в) поддерживают стандартизированные сервисы и состояния.

Такая система Индустрии 4.0 может быть собственным компонентом Индустрии 4.0 в другой системе Индустрии 4.0.

Сеть компонентов Индустрии 4.0 должна быть структурирована таким образом, чтобы были возможны соединения между различными конечными точками (компоненты Индустрии 4.0). Компоненты Индустрии 4.0 и их содержание должны соответствовать общей семантической модели. Объединенные активы могут сформировать любой вид системы. Если они являются компонентами Индустрии 4.0, они образуют систему Индустрии 4.0. С точки зрения системы компоненты Индустрии 4.0 имеют следующие важные свойства:

а) вложенность;

б) инкапсулируемость.

6.1.8 Вложенность

Как показано на рисунке 11, любой компонент Индустрии 4.0 может состоять из других компонентов Индустрии 4.0, что означает, что компонент Индустрии 4.0 может быть логически вложен (в том числе временно, если необходимо). Системы более высокого уровня должны иметь ограниченный, целевой доступ ко всем компонентам Индустрии 4.0, даже если они временно логически назначены.

Примечание — В контексте настоящего стандарта компоненты Индустрии 4.0 представляют такие активы, как производственные системы, машины, агрегаты и концептуально важные части, такие как машинные модули. Это означает, что машина может быть компонентом Индустрии 4.0. Она может состоять из отдельных компонентов Индустрии 4.0. В свою очередь отдельные машинные модули могут состоять из компонентов Индустрии 4.0. С технической точки зрения это может быть реализовано таким образом, чтобы актив более высокого уровня (например, машина) имел два интерфейса связи, совместимых с Индустрией 4.0, так что существует четкое логическое и физическое разделение между высокоуровневыми и подчиненными компонентами Индустрии 4.0 (см. рисунок 11, № 1). Другой вариант — совместимые с Индустрией 4.0 связи сверху и снизу физически являются одной и той же связью, но логически отделены друг от друга (см. пунктирную линию на рисунке 11, № 2). Для организации логического назначения подчиненных компонентов Индустрии 4.0 административная оболочка может содержать свой собственный диспетчер компонентов. Тогда можно, например соответствующим образом представить состояние машины на уровне выше.

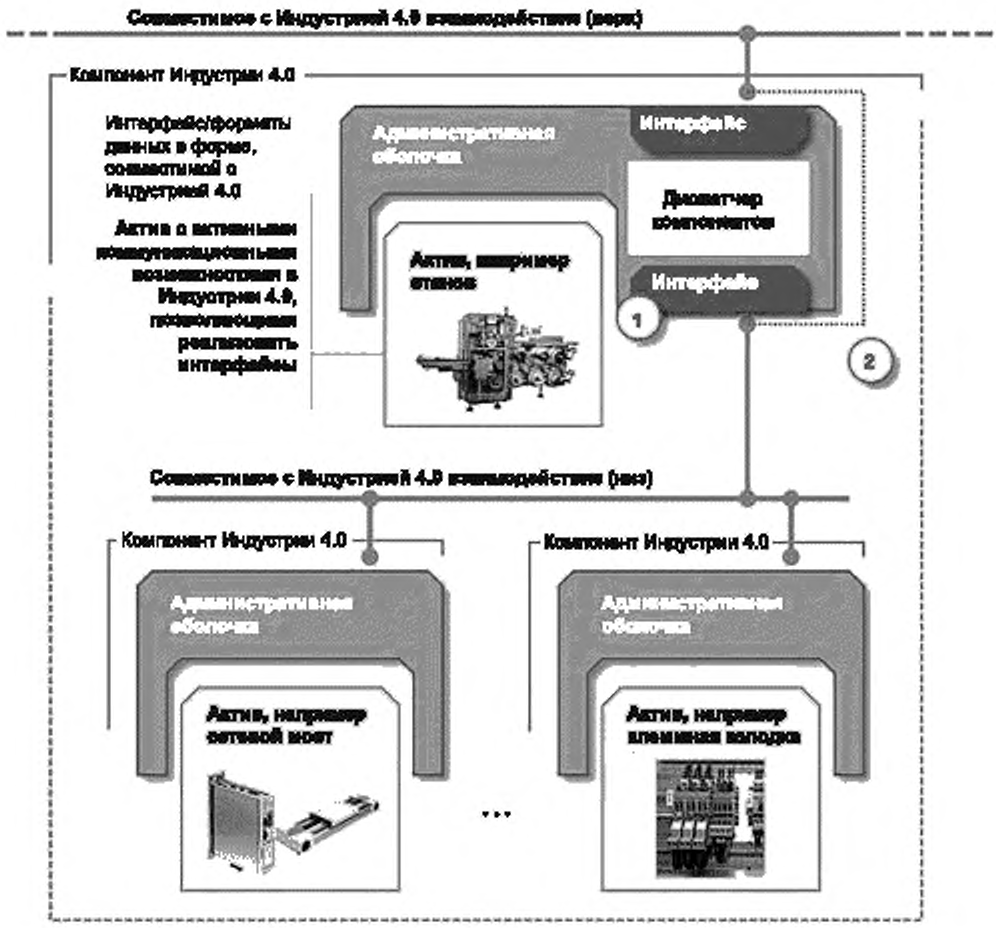


Рисунок 11 — Вложенность компонентов Индустрии 4.0

6.1.9 Инкапсулируемость

Компонент Индустрии 4.0 должен иметь возможность устанавливать все необходимые соединения в системе Индустрии 4.0 (см. рисунок 12, № 1). Однако соединения не должны приводить к каким-либо ограничениям основных функций (см. рисунок 12, № 2). Возможность сохранить эту базовую функциональность неизменной, даже если внешняя сеть нарушена, называется «инкапсулируемость». Компонент Индустрии 4.0, в частности его административная оболочка, функциональность, содержащаяся в нем, и связанные с ним протоколы, должен быть способен к инкапсуляции. Связь может происходить через простое подключение (см. рисунок 12, № 3).

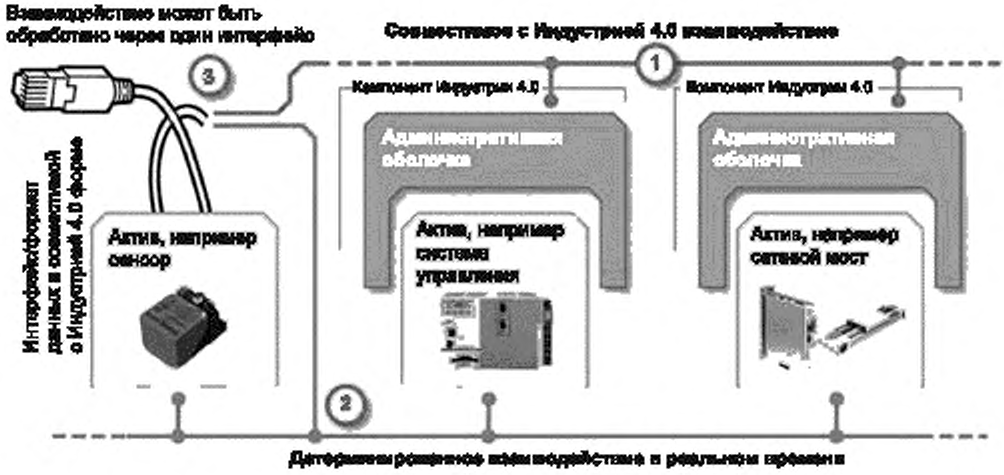


Рисунок 12 — Инкапсулируемость совместимой и детерминированной с Индустрией 4.0 связи в реальном времени

6.1.10 Специфика домена функциональности и модель состояний

Компонент Индустрии 4.0 обладает технической функциональностью, необходимой для выполнения своей роли.

Примеры

1 Общая функциональность актива.

2 Программное обеспечение для «локального планирования» в сочетании с активом, таким как планирование сварки, программное обеспечение для маркировки клеммных колодок и так далее.

3 Программное обеспечение для планирования проекта, настройки, эксплуатации, обслуживания.

4 Руководства и документация.

5 Технические функции, относящиеся к реализации бизнес-логики.

Состояние компонента Индустрии 4.0 может быть считано другими пользователями системы Индустрии 4.0 на основе определенной модели состояний.

Модель состояний должна иметь переменные состояния, обеспечивающие детальное представление о состоянии актива и его технической функциональности для обеспечения последовательного запроса состояния компонента Индустрии 4.0 в определенный момент времени (например, для статистически правильного анализа данных).

6.2 Административная оболочка компонентов Индустрии 4.0

6.2.1 Общие положения

Административная оболочка преобразует актив в компонент Индустрии 4.0. Это виртуальное цифровое и реальное представление актива в системе Индустрии 4.0.

В активе, реализованном в виде встроенной системы, административная оболочка и ее объекты могут храниться в самом активе (при условии, что он имеет активную возможность связи, совместимую с Индустрией 4.0). Также актив может распространяться на одну или несколько ИТ-систем.

Административная оболочка записывает данные жизненного цикла актива и преобразует их в информацию (например, текущее положение и токи сервопривода). Соответствующая информация должна быть доступна в виде представлений (как описано в 6.2.4.3). Управление сервисами компонента предоставлено совместимым с Индустрией 4.0 сервисно-ориентированным API.

6.2.2 Базовая структура административной оболочки

На рисунке 13 показана базовая структура административной оболочки Индустрии 4.0, разделенная на заголовок ЦФ (цифровая фабрика) и тело ЦФ. Префикс ЦФ однозначно присваивает частные модели области применения. Различие между заголовком и телом соответствует спецификациям [5].

По крайней мере, административная оболочка управляется при помощи диспетчера компонентов и манифеста.

Административная оболочка делится на частные модели для разных целей. Каждая часть модели содержит информацию в заголовке и основной части.

6.2.3 Заголовок ЦФ и тело ЦФ

Заголовок содержит информацию для идентификации и обозначения конкретного актива в системе Индустрии 4.0 и об управлении и использовании актива для выбранных возможностей актива. Информация заголовка (включая идентификацию административной оболочки и активов) должна рассматриваться как свойство в значении требований для градуированной безопасности (как в 6.2.5, д). На рисунке 13 представлена схема административной оболочки Индустрии 4.0.

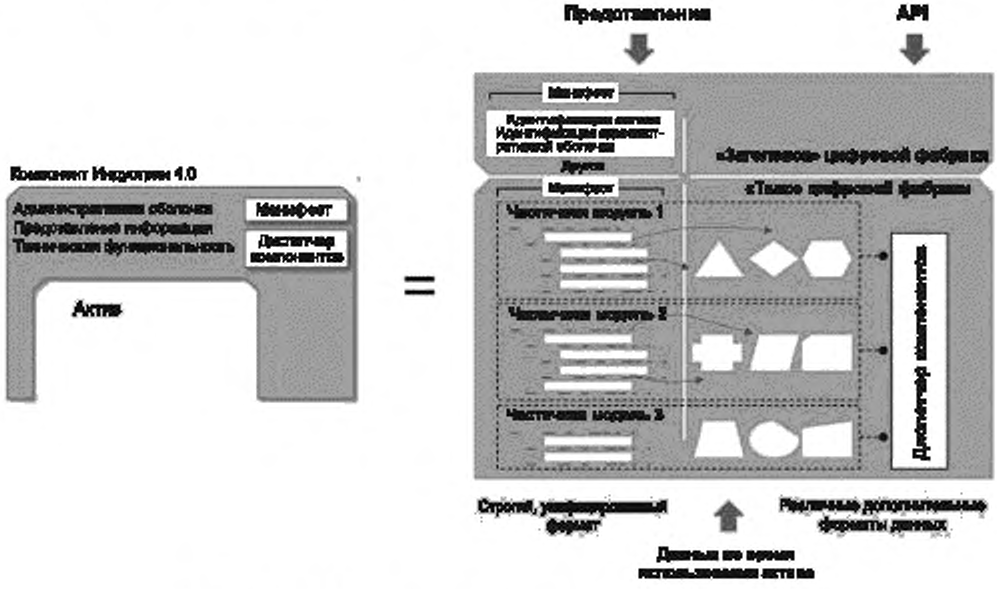


Рисунок 13 — Схема административной оболочки Индустрии 4.0

В теле хранится актуальная информация об активе, не зависящая напрямую от использования конкретной фабрики или технологического завода. Таким образом, тело является фактическим носителем информации.

Административная оболочка содержит отдельные частные модели со свойствами и функциями из разных областей, обновляющиеся с разными номерами версий независимо друг от друга. Частные модели создают в соответствии с Индустрией 4.0, что обусловливает применение RAMI4.0 в части свойств, функций и элементов данных, представленных в 6.1.6.

Требования безопасности могут содержать наличие постепенной модели безопасности для свойств, даже в различных частных моделях.

6.2.4 Частные модели и представления

6.2.4.1 Общие положения

Административная оболочка может содержать любое количество частных моделей, соответствующих Индустрии 4.0. Каждая частная модель имеет иерархически организованные свойства, относящиеся к отдельным данным и функциям.

6.2.4.2 Создание частных моделей

Будущие эталонные модели Индустрии 4.0 предлагают частные модели, определенные экспертами с опытом работы в определенной области. Каждая частная модель определяет свои свойства, данные и функции по единым правилам для заголовка и тела отдельно. Согласованные частные модели доступны для интеграции всей системы Индустрии 4.0 в административных оболочках. Рисунок 14 показывает примеры частных моделей для различных горизонтальных и вертикальных областей.



Рисунок 14 — Примеры доменных моделей

6.2.4.3 Представления в частных моделях

Каждая частная модель должна обеспечивать, по крайней мере, основные виды представления, данных и функций. На рисунке 15 показано, как создаются представления.

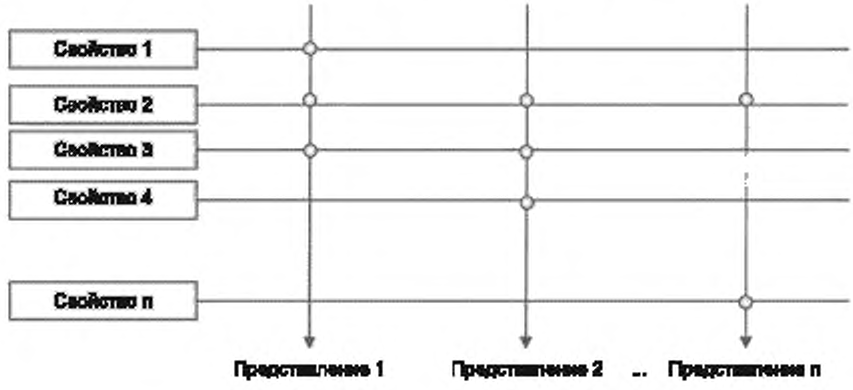


Рисунок 15 — Схема создания представлений

В таблице 1 приведены основные представления, которые являются обязательными для всех частных моделей. Дополнительные виды могут быть созданы при необходимости.

Таблица 1 — Основные представления частной модели

Базовое представление	Лучшие практики, примеры
Бизнес	Данные и функции хранятся, что делает компонент пригодным и эффективным для таких этапов жизненного цикла, как замысел, проектирование, эксплуатация и утилизация. Примеры: цены, условия доставки, коды заказа
Функциональность	Получает оценки функций [6], [7] и функций частичных компонентов. Здесь также происходит локализация отдельных функций технической функциональности, то есть навыков и функций проектирования, ввода в эксплуатацию, расчета или диагностики компонента
Проектирование	Содержит свойства, имеющие отношение к использованию компонента, то есть для выбора и структурирования. Содержит структурную классификацию и многочисленные свойства для физических измерений и для входных, обрабатывающих и выходных переменных компонента ([6], [7]). Содержит модульное представление частичных компонентов и структуру устройства. Позволяет автоматизировать просмотр с входами и выходами сигналов различных типов
Производительность	Описывает характеристики производительности и поведения, позволяющие проводить суммарную оценку и виртуальный ввод в эксплуатацию (VCOM) системы в целом
Локальность	Получает оценки о положениях и локальном контексте компонента, его частей или его входных и выходных данных. Фактическая позиция компонента является частью данных заголовка
Безопасность	Отмечает свойство как соответствующее безопасности. Данное свойство должно быть включено в любую оценку безопасности
Человек	Во всех представлениях свойства, данные и функции должны быть подготовлены таким образом, чтобы пользователи могли понимать отдельные элементы, отношения и могли контролировать причинно-следственные связи
Жизненный цикл	Содержит данные о текущем состоянии и прошлом использовании в течение всего жизненного цикла компонента. Примеры: назначение для производства, журналы обслуживания, прошлые использования
Сетевое	Получает состояния электрического, жидкостного, материального потока, технического, логического соединения компонентов

6.2.5 Свойства

Значимые ценности «базовых свойств», соответствующих Индустрии 4.0, гарантируют, что все компоненты Индустрии 4.0 и других систем могут получать доступ и использовать эти основные свойства, значения и функции административной оболочки. Кроме того, существуют следующие классы свойств: обязательные свойства, дополнительные свойства и свободные свойства. В таблице 2 показаны их характеристики.

Таблица 2 — Классы свойств

Класс свойства	Пояснение
Базовые свойства	Совместимые с Индустрией 4.0 свойства, которые являются обязательными и стандартизированными для всех административных оболочек
Обязательные свойства	Совместимые с Индустрией 4.0 свойства, которые являются обязательными и стандартизированными для частных моделей административных оболочек
Дополнительные свойства	Совместимые с Индустрией 4.0 свойства, которые стандартизированы, но не обязательны для частных моделей административных оболочек
Свободные свойства	Свойства для частных моделей административных оболочек, таких как специфичные для производителя свойства, которые не стандартизированы и не являются обязательными. Они не могут быть использованы в одном виде разными производителями

Без ограничения общей применимости концепция актива устанавливает, что манифест (как описано в 6.2.6.3) административной оболочки управляет информационными элементами в виде свойств, и что сама оболочка администрирования может также включать объекты данных и техническую функциональность.

Отдельные свойства, данные и функции должны содержать следующее:

а) должно быть возможным использовать свойства и другие информационные элементы в административной оболочке для типового продукта и штучного изделия.

Так же, как административная оболочка в целом, отдельные свойства и другие данные, и функции должны быть пригодны для обеспечения различия между типовыми продуктами и штучными изделиями административной оболочки для рассматриваемого актива. В определенных случаях это может означать, что отдельные свойства экземпляра ведут учет того, были ли они добавлены, изменены или удалены для этого экземпляра, или следует ли гарантировать, что информация идентична данным в типах административной оболочки;

б) требуется иерархическое и перечислимое структурирование свойств.

Число объектов, которые будут организованы, уже велико и будет увеличиваться по мере развития Индустрии 4.0. Свойства должны быть структурированы иерархически для управления ими людьми и машинами. Поскольку свойство может содержать несколько равных рангов альтернатив или подробную информацию, например список языков или сертификатов, то там должны быть перечислимые структуры, такие как поля;

в) свойства должны ссылаться на другие свойства, в том числе друг на друга. Как и в случае с административной оболочкой в целом, отдельные свойства также должны ссылаться на совместимые с Индустрией 4.0 объекты и информацию вне их собственной административной оболочки. Таким образом, информация может быть связана и становится знанием. Таким же образом разные области знаний (например, свойства из разных стандартов) могут быть связаны друг с другом.

Примечания

1 В частности, это дает представлению, изображая его или информацию иерархически (6.2.5, б), ссылаться на него другим представлениям.

2 Это требование также должно позволять делать ссылки, используя обозначенные отношения (как требуется в соответствии с семантическими технологиями);

г) свойства должны иметь возможность ссылаться на данные и функции административной оболочки (по крайней мере внутри).

Как часть манифеста, свойства должны ссылаться на данные и функции в пределах административной оболочки. Таким образом, стандартизированные свойства могут выступать в качестве опорных точек для разных данных. Таким же образом можно гарантировать, что функции технической функциональности актива можно найти, описать и получить к ним доступ;

д) свойства должны соответствовать аспектам информационной безопасности для постепенной доступности, целостности, конфиденциальности, видимости и подлинности.

Свойства, данные и функции также будут нести информацию, к которой не каждый участник сети с добавленной стоимостью или организационная единица должны иметь возможность доступа, или чья целостность и доступность должны быть сохранены. Поэтому, с самого начала структура административной оболочки должна учитывать такие аспекты, как защита доступа, видимость, управление личностью и правами, конфиденциальность и целостность. Состояние «Небезопасно» может быть реализовано, если результаты оценки риска позволяют это. Позже можно будет дифференцировать эти аспекты, используя профили и представления.

6.2.6 Управление административной оболочкой

6.2.6.1 Общие положения

Информация в административной оболочке с ее частными моделями должна администрироваться и организовываться, что делает диспетчер компонентов и манифест.

6.2.6.2 Диспетчер компонентов

Диспетчер компонентов прямо или косвенно формирует расширенный сервис, который выполняет постоянную поддержку содержащейся информации, а также предоставление различных мощных запросов, основанных на сервис-ориентированной архитектуре (SOA). Это связь между ИТ-техникой и сервисом компонента Индустрии 4.0, которые обеспечивают внешний доступ к представлению информации и технической функциональности актива. Диспетчер компонентов организует адресацию и идентификацию административных оболочек и активов, а также автономное администрирование и доступ к

ресурсам компонента Индустрии 4.0 и обеспечивает соответствующую защиту использования актива. Еще одна из его задач — обслуживание свойств, данных и функций в административной оболочке на протяжении всего жизненного цикла актива. Основанный на SOA диспетчер компонентов предоставляет API для мощных сервисов для запросов информации об активе (например, поддержка просмотра, толерантный поиск, поиск по синонимам и поиск сходства отношений).

Диспетчер компонентов может, таким образом, подключать SOA или интегрировать административную оболочку в хранилище.

Диспетчер компонентов можно представить с помощью центральной службы, например, если компонент Индустрии 4.0 хранится в репозитории.

Сервис понимается здесь как техническая ИТ-служба, в отличие от функций технической функциональности актива.

Диспетчер компонентов содержит права доступа и защиту, достаточные для использования актива.

Поддержка SPARQL возможна.

6.2.6.3 Манифест

Манифест можно рассматривать как аналог манифеста в информационных технологиях. Он содержит обязательную информацию о компоненте Индустрии 4.0, в том числе о подключении к активу или активам посредством соответствующей идентификации. Манифест действует как уникально идентифицируемое оглавление со всей информацией, данными и функциями административной оболочки, а также включает определенный набор метаинформации о функциональных и нефункциональных свойствах компонента Индустрии 4.0, доступный во вне. Манифест также содержит обязательную информацию о компоненте Индустрии 4.0, например о том, как он связан с реальным активом посредством надлежащей безопасной идентификации. Части манифеста включают в себя:

а) характерные свойства актива;

б) информацию о том, как свойства взаимосвязаны;

в) отношения между компонентами Индустрии 4.0;

г) формальное описание соответствующих функций актива, а также соответствующих процедур.

Отличает манифест от обычных объектов администрирования то, что он содержит информацию, которая должна быть общедоступной, чтобы внедрить систему Индустрии 4.0 с адекватной защитой для его использования. Обычные объекты администрирования также могут содержать информацию, где производитель вправе самостоятельно решать, что раскрывать и в какой форме.

Структуры свойств манифеста соответствуют стандартному формату правил Индустрии 4.0 в соответствии с [4] и ГОСТ Р МЭК 61360-2.

6.2.6.4 Идентификаторы

Не только отдельные административные оболочки, но и связанные активы имеют уникальный идентификатор (ID), который означает, что актив и административная оболочка однозначно опознаются всегда, что обеспечивает связь между активами и их административными оболочками, даже если они хранятся в одном или нескольких распределенных цифровых хранилищах, или даже среди разных участников процесса создания добавленной стоимости. Слева на рисунке 16 показаны два ресурса с административными оболочками, хранящиеся в логическом хранилище, составленном из любого вида физического носителя данных, а справа административная оболочка, прикрепленная к активу.

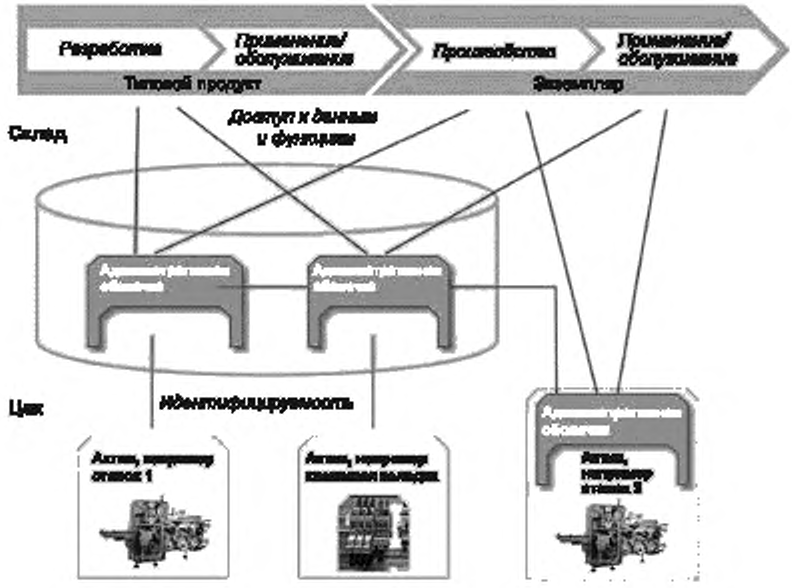


Рисунок 16 — Доступность административных оболочек через хранилище или напрямую через представленные активы

6.2.6.5 Идентификация типовых продуктов и штучных изделий

Административные оболочки можно охарактеризовать как типовые продукты и штучные изделия активов.

6.2.6.6 Ссылки на другие административные оболочки или информацию об Индустрии 4.0

Для того чтобы связать информацию, чтобы она стала знанием, важно, чтобы она была универсальной. Это означает, например, что компонент Индустрии 4.0 может моделировать зависимости других компонентов Индустрии 4.0 или хранить каталог, который ссылается на другие компоненты Индустрии 4.0.

6.2.6.7 Информация, не совместимая с Индустрией 4.0

Административная оболочка компонента Индустрии 4.0 должна поддерживать свободный и патентованный информационный контент, чтобы можно было согласовать и интегрировать свободную информацию, не совместимую с Индустрией 4.0.

6.2.7 Основные требования к административной оболочке

а) Административная оболочка состоит из тела и заголовка.

б) Тело содержит информацию об активе, о котором идет речь.

в) Заголовок содержит информацию о том, как используется актив.

г) Административная оболочка содержит ключевые элементы, манифест и диспетчер компонента.

д) Информация в административной оболочке должна быть доступна с использованием сервис-ориентированной архитектуры (SOA) и должна учитывать соответствующие требования безопасности.

е) Административная оболочка представляет информацию о прикладных аспектах.

ж) Административная оболочка структурирована с использованием представлений.

з) Административная оболочка имеет уникальный идентификатор.

и) Актив имеет уникальный идентификатор.

к) Фабрика может быть активом, имеющим административную оболочку, которая может быть определена, при помощи ее идентификатора. Должна быть возможность применять концепцию вложенности.

л) Типовые продукты и штучные изделия должны быть указаны как таковые.

м) Административная оболочка может содержать ссылки на другие административные оболочки или информацию об Индустрии 4.0.

н) Должны быть возможны дополнительные свойства, специфичные для производителя.

о) Надежный минимальный набор свойств должен быть определен для каждой административной оболочки.

6.3 Формы компонентов Индустрии 4.0

6.3.1 Разные активы с административными оболочками

На рисунке 17 показаны различные активы в логическом представлении, которые могут быть представлены в соответствии с Индустрией 4.0 с использованием административной оболочки. Что касается представления о распределении, актив и административная оболочка могут находиться в разных местах. Например, административная оболочка активов, способная только к пассивной связи, может храниться в ИТ-системе более высокого уровня (см. рисунок 16). При использовании возможности пассивной связи актива и совместимой с Индустрией 4.0 связи в ИТ-системе более высокого уровня обеспечивается связь между активом и административной оболочкой. Благодаря взаимосвязи, совместимой с Индустрией 4.0, административная оболочка также может храниться в активе или на нем (например, храниться в элементе система управления машиной и доставляется через сетевой интерфейс). С точки зрения компонента Индустрии 4.0 все эти альтернативы одинаково действительны. Подходящая эталонная модель должна использоваться для обеспечения того, чтобы ИТ-система более высокого уровня обеспечивала административную оболочку в соответствии с Индустрией 4.0.

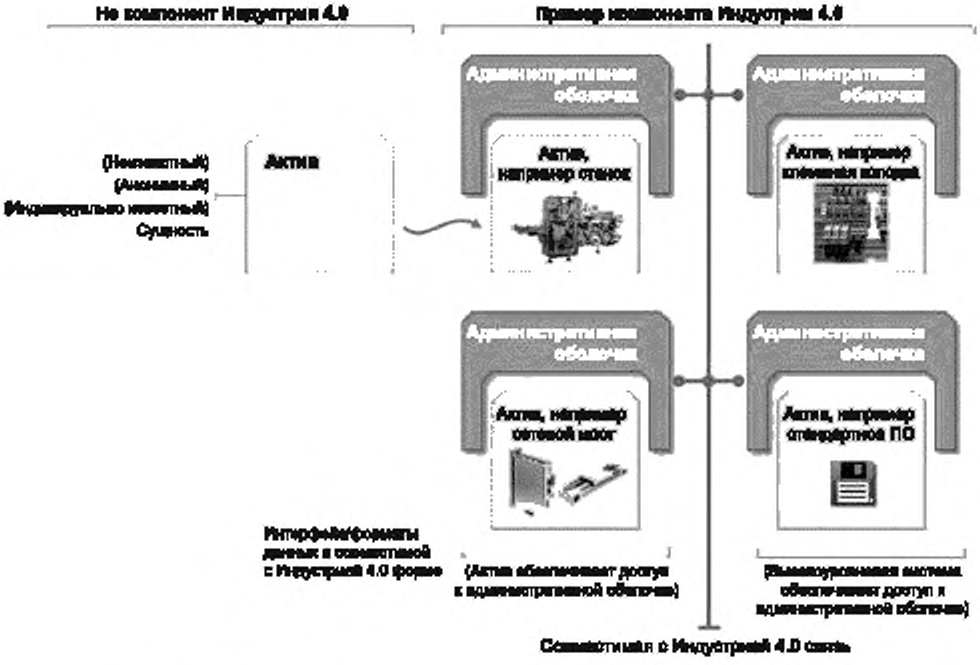


Рисунок 17 — Различные активы, которые становятся компонентами Индустрии 4.0 при добавлении административной оболочки

6.3.2 Актив с несколькими административными оболочками

Актив также может быть представлен несколькими совместимыми с Индустрией 4.0 административными оболочками. Другими словами, компонент Индустрии 4.0 может иметь более одной административной оболочки для разных целей, как показано на рисунке 18.

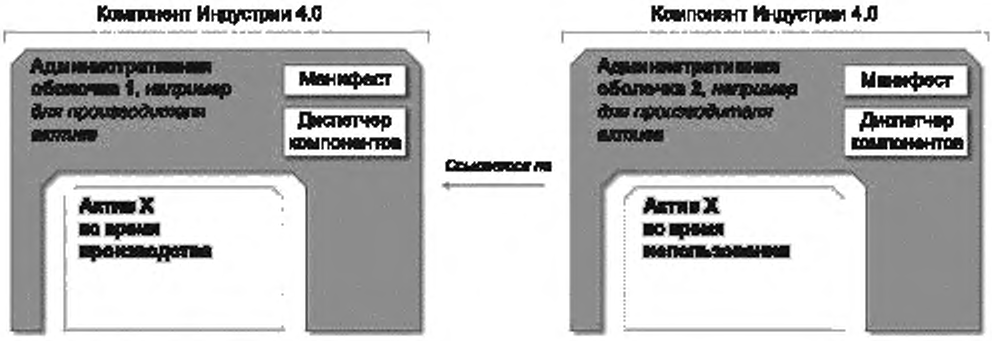


Рисунок 18 — Представление актива с помощью нескольких административных оболочек

Если для актива существует несколько административных оболочек, они должны ссылаться друг на друга. Так, части одной административной оболочки должны быть в состоянии действовать как «копия» соответствующих частей другой административной оболочки.

Индивидуальные (частичные) оболочки для введения могут быть объединены в одну оболочку для введения, сохраняя их структуру.

6.3.3 Административная оболочка для нескольких активов

Административная оболочка компонента Индустрии 4.0 также может представлять несколько активов (см. рисунок 19).

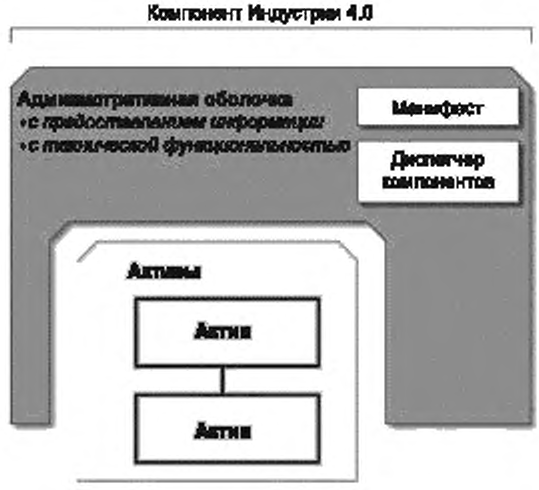


Рисунок 19 — Представление нескольких активов

Библиография

[1] Стратегия внедрения Индустрии 4.0: отчет о результатах работы платформы Индустрии 4.0 (Umsetzungsstrategie Industry 4.0: Ergebnisbericht der Plattform Industry 4.0, 2015).

[2] МЭК 62890:2020 (IEC 62890:2020) Измерение, управление и автоматизация промышленного процесса. Управление жизненным циклом для систем и компонентов (Industrial-process measurement, control and automation — Life-cycle-management for systems and components).

[3] ISA Draft 88/95 Технический отчет. Совместное использование ISA-88 и ISA-95.

[4] МЭК 61360-1:2017 (IEC 61360-1:2017) Стандартные типы элементов данных с ассоциированной схемой классификации. Часть 1. Определения. Принципы и методы (Standard data element types with associated classification scheme — Part 1: Definitions — Principles and methods).

[5] МЭК 62832-1:2020 (IEC 62832-1:2020) Измерение, управление и автоматизация промышленного процесса. Структура цифровых фабрик (умного производства). Часть 1. Основные принципы (Industrial-process measurement, control and automation — Digital factory framework — Part 1: General principles)

[6] МЭК 81346-1:2009 (IEC 81346-1:2009) Промышленные системы, установки, оборудование и промышленная продукция. Принципы структурирования и коды. Часть 1. Основные правила (Industrial systems, installations and equipment and industrial products — Structuring principles and reference designations — Part 1: Basic rules).

[7] МЭК 81346-2:2019 (IEC 81346-2:2019) Промышленные системы, установки, оборудование и промышленная продукция. Принципы структурирования и кодированные обозначения. Часть 2. Классификация объектов и коды классов (Industrial systems, installations and equipment and industrial products — Structuring principles and reference designations — Part 2: Classification of objects and codes for classes).

УДК 658.52.011.56:006.354 ОКС 25.040.01; 35.020

Ключевые слова: Индустрия 4.0, модель эталонной архитектуры, административная оболочка, актив, компонент, система, информационный мир, мир людей, мир моделей, мир состояний, физический мир, коммуникационные возможности

Редактор *Н.А. Аргунова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *М.В. Бучная*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 28.10.2021. Подписано в печать 11.11.2021. Формат 60×84¼. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 4,18. Уч.-изд. л. 3,76.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «РСТ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru