ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 71841— 2024 (МЭК 62890:2020)

Цифровая промышленность. Измерение, управление и автоматизация промышленного процесса

УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ СИСТЕМ И КОМПОНЕНТОВ

(IEC 62890:2020, Industrial-process measurement, control and automation — Life-cycle-management for systems and components, MOD)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2025

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Федеральным государственным бюджетным учреждением «Российский институт стандартизации» (ФГБУ «Институт стандартизации») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 459 «Информационная поддержка жизненного цикла изделий»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 ноября 2024 г. № 1808-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту МЭК 62890:2020 «Измерение, управление и автоматизация промышленного процесса. Управление жизненным циклом систем и компонентов» (IEC 62890:2020 «Industrial-process measurement, control and automation — Life-cycle-management for systems and components», MOD) путем изменения отдельных фраз (слов, значений, показателей, ссылок), которые выделены в тексте курсивом. При этом в него не включен пункт С.4 приложения С примененного международного стандарта, который нецелесообразно(преждевременно) применять в российской национальной стандартизации в связи с приведенными в них примерами зарубежных практик в области цифровой промышленности, использование которых в национальной системе стандартизации без значительной адаптации не представляется возможным.

Указанный пункт приложения, не включенный в основную часть настоящего стандарта, приведен в дополнительном приложении ДА.

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5—2012 (пункт 3.5).

Сведения о соответствии ссылочных национальных и межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте, приведены в дополнительном приложении ДБ

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, 2020
© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2025

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 2
3.1 Термины и определения 2
3.2 Сокращения 5
4 Основополагающие модели управления жизненным циклом 5
4.1 Тип продукта и экземпляр продукта 5
4.2 Модель жизненного цикла 6
4.3 Модель структуры 9
4.4 Модель совместимости 12
5 Стратегии управления жизненным циклом 16
5.1 Общие сведения 16
5.2 Последняя покупка 18
5.3 Замена 19
5.4 Пересмотр 21
5.5 Миграция 22
5.6 Сравнение стратегий 23
5.7 Применение стратегий управления жизненным циклом обслуживания 24
6 Управление жизненным циклом 25
6.1 Инициативное управление жизненным циклом 25
6.2 Оптимизация жизненного цикла 26
Приложение А (справочное) Определение текущего состояния аспектов жизненного цикла 29
Приложение В (справочное) Требования, влияющие факторы, отраслевые особенности 33
Приложение С (справочное) Аспекты жизненного цикла для некоторых примеров 47
Приложение D (справочное) Пример применения стратегий управления жизненным циклом 49
Приложение Е (справочное) Стратегии пользователей установок 51
Приложение F (справочное) Семантика UML-диаграммы 53
Приложение ДА (справочное) Стандарты и правила 54
Приложение ДБ (справочное) Сведения о соответствии ссылочных национальных и межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте 55
Библиография 56

Введение

В современных приложениях автоматизации очевидно растущее расхождение между жизненными циклами компонентов, устройств и систем по сравнению со сроком службы всего оборудования. Растущая функциональность компонентов, опережающее развитие электроники и динамика инноваций, присущая аппаратному и программному обеспечению, постоянно сокращают жизненный цикл отдельных компонентов автоматизации.

Например, некоторые полупроводниковые компоненты производят только в течение короткого периода времени, а затем от них отказываются.

Для сравнения, время использования систем автоматизации значительно дольше. Более того, существуют значительные различия в зависимости от отрасли промышленности. Время использования производственной линии в автомобильной промышленности обычно идентично периоду времени, в течение которого производят новую модель, который сегодня составляет около 7—8 лет. Для сравнения, срок эксплуатации технологического оборудования в химической промышленности обычно составляет около 15 лет, а в нефтяной промышленности, энергетических отраслях и электростанциях он может достигать 50 лет. Жизненные циклы предприятия и продукции необходимо учитывать руководству с точки зрения общей функциональности предприятия и экономических расчетов.

Более широкое использование и интеграция данных о технологических процессах предприятия из систем автоматизации в системы управления предприятием и активами вызвали технологические зависимости между уровнями иерархии систем автоматизации. Более единообразный способ управления жизненным циклом между этими уровнями и всеми партнерами в цепочке создания стоимости имеет важное значение с точки зрения стабильности, работоспособности и безопасности предприятия.

Следовательно, это требует различных стратегий для поддержания работоспособности установки, сложных стратегий обслуживания. В результате предъявлены значительные требования к возможностям поставок средств автоматизации и запасных частей, а также к предоставлению услуг, таких как техническое обслуживание и ремонт. Например, когда планирование нового производства предусматривает использование более новой версии оборудования, технической системы, производитель должен гарантировать, что эта новая версия также может быть использована для старых компонентов и систем, уже используемых на предприятии, и может служить основой для разработки обновлений соответствующим образом. Это во все большей степени требует тесного сотрудничества между партнерами по цепочке создания стоимости.

Представленная ситуация показывает, что освоение этих противоречивых характеристик управления жизненным циклом будет приобретать все большее значение при автоматизации, не в последнюю очередь в продолжающихся дискуссиях между пользователями продукции предприятий и производителями, а также производителями и поставщиками. Взаимодействие глобальных, юридических и технических аспектов, включая требования к высокой функциональности и эффективности, а также влияние ИТ-технологий на автоматизацию, помогает продемонстрировать масштабы этой темы.

Настоящий стандарт был подготовлен в ответ на эту ситуацию. Он состоит из базовых, взаимодополняющих и последовательных моделей и стратегий управления жизненным циклом в области автоматизации. Эти общие модели и стратегии затем будут применены в различных примерах.

Следовательно, настоящий стандарт представляет собой последовательный общий подход, применимый к автоматизации в различных отраслях промышленности. Экономическое значение управления жизненным циклом является постоянной темой этого документа. Определения общих моделей, терминов, процессов и стратегий образуют незаменимую основу для совместного понимания между пользователями оборудования и производителями, а также между производителями и поставщиками в отношении управления жизненным циклом.

Инициативное управление жизненным циклом фокусируется на выборе надежных компонентов, спецификаций и технологий, которые следовательно имеют долгосрочную стабильность. Инициативный подход включает применение этого набора общих эталонных моделей при разработке стандартов, чтобы иметь возможность эффективно обеспечивать устойчивое функциональное соответствие и совместимость.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Цифровая промышленность.
Измерение, управление и автоматизация промышленного процесса**

УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ СИСТЕМ И КОМПОНЕНТОВ

Digital industry. Industrial-process measurement, control and automation.
Life-cycle-management for systems and components

Дата введения — 2025—07—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает основные принципы управления жизненным циклом систем и компонентов, используемых для измерения, управления и автоматизации промышленных процессов. Эти принципы применимы к различным отраслям промышленности. Настоящий стандарт определяет эталонные модели, связанные с жизненным циклом типа продукта и временем жизни экземпляра продукта. Он определяет последовательный набор общих эталонных моделей и терминов. Определены следующие ключевые модели:

- жизненного цикла;
- структуры;
- совместимости.

В настоящем стандарте также описано применение этих моделей для стратегий управления жизненным циклом. Он может быть использован для решения технических задач, касающихся проектирования, планирования, разработки и обслуживания систем и компонентов автоматизации, а также эксплуатации оборудования.

Определения общих моделей и терминов, касающихся управления жизненным циклом, необходимы для общего понимания и применения всеми партнерами в цепочке создания стоимости, такими как пользователь оборудования, производитель продукции и систем, поставщик услуг и поставщик компонентов.

Модели и стратегии, описанные в этом стандарте, также применимы для интегрированных систем управления, т. е. MES и ERP.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ IEC 61800-2 Системы силовых электроприводов с регулируемой скоростью. Часть 2. Общие требования. Номинальные технические характеристики низковольтных систем силовых электроприводов переменного тока с регулируемой скоростью

ГОСТ Р МЭК 61987-1 Измерения и управление в производственных процессах. Структуры и элементы данных в каталогах производственного оборудования. Часть 1. Измерительное оборудование с аналоговыми и цифровыми выходами

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

ГОСТ Р МЭК 62402 Надежность в технике. Управление устареванием

Издание официальное

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.

3.1.1 **этап послепродажного обслуживания** (after-sales support phase): Стадия жизненного цикла типа продукта, которая начинается в конце стадии продажи и заканчивается отказом от продукта.

3.1.2 **обратная совместимость** (backward compatibility, downward compatibility): Соответствие нового компонента всем указанным требованиям профиля совместимости к более ранним компонентам.

Примечание — Антонимы обозначают прямую совместимость и восходящую совместимость соответственно.

3.1.3 **профиль возможностей** (capability profile): Профиль совместимости, который представляет характеристики типа продукта.

3.1.4 **совместимость** (compatibility): Способность компонента соответствовать профилю совместимости другого компонента.

3.1.5 **оценка совместимости** (compatibility assessment): Верификация согласованного уровня совместимости.

3.1.6 **профиль совместимости** (compatibility profile): Список всех требований совместимости системы или компонента системы, в зависимости от применения.

3.1.7

компонент (component): Продукт (изделие), используемый в качестве составной части собранного продукта (изделия), системы или установки.

[*ГОСТ Р 58908.1—2020, пункт 3.7*]

3.1.8 **совместимость конструкции** (construction compatibility): Соответствие компонента конструктивным аспектам профиля совместимости.

Примечание — Соответствующими требованиями являются физические размеры, свойства конструкции, метод подключения (включая, например источник питания) и расположение с учетом условий окружающей среды.

3.1.9 **совместимость данных** (data compatibility): Соответствие компонента функциональным аспектам, связанным с типом данных и форматами профиля совместимости.

3.1.10 **разрешение поставки** (delivery release): Этап окончания процесса подготовки производства, после которого можно начать серийное производство.

Примечание — Процесс подготовки производства является частью этапа разработки.

3.1.11 **этап разработки** (development phase): Этап жизненного цикла продукта, который начинается с принятия решения о разработке типа продукта и заканчивается разрешением поставки этого типа продукта.

3.1.12 **этап ликвидации** (disposal): Ликвидация экземпляра продукта по истечении срока его использования путем утилизации или переработки.

Примечание — Это заключительный этап жизненного цикла экземпляра продукта.

3.1.13 **этап окончания продаж** (end of sales): Этап завершения всех активных продаж продукта.

Примечание — Этот этап также называется этапом прекращения производства продукта.

3.1.14 **этап окончания поддержки** (end of service): Этап завершения всех операций по обслуживанию типа продукта.

3.1.15 **окончание производства** (end of production): Момент времени, когда экземпляры типа продукта больше не производят.

3.1.16 **полная совместимость** (full compatibility): Соответствие компонента всем аспектам профиля совместимости.

Примечание — Аспектами являются функция, конструкция, местоположение и эксплуатационные характеристики.

3.1.17 **совместимость функций** (function compatibility): Соответствие компонента функциональным аспектам профиля совместимости.

3.1.18 **экземпляр** (instance): Конкретный, четко идентифицируемый компонент определенного типа.

Примечания

1 Экземпляр становится отдельным объектом типа, например устройством, путем определения конкретных значений свойств.

2 В объектно-ориентированном представлении экземпляр обозначает объект класса (типа).

3.1.19 **последняя покупка** (last-time buy): Стратегия управления жизненным циклом, при которой экземпляры больше не производимого типа продукта приобретают до окончания продаж.

3.1.20 **уровень совместимости** (level of compatibility): Степень выполнения требований, описанных в профиле совместимости.

3.1.21 **срок службы** (life time): Промежуток времени от окончания создания экземпляра продукта до окончания этапа ликвидации.

3.1.22 **жизненный цикл** (life-cycle): Продолжительность времени от начала этапа разработки типа продукта до отказа от продукта.

3.1.23 **затраты жизненного цикла** (life-cycle-costs): Сумма всех затрат пользователя установки, понесенных после покупки до конца срока службы системы.

3.1.24 **оптимизация жизненного цикла** (life-cycle-excellence): Целостный подход к управлению меняющимися условиями для обеспечения технической, специфичной для конкретного применения, экономической и экологической надежности управления жизненным циклом продукции.

3.1.25 **управление жизненным циклом** (life-cycle-management): Методы и мероприятия по планированию, реализации и обслуживанию продукции в период жизненного цикла типов и срока службы экземпляров продукции.

3.1.26 **стратегия управления жизненным циклом** (life-cycle-management strategy): Стратегия применения методов управления жизненным циклом для обеспечения доступности системы на протяжении всего времени ее использования.

3.1.27 **миграция** (migration): Замена компонентов в существующей системе компонентом с расширенной или модифицированной функциональностью или с другой технологией при сохранении функциональности.

3.1.28 **событие** (milestone): Определенный момент времени с определенным значением, например:

- разрешение поставки (3.1.10);
- этап окончания продаж (3.1.13);
- окончание производства (3.1.15);
- этап окончания поддержки (3.1.14);
- отказ от продукта (3.1.32).

3.1.29 **устаревший продукт** (obsolete product): Недоступный от оригинального производителя с оригинальной спецификацией продукт.

3.1.30 **производитель** (producer): Организация, которая разрабатывает тип продукта, поддерживает его на протяжении всего жизненного цикла и производит экземпляры этого типа.

3.1.31 **продукт** (product): Предполагаемый или достигнутый результат труда, естественного или искусственного процесса.

Примечание — Продукт продается в течение определенного периода и имеет техническую и логистическую поддержку до прекращения производства продукта. Процесс цепочки создания стоимости может

представлять собой процесс интеграции компонентов в систему (процесс интеграции). Продуктами могут быть аппаратное обеспечение, программное обеспечение, услуги или их комбинации.

3.1.32 **отказ от продукта** (product abandonment): Момент времени, когда все операции по обслуживанию типа продукта остановлены.

3.1.33 **экземпляр продукта** (product instance): Созданные типы продуктов.

Примечание — «Экземпляр» означает, что продукт был произведен, услуга оказана, программное обеспечение зарегистрировано и т. д.

3.1.34 **тип продукта** (product type): Определение всех характеристик экземпляров продукции.

Примечание — «Экземпляр» означает, что продукт был произведен, услуга оказана, программное обеспечение зарегистрировано и т. д.

3.1.35 **пересмотр продукта** (re-design): Стратегия управления жизненным циклом, при которой разрабатывают новую версию типа продукта, которая обычно соответствует или превосходит по характеристикам и следовательно по профилю совместимости предыдущего типа.

3.1.36 **профиль требований** (requirements profile): Профиль совместимости, который представляет характеристики оборудования, необходимые для достижения его функций.

3.1.37 **редакция** (revision): Определенный статус программного или аппаратного обеспечения, включая все его интегрированные компоненты, который явно идентифицируется номером редакции.

3.1.38 **надежность** (robustness): Способность системы продолжать выполнять свою функцию в изменяющихся условиях.

3.1.39 **этап продаж** (sales phase): Этап жизненного цикла, который начинается с момента разрешения поставки и заканчивается окончанием производства.

3.1.40 **разрешение продаж** (sales release): Момент времени, когда началась активная деятельность по продажам определенного типа продукта.

3.1.41 **поддержка** (service): Общее количество всех вспомогательных действий для продуктов (типов и экземпляров).

Примечание — Стандартная поддержка заканчивается отказом от продукта. Поддержка после отказа от продукта регулируется специальными соглашениями на обслуживание.

3.1.42 **совместимость сигналов** (signal compatibility): Уровень совместимости с функциональной точки зрения профиля совместимости, связанного с получением и обработкой сигналов.

3.1.43 **совместимость программного обеспечения** (software compatibility): Уровень совместимости с функциональной точки зрения профиля совместимости, связанного с программным обеспечением.

3.1.44 **стандартная поддержка** (standard services): Уровень поддержки без учета конкретных требований пользователя.

3.1.45 **замена** (substitution): Стратегия управления жизненным циклом, при которой экземпляры типа продукта заменяют экземплярами совместимого нового типа без каких-либо последствий для системы.

3.1.46 **система** (system): Определенный и структурированный набор компонентов, которые выполняют функцию (функцию системы) посредством взаимодействия или взаимосвязей друг с другом.

Примечания

1 Системы могут иметь иерархическую структуру, т. е. они могут состоять из базовых систем (которые затем считаются компонентами системы).

2 С точки зрения продаж система обозначает набор типов продуктов, принадлежащих определенной линии портфеля.

3.1.47 **время использования** (time in use): Часть срока службы, в течение которой экземпляр продукта фактически используется по назначению.

3.1.48 **обновление** (update): Новая редакция, предназначенная для исправления ошибок и/или незначительных функциональных улучшений.

Примечание — Для программного обеспечения обновление называется редакцией, которая может включать исправление ошибок общего характера и исправление критических ошибок или ошибок, требующих срочного исправления.

3.1.49 **модернизация** (upgrade): Обновление компонента до более новой версии с улучшенной или расширенной функциональностью.

Примечание — Термин «модернизация» может применяться к аппаратному и программному обеспечению.

3.1.50 **версия** (version): Определенный статус типа продукта, включая все его интегрированные компоненты, который явно идентифицируется номером версии.

3.1.51 **гарантийный период** (warranty period): Период времени, в течение которого замена или ремонт неисправного изделия гарантированы договором.

3.2 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

ASIC — интегральная схема, специализированная для решения конкретной задачи;

CE — Европейский сертификат соответствия;

COTS — готовые компоненты.
Примечание — Также используется для коммерческой готовой продукции;

ЭМС — электромагнитная совместимость;

ERP — ERP-система;

EU — Евросоюз;

FDA — Управление по контролю качества пищевых продуктов и лекарственных средств (агентство Министерства здравоохранения и социальных служб США);

FPGA — программируемая пользователем вентильная матрица;

ID — идентификатор;

ИТ — информационные технологии;

LCC — стоимость жизненного цикла;

MES — MES-система;

PLM — управление жизненным циклом продукта;

RoHS — сокращение количества опасных веществ;

TCO — Общая стоимость владения;

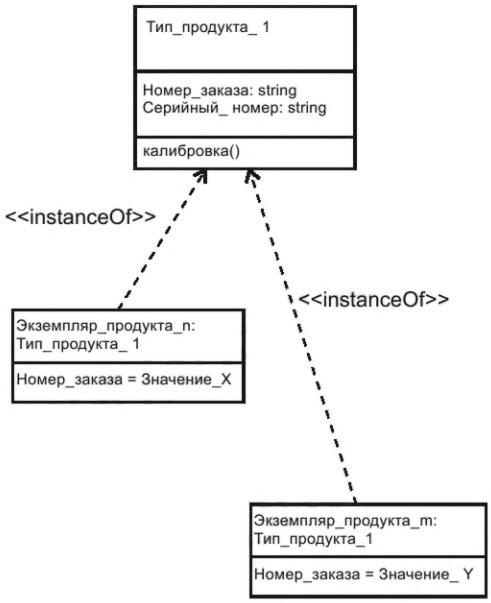
UML — единый язык моделирования;

USB — Универсальная последовательная шина.

4 Основополагающие модели управления жизненным циклом

4.1 Тип продукта и экземпляр продукта

Требования отраслей приводят к появлению очень широкого спектра факторов, которые в разной степени влияют на жизненный цикл продукции. Это учитывается в модели жизненного цикла, представленной в настоящем стандарте. Различие между типами продуктов и экземплярами продуктов является фундаментальным. Каждый экземпляр продукта представляет собой экземпляр (произведенный продукт, зарегистрированное программное обеспечение, оказанная услуга и т. д.) типа продукта. Как показано на диаграмме UML на рисунке 1, тип продукта может быть представлен классом UML, а экземпляр продукта — объектом UML. Семантика элементов UML, используемых в этом стандарте, объяснена в приложении F.



Примеры:

Измерительный преобразователь (тип)
Свойство_1: номер_заказа: string
Свойство_2: серийный_номер: string
Свойство_3: максимальное_потребление_энергии: string
Свойство_ 4: предел_измерения: string
Метод_1: калибровка()

Измерительный преобразователь (экземпляр n)
Свойство_ 1: номер_заказа = "1234"
Свойство_2: серийный_номер = "abcd"
Свойство_3: максимальное_потребление_энергии = "40 мВт"
Свойство_ 4: предел_измерения = "20°C, 100°C"
***

Измерительный преобразователь (экземпляр m)
Свойство_ 1: номер_заказа = "1234"
Свойство_2: серийный_номер = "efgh"
Свойство_3: максимальное_потребление_энергии = "40 мВт"
Свойство_ 4: предел_измерения = "-10 °C, 510 °C"

Рисунок 1 — Связь типа продукта и его экземпляров продукта

Тип продукта характеризуется однозначным ID продукта (например, номером заказа), комплектом конструкторской документации, описаниями изготовления и испытаний, технической документацией. Для утверждения типа продукта для конкретных применений могут быть запрошены и выданы сертификаты. Определение типа продукта действительно для аппаратных продуктов, программных продуктов и продуктов, которые представляют собой пакеты аппаратного и программного обеспечения.

Обычно право на использование типов продукции регулируется лицензионными соглашениями о воспроизведении. Все действия, выполняемые в отношении разработки, поддержки и обслуживания типа продукта, независимо от того, как часто его производят, относятся к типу продукта.

Согласно рисунку 1, каждая произведенная единица типа продукта представляет собой экземпляр продукта этого типа. Экземпляр продукта всегда является отдельным объектом и должен идентифицироваться однозначным идентификатором (например, серийным номером). Право использования экземпляров программных продуктов регулируется лицензионными соглашениями.

Примечание — В некоторых странах существуют особые рекомендации [1].

Действиями для экземпляра продукта являются: производство, все услуги в течение срока службы и т. д. Рекомендуется документировать действия, связанные с экземпляром продукта на протяжении всего его жизненного цикла, например для управления активами (см. рисунок 2).

Примечание — В некоторых случаях существуют рекомендации или правила по архивированию истории после окончания срока службы.

4.2 Модель жизненного цикла

Жизненный цикл типа продукта разделен на этапы, как показано на рисунке 2. События связаны с этими этапами (см. закрашенный ромб на рисунке 2) и объявлениями (см. ромб на рисунке 2).

Примечание — При необходимости каждый этап может быть подробно описан.



Рисунок 2 — Основополагающая модель жизненного цикла типа продукта

Жизненный цикл начинается с этапа разработки, на котором продукт разрабатывают как тип продукта. На этапе разработки типа продукта тип продукта разрабатывают посредством ряда действий, таких как проектирование, тестирование, подготовка к продаже и испытания в целевых системных средах. Когда требуемые технические и коммерческие критерии будут выполнены, наступает момент разрешения продаж продукта (см. событие 1). После завершения успешного тестирования, процесса подготовки производства и подготовки услуг достигается момент разрешения поставки (см. событие 2). Это позволяет производить продукт, то есть, в контексте введенной терминологии, начинается создание экземпляра типа продукта.

Этап продаж следует за этапом разработки. Операционная деятельность по данному виду продукции заканчивается этапом окончания продаж (см. событие 3). Окончание производства (см. событие 4) наступает после этапа окончания продаж и зависит от технических и экономических условий. Объявление об этапе окончания продаж (событие 3А) должно быть опубликовано, чтобы пользователи оборудования могли удовлетворить свои потребности до окончания производства.

Стандартная поддержка продукта начинается с разрешения поставки (см. событие 2) и заканчивается окончанием стандартной поддержки (см. событие 5). Этап послепродажного обслуживания начинается с этапа завершения продаж (см. событие 3) и заканчивается отказом от продукта. Окончание стандартной поддержки (см. событие 5) происходит на этапе послепродажного обслуживания до отказа от продукта. Это означает, что все поставки, связанные с продукцией, т. е. запасные части, документация и так далее, а также стандартная поддержка, предоставляемые производителем, заканчиваются отказом от продукции. Объявление об этапе окончания продаж (событие 5А) должно быть опубликовано, чтобы дать возможность пользователям предприятия удовлетворить свои потребности в обслуживании до того, как продукт будет снят с производства. На этапе между событиями 5 и 6 может быть доступно специальное обслуживание.

После события 6 продукт (тип) устаревает.

Сумма этих этапов для типа продукта называется жизненным циклом продукта. Термин «цикл» означает наличие повторяющейся последовательности в контексте эволюции продукта (рисунок 3). Эти инновационные циклы приводят к появлению новых версий продукта. Должны быть разработаны правила управления версиями типа продукта.

Описания процессов используют для всех действий, необходимых для управления жизненным циклом продукта, обеспечивают возможность параллельных рабочих процессов и одновременно гарантируют выполнение требуемых критериев качества. Этот процесс обычно называют процессом управления

жизненным циклом продукта (процесс PLM), он включает в себя связанные с типом подпроцессы управления портфелем, определения, реализации, коммерциализации и послепродажное обслуживание.

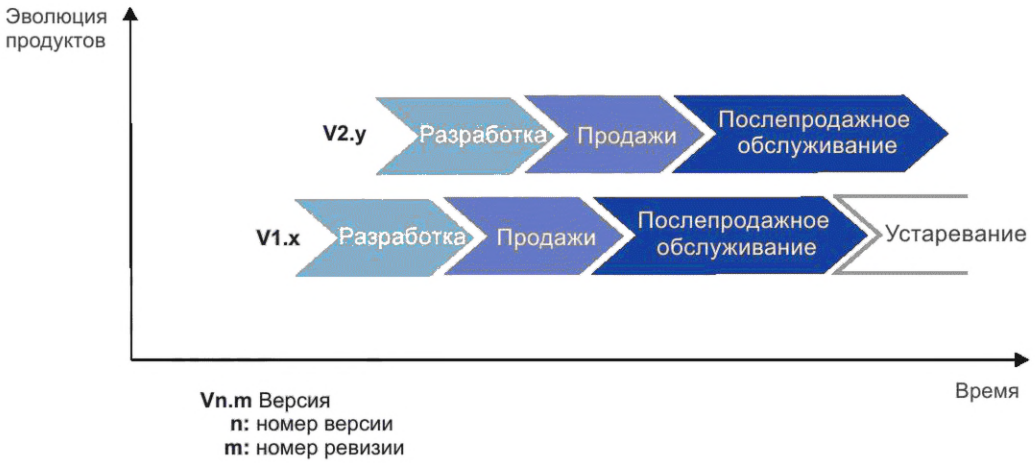


Рисунок 3 — Эволюция продуктов (тип с указанием версии и редакции)

Для управления историей проектирования и изменения конструкции типа продукта используются версии продукта и редакции. Производитель продукции должен хранить доступную информацию об истории разработки и изменениях конструкции.

Эволюцию продукта описывают номером версии и номером редакции. Могут быть применены более подробные соглашения о версии, например третий уровень для исправления незначительных ошибок или четвертый уровень для номеров сборок программных продуктов. Эта информация о версии очень важна с точки зрения совместимости и требует соглашений по управлению версиями. Обычно типы продуктов с разными номерами версий имеют собственный этап послепродажного обслуживания.

Примечание — В некоторых отраслях существуют рекомендации по управлению версиями, например рекомендация [2].

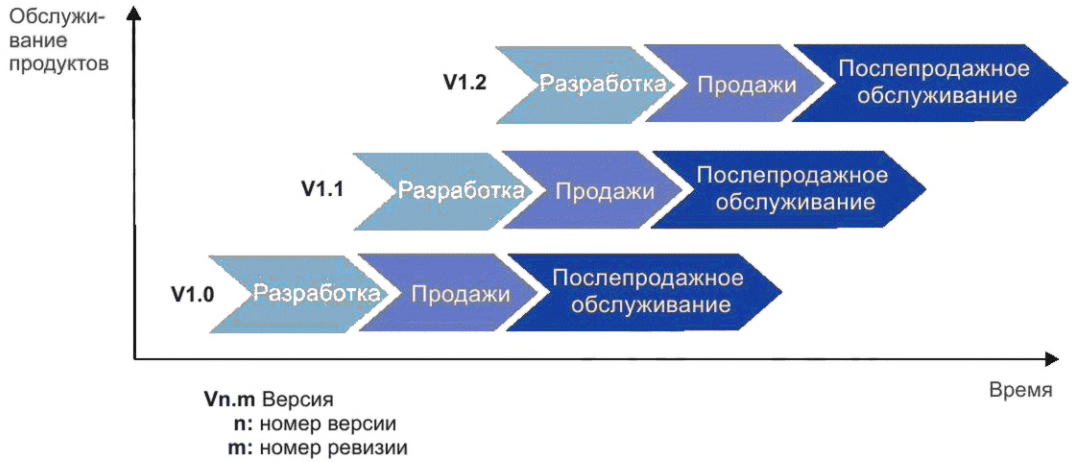


Рисунок 4 — Эволюция продуктов (тип с указанием версии и редакции)

Услуги, предоставляемые на этапе послепродажного обслуживания, зависят от уровней обслуживания (см. 5.7.2). Обычно типы продуктов с разными номерами редакций не обслуживаются как отдельные продукты. Вместо этого только тип с последней редакцией имеет послепродажное обслуживание (см. рисунок 4).

В случае конкретных контрактов на обслуживание (см. 5.7.4) могут обслуживаться и другие редакции.

У каждого экземпляра продукта есть срок службы (см. рисунок 5), который начинается с производства (событие a), например производство аппаратного обеспечения, и заканчивается началом разборки или утилизации этого экземпляра (событие f). Срок службы продукта может длиться значительно дольше, чем конец жизненного цикла типа продукта (событие 6) (рисунок 5). Существенной частью срока службы является время использования, которое начинается с события «c», например с установки активации программного обеспечения, и заканчивается выводом из эксплуатации (событие e), например деинсталляцией или неисправимым дефектом. Время использования может быть прервано из-за простоев.

Гарантийный период начинается с момента перехода риска к клиенту (событие b), например при передаче установки клиенту после приемки, и заканчивается в соответствии с правовыми нормами или договорами с клиентом (событие d). Гарантийный период не зависит от этапа окончания продаж.

Все поставки, в том числе запасные части, документация и так далее, а также стандартная поддержка, предоставляемые производителем, относящиеся к типам и экземплярам продукции, заканчиваются отказом от продукции (событие 6). Поддержка может быть расширена по специальному соглашению.

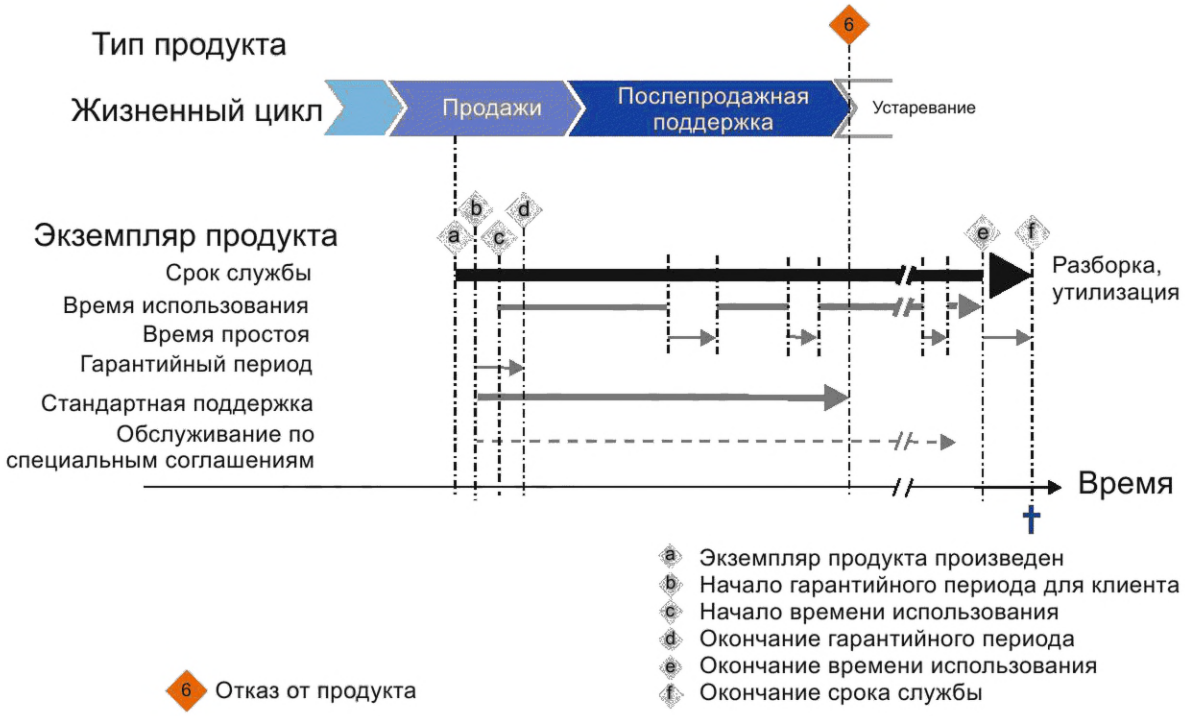


Рисунок 5 — Срок службы экземпляра продукта

4.3 Модель структуры

Под системой можно понимать определенный, структурированный набор элементов (компонентов), который выполняет функцию (функцию системы) посредством взаимодействия или взаимосвязи друг с другом. Системы могут иметь иерархическую структуру, что означает, что они могут состоять из базовых систем (которые затем считаются компонентами указанной выше системы). Диаграмма UML, показанная на рисуноке 6, подчеркивает иерархию система-компонент. Левая часть содержит определение абстрактной системы с совокупностью базовых систем, каждая из которых определена как компонент системы. Правая часть содержит конкретные системы («Система (n+1)», «Система n», «Система (n–1)»), производные от абстрактной системы. Кроме того, показано иерархическое отношение, указывающее, например, что «Система n» определена по отношению к «Системе (n+1)» как ее «Компонент (n+1).2», в то время как сама «Система n» определяет «Систему (n–1)» как «Компонент № 3» и так далее.

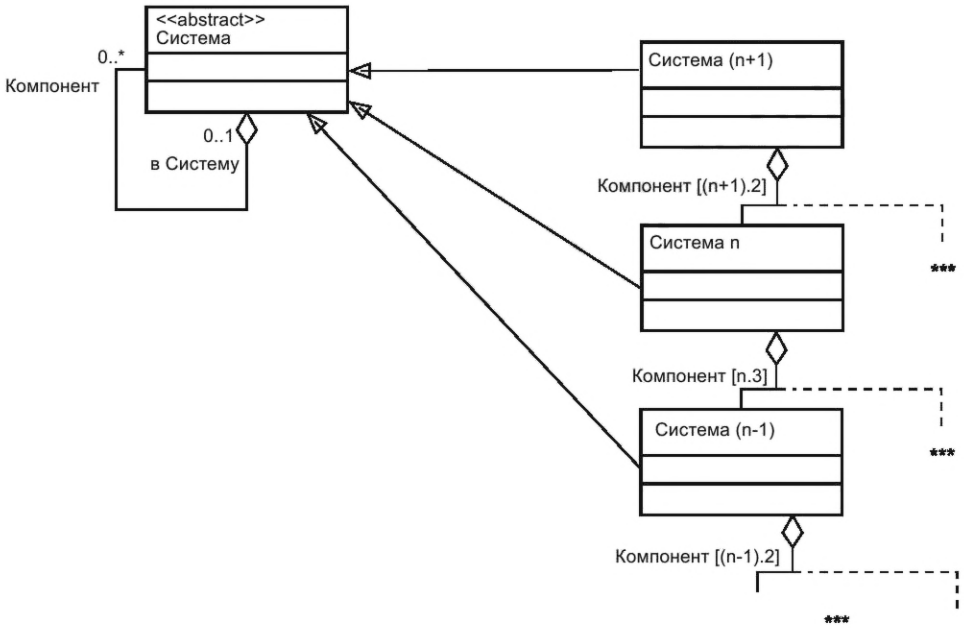


Рисунок 6 — UML-диаграмма иерархической структуры системы

Например, система «измерительный преобразователь» состоит из аппаратных компонентов, таких как корпус, разъем и электроника (которые опять же представляют собой систему, состоящую из таких компонентов, как конденсаторы, резисторы, процессор, память и т. д.). Система «измерительный преобразователь» сама по себе является составной частью системы «КИП» (рисунок 7).

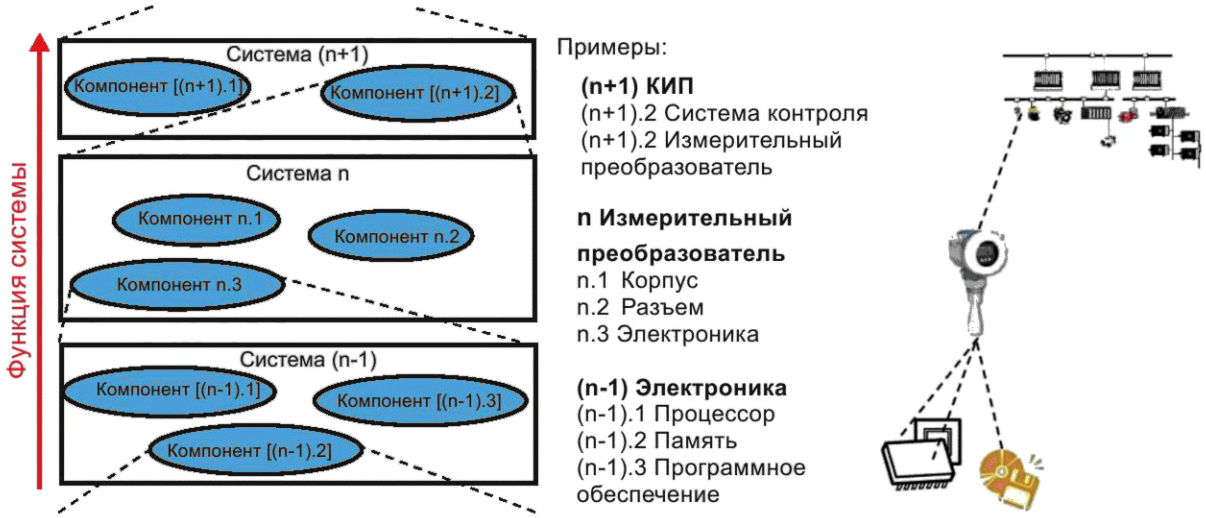


Рисунок 7 — Иерархическая структура системы (пример)

Независимо от уровня иерархии каждая система имеет жизненный цикл, который можно изобразить в соответствии с рисунком 2. Каждый этап жизненного цикла системы должен быть охвачен соответствующим этапом или более ранним этапом жизненных циклов всех компонентов системы (рисунок 8).

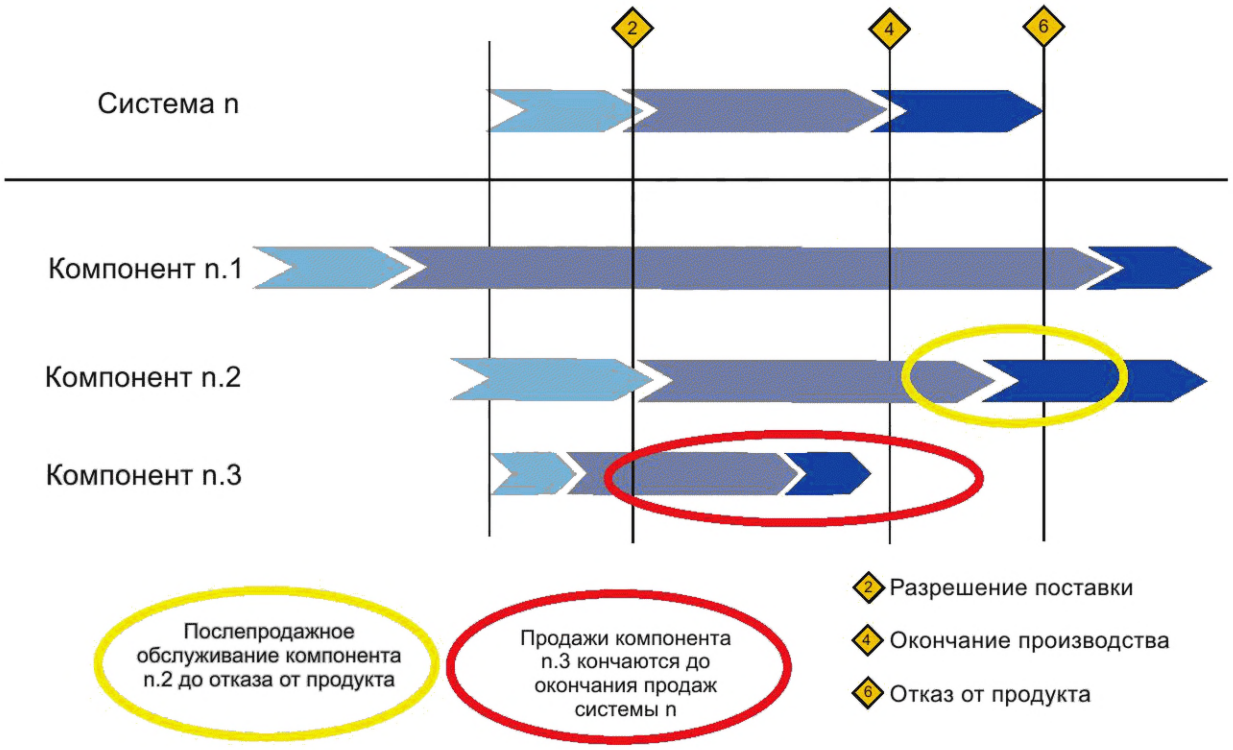


Рисунок 8 — Пример управления жизненным циклом системы (типа) путем интеграции компонентов (типов)

Производители систем сталкиваются с серьезной проблемой из-за зависимости от различных жизненных циклов компонентов. Производитель системы несет ответственность за постоянное, эволюционное развитие своей системы для удовлетворения требований совместимости. Например, на рисунке 8 переход компонента № 2 на послепродажное обслуживание происходит до отказа от продукта системы n (событие 6). Чтобы обеспечить и расширить производство системы n, необходимы предупреждающие меры вследствие отказа от продукта компонента n.3.

Компоненты интегрируются в систему, как показано на рисунке 9, с использованием событийных цепочек процессов (EPC диаграмма). Процесс интеграции необходимо определить и задокументировать. Должна быть назначена конкретная роль по управлению жизненным циклом системы.

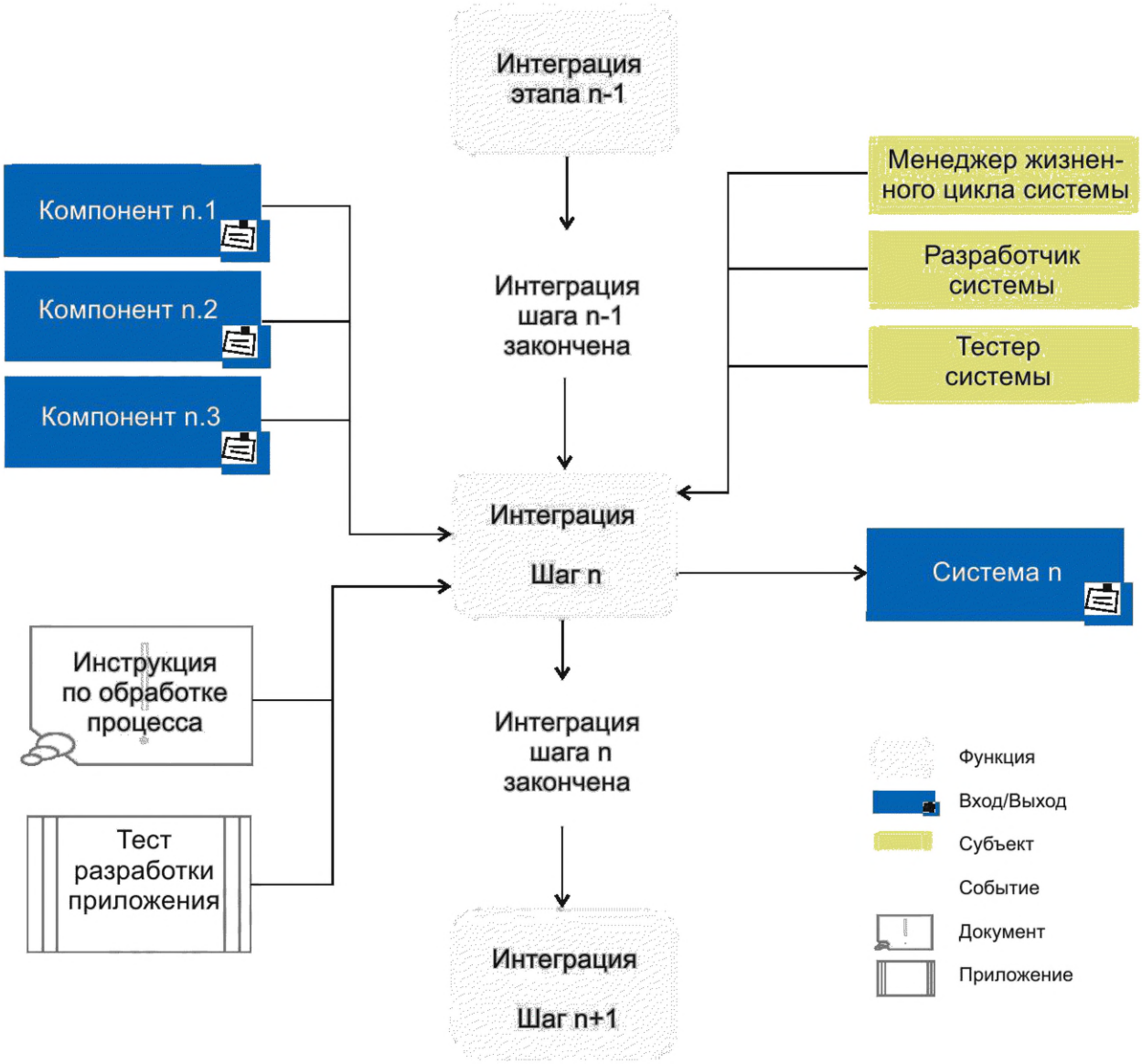


Рисунок 9 — Пример интеграции компонентов в систему

4.4 Модель совместимости

В автоматизации совместимость определяют как способность нового компонента удовлетворять профилю требований исходного компонента на основе технических характеристик. Модель совместимости включает представление характеристик с помощью категорий. Характеристики должны быть определены, например в соответствии с *ГОСТ Р МЭК 61987-1*.

Профиль возможностей должен быть определен для каждого типа продукта. Профиль требований должен быть определен для каждого типа оборудования в соответствии с его назначением.

Производитель продукции должен описать особенности (возможности) продукции (типа) с помощью ее характеристик. Он должен сделать профиль возможностей доступным при разрешении продаж (см. рисунок 2).

Пользователь продукта определяет требования к продукту в соответствии с планами по его использованию, например с помощью характеристик (представление требований).

Характеристики профиля возможностей типа продукта могут быть несущественными для некоторых вариантов использования. Бывают ситуации, когда требования не могут быть сопоставлены с характеристиками профиля возможностей.

При оценке совместимости сравнивают два профиля. Это могут быть:

- профиль требований в сравнении с профилем возможностей. Оценку совместимости следует использовать для выбора продукта на основе сравнения профиля требований и профиля возможностей;
- два профиля требований в разные моменты времени. Пользователь предприятия, оценивающий требования, должен использовать оценку совместимости, чтобы определить пробелы в совместимости и связанные с ними риски;
- два профиля возможностей в разные моменты времени. Производитель, разрабатывающий новый тип продукта, должен использовать оценку совместимости, чтобы определить влияние изменений путем сравнения двух профилей возможностей.

Варианты использования характеристик связаны с применением, техническими, экономическими и экологическими аспектами, а также со стандартами и правилами. Эти требования могут со временем меняться и требовать поддержания профилей, как описано выше.

Следующие списки характеристик и групп характеристик являются примерами и поэтому не претендуют на полноту.

Типичными характеристиками и группами характеристик, относящимися к функциям, являются следующие:

- обработка функций измерения, регулирования, контроля, диагностики и т. д.;
- функциональные интерфейсы (например, тип и формат данных, подпись службы);
- представление (например, структура, разрешение, глубина цвета, соотношение сторон);
- управление (например, последовательность действий, структура меню);
- инжиниринг (например, конфигурация, параметризация, хранение данных);
- управление информацией (например, архивирование производственных данных);
- услуги связи (такие, как синхронизация времени, услуги, связанные с безопасностью);
- функции безопасности;
- функции доступности (например, механизмы резервирования);
- функции диагностики.

Типичными характеристиками и группами характеристик, относящимися к конструкции, являются следующие:

- установка, монтаж и размеры;
- средства связи;
- снабжение энергией;
- главная цепь;
- схема ввода/вывода.

Типичными характеристиками и группами характеристик, касающихся производительности, являются следующие:

- время цикла;
- время отклика;
- длина сообщения;
- потребление памяти;
- время переключения резерва.

Типичными характеристиками и группами характеристик, касающихся расположения, являются следующие:

- электрические условия окружающей среды (например, ЭМС);
- климатические условия окружающей среды (например, температура, влажность);
- механические условия окружающей среды (например, вибростойкость);
- тип защиты;
- взрывозащита.

Типичными характеристиками и группами характеристик, касающихся ведения бизнеса, являются следующие:

- идентификация;
- цена продукта;
- срок поставки;
- характеристики жизненного цикла;
- стоимость годового обслуживания;
- сертификаты и стандарты.

Уровень совместимости (уровень взаимозаменяемости, согласованности или эквивалентности) определяет выполнение требований. На практике в основном учитываются качественные показатели. Оценка совместимости должна основываться на согласованном уровне совместимости с ее критериями. Профиль совместимости — это список значений критериев требований. Для определения уровня совместимости используются следующие термины:

- полная совместимость, см. 3.1.16;
- совместимость функций, см. 3.1.17;
- совместимость программного обеспечения, см. 3.1.43;
- совместимость сигналов, см. 3.1.42;
- совместимость данных, см. 3.1.9;
- совместимость конструкции, см. 3.1.8.

Примечание — Уровни совместимости данных и совместимости соединений можно увидеть, например в *ГОСТ IEC 61800-2*.

Дополнительные уровни могут быть определены в зависимости от вариантов использования. Уровни могут быть далее детализированы на подуровни.

На рисунке 10 показано соответствие вышеупомянутых требований совместимости требуемому уровню совместимости. Очевидно, что для достижения определенного уровня совместимости могут потребоваться дополнительные усилия. Соблюдение этих расширенных требований совместимости может привести к увеличению требований к тестированию и сертификации, например для обеспечения соответствия и совместимости интерфейсов связи.

	Характеристики и группы характеристик	Уровень совместимости					
		Полная совместимость	Совместимость функций	Совместимость ПО	Совместимость сигналов	Совместимость данных	Совместимость конструкции
Функции	Обработка функций измерения	X	X			X	
	Функциональные интерфейсы	X	X	X	X	X	
	Представление	X	X	X			
	Инжиниринг	X	X	X			
	Управление информацией	X	X	X		X	
	Услуги связи	X	X	X	X		
	Функции безопасности	X	X	X			
	Функции безопасности	X	X	X			
	***						
Конструкция	Установка, монтаж и размеры	X					X
	Средства связи	X					X
	Снабжение энергией	X					X
	Главная цепь	X					X
	***						
Расположение	Электрические условия окружающей среды	X					X
	Климатические условия окружающей среды	X					X
	Механические условия окружающей среды	X					X
	Тип защиты	X					X
	***						
Производительность	Время цикла	X		X			
	Время отклика	X		X			
	Длина сообщения	X		X			
	Потребление памяти	X					
	***						
Ведение бизнеса	Цена продукта						
	Срок поставки						
	Характеристики жизненного цикла						
	Стоимость годового обслуживания						
	Сертификаты и стандарты	X					X
	***						

Рисунок 10 — Пример отображения требований совместимости на уровень совместимости

На основании рисунка 10 уровень совместимости используется для определения того, какие конкретные характеристики необходимо учитывать для выполнения требований для данного приложения. Каждое требование должно быть указано количественно.

Значение каждой характеристики профиля требований сравнивается со значением соответствующей характеристики профиля возможностей (рисунок 11).

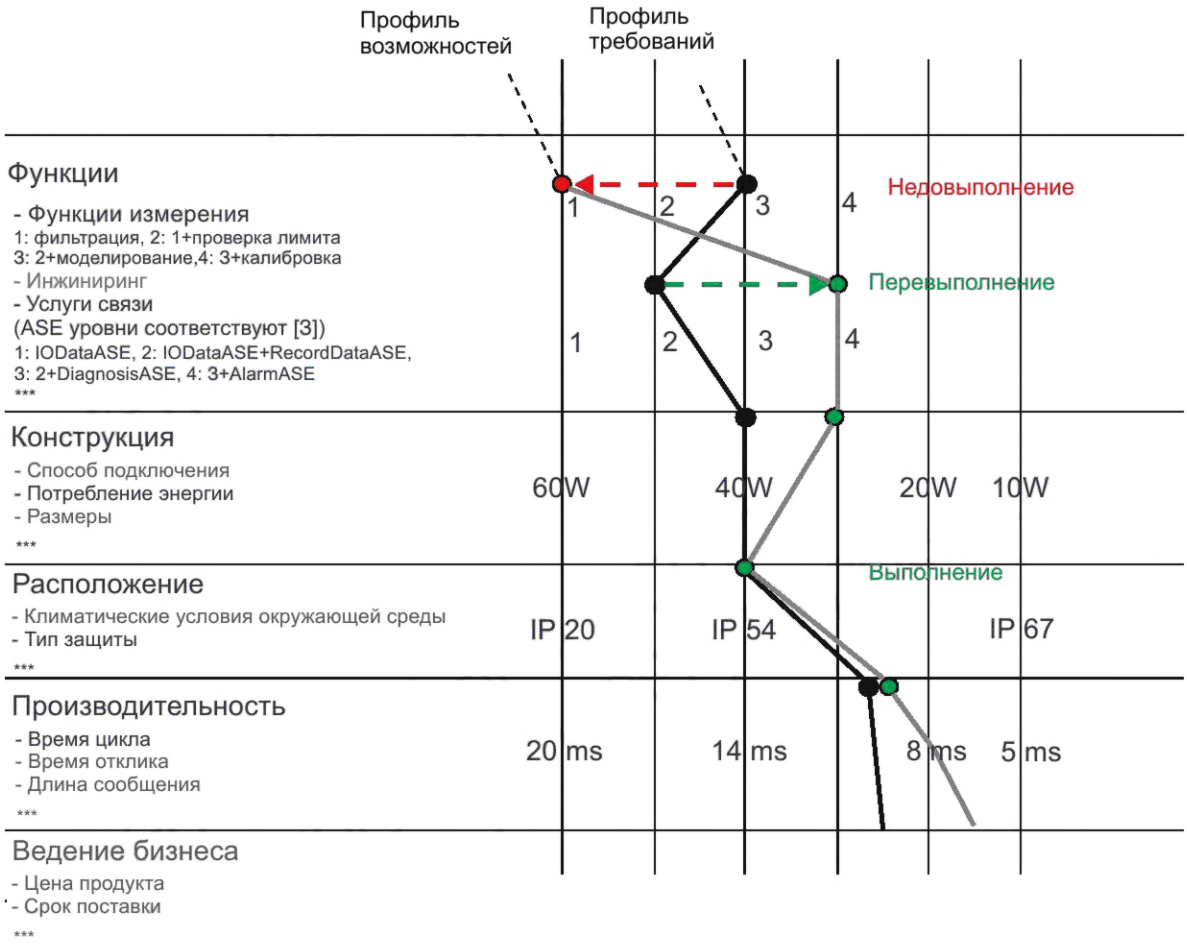


Рисунок 11 — Пример оценки совместимости продукта

Выполнение каждого требования профиля требований следует проверять путем сравнения профиля требований с соответствующим профилем возможностей (рисунок 11). Каждое свойство из профиля требований должно сравниваться с соответствующим свойством из профиля возможностей.

5 Стратегии управления жизненным циклом

5.1 Общие сведения

При рассмотрении аспектов жизненного цикла основной целью пользователя установки является экономичная эксплуатация в течение всего времени использования установки. Производителям систем необходимо соблюдать требования пользователей, связанные с жизненным циклом. Следовательно, производителям приходится решать сложные технические задачи, соблюдая при этом свои собственные экономические ограничения. Учитывая, что продолжительность жизненного цикла продуктов (с точки зрения производителя) и установок (с точки зрения пользователя) обычно различается, стратегии управления жизненным циклом необходимы для решения возникающих в результате этого противоречивых интересов.

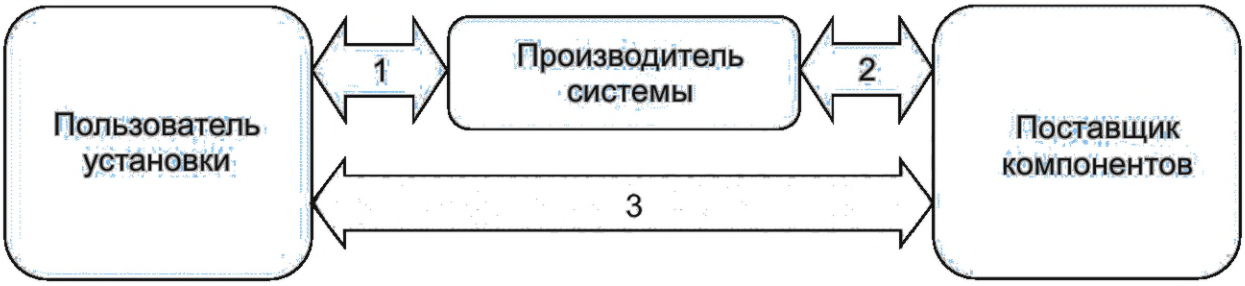


Рисунок 12 — Отношения между партнерами в цепочке создания стоимости

Рисунок 12 иллюстрирует фундаментальные роли партнеров в цепочке создания стоимости и их взаимоотношения друг с другом. Каждый элемент этой цепочки создания стоимости сам по себе может представлять собой цепочку создания стоимости в смысле иерархии из 4.3 (рисунок 6, рисунок 7). Между партнерами в этой цепочке создания стоимости существуют отношения между клиентом и поставщиком, и партнеры могут брать на себя несколько функций. Различные функции приводят к различным взглядам и задачам (см. приложение Е). Обязанности в отношении управления жизненным циклом зависят от этих функций.

Взаимосвязь 1 на рисунке 12 показывает отношения между пользователем установки и производителем системы. В результате этих отношений предоставляются индивидуальные услуги на основе приложений (обычно проектирование и техническое обслуживание). В контексте модели, описанной в 4.1, именно в результате этих отношений создают, настраивают и доводят до рабочего состояния экземпляры продуктов. Взаимосвязь 1 ответственна за все компоненты поставляемого продукта, включая все компоненты от поставщиков компонентов через взаимосвязь 2, например COTS.

Напротив, взаимосвязь 2 представляет отношения между производителем продукта/системы и поставщиком компонентов. В контексте цепочки создания стоимости разработка системы всегда включает интеграцию сторонних компонентов (см. рисунок 9). Что касается модели, описанной в 4.1, то здесь разрабатывают и поддерживают типы продуктов.

Взаимосвязь 3 представляет собой прямую связь между пользователем установки и поставщиком компонентов. Поскольку это происходит без поддержки производителя продукта/системы, это влечет за собой риски для пользователя установки. В этом случае пользователь частично берет на себя ответственность производителя продукта/системы (см. рисунок 9). Поскольку изменения не согласовываются с производителем продукта/системы, это может привести к проблемам совместимости. Для обеспечения такой совместимости необходимы интеграционные тесты, проводимые производителем продукта/системы, с разрешающими распоряжениями и/или инструкциями по эксплуатации.

Производители и пользователи систем и компонентов автоматизации разработали методы и стратегии, которые позволяют им поддерживать как типы продуктов (см. рисунок 2), так и поставляемые экземпляры продуктов (см. рисунок 5) в рамках поколения системы. Это делается для того, чтобы обеспечить удобство их использования в течение длительного периода времени.

Разработаны методы технического обслуживания, обеспечивающие работоспособность экземпляров продукции (в соответствии с [4], например осмотр, (профилактическое) обслуживание, ремонт). Стратегии последней покупки экземпляров продукта, замены типов продуктов, пересмотр и миграции — это особые стратегии сохранения возможности использования системы. Эти стратегии часто используются в сочетании.

Применимость отдельных стратегий варьируется в зависимости от производителя и пользователя установки. Для выбора подходящих стратегий следует учитывать и оценивать различные критерии.

К ним относятся:

- совместимость (см. 3.1.4);
- время реакции.

Время реакции — это период времени между наступлением события, снижающего характеристики установки, и временем, когда характеристики полностью восстанавливаются посредством выбранной стратегии;

- Устойчивость

Устойчивость описывает, как долго можно обеспечить требуемые характеристики установки с помощью выбранной стратегии, давая представление о том, насколько что-то перспективно, принимая во внимание ожидаемый оставшийся срок службы установки;

- Ресурсы

Ресурсы характеризуют количество материальных, кадровых и финансовых затрат, необходимых для обеспечения характеристик установки. В зависимости от стратегии объем ресурсов, привлекаемых производителем и пользователем, варьируется

- Инновационный потенциал

Инновационный потенциал описывает возможность дальнейшего улучшения системы за счет добавления новых возможностей, таких как новые функции и повышение производительности, удобства обслуживания и прибыльности;

- Риск

Риск описывает угрозы и возможности для подходящей стратегии с целью помочь лицам, принимающим решения, понять общие последствия выбранной стратегии (технологический, операционный и экономический риск) и оценить ее с учетом оставшегося срока службы.

Приложение А описывает текущее состояние аспектов жизненного цикла. Приложение D описывает примеры применения стратегий управления жизненным циклом.

5.2 Последняя покупка

Последняя покупка описывает стратегию покупок и хранения компонентов в случае отказа от компонента. Условия хранения должны обеспечивать соблюдение технических свойств, указанных изготовителем, в течение определенного периода времени.

Стратегия последней покупки используется после окончания производства компонента (событие 4, как показано на рисунке 2) и применяется производителем для покрытия потребности в производстве и ремонте системы, а также пользователем установки для накопления запасов, запасных частей и для расширения производства. Последняя покупка также используется для продления времени до использования другой стратегии (например, замены).

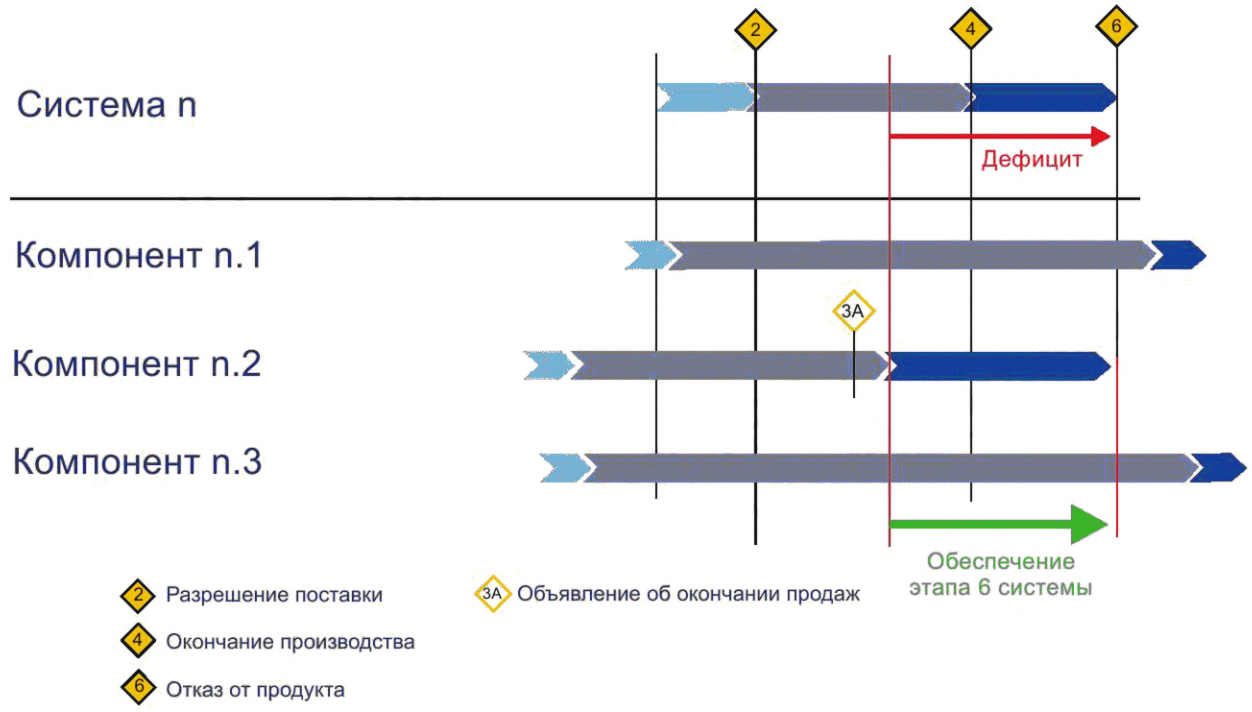


Рисунок 13 — Обеспечение возможности поставок системы посредством стратегии последней покупки компонента

На рисунке 13 показано, как дефицит компонента между окончанием производства компонента № 2 и отказом от системы n покрывается увеличением запасов компонента № 2. Количество складских запасов должно быть достаточным для удовлетворения спроса, возникающего в ходе производства и послепродажного обслуживания. Планирование накопления запасов компонента № 2 должно начинаться не позднее этапа 3А этого компонента. Помимо соблюдения условий хранения, стратегия последней покупки должна учитывать экономические требования (выделенный капитал, затраты на хранение).

Например, отказ от электронной детали до окончания производства можно компенсировать закупкой достаточного количества таких деталей. В этом случае может возникнуть необходимость хранения деталей в определенных климатических условиях, например в среде защитного газа.

Если стратегия последней покупки не подходит с технической или экономической точки зрения, то может потребоваться стратегия замены или пересмотр продукта для выполнения требований жизненного цикла продукта.

Характеристики стратегии последней покупки:

- совместимость: нет ограничений;
- время реакции: короткая и быстрая стратегия;
- стабильность: ограничено физическими свойствами (например, высыхание электролитических конденсаторов) и наличием ноу-хау, в зависимости от оставшегося ожидаемого срока службы установки;
- затраты: затраты на хранение, капитальные вложения, затраты на поддержание ноу-хау;
- инновационный потенциал: неприменимо, поскольку сохраняются характеристики;
- риск: типичный низкий технологический и экономический риск, средний операционный риск (без улучшения).

5.3 Замена

Замена — это стратегия, при которой компонент в системе заменяется совместимым типом-преемником таким образом, чтобы не было никаких последствий для системы. Основой для этого является техническое задание, в котором рассматриваются технические, экономические и нормативные аспекты.

Соблюдение профиля совместимости, описанного в 4.4, имеет решающее значение. Этот профиль содержит соответствующие требования и диапазоны их значений для характеристик продукции, например, как указано в *ГОСТ Р МЭК 61987-1*.

Замена всегда требует проведения работ по интеграции компонентов. Замена, требующая большого обьема таких работ, например вследствие изменения технологии, в контексте настоящего стандарта классифицируется как пересмотр типа продукта.

Типичными причинами замены могут быть отказ от аппаратных компонентов или COTS-продуктов. Улучшение характеристик типа продукта не является целью замены.

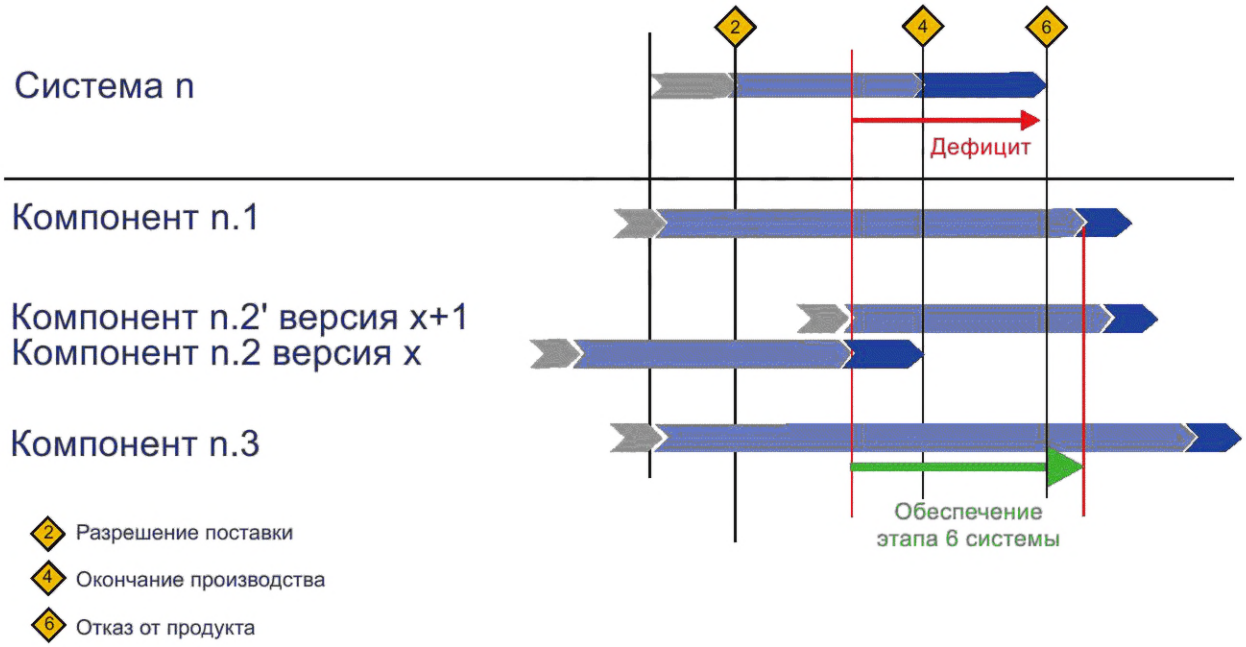


Рисунок 14 — Создание возможности обеспечения поставок системы путем замены компонента

На рисунке 14 показано применение стратегии замены вследствие окончания производства компонента № 2 в версии x. Замена этого компонента на новую версию (x+1) покрывает недостаток компонента.

Например, изменение размеров источника питания может привести к необходимости решения вопросов разработки адаптеров. Другой пример, когда появляются новые версии программного обеспечения, изменения во внутренних интерфейсах в результате появления нового компонента требуют решения вопросов системной интеграции.

Использование стандартизированных аппаратных и программных интерфейсов (внешних и внутренних) в конструкции системы позволяет и упрощает замену, тем самым оказывая большое влияние на решение вопросов по интеграции системы.

Примечание — Независимо от влияния замены на совместимость системы, в некоторых отраслях могут существовать ограничения, требующие повторной сертификации системы.

Замена неприменима, если основные характеристики профиля совместимости не могут быть удовлетворены. В результате замена может оказаться неоправданной по техническим или экономическим причинам.

Характеристики стратегии замены:

- совместимость: нет ограничений;
- время реакции: дольше, чем последняя покупка, обычно короче, чем пересмотр продукта (в зависимости от обьема работ по интеграции);
- стабильность: лучше, чем последняя покупка, зависит от жизненного цикла типа-преемника или оставшегося ожидаемого срока службы установки;
- затраты: затраты на замену (обеспечение интеграции без последствий), избежание затрат на последнюю покупку;
- инновационный потенциал: ограничен, поскольку сохраняются характеристики;
- риск: типичный низкий технологический и экономический риск (что имеешь, то и получаешь), средний операционный риск (без улучшений)

5.4 Пересмотр

Пересмотр продукта — это стратегия, при которой разрабатывают новую версию типа продукта. Новая версия обычно соответствует характеристикам продукта и следовательно профилю совместимости предыдущего типа или превосходит его. Пересмотр включает поддержку необходимой квалификации и сертификации.

Типичными причинами применения пересмотра продукта как для производителей, так и для пользователей оборудования являются:

- отказ от компонента, если прошлые стратегии последней покупки или замены не подходят для решения требуемых задач;
- применение изменений в стандартах и правовых нормах (таких, как RoHS, экологические постановления, законы об экспорте).

Типичными причинами применения пересмотра для производителей являются:

- оптимизация технологии изготовления и испытаний;
- повышение рентабельности (пересмотр по себестоимости).

Типичной причиной перепроектирования для пользователей установки являются ограничения совместимости последующего продукта.

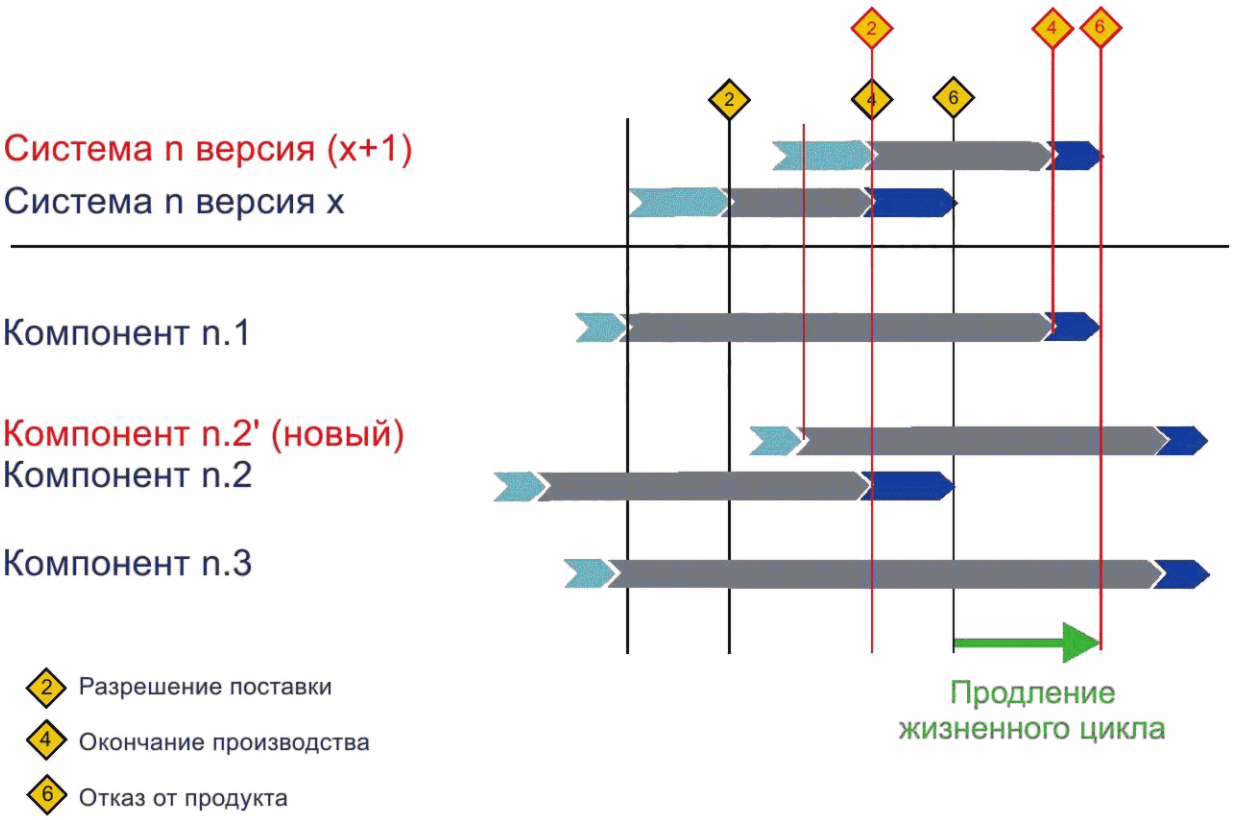


Рисунок 15 — Пересмотр системы в связи с окончанием производства компонента

На рисунке 15 компонент № 2 заменен новым компонентом № 2'. Это вызывает необходимость разработки новой версии системы n (версия x+1) с учетом требований совместимости, что может привести к продлению жизненного цикла системы n за счет отсрочки окончания производства (событие 4) и отказу от продукта (событие 6).

Примечание — Жизненный цикл компонента, который отличается от замененного (компонент № 1 на рисунке), может определять продолжительность жизненного цикла системы.

Например, отказ от процессора может привести к пересмотру системы, если замена на новый тип не подходит по техническим причинам. Могут быть и другие причины для пересмотра, например вследствие требований, таких как RoHS.

Характеристики стратегии пересмотра:

- совместимость: следует ожидать ограничений;
- время реакции: дольше, чем замена, обычно короче, чем миграция (в зависимости от обьема работ по интеграции);
- стабильность: лучше, чем замена, зависит от жизненного цикла новой версии системы и оставшегося ожидаемого срока службы установки;
- затраты: затраты на разработку, тестирование, квалификацию и так далее, включая системную интеграцию; избегание затрат, связанных с последней покупкой;
- инновационный потенциал: существует, новая версия может включать новые функции;
- риск: типичный средний технологический и экономический риск, более сложное решение, чем последняя покупка или замена, но с меньшим операционным риском.

5.5 Миграция

Решения по миграции применяют, когда описанные выше стратегии последней покупки, замены и пересмотра не являются оправданными.

Миграция подразумевает:

- (частичную) замену существующих компонентов новыми компонентами с расширенной или модифицированной функциональностью в существующей конфигурации системы;
- расширение существующей конфигурации системы за счет компонентов нового поколения.

Обычно миграция включает в себя изменение технологии.

Как правило, миграция необходима, когда усилия, необходимые для поддержания и улучшения существующей системы, не оправданы.

Эту стратегию можно применять на разных уровнях (см. рисунок 16).

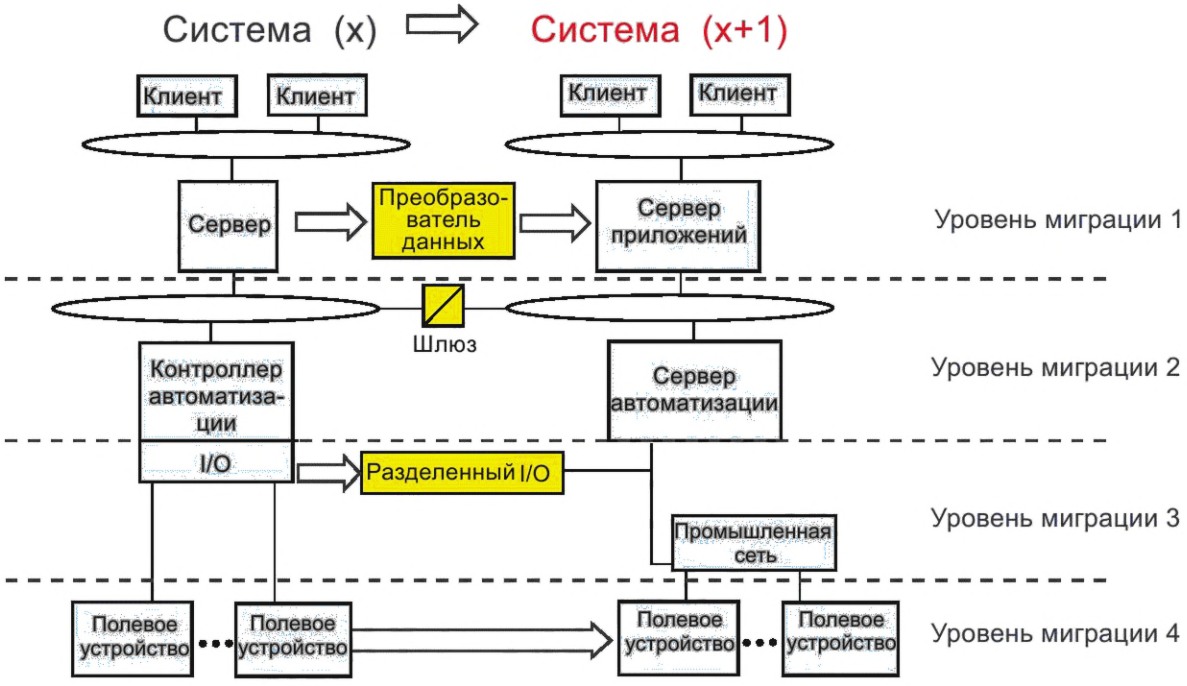


Рисунок 16 — Модель уровней для этапов миграции

Примечание — Уровни миграции не являются уровнями функциональной структуры, определенными в *ГОСТ Р МЭК 62264-1*.

Инновационные циклы компонентов уровня миграции 1, а также экономические расчеты приводят к тому, что этот уровень обычно становится отправной точкой миграции. Обьем работ по миграции увеличивается с уровня 1 до уровня 4. В результате частота миграции снижается с уровня 1 до уровня 4.

Миграция не должна вызывать серьезных последствий. Чтобы ограничить последствия, необходимо разработать подходящие адаптационные решения с учетом общих нормативных условий. Модель совместимости, представленная в 4.4, является средством оценки последствий. При миграции основное внимание уделяется выполнению требований совместимости функций. Примеры адаптационных решений на соответствующих уровнях миграции включают преобразователи данных, шлюзы, прокси, виртуализацию операционных ресурсов и замену центральных устройств ввода-вывода распределенными устройствами, подключенными к полевой шине.

Миграция наиболее целесообразна, когда ожидается повышение производительности или снижение затрат, например, за счет новых функций, стандартов или технологий. Миграция предлагает наибольший инновационный потенциал, но в то же время представляет собой наиболее сложную стратегию. В качестве примера можно рассмотреть переход от собственных коммуникационных интерфейсов к открытым системам полевых шин.

Характеристики стратегии миграции:

- совместимость: сохранение и расширение функций, совместимость функций обычно выполняется;
- время реакции: в зависимости от уровня миграции может быть значительно дольше, чем при пересмотре;
- стабильность: высокий уровень стабильности за счет внедрения новой системы;
- затраты: максимальные, затраты на разработку, тестирование, квалификацию и так далее, включая адаптационные решения и системную интеграцию;
- инновационный потенциал: наибольший инновационный потенциал, потому что новейшие, самые передовые технологии могут быть приняты во внимание;
- риск: типичный средний технологический и высокий экономический риск, в зависимости от совместимости, но с более низким эксплуатационным риском, рассматриваемым с точки зрения жизненного цикла.

5.6 Сравнение стратегий

На практике описанные стратегии управления жизненным циклом применяются в различных комбинациях. Управление жизненным циклом должно включать оценку рисков и определение мер реагирования как можно раньше. Как правило, это часть процесса планирования продукта и системы. Однако на практике избежать незапланированных событий невозможно. Внешние воздействия, такие как неисправность или выход из строя компонентов, играют здесь решающую роль.

При использовании различных стратегий шаги, которые необходимо предпринять, следует оценивать с технической, временной и экономической точек зрения, а также учитывать последствия. Следующий обзор (рисунок 17) задуман как отправная точка и может использоваться для ориентации при выборе подходящей стратегии или их комбинации. Типовые характеристики (см. 5.2, 5.3 и 5.4) показаны цветами. Существенность характеристик зависит от конкретного случая, в котором необходим подробный анализ.

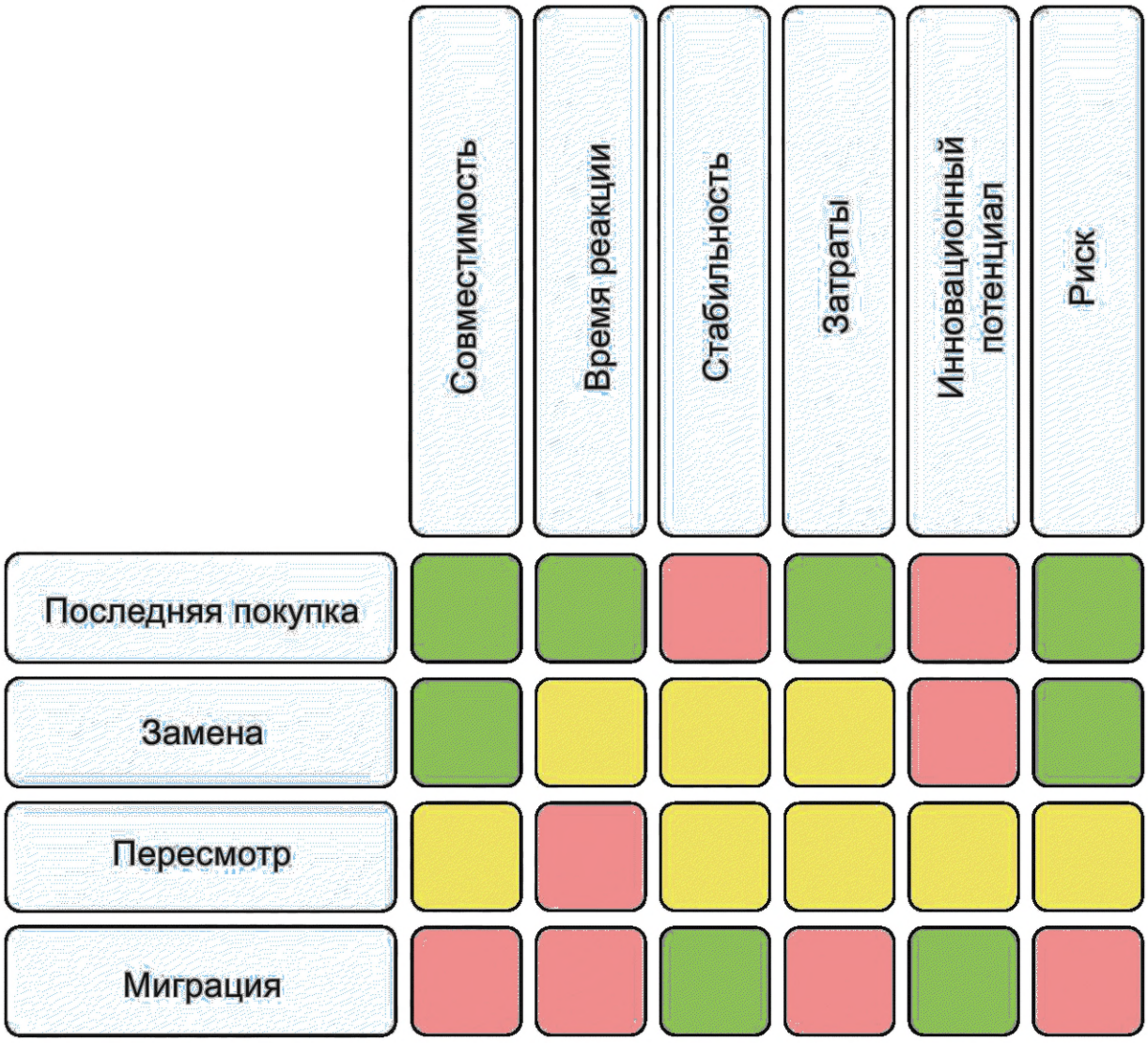


Рисунок 17 — Типичные характеристики стратегий управления жизненным циклом

Поскольку рассматриваемые компоненты и системы могут сильно различаться, важно, чтобы конкретная задача была отражена в соответствующих стратегиях. Часто несколько стратегий применяются последовательно или одновременно.

Описанные стратегии можно применять индивидуально или в комбинации в разное время на протяжении всего времени использования установки. Важно спланировать и реализовать скоординированную стратегию для системы, основанную на индивидуальных особенностях жизненного цикла компонентов.

При этом необходимо учитывать стратегии пользователей предприятия (см. поддержание или оптимизацию производительности в приложении Е).

5.7 Применение стратегий управления жизненным циклом обслуживания

5.7.1 Поддержка управления жизненным циклом

Поддержку управления жизненным циклом применяют к экземплярам продукта в течение всего времени его использования (см. рисунок 5). Целью поддержки управления жизненным циклом является обслуживание системы (экземпляра) на протяжении всего времени ее использования для обеспечения возможности обслуживания используемых компонентов. Поддержка управления жизненным циклом также может охватывать этап ликвидации экземпляра продукта. Такая поддержка помогает пользователю установки достичь своих целей по производительности и доступности.

Для поддержки управления жизненным циклом компонентов и систем, описанные в разделе 5 стратегии могут применяться индивидуально или в комбинации.

Поддержку управления жизненным циклом можно разделить на стандартную поддержку и поддержку по индивидуальному специальному соглашению.

См. приложение С для примеров, связанных с управлением жизненным циклом.

5.7.2 Уровни поддержки

Поддержка может осуществляться на разных уровнях. Эти уровни являются последовательной основой как для стандартной поддержки, так и для поддержки по специальным соглашениям. Примерами определения уровня поддержки могут быть:

- уровень 1: поддержка на месте;
- уровень 2: поддержка по горячей линии;
- уровень 2-1: поддержка по горячей линии на местном языке;
- уровень 2-1: поддержка по горячей линии на другом языке (например, английском);
- уровень 3: поддержка, включая поддержку по усовершенствованию.

5.7.3 Стандартная поддержка

Стандартной поддержкой описывают уровень обслуживания без учета конкретных требований пользователя. Эта поддержка прекращается, когда от типа продукта отказываются (см. рисунок 5). Обновление и модернизация, обеспечение запасными частями и услуги по ремонту являются примерами такой поддержки. Стандартная поддержка может включать предложения по обучению, вводу в эксплуатацию и удаленную поддержку (например, по телефону, горячую линию и удаленное обслуживание).

5.7.4 Поддержка по специальному соглашению

Поддержка по специальному соглашению относится к экземплярам продукта и может быть доступна после отказа от продукта. Поддержка основана на индивидуальных соглашениях об обслуживании (контрактах) между поставщиком услуг и пользователем установки с целью поддержки стратегии пользователя по эксплуатации установки. Эти соглашения отличаются от стандартных услуг объемом предлагаемых услуг или соответствующим периодом времени. Техническая осуществимость и экономическая целесообразность могут ограничить применение такой поддержки.

Специальные соглашения могут гарантировать сохранение статус-кво установленной системы (экземпляра), например посредством расширенной возможности поставки запасных частей или поддержки программного обеспечения, которая продолжается после этапа окончания поддержки типа системы.

6 Управление жизненным циклом

6.1 Инициативное управление жизненным циклом

В разделе 4 указано, что комплексное управление жизненным циклом начинается уже на этапе планирования системы и включает тщательное рассмотрение требований к системе. По сути, это предполагает активное управление в течение срока службы установки, включая ее компоненты.

Поэтому необходимо упреждающее управление жизненным циклом *[5]*, которое, согласно *ГОСТ Р МЭК 62402*, начинается уже на этапе разработки продукта и обеспечивает минимальные усилия для миграции и повторного использования данных конфигурации в случае изменения технологии. Для этой цели подход к управлению жизненным циклом должен присутствовать уже на этапе разработки системы, поскольку прогнозируемые влияния, такие как технологические изменения или изменение нормативных требований, должны быть приняты во внимание уже на этом раннем этапе *[6]*. Надежная конструкция должна учитывать этапы жизненных циклов компонентов системы для предотвращения ситуаций, показанных на рисунке 8 для компонентов № 2 и № 3. Этот подход в конечном итоге приводит к расширенной концепции качества, поскольку комплексное планирование также означает заблаговременное планирование устойчивости продуктов и компонентов и постоянное прогнозирование решений по замене и повторному использованию. Таким образом, функциональность и совместимость оказывают существенное влияние на долгосрочную стратегию развития. Например, конструкция системы, основанная на стандартизированных профилях продуктов с заранее определенными уровнями совместимости (см. *[7]* и *[8]*), снижает затраты на долгосрочное обслуживание системы. Такой подход имеет далеко идущие последствия для структурно-технической системы и проектирования изделий. Чтобы обеспечить долгосрочную устойчивость, разнообразие компонентов системы следует свести к

минимуму в пользу платформенных стратегий. Кроме того, сложность можно ограничить за счет создания модульных решений на основе стабильных и стандартизированных интерфейсов. Для достижения этой цели необходима последовательная документация по разработке типа продукта, основанная на стандартизированных процессах и правилах.

Приложение В описывает требования, влияющие факторы, отраслевую специфику.

Инициативное управление жизненным циклом также означает непрерывную оптимизацию установки на протяжении всего времени ее использования. Меры по обеспечению устойчивости управления жизненным циклом могут быть основаны только на интенсивном сотрудничестве между пользователями установок и производителями.

Таким образом, необходим анализ следующих факторов:

- срока жизни установки и срока жизни продукции, которую установка производит;
- срока службы компонентов системы (определенного, например на основе вероятности отказа);
- выбора поставщика на основе критериев, важных для жизненного цикла, таких как финансовая стабильность, наличие второго варианта поставок или возможность доставки,
- условий поставки продукции и услуг, в том числе программного обеспечения [1].

Инициативное управление жизненным циклом существенно способствует минимизации затрат, что делает этот аспект важной частью рассмотрения TCO (раздел В.1).

Инициативное управление жизненным циклом приводит к изменению критериев оценки процессов принятия решений и появлению новых возможностей для партнерских отношений между пользователями и производителями. Инициативное управление жизненным циклом компонентов и систем позволяет разрабатывать стратегии, подходящие для периода эксплуатации установки. Оптимизированная стратегия, ориентированная на конкретное предприятие, создается путем объединения целей пользователя и возможностей производителя в отношении используемых продуктов и конкретных характеристик их жизненного цикла. Стратегии, описанные в разделе 5, составляют основу этой работы.

Такой подход все больше приводит к стратегическому партнерству внутри отраслей. Это может привести к внедрению новых бизнес-моделей, в которых производители контрольно-измерительных приборов и систем управления берут на себя ответственность за доступность производственных процессов пользователя. Помимо различных графиков затрат, критерии распределения задач внутри партнерств включают в себя, в частности, приемлемое время реакции, имеющиеся кадровые ресурсы и прежде всего конкретные ноу-хау.

Инициативное управление жизненным циклом также приводит к требованиям, связанным со стандартизацией. Только таким образом требования, касающиеся совместимых инноваций, могут быть выполнены с самого начала с минимальными усилиями. Для этого требуются открытые, независимые от поставщиков соглашения по созданию продуктов и процессов, которые могут быть определены только комитетами по стандартизации.

Помимо стандартизации технического содержания, необходимо разработать единые и общепринятые методы целостного рассмотрения, оценки и расчета TCO.

Примечание — Примеры подходов можно найти в *[6]* и *[9]*. Анализ подходов позволит оценить и сравнить различные стратегии с точки зрения экономических аспектов.

6.2 Оптимизация жизненного цикла

Выводы, основанные на различных отраслевых требованиях (см. раздел В.5), основополагающей модели жизненного цикла (см. 4.2) и представленных стратегиях управления жизненным циклом (см. раздел 5), показывают, что управление жизненным циклом, измерение, контроль и автоматизация промышленных процессов очень сложны и требуют комплексного подхода. В этот подход входят прикладные, технические, временные и экономические аспекты, а также использование моделей, определенных в настоящем стандарте (см. раздел 4), оценки совместимости (см. 4.4) и использование других требований и оценок.

Примечание — Достоверность характеристик, указанных в профилях (см. 4.4), является важной предпосылкой оптимизации жизненного цикла.

Очевидно, что эффективное управление жизненным циклом оказывает большое влияние на конкурентоспособность продуктов, систем, услуг и следовательно самой компании.

В этом контексте можно выделить четыре фундаментальных требования, касающихся надежности управления жизненным циклом компонентов, продуктов и систем.

- Техническая надежность

Для обеспечения возможности совместимого расширения системы и замены компонентов для конкретного поколения системы должны быть выбраны конкретные технологии и определены правила разработки системы. Для этого требуется принятие упреждающих мер, особенно в случае ожиданий изменений, связанных с техническими инновациями, стандартами и правилами. Эти меры также включают в себя разработку модульных систем (см. 4.3), определение открытых интерфейсов с долгосрочной стабильностью и определение профилей совместимости компонентов (см. 4.4).

Техническая надежность может быть достигнута только в случае учета различной продолжительности жизненного цикла компонентов различных типов (рисунок 15). Техническая надежность также включает поддержку изменения поколения системы с помощью подходящих решений по миграции (см. 5.5);

- Надежность применения

Надежность применения описывает способность системы адаптироваться к изменениям, связанным с работой предприятия. Например, сюда входят изменения продукта (партии), изменения объемов производства, изменения сырья, а также изменения производственных процессов или редакции. Также необходимо учитывать изменения, которые повышают степень эффективности или доступности, а также изменения, связанные со стандартами и отраслевыми условиями.

- Экономическая устойчивость

Экономическая устойчивость описывает способность системы адаптироваться к изменениям экономических целей и ограничений эксплуатации установки в течение времени ее использования. Сюда входят внешние воздействия, такие как изменение экономических условий, колебания рынка, конкурентоспособность, общие законодательные условия, а также изменение бизнес-стратегий и решений. Эти цели и ограничения могут привести к изменению запланированного времени использования установки, моделей эксплуатации установки и, как следствие, к изменению критериев выбора стратегий управления жизненным циклом;

- Экологическая устойчивость

Экологическая устойчивость описывает способность системы адаптироваться к изменениям экологических условий и ограничений эксплуатации установки во время ее использования. Сюда входят внешние воздействия, такие как изменение экологических условий, экологических норм и стандартов, а также изменение бизнес-стратегий и решений, касающихся экологических аспектов и аспектов устойчивого функционирования. Учет требований экологической устойчивости может привести к изменению критериев выбора стратегий управления жизненным циклом.

Оптимизация системы всегда является высшим приоритетом при выборе подходящих стратегий.

В настоящее время ожидается ужесточение требований по безопасности и защите окружающей среды. Таким образом, эти требования будут стимулировать совершенствование управлением жизненным циклом, особенно на этапе эксплуатации.

Оптимизация жизненного цикла — это термин, обозначающий управление факторами, влияющими на надежность управления жизненным циклом компонентов, компонентов и систем посредством целостного рассмотрения (см. рисунок 18). Оптимизация жизненного цикла основана на стандартах и общих моделях, описанных в настоящем стандарте.



Рисунок 18 — Оптимизация жизненного цикла

В контексте надежности измерение времени обозначает продолжительность жизненных циклов типов (компонентов, продуктов и систем) и время жизни их экземпляров. Оптимизация жизненного цикла достигается в случаях, когда система управления жизненным циклом продукта устойчиво удовлетворяет вышеперечисленным требованиям на протяжении всего временного диапазона. Оптимизация жизненного цикла может быть достигнута только посредством совместного, непрерывного и упреждающего управления жизненным циклом.

Приложение А
(справочное)

Определение текущего состояния аспектов жизненного цикла

Современные производственные мощности и установки структурированы и разделены на различные функциональные зоны. Эти функциональные области закреплены за контрольно-измерительными приборами, состоящими из множества отдельных компонентов, образующих распределенную систему. Как показано на рисунке А.1, компоненты относятся к разным функциональным уровням. Каждый из этих компонентов и его элементов (микропроцессор, конденсаторы, встроенное ПО и т. д.) определяется конкретными характеристиками своего жизненного цикла. Осведомленность об этапах и владение информацией о жизненных циклах отдельных компонентов и их взаимодействии на протяжении всего срока службы установки — управление жизненным циклом — представляет собой фундаментальную предпосылку для поддержания экономичной работы установки на протяжении всего запланированного времени использования.

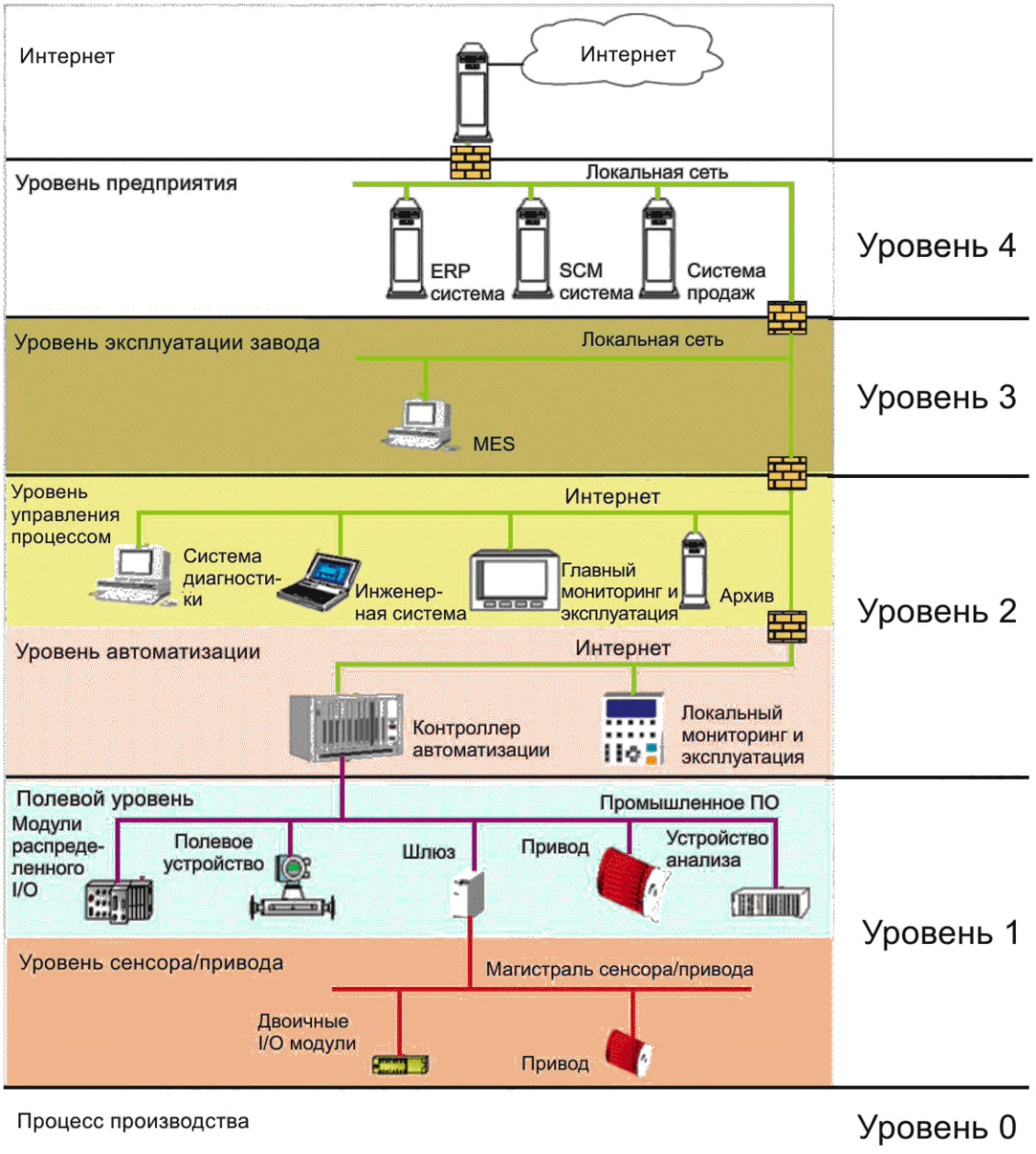


Рисунок А.1 — Типовая структура системы контроля и управления с функциональными уровнями согласно *ГОСТ Р МЭК 62264-1*

Следующий пример иллюстрирует влияние жизненных циклов компонентов (см. также приложение С) на экономичное обслуживание операций (рисунок А.2).

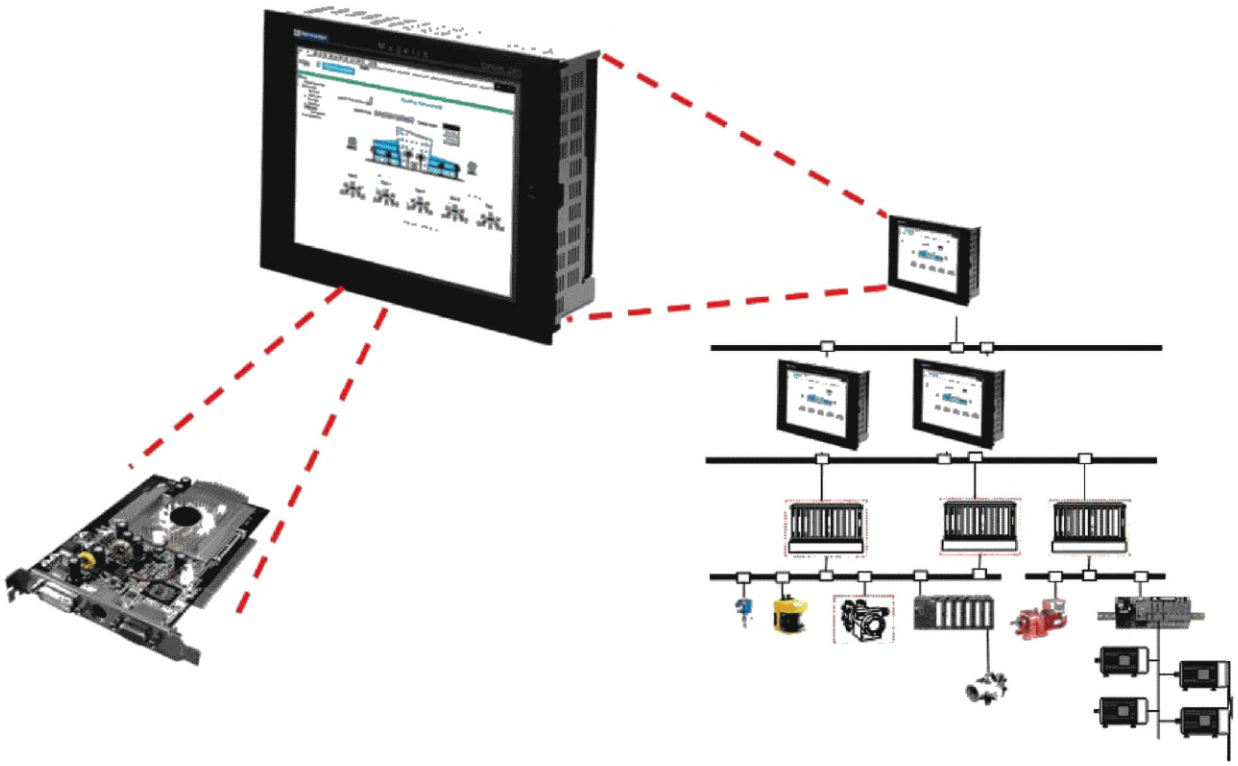


Рисунок А.2 — Типовая структура системы контроля и управления с функциональными уровнями согласно *ГОСТ Р МЭК 62264-1*

В компьютере, который выполняет фундаментальные функции в системе управления технологическими процессами предприятия, работающем в течение нескольких лет, необходимо заменить видеокарту из-за неисправного компонента. Ремонтные работы невозможны. Поскольку этот конкретный тип видеокарты больше не доступен, необходимо использовать подходящую замену. Несмотря на то, что замененная видеокарта функционально совместима, драйвер видеокарты, совместимый с установленной операционной системой, не существует. Также невозможно изменить операционную систему, поскольку приложения (программное обеспечение), работающие на технологическом компьютере, не были одобрены и выпущены для использования с более новыми версиями операционной системы.

Решением данного конфликта могла бы стать замена всех компьютеров АСУ ТП, включая операционную систему, обновление прикладного программного обеспечения и адаптацию приложений к изменившимся условиям. В рамках этих изменений необходимо переобучить сотрудников и заключить договор на обслуживание программного обеспечения с поставщиком услуг.

Этот пример иллюстрирует сложность поддержания функциональности предприятия и то, насколько обширными могут быть последствия для предприятия. Эти последствия могут также распространяться на части установки, которые работают правильно и не связаны напрямую с неисправным компонентом.

Аналогичная ситуация обсуждается Хауфом и Вейгелем *[5]*.

Одной из причин того, что поддержание функций установки и системы является настолько сложным, является тот факт, что в течение срока службы установки инновационные циклы и соответствующий жизненный цикл компонентов значительно изменяются (рисунок А.3). Срок службы самой установки и связанные с ней особые требования (такие как планирование циклов технического обслуживания) сильно зависят от соответствующей отрасли — например, время использования технологической установки составляет от 15 до 40 лет, в то время как производственная линия в автомобилестроении обычно меняется, чтобы соответствовать новым требованиям производства новой модели.

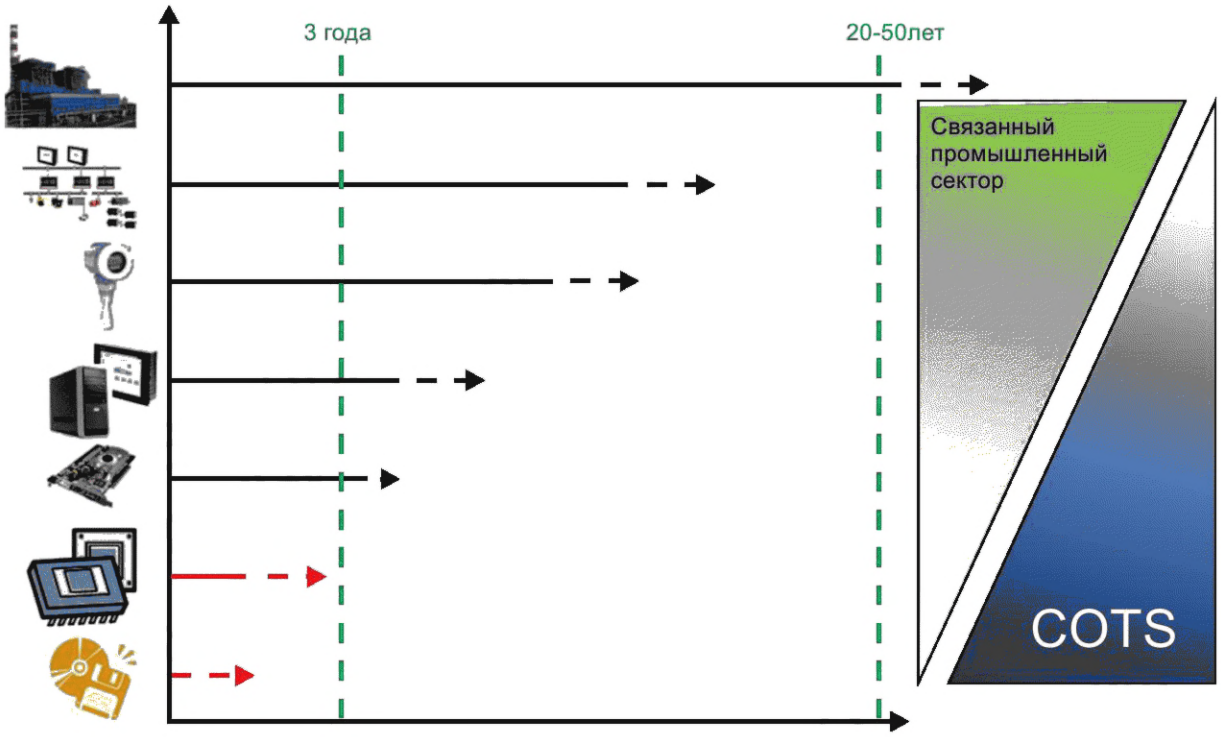


Рисунок А.3 — Жизненные циклы установок и их компонентов

Операторы установок в частности не оценивают экономическую эффективность своих инвестиций исключительно на основе затрат на закупки (планирование и установку), но все чаще они также учитывают затраты на поддержание работы установки на протяжении всего срока службы (затраты жизненного цикла). Таким образом, общие затраты и общие выгоды от проекта могут быть оценены прозрачным образом, включая все последующие затраты. Как показали различные исследования *[10],* затраты на эксплуатацию системы могут многократно превышать затраты на закупку (первоначальные инвестиции).

Это связано с длительным сроком эксплуатации установок, на которых периодически возникают затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание. Таким образом, общие затраты, рассчитанные на протяжении всего срока службы электростанции — также называемые совокупной стоимостью владения *[11]* — принимают характер айсберга, при этом общий объем не сразу виден (см. рисунок А.4).

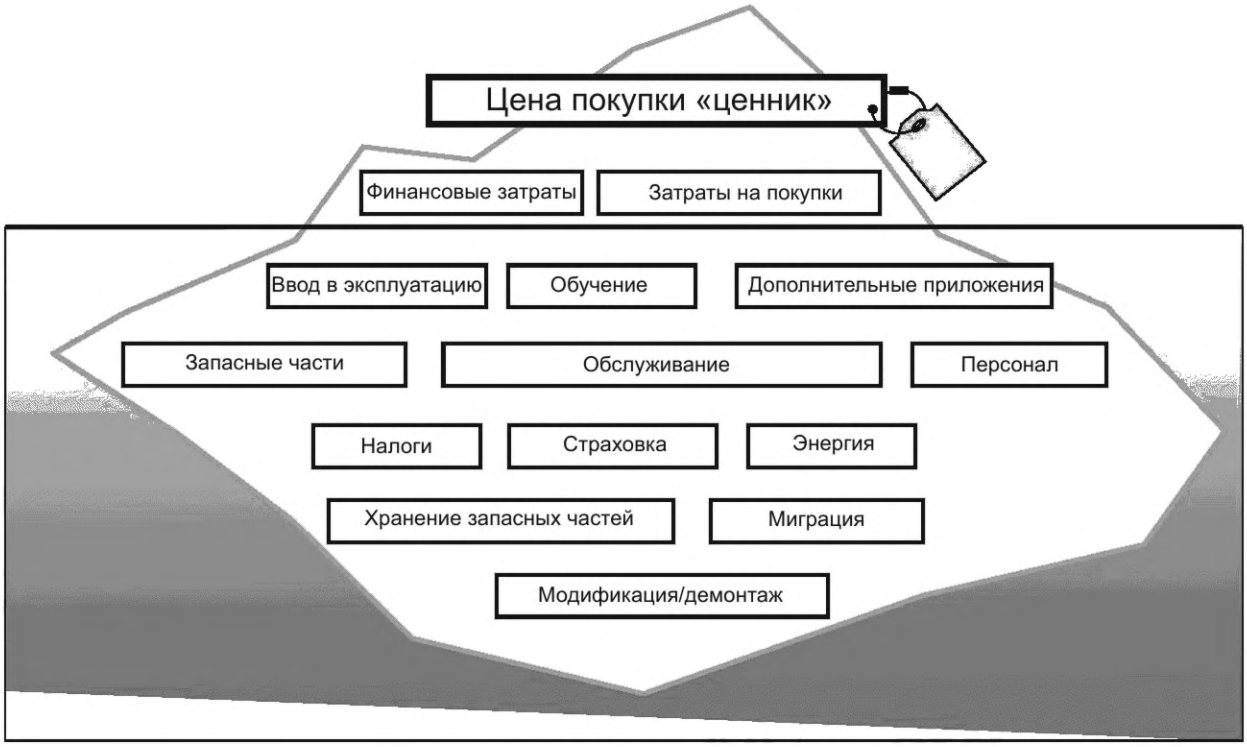


Рисунок А.4 — Эффект айсберга

На первый взгляд видны только затраты на покупку («ценник»), в то время как последующие затраты, подразумеваемые этими инвестициями, обычно остаются скрытыми или имеют тенденцию упускаться из виду *[12]*.

Итак, из-за ускорения темпов инноваций управление жизненным циклом является важной темой в автоматизации, особенно в дискуссиях между конечными пользователями и производителями, а также между производителями и поставщиками. Взаимодействие глобальных, юридических и технических аспектов, включая требования к высокой функциональности и эффективности, а также влияние ИТ-технологий на автоматизацию, помогает продемонстрировать масштабы этой темы.

Приложение В
(справочное)

Требования, влияющие факторы, отраслевые особенности

В.1 Общие требования

Благодаря инновациям в области электроники и программного обеспечения функциональность компонентов автоматизации постоянно увеличивается. Широта функциональности компонентов — ключевой аргумент продаж. Такая широта является результатом удовлетворения потребностей клиентов в гибкости, открытых системах, обширных областях применения, высокой доступности и возможности поставки компонентов при постоянном снижении затрат. При этом производители совершенствуют свою продукцию не только для того, чтобы предложить своим клиентам новые функции, но и для оптимизации приложений, обработки, работоспособности и затрат. В результате сложность системы значительно возрастает из-за усложнения интегрированных компонентов.

Растущая скорость инноваций в аппаратном и программном обеспечении постоянно сокращает жизненный цикл компонентов, однако жизненный цикл систем не может быть сокращен сопоставимым образом, поскольку он связан со сроком службы установки.

Жизненные циклы компонентов и систем не только различаются, но и зависят от точки зрения. Это связано с выполнением ими различных функций, которые тесно взаимодействуют при планировании, настройке и эксплуатации установки. Например, при использовании новой версии инженерной системы производитель гарантирует, что новая версия также может использоваться с установленными версиями устройства, или ему, возможно, придется разработать и провести модернизацию. Для обеспечения совместимости могут потребоваться не только изменения в аппаратном и программном обеспечении, но и в поддержке, а также возможно в условиях контрактов.

Потребители, поставщики и производители являются партнерами в цепочке создания стоимости. Обычно это приводит к появлению разных точек зрения, например точки зрения поставщика или клиента.

Производитель продукта обычно интегрирует компоненты, имеющие индивидуальный жизненный цикл.

Когда производитель получает эти компоненты от субпоставщика, производитель берет на себя роль покупателя.

Эти поставщики и их продукция все меньше и меньше ориентированы на требования автоматизации. В результате всемирной рационализации и рыночных изменений происходит слияние производителей основных компонентов, таких как полупроводники и операционные системы.

Эти слияния приводят к консолидации портфелей продуктов, что часто приводит к меньшей специализации продуктов.

Важность аспектов жизненного цикла постоянно возрастает для всех промышленных товаров и систем с длительным сроком службы. Это связано с растущей сложностью компонентов и систем, а также с растущим применением универсальных компонентов, например COTS, которые производят для промышленности потребительских товаров. Однако по сравнению с индустрией потребительских товаров спрос со стороны индустрии автоматизации настолько низок, что соответствующие требования практически не учитываются. Такие отрасли, как домашние развлечения или мобильная связь, где жизненный цикл продукции значительно короче, обычно оптимизируют свою продукцию с целью снижения стоимости и новой функциональности, а не совместимости и долгосрочного обслуживания. Это оказывает существенное влияние на поставку компонентов и запасных частей. Из-за низкого спроса на рынке автоматизации продление производства только для этой отрасли невыгодно крупным производителям полупроводников.

Помимо требований, возникающих в результате длительного использования компонентов, требования к приложениям, специфичным для автоматизации, включают функционирование в реальном времени, функциональную надежность, безопасность и определенные интерфейсы. Многие разнообразные мероприятия по стандартизации направлены на удовлетворение этих требований. Это непрерывный процесс и важная предпосылка для обеспечения совместимости компонентов и систем в долгосрочной перспективе. На усилия по гармонизации во все большей степени влияют стандарты и спецификации, исходящие из-за пределов области автоматизации.

Повсеместная интеграция ИТ-технологий во многие области автоматизации приводит к открытости, гибкости и расширению функциональности компонентов. Эта интеграция приводит к снижению затрат и ускорению инноваций; однако это также сопровождается отсутствием преемственности с точки зрения жизненного цикла компонентов и систем автоматизации. Пользователи систем автоматизации, производители и поставщики требуют долгосрочного использования ИТ-технологий или, по крайней мере, прозрачной стратегии миграции для обеспечения эффективности использования в течение всего срока службы установки. Это становится еще более важным, когда существует зависимость от определенной технологии.

На жизненный цикл автоматизации дополнительно влияют законодательные и нормативные ограничения.

На продолжающуюся продажу продуктов, а также разработку и производство новых продуктов влияют обеспечение права на использование программного обеспечения, условия лицензий с открытым исходным кодом, интернационализация стандартов, национальное законодательство и международные директивы, такие как RoHS

(ограничение использования опасных веществ) *[13]*. Эти требования могут существенно повлиять на стратегии поддержания долгосрочной эффективности использования.

Все описанные до сих пор влияющие переменные влияют на экономическую эффективность установки. Методы оценки, связанные с жизненным циклом, направлены на сбор и анализ всех затрат, связанных с оборудованием автоматизации, которые возникают на протяжении всего срока службы установки, от планирования до строительства, монтажа, эксплуатации и окончательного демонтажа (ТСО). С помощью таких оценок затрат можно проанализировать взаимосвязь между стоимостью закупок (начальными инвестициями) и результирующими последующими затратами (затратами жизненного цикла). Например, решения, принятые на этапе планирования, могут повлечь за собой последствия гораздо позже, во время использования системы. Именно поэтому был разработан метод расчета стоимости жизненного цикла (LCC). Помимо прозрачного представления распределения затрат во времени, метод также помогает выявить возможности оптимизации экономической эффективности.

Целью расчета стоимости жизненного цикла является определение того, какая часть общих затрат приходится на период эксплуатации для минимизации LCC. Это создает основу для оптимизации баланса между первоначальными инвестициями и затратами на эксплуатацию и техническое обслуживание путем выбора наиболее подходящих продуктов. Обычно используют термин «компромисс» для такого балансирования затрат (см. рисунок В.1) *[6]*.

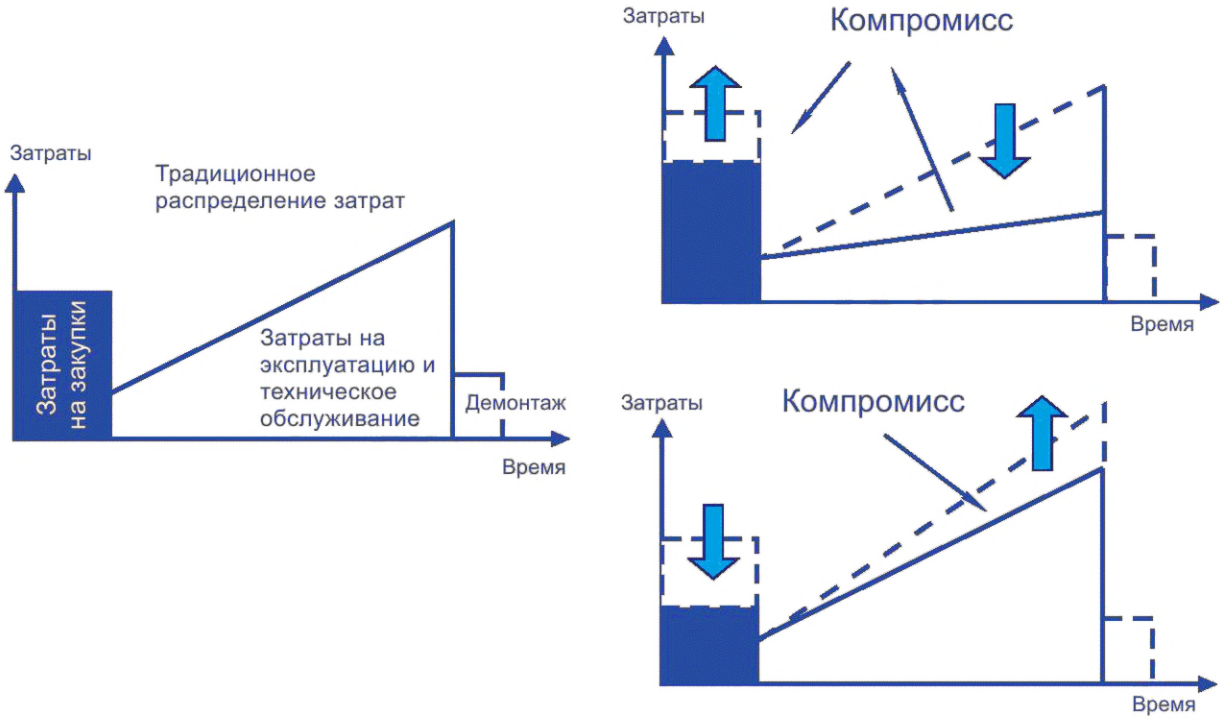


Рисунок В.1 — Компромисс между затратами на закупки (начальными инвестициями) и затратами на эксплуатацию и техническое обслуживание

В этом контексте традиционные циклы производства и продаж отдельных компонентов становятся менее важными, а общий жизненный цикл инвестиций оказывается в центре внимания.

Следовательно, в отличие от традиционного анализа затрат, при использовании подхода расчета затрат жизненного цикла процесс принятия решений по первоначальным инвестициям учитывает долгосрочное влияние на ТСО производительности, удобства использования в будущем и затрат жизненного цикла.

Вследствие долгосрочности этот подход прогнозирования выявляет скрытые факторы затрат, а также потенциальные выгоды на протяжении всего жизненного цикла. Благодаря выявлению центров затрат становится возможным целенаправленный анализ процессов и повышение экономической эффективности за счет оптимизации и перераспределения услуг между партнерами цепочки создания стоимости.

В.2 Учет отраслевых требований

Специфические отраслевые требования, связанные с управлением жизненным циклом решений по автоматизации, различаются в зависимости от запланированного времени использования установки. Этот период времени может составлять от нескольких лет в автомобилестроении до нескольких десятилетий в энергетике и железнодорожном транспорте. Другие требования, возникающие в процессе управления, также различаются. Для

определения отраслевых требований, имеющих отношение к жизненному циклу, были проанализированы следующие отрасли:

- химическая индустрия;
- энергетическая промышленность;
- автомобильный и железнодорожный транспорт;
- производство;
- станкостроительное производство.

Определены общие характеристики отдельных отраслей вместе с вытекающими из них требованиями к управлению жизненным циклом. Каждый анализ завершается описанием ожидаемых отраслевых тенденций.

В таблицах В.1 и В.2 представлен обзор требований, полученных в результате этого анализа. Для каждой отрасли представлены временные, технические и сервисные требования.

Одной из характеристик, используемых для дифференциации отраслей, является время. Сюда входит время жизни установки от момента ввода в эксплуатацию до демонтажа, время между возможными изменениями производственной линии (например, для выпуска другой продукции), а также циклы модернизации и обновлений установки.

Технические требования включают совместимость (см. 4.4) функциональных, конструктивных свойств и свойств месторасположения. В категориях рассматриваемых отраслей проанализированы следующие аспекты:

- свойства, связанные с функцией: мониторинг и эксплуатация, контроль, управление информацией, интерфейсы, типы данных и форматы данных;
- свойства, связанные с конструкцией: механические и электрические;
- свойства, связанные с месторасположением: обстановка и окружение.

Анализ выполняют с акцентом на соответствие свойств жизненному циклу продукта и системы. Например, совместимость типов и форматов данных важна для анализа миграции и защиты инвестиций. Дополнительные группы требований включают оформление и поддержание документации, квалификацию, сертификацию и одобрение продукции и установок.

Помимо технических и временных требований на управление жизненным циклом также влияют требования к поддержке. К ним относятся техническая поддержка (например, ремонт в случае неисправности, включая поставку запасных частей при необходимости), а также поиск и устранение неисправностей. Требования к поддержке также включают услуги обновления для исправления ошибок и услуги модернизации для перехода на более новые версии с улучшенными или расширенными функциями.

В качестве примера для иллюстрации метода анализа были выбраны требования энергетической отрасли.

Таблица В.1 — Обзор отраслевых требований

Требования	Описание	Энергетика	Химическая отрасль	
			Пакетная обработка	Непрерывный процесс
Требования по времени				
Время использования установки	Часть срока службы, во время которого установка используется по ее назначению	> 25 лет Ядерные электростанции > 40 лет	Обычно от 5 до 10 лет	Обычно от 10 до 25 лет
Изменение продукта	Переключение установки на производство другой продукции, включая все эксплуатационные бизнес-процессы	Продукт не изменяется	Возможны изменения продукта в период времени использования установки	Возможны изменения продукта в период времени использования установки
Цикл модернизации	Время между периодами модернизации технического оборудования новыми технологиями с целью поддержания или увеличения ценности для пользователя установки	Обычно от 15 до 20 лет	Обычно 5 лет	Обычно 15 лет
Цикл ревизии	Время между ревизиями установки (запланированная остановка производства для инспекции и обслуживания технического оборудования)	обычно ≥ 12 месяцев	Возможно между двух пакетов, обычно < 1 года	Обычно 5 лет
Технические требования				
Совместимость				
Требования к функциям				
Мониторинг и эксплуатация	Представление информации, эксплуатационные последовательности и действия, интерфейс пользователя установки	≥ 15 лет времени использования для ядерной электростанции	Время использования установки, ≥ 5 лет для систем на ПК	Время использования установки, ≥ 5 лет для систем на ПК
Функции автоматизации	Измерение, контроль, мониторинг и диагностика	Время использования установки	Время использования установки	Время использования установки

Продолжение таблицы В.1

Требования	Описание	Энергетика	Химическая отрасль	
			Пакетная обработка	Непрерывный процесс
Менеджмент информации	Архивация данных, оценка продукции и качества данных, предоставление информации для MES и ERP систем	Срок службы установки, возможны уточняющие регулирующие требования	Обычно время использования установки, возможно навязано жизненным циклом произведенной продукции или особых регулирующих требований	Обычно время использования установки, возможно навязано жизненным циклом произведенной продукции или особых регулирующих требований
Интерфейсы	Сервис и функции, адресация, объемы данных, качество сервиса, профили	Время использования установки	Время использования установки	Время использования установки
Типы данных и форматы	Структура, синтаксис и семантика информации	Время использования установки, поддерживается процедурой преобразования	Время использования установки, поддерживается процедурой преобразования	Время использования установки, поддерживается процедурой преобразования
Требования к конструкции				
Техника конструкции и соединений	Физические размеры, установка, назначение контактов	Время использования установки	Время использования установки	Время использования установки
Источник питания	Электрический источник питания, потребление, бесперебойное питание, заземление и экранирование, защита от перегрузок	Время использования установки	Время использования установки	Время использования установки
Требования к расположению				
Окружающая среда	Электро-, климатические, механические условия, тип защиты, защита от взрывов	Время использования установки	Время использования установки	Время использования установки
Документация	1. Документация о системе, руководство по устройству 2. Документация установки, конфигурация установки, схематические диаграммы, список частей, программы, руководство по эксплуатации	В соответствии с регулирующими требованиями, обычно срок службы установки, изменения содержания должны быть задокументированы и, где возможно, повторно сертифицированы	В соответствии с регулирующими требованиями, обычно срок службы установки, изменения содержания должны быть задокументированы и, где возможно, повторно сертифицированы	В соответствии с регулирующими требованиями, обычно срок службы установки, изменения содержания должны быть задокументированы и, где возможно, повторно сертифицированы

Окончание таблицы В.1

Требования	Описание	Энергетика	Химическая отрасль	
			Пакетная обработка	Непрерывный процесс
Квалификация	Документальное подтверждение выполнения технических требований спецификациям	Во время смены владения и когда происходят изменения во время времени использования установки	Во время смены владения и когда происходят изменения во время времени использования установки	Во время смены владения и когда происходят изменения во время времени использования установки
Сертификация, авторизация	Документальное подтверждение соответствия стандартам продукции, систем, решений и процессам;	В соответствии с регулирующими требованиями, обычно поддерживается во время использования (ядерные электростанции: срок службы), главные акценты на безотказности и применения ядерной электростанции	В соответствии с регулирующими требованиями, обычно поддерживается во время использования, главный акцент на безотказной работе	В соответствии с регулирующими требованиями, обычно поддерживается во время использования, главный акцент на безотказной работе
Требования к обслуживанию				
Ремонт	Процесс возврата дефектной продукции к исходному состоянию	Время использования установки (ядерная электростанция: срок службы); когда необходимо — через соглашения о специальном обслуживании	Время использования установки; когда необходимо — через соглашения о специальном обслуживании	Время использования установки; когда необходимо — через соглашения о специальном обслуживании
Доставка запасных частей	Сервис доставки запчастей	Время использования установки (ядерная электростанция: срок службы); оригинальные запчасти или совместимые (ядерная электростанция: сертифицированные) запчасти	Время использования установки; оригинальные запчасти или совместимые запчасти	Время использования установки; оригинальные запчасти или совместимые запчасти

Таблица В.2 — Обзор отраслевых требований

Требования	Железнодорожный транспорт		Автомобильное производство	Станкостроение
	Железнодорожный подвижный состав	Железнодорожный сигнал		
Требования по времени				
Время использования установки	Обычно 40 лет	Спроектировано на 30—40 лет; в реальности 60 лет	Автомобиль: от 7 до 8 лет ГА (грузовой автомобиль): от 15 до 20 лет	Универсальный станок: обычно 25 лет Специальный станок: обычно 5 лет
Изменение продукта	Продукт не изменяется (услуги транспортировки)	Продукт не изменяется (услуги транспортировки)	Автомобиль: от 2 до 3 лет (рестайлинг) ГА: от 7 до 10 лет	Универсальный станок: спроектирован для изменений продукта Специальный станок: ограниченные изменения продукта
Цикл модернизации	Обычно от 15 до 20 лет	Обычно от 20 до 25 лет	В соответствие с рестайлингом	Универсальный станок: обычно 10 лет Специальный станок: в исключительных случаях
Цикл ревизии	Зависит от пробега, обычно < 1 года	Обычно от 20 до 25 лет	Обычно от 6 до 12 месяцев	Обычно 12 месяцев
Технические требования				
Совместимость				
Требования к функции				
Мониторинг и эксплуатация	Обычно от 15 до 20 лет. На данный момент является субъектом международной стандартизации	Обычно от 20 до 25 лет	Время использования установки ≥ 5 лет для систем на ПК, возможно улучшение с целью повышения производительности/качества	Время использования станка ≥ 5 лет для систем на ПК
Функции автоматизации	Обычно от 15 до 20 лет	Время использования установки	Время использования установки	Время использования установки

Продолжение таблицы В.2

Требования	Железнодорожный транспорт		Автомобильное производство	Станкостроение
	Железнодорожный подвижный состав	Железнодорожный сигнал		
Менеджмент информации	Срок службы установки, возможны уточняющие регулирующие требования	Срок службы установки, возможны уточняющие регулирующие требования	Обычно срок службы установки, возможно навязаны сроком службы произведенной продукции или особых регулирующих требований	Универсальный станок: в период обычного срока службы произведенной продукции Специальный станок: срок службы установки, возможны уточняющие регулирующие требования
Интерфейсы	Обычно от 15 до 20 лет	Обычно от 20 до 25 лет	Время использования установки	Универсальный станок: обычно 10 лет Специальный станок: в исключительных случаях
Типы данных и форматы	Время использования установки, поддерживается процедурой преобразования	Время использования установки, поддерживается процедурой преобразования	Время использования установки, поддерживается процедурой преобразования	Время использования станка, поддерживается процедурой преобразования
Требования к конструкции				
Техника конструкции и соединений	Время использования установки	Время использования установки	Время использования установки	Время использования станка
Источник питания	Обычно от 15 до 20 лет	Время использования установки	Время использования установки	Время использования станка
Требования к расположению				
Окружающая среда	Время использования установки	Время использования установки	Время использования установки	Время использования станка
Документация	Срок службы установки, изменения содержания должны быть задокументированы и, где возможно, повторно сертифицированы	Срок службы установки, изменения содержания должны быть задокументированы и, где возможно, повторно сертифицированы	Срок службы установки, изменения содержания должны быть задокументированы	Срок службы установки, изменения содержания должны быть задокументированы
Квалификация	Разрешительные документы, соответствующие национальным требованиям	Разрешительные документы, соответствующие национальным требованиям	Во время смены владения и когда происходят изменения во время использования установки	Во время смены владения и когда происходят изменения во время использования станка

Окончание таблицы В.2

Требования	Железнодорожный транспорт		Автомобильное производство	Станкостроение
	Железнодорожный подвижный состав	Железнодорожный сигнал		
Сертификация, авторизация	Разрешительные документы, соответствующие национальным требованиям	Разрешительные документы, соответствующие национальным требованиям	В соответствии с регулирующими требованиями, обычно поддерживается во время использования, главный акцент на безотказной работе	В соответствии с регулирующими требованиями, обычно поддерживается во время использования
Требования к обслуживанию				
Ремонт	Зависит от договора, обычно от 15 до 20 лет	Зависит от договора, обычно от 20 до 25 лет	Время использования установки; когда необходимо — через соглашения о специальном обслуживании	Время использования станка; когда необходимо — через соглашения о специальном обслуживании
Доставка запчастей	Зависит от договора, обычно от 15 до 20 лет	Зависит от договора, обычно от 20 до 25 лет	Время использования установки; когда необходимо — через соглашения о специальном обслуживании	Время использования станка; когда необходимо — через соглашения о специальном обслуживании
Ремонт неисправности	Зависит от договора, обычно от 15 до 20 лет	Зависит от договора, обычно от 20 до 25 лет	Время использования установки; когда необходимо — через соглашения о специальном обслуживании	Время использования станка; когда необходимо — через соглашения о специальном обслуживании
Сервис обновления	Зависит от договора, обычно от 15 до 20 лет	Зависит от договора, обычно от 20 до 25 лет	Время использования установки; когда необходимо — через соглашения о специальном обслуживании	Время использования станка; когда необходимо — через соглашения о специальном обслуживании
Сервис модернизации	Зависит от договора, обычно от 15 до 20 лет	Зависит от договора, обычно от 20 до 25 лет	Время использования установки; когда необходимо — через соглашения о специальном обслуживании	Время использования станка; когда необходимо — через соглашения о специальном обслуживании

В.3 Требования энергетической отрасли

В.3.1 Общие характеристики отрасли

Энергетическая отрасль обычно подразделяется на отрасли производства электроэнергии, транспортировки энергии и распределения энергии. В разделе В.3 описаны требования к производству электроэнергии, типичные для всех секторов энергетической отрасли.

В производстве электроэнергии используются различные источники первичной энергии, такие как ископаемое топливо (уголь, газ и нефть), ядерная энергия, ветер, солнечная энергия (например, фотоэлектрическая), гидроэнергетика и геотермальная энергия. В зависимости от того, какой используется первичный источник энергии и соответствующие процессы преобразования энергии, установки различаются по выработке электроэнергии, направленности использования (например, базовая или пиковая нагрузка) и месторасположению. В настоящее время большая часть электроэнергии во всем мире вырабатывается централизованными крупными электростанциями, использующими ископаемое топливо, мощностью до 1000 МВт на электростанцию, а также атомными электростанциями мощностью до 1600 МВт на единицу. Ветроэнергетические установки, как правило, более модульные и децентрализованные, часто в форме ветропарков. В настоящее время максимальная мощность ветрогенератора составляет 6 МВт.

Электростанции характеризуются типичными общими свойствами:

- низкое разнообразие продукции

В отличие от многих других перерабатывающих отраслей, количество продуктов, т. е. электроэнергии и технологического тепла (пара), очень ограничено, и изменений в продуктах нет;

- непрерывные, непрерываемые процессы

В принципе процессы непрерывны и выполняются в течение многих месяцев без перерывов. Следовательно, изменения в системе управления необходимо вносить во время ее работы без каких-либо последствий для процесса;

- сложный функционал

Подпроцессы электростанции физически тесно связаны друг с другом, а это означает, что событие в одном подпроцессе быстро повлияет на другие функциональные области станции.

Эта сложность и потребность в высокой эффективности требуют специальных решений по контрольно-измерительным приборам и управлению;

- высокие динамические требования

Функциональные участки станции, такие как управление турбиной, предъявляют чрезвычайно высокие динамические требования к системам контроля и управления;

- большие объемы данных

По сравнению с другими производственными процессами электростанции характеризуются очень большими объемами данных. Система управления технологическим процессом должна иметь возможность обрабатывать эту информацию в режиме реального времени, а также сжимать, архивировать и представлять оператору все соответствующие данные как в графической, так и в табличной форме;

- самые высокие требования к надежности

Простои производства на крупных электростанциях приводят к очень высоким финансовым потерям за очень короткий период времени. Следовательно, к системам контрольно-измерительных приборов и управления предъявляют самые строгие требования, поэтому многие компоненты имеют дублирующую (резервную) конструкцию;

- очень высокие требования безопасности

Для защиты людей, техники и окружающей среды производство электроэнергии должно соответствовать стандартам и законам, предъявляющим очень высокие требования. На предприятиях, использующих ископаемое топливо, защита котлов особенно актуальна. На атомных электростанциях используются специальные резервированные конструкции, в которых используются различные технологии. Процедуры утверждения систем контроля и управления требуют весьма интенсивных усилий как при строительстве, так и при внесении конструктивных изменений в течение срока службы станции;

- проверки через большие промежутки времени

С целью минимизации финансовых потерь из-за простоев производства, проверки установок планируют и проводят через большие промежутки времени с целью максимально короткого простоя. Все действия по проверке, которые не могут быть выполнены во время работы системы, планируют реализовать во время проверки установки;

- очень долгое время использования установки

Обычно электростанции эксплуатируются в течение нескольких десятилетий, при этом периоды в 40 лет и более не являются редкостью.

В.3.2 Требования, связанные с жизненным циклом

Вышеперечисленные отраслевые характеристики приводят к высоким требованиям к управлению жизненным циклом для контрольно-измерительных приборов и систем управления:

- требования, связанные со временем

Чтобы иметь возможность эксплуатировать электростанцию в течение нескольких десятилетий экономически эффективным способом, пользователи установки возлагают очень большие надежды на способность производителя поставлять продукцию и оказывать поддержку;

- технические требования

Высокие требования совместимости должны соблюдаться при внесении изменений в системы контроля и управления, например в случае замены неисправного изделия. Эти требования связаны с функциональностью, конструкцией и месторасположением. Пользователи установок ожидают, что производители смогут предоставлять оригинальные продукты, заменители или решения по миграции в течение всего срока службы установки. Из-за все более коротких инновационных циклов аппаратных и программных компонентов производители сталкиваются с растущими техническими и экономическими проблемами;

- требования к обслуживанию

Для поддержки пользователей электростанций в течение всего срока эксплуатации станции производители предлагают стандартную поддержку. В зависимости от этапа жизненного цикла системы управления процессами эти предложения состоят из дифференцированного портфеля услуг. Эти услуги варьируются от складирования запасных частей до обновления до более новых версий системы и вплоть до перехода на новую систему управления процессами, которая частично повторно использует компоненты и данные.

Помимо этих высоких требований к управлению жизненным циклом для контрольно-измерительных приборов и систем управления на обычных электростанциях, использование продукции на атомных электростанциях должно отвечать дополнительным условиям;

- заморозка версий и редакций продукта

Процесс утверждения систем контроля и управления на атомных электростанциях очень сложен и обширен. Продукты, сертифицированные для этих приложений, не могут быть модифицированы, т. е. не допускается внесение изменений в аппаратное обеспечение, встроенное и программное обеспечения;

- процесс утверждения и поддержание сертификатов

С целью обеспечения одобрения продукции для применения на атомных электростанциях, необходимо соблюдать стандарты и правила, охватывающие весь процесс разработки и производства. Если изменения (типа) продукта неизбежны в течение жизненного цикла, например, когда компоненты больше не доступны, потребуются сложные и длительные процедуры утверждения для поддержания сертификации, включающие также новую версию или новую редакцию.

В.3.3 Отраслевые экономические аспекты

Описанные выше требования энергетической отрасли предъявляют строгие требования к управлению жизненным циклом — как для пользователей установок, так и для производителей. Это требует значительных затрат и усилий, которые следует направить на разработку стратегий, ориентированных на конкретные установки, и расчеты экономической эффективности. Особое значение имеют:

- значительные первоначальные инвестиции в контрольно-измерительные приборы и системы управления для планирования, согласований, закупок, монтажа, ввода в эксплуатацию и приемки. Следовательно, пользователи установок требуют от производителей предложения эффективных и устойчивых долгосрочных стратегий и поддержки в течение всего срока службы установки, для защиты своих инвестиций;

- вследствие длительного срока эксплуатации установок, который может составлять несколько десятилетий, потребуются значительные затраты на модификацию и оптимизацию производственных процессов, а, следовательно, и на контрольно-измерительные приборы и системы управления. Особенно значительными являются расходы, возникающие в результате изменений в правилах и законодательных требованиях (например, к выбросам углекислого газа, связанных с политикой охраны окружающей среды, стандартам безопасности), а также оптимизация эффективности и доступности установки;

- дополнительный существенный фактор затрат на эксплуатацию установки включает затраты на профилактическое и корректирующее обслуживание для обеспечения надлежащего функционирования системы (например, затраты на ремонт, запасные части). Ввиду длительного срока эксплуатации установки также возникают значительные затраты на предоставление и обслуживание инфраструктуры, документации, технологий ремонта, а также поставку и складирование совместимых, квалифицированных компонентов и запасных частей. Негативным моментом для производителя является то, что эти затраты увеличиваются в течение жизненного цикла продукта (типа), а оборот по реализации продукта (экземпляра) снижается;

- еще одним результатом длительного использования — а также выполнения законодательных требований — является обязательство предоставить квалифицированный персонал. Затраты на обучение, накапливающиеся с годами, а также затраты на поддержание квалификации персонала представляют собой значимый фактор при расчете экономической эффективности.

Что касается расчетов экономической эффективности, следует иметь в виду, что многие затраты жизненного цикла демонстрируют нелинейное увеличение с течением времени использования установки. Это справедливо как для пользователей установок, так и для производителей.

В.3.4 Ожидаемые отраслевые тенденции

В соответствии с планами развития энергетической отрасли можно выделить следующие тенденции:

- большая диверсификация используемых первичных источников энергии;
- увеличение доли рекуперативной генерации в энергобалансе;
- увеличение количества малых электростанций с децентрализованным распределением;

- конфигурации виртуальных электростанций, объединяющие электростанции разных типов и размеров;
- интеллектуальные сети с новой топологией (умные сети) и контролируемой нагрузкой;
- более сложные системы энергетического менеджмента.

Учитывая эти тенденции, можно сделать вывод, что появятся новые продукты и увеличится разнообразие продуктов. В контексте децентрализации выгодные по цене недолговечные COTS будут находить все большее применение. В результате управление жизненным циклом систем и продуктов автоматизации придется адаптировать к новым требованиям.

B.4 Дополнительные отраслевые аспекты

B.4.1 Обзор

Помимо описанных выше отраслевых требований, необходимо учитывать ряд дополнительных влияющих аспектов. Постоянно возникают технические, экономические или правовые факторы, которые обычно невозможно предугадать.

B.4.2 Примеры внешних технических факторов

Стандартные технологии в бытовой и офисной сфере были адаптированы для использования в автоматизации. Примеры включают Ethernet как базовую системную связь, интернет или беспроводные технологии для передачи данных и интерфейсы USB для обмена данными. Кроме того, производители средств автоматизации вынуждены учитывать появление новых языков программирования, операционных систем или интернет-технологий. В некоторых случаях решения безопасности, такие как антивирусные сканеры или автоматические обновления, могут даже потребовать обновления компонентов программного обеспечения.

Примеры показывают, что хотя производители и используют такие технологии, они мало влияют на развитие этих технологий, поскольку доля таких производителей на рынке сравнительно невелика. Поскольку такие технологии, как новые операционные системы, не разрабатывались с учетом приложений автоматизации, практически нет возможности повлиять на дальнейшее развитие этих операционных систем.

B.4.3 Примеры влияния требований стандартизации и законодательства

Для удовлетворения требований законодательства и обеспечения качества и совместимости принимаются нормы и стандарты, определяющие характеристики продукции. В частности, важную роль играют международные и национальные нормы законодательства. Например, директива RoHS ограничивает оборот продуктов, содержащих свинцовые вещества, что привело к внедрению процессов бессвинцовой пайки и использованию новых электронных компонентов. В результате продукты приходилось частично адаптировать (пересматривать) или полностью снимать с рынка, поскольку ранее используемые компоненты, такие как интегральные схемы и процессоры, больше не были доступны.

Когда нормы и стандарты меняются в результате технологических разработок, производители вынуждены соответствующим образом адаптировать свои продукты автоматизации и их компоненты. На конкретный продукт автоматизации обычно не распространяется действие только одного стандарта. Фактически, в большинстве случаев при выводе продукта на различные рынки применяются нормы и правила, специфичные для конкретной страны, отрасли и применения. Дополнительные правила, специфичные для отрасли и/или применения, определяют особые требования к применению, например в пищевой промышленности или во взрывоопасных зонах. Все эти нормы и правила могут быть изменены в связи с новым законодательством конкретной страны или новыми отраслевыми требованиями и следовательно могут потребовать модификации продукта.

Стандарты де-факто — это промышленные стандарты, которые применяются к продукции в дополнение к общеизвестным нормам и стандартам. Эти стандарты определяются компаниями или организациями. Поскольку эти стандарты де-факто широко применяются и помогают обеспечить низкий уровень затрат, они приняты во всем мире. Примеры включают стандартные операционные системы, характеристики интерфейсов и электронные компоненты, созданные на основе стандартов де-факто (специальные процессоры, контроллеры, ASIC). Компании, которые определяют стандарты де-факто исключительно исходя из своего положения на рынке, могут изменить стандарт де-факто без координации с другими сторонами и в течение короткого периода времени.

В этом случае изменения оказывают прямое и сильное влияние на управление жизненным циклом продуктов автоматизации. Например, новые операционные системы, изменения в конструкции процессоров или новая ASIC могут означать, что требования совместимости больше не выполняются. Пользователи соответствующих систем и установок должны отслеживать эти изменения и реагировать на такие ситуации с помощью соответствующих стратегий управления жизненным циклом, таких как накопление запасных частей. Такие изменения могут также повлиять на сертификацию или разрешение на эксплуатацию установки.

B.4.4 Примеры социально-экономического влияния

Помимо технологических и законодательных влияний, важное значение имеют также социально-экономические аспекты. В связи с текущими экологическими дискуссиями растет спрос на энергоэффективные продукты и производственные процессы. Это оказывает прямое влияние на использование внедряемых технологий, а также на продукты и компоненты. Аналогичные последствия возникают в результате ужесточения ограничений на выбросы, что напрямую влияет на используемые материалы и вещества, а также на процессы производства и ути-

лизации. Эти социально-экономические влияния не всегда являются результатом требований законодательства, а инициируются и развиваются в результате общественных дискуссий и связанных с ними тенденций.

Чтобы сохранить свои позиции на рынке, производители вынуждены реагировать и соответствующим образом адаптировать продукцию и производственные процессы

Глобализация конкуренции приводит к глобализации производства. Ключевыми факторами этого являются важность региональных факторов, гибкая реакция на колебания валютных курсов и сокращение затрат на логистику (например, транспортировку и импортные пошлины). Кроме того, процесс экономической консолидации и экономические кризисы могут привести к далеко идущим изменениям в сфере поставок. Например, слияния компаний обычно приводят к пересмотру и сокращению портфеля продуктов. Во многих случаях необходимые компоненты могут стать недоступными в течение очень короткого времени.

Эти примеры показывают, что большинство внешних влияний обычно невозможно предвидеть. Это приводит к рискам, поскольку планирование таких воздействий проблематично.

В.5 Выводы

Требования проанализированных отраслей (химической, энергетической, железнодорожной, автомобильной и станкостроительной) вместе с общими отраслевыми и дополнительными аспектами иллюстрируют сложности, с которыми сталкиваются пользователи и производители. Первоначальное впечатление о специфических характеристиках и существенности внешних факторов для соответствующих отраслей можно получить в результате анализа каждой отрасли на основе общих характеристик отрасли, выведенных требований, связанных с жизненным циклом, и ожидаемых отраслевых тенденций. При ближайшем рассмотрении и в ходе дискуссий с экспертами становится очевидным, что нет существенных различий в подходе различных отраслей к этой теме — описании требований на протяжении всего жизненного цикла. Это также показано в таблицах В.1 и В.2, в которых структурированы требования к управлению жизненным циклом и описаны конкретные отраслевые требования. Результатом является межотраслевая презентация временных, технических и сервисных требований.

Наряду с совпадениями можно увидеть различия в диапазоне значений для конкретных требований между отраслями (например, время использования установки может составлять от 5 до 50 лет). В разных отраслях также используется разная терминология (например, периодические процессы и непрерывные процессы). Наконец, пользователи и производители оборудования имеют разные ожидания относительно требуемых и описанных характеристик компонентов и систем. Что касается жизненного цикла, существуют значительные различия в требованиях, которые могут быть частично противоречивыми.

Время использования установки является наиболее важным аспектом, и его можно разделить на периоды времени от 5 до 10 лет, от 10 до 20 лет и от 20 до 50 лет. Конкретная оценка требований, связанных со временем, включает изучение дополнительных критериев, таких как плановые простои, которые зависят от типа производственного процесса (непрерывный, прерывистый), изменений продукта и циклов пересмотра. Этот анализ критериев, связанных со временем, приводит к сегментации времени использования установки. Эта сегментация влияет на применение стратегий управления жизненным циклом во время использования, таких как пересмотр и миграция (раздел 5). Это ключевое условие для планирования изменений конструкции машины или установки (или связанных с ними компонентов) с минимальным влиянием на эксплуатационную готовность. Чем длиннее интервалы между плановыми простоями, тем выше требования к управлению жизненным циклом, применяемым системам и компонентам. Это требует внесения изменений или обновлений на протяжении времени использования.

Дополнительные требования возникают в связи с необходимостью прохождения квалификации, сертификации и одобрения. Диапазон этих требований простирается от требований, касающихся компонентов (например, декларация производителя в соответствии с маркировкой CE), до требований, затрагивающих систему в целом (например, атомная электростанция). В первом случае производитель сможет декларировать статус каждой версии своей продукции с относительно небольшими усилиями и затратами. Напротив, во втором случае необходимо следовать сложному, дорогостоящему и трудоемкому процессу квалификации для поддержания сертификации. Это актуально не только для энергетической отрасли, но и для многих систем химической/фармацевтической промышленности и железнодорожного транспорта.

Во всех отраслях совместимость, подробно описанная в 4.4, имеет исключительное значение.

Необходимость поддерживать работоспособность машин и установок во время их использования с наименьшими усилиями и затратами приводит к требованиям совместимости. Замена компонента не должна приводить к потере функций системы.

Помимо требований отдельных отраслей существуют другие, влияющие на жизненный цикл, факторы, такие как инновации, которые приводят к изменению технологий, и неожиданные события. Они лишь косвенно представлены в таблице В.1 и таблице В.2, но они оказывают существенное влияние на управление жизненным циклом. Неожиданные события включают такие факторы, как изменение норм в сфере стандартизации и законодательства, технологические скачки или социально-экономические влияния.

Напротив, непрерывные инновации в технологии — это процесс, который в значительной степени можно планировать. Оба аспекта могут привести к ограничениям в использовании компонентов или систем, и может потребоваться применение подходящих стратегий управления жизненным циклом (раздел 5).

На рисунке В.2 описан диапазон требований и влияющих факторов для рассматриваемых отраслей. Внутренняя зеленая линия и внешняя красная линия отражают минимальные и максимальные требования соответственно. Чем ближе требования и внешние воздействия к максимальной черте, тем сложнее ими управлять.

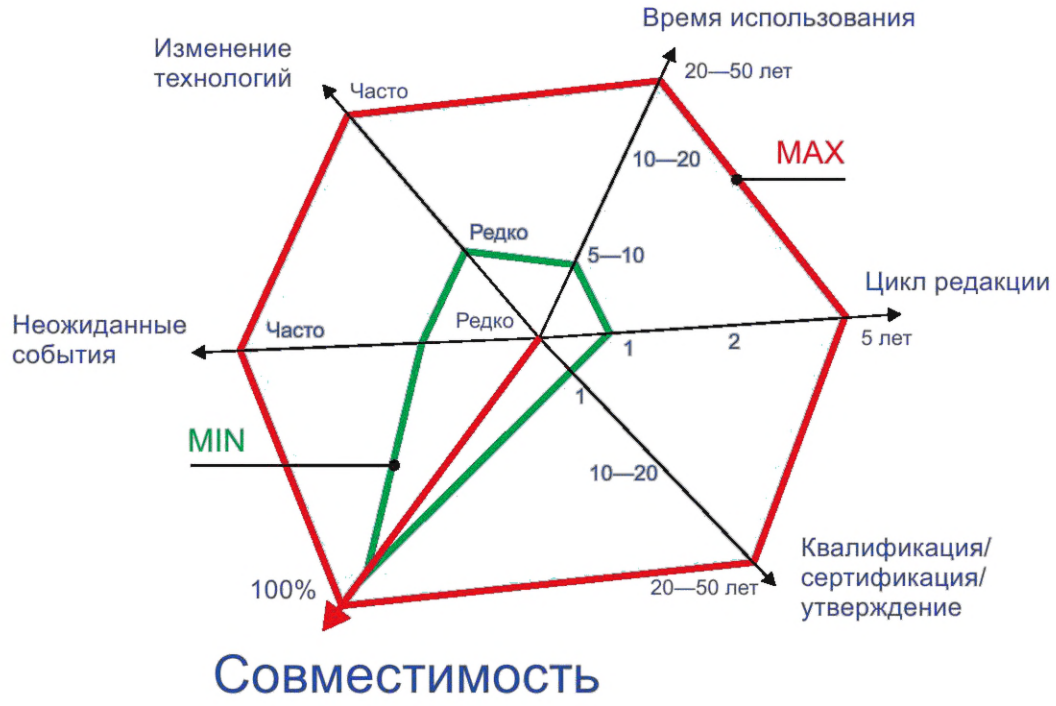


Рисунок В.2 — Типичные диапазоны факторов, влияющих на жизненный цикл

Производители и пользователи установок имеют разные точки зрения относительно описанных требований и влияющих факторов. С точки зрения пользователя установки, соответствующие требования и влияющие факторы — это те, которые поддерживают риски и затраты для установки на низком уровне в течение всего времени ее использования. Такие требования и факторы необходимы для достижения экономических целей.

Следовательно, целью пользователя установки является замена компонентов без побочных эффектов, а также эффективное расширение и оптимизация машин и установок на протяжении всего времени их использования. Кроме того, ожидается экономия средств за счет внедрения новых технологий.

По сути, задача производителей состоит в том, чтобы удовлетворить требования пользователей установок, обеспечивая при этом совместимость продуктов, несмотря на их постоянное развитие. Как видно из отраслевых тенденций, производителям необходимо постоянно обновлять свой портфель продуктов, чтобы удовлетворить будущие потребности рынков и своих клиентов.

Таким образом, с точки зрения производителя, соответствующими требованиями и влияющими факторами являются инновации за счет новых технологий, конкурентоспособности и экономической эффективности.

Актуальность управления жизненным циклом зависит от бизнес-модели производителя (поставщика продукта, системы или оборудования), сферы деятельности и линий портфеля. От производителей все чаще требуется активность на глобальном уровне. Это приводит к дополнительной сложности управления жизненным циклом. Требования к «местному содержанию» приводят к использованию региональных источников компонентов и требуют последовательной стратегии обеспечения совместимости на протяжении всего жизненного цикла.

Инвестиции в автоматизацию всегда должны учитывать оптимальную экономическую эффективность. В различных отраслях анализ общих затрат предприятия с течением времени (TCO) становится все более распространенным. Помимо рассмотрения первоначальных инвестиционных затрат этот подход также включает последующие затраты (т. е. будущие затраты на эксплуатацию, техническое обслуживание и демонтаж) инвестиций в течение определенного периода времени. Этот подход стирает границы между отдельными этапами в пользу комплексного, целостного взгляда. В результате принимают решение выбрать альтернативу, которая предлагает наименьшие общие затраты с течением времени, включая планирование, строительство, монтаж, эксплуатацию и демонтаж.

Парадигма TCO приводит к изменениям в критериях принятия решений и отношениях производитель-пользователь. Целью TCO является обеспечение полной прозрачности затрат, поскольку в него включены последующие затраты на различные инвестиционные альтернативы и/или пакеты услуг. Этот подход открывает возможности для оптимизации затрат за счет сотрудничества всех участников.

Приложение С
(справочное)

Аспекты жизненного цикла для некоторых примеров

С.1 Жизненные циклы компонентов

Диапазон требований к управлению жизненным циклом представлен на нескольких примерах.

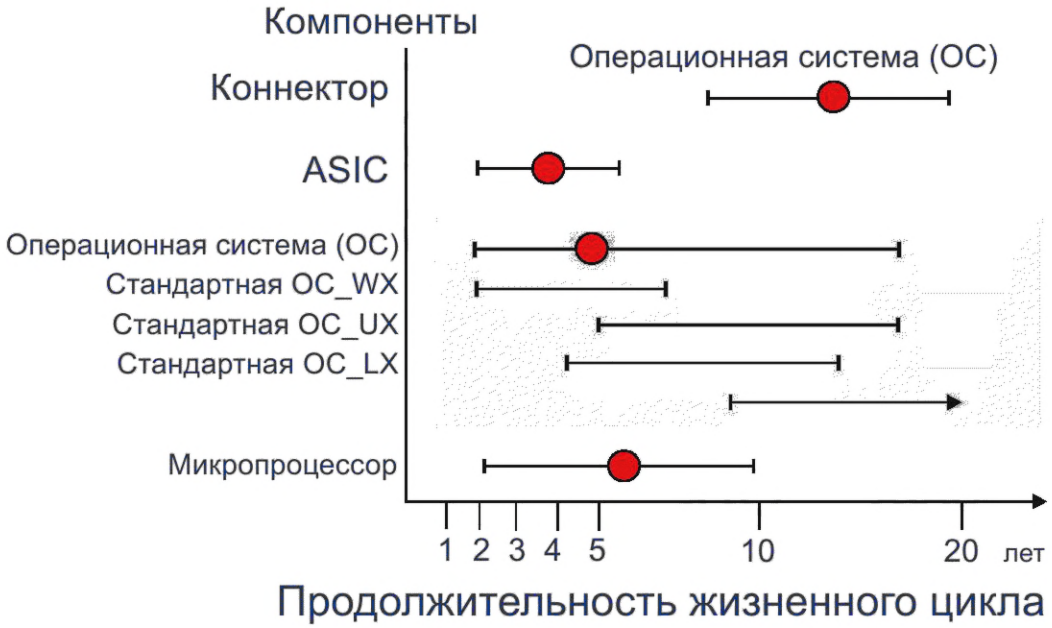


Рисунок С.1 — Примеры жизненных циклов компонентов

Продолжительность жизненного цикла типов компонентов существенно различается между компонентами разных классов (например, разъемы и ASIC), а также между представителями одного класса (например, операционными системами разных производителей). Этот факт показан на рисунке С.1 длиной стержня. Взвешенный центр показан красной точкой.

Различия жизненных циклов следует принимать во внимание при разработке продукта, рассматриваемого как система, состоящая из компонентов. Чтобы гарантировать, что тип продукта будет поставляться на протяжении всего запланированного жизненного цикла, необходимо применять подходящие стратегии управления жизненным циклом (см. раздел 5)

С.2 Микропроцессоры

Характерным примером компонента, предназначенного для потребительского применения, является микропроцессор. Микропроцессоры первоначально использовались в микрокомпьютерах, затем применение чрезвычайно быстро расширилось благодаря их использованию в персональных компьютерах. Значительный рост количества микропроцессоров привел к нисходящей спирали цен. Благодаря большим количествам и широкому спектру применения микропроцессоров этот процесс будет значительно ускоряться. Благоприятный уровень цен, эффект стандартизации и ускоренный процесс распространения привели к расширению использования микропроцессоров в промышленности.

Преимущества, которые возникают в результате использования такого большого количества микропроцессоров, все больше противоречат требованиям автоматизации с точки зрения жизненного цикла. В связи с постоянно ускоряющейся разработкой новых типов процессоров и наборов микросхем, обусловленной спросом потребительского сектора, автоматизация сталкивается с дилеммой: не отставать от этих быстрых этапов разработки, одновременно удовлетворяя сложные требования к этим компонентам на протяжении всего жизненного цикла. В течение ряда лет производители предлагали для промышленного использования конкретные модели микропроцессоров с более длительным жизненным циклом (например, 80C186). Поскольку доля рынка компонентов, используемых в автоматизации, снижается по сравнению с долей в потребительских приложениях, интерес производителей процессоров в выполнении конкретных требований автоматизации также снижается. Это делает тем более необходимым поиск альтернативных технологических решений, например на основе интегральных схем специального назначения (ASIC или FPGA). В лучшем случае такие решения смягчают этот конфликт, но они не представляют собой окончательного решения в отношении управления жизненным циклом.

Еще одним важным аспектом является требование к устройствам автоматизации работать без вентиляторов для обеспечения доступности и удобства обслуживания (например, замены фильтров из-за загрязнения). Увеличение производительности процессора за счет более высокой функциональности приводит к увеличению тепловыделения, что создает проблемы при работе без охлаждающих вентиляторов в системах автоматизации. Разработчики процессоров и наборов микросхем с низким энергопотреблением для мобильных потребительских устройств, таких как ноутбуки и смартфоны, предлагают альтернативные решения, но и такие компоненты также меняются слишком быстро, чтобы их можно было использовать в автоматизации.

В ходе эволюционного внедрения микропроцессоров ведущими производителями требования по совместимости функций и программного обеспечения, описанные в 4.4, в основном были выполнены. Напротив, требования совместимости в отношении конструкции и расположения компонентов в основном не были соблюдены, особенно в отношении совместимости конструкции и соединений.

Этот пример показывает, что микропроцессоры являются важнейшими компонентами автоматизации с точки зрения управления жизненным циклом.

С.3 Интеграция полевых устройств

Полевые устройства (передатчики и исполнительные механизмы) составляют значительную долю инвестиционных затрат на автоматизацию. Обмен информацией традиционно осуществляется в виде стандартизированного сигнала напряжения или тока по индивидуальной проводке или, в случае устройств с шинным интерфейсом, через службы и форматы данных, стандартизированные в протоколах связи.

Особенностью современных полевых приборов является то, что их функциональные свойства можно адаптировать под конкретное применение (например, диапазоны измерений, свойства материалов). Это требует настройки и параметризации (инжиниринга). Следовательно это означает, что помимо механических и электрических требований существуют дополнительные требования для интеграции интеллектуальных полевых устройств.

Эта интеграция предъявляет требования к коммуникациям, проектированию и обмену информацией. Примерами характеристик линий связи являются модулированная цифровая информация или конкретные свойства систем связи.

С целью обеспечения возможности проектирования инженерных систем важно, чтобы производители предоставляли формальные текстовые файлы описаний (описания устройств) или адаптированные программные компоненты.

Аспекты жизненного цикла в этой области особенно актуальны, поскольку эта область еще не настолько стандартизирована, гомогенизирована или общепринята, как например технологии электрического соединения.

Во время производства и ввода в эксплуатацию установки различные производители поставляют свои полевые устройства с соответствующими файлами описания и/или программными драйверами. Установка, включающая интегрированные полевые устройства, вводится в эксплуатацию. Данные и параметры конфигурации, специфичные для проекта, централизованно сохраняются и архивируются.

Технологический прогресс и конкурентное давление приводят к динамичному развитию полевых устройств и их компонентов. Такие достижения в области компонентов касаются датчиков, новых устройств с улучшенными процессорами и технологиями памяти или новых диагностических систем и рабочих функций. Это требует обновления электроники и встроенного программного обеспечения устройства, а также соответствующих изменений в описаниях устройств и драйверах программного обеспечения. Из соображений эффективности производители устройств начинают производство новых версий в относительно короткие сроки, а это означает, что поставляется только последняя версия. Если оператору предприятия необходимо заменить устройство или его электронный модуль, он часто получает версию устройства, отличную от той, которая была первоначально запланирована и установлена. Как правило, для этой версии устройства также доступна новая версия драйвера.

Хотя процесс управления жизненным циклом обновления электроники в целом проходит гладко, обновление файлов описания устройства часто вызывает серьезные нижеперечисленные проблемы для пользователей установки.

- Заменяется не подлежащее ремонту устройство, поэтому со временем может возникнуть смешанная ситуация с версиями.
- Гарантировано ли, что новая версия драйвера поддерживает как новые, так и старые версии устройств?
- Соответствует ли новое описание драйвера/устройства инженерной системе, системе управления или системе управления активами? Совместимость гарантирована?
- Кто гарантирует, что драйвер будет работать и в будущих версиях системы управления?
- Каковы возможности обновления, если пользователь установки не желает использовать новые функции нового программного обеспечения драйвера/описания устройства?

Таким образом, по-прежнему существует потребность в моделях и стратегиях управления жизненным циклом для интеграции полевых устройств. Различные организации пользователей осознали и начали решать эту проблему. До сих пор не удалось достичь комплексного решения, удовлетворяющего потребности производителей и пользователей установок. При этом существуют отдельные подходы, такие как замена устройства как одна из возможных реализаций подходов, описанных в *[7]* и *[14]*, которые являются образцовыми и предлагают преимущества в области интеграции полевых устройств.

Приложение D
(справочное)

Пример применения стратегий управления жизненным циклом

Техник на заводе получает сообщение об ошибке. Анализ показывает, что это связано с дефектом устройства. Дефектное устройство следует заменить на новое. Устройство представляет собой расходомер, который обменивается данными с системой управления технологическим процессом через полевую шину. Это типичный сценарий технического обслуживания и ремонта, который приводит к следующим альтернативам:

Вариант 1: Замена неисправного устройства на идентичное со склада.

Техник сначала пытается заменить неисправное устройство на идентичное устройство со склада (новый экземпляр того же типа). Это пример быстрого устранения неисправности способом, который возможен при использовании стратегии последней покупки.

Если данная процедура невозможна, необходимы дальнейшие действия:

Шаг 1. Анализ

Если замена идентичным компонентом невозможна, технический специалист пытается найти наиболее совместимый компонент. Он/она делает это путем сравнения профиля требований (рисунок D.1) с профилями возможностей возможных заменяющих устройств.

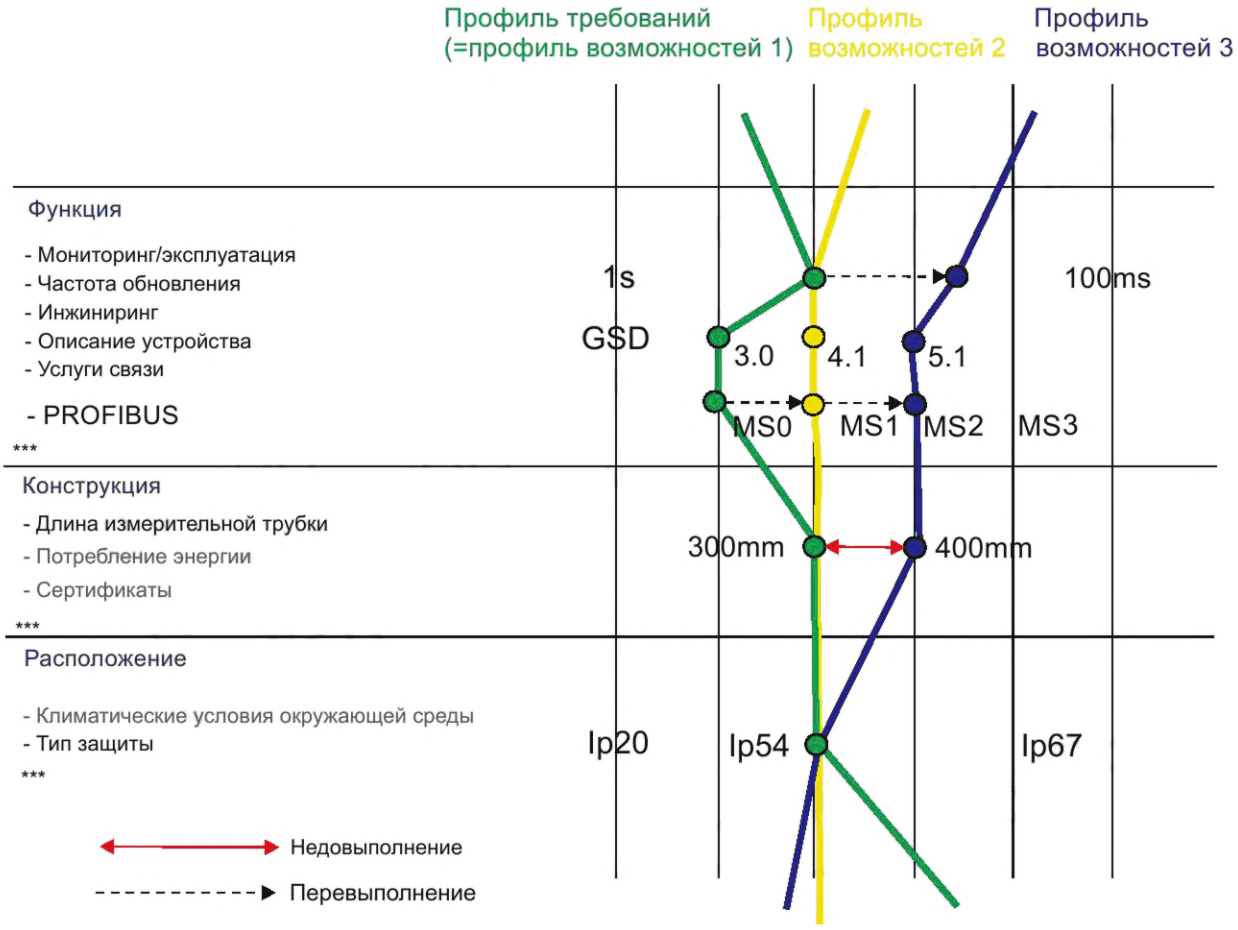


Рисунок D.1 — Оценка совместимости заменяемых устройств

Шаг 2 Оценка альтернатив и принятие решения о реализации

В зависимости от анализа могут возникнуть следующие альтернативы:

Вариант 2: Замена неисправного устройства на полностью совместимое устройство. (Рисунок D.1: Профиль требований = Профиль возможностей 1).

В этом случае устройство соответствует всем необходимым требованиям и у техника имеется альтернативное устройство с такими же свойствами (экземпляр другого полностью совместимого типа, например от другого производителя). При замене неисправного устройства техник задает конкретные параметры устройства (сеть свя-

зи, линеаризация, калибровка датчика и т. д.). Это пример устранения неисправности с использованием стратегии замены.

Вариант 3: Замена неисправного устройства совместимым устройством-преемником. (Рисунок D.1: Профиль возможностей 2)

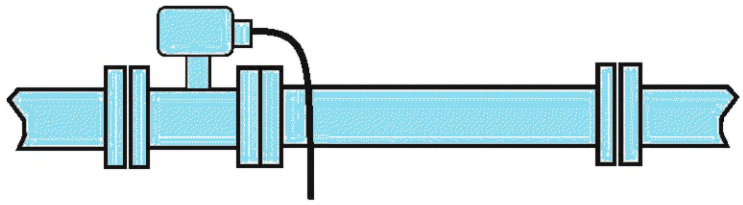
В этом случае устройство соответствует или превосходит все соответствующие требования к функциям, устройству, конструкции и производительности (экземпляр другого совместимого типа с расширенными свойствами).

Перед заменой неисправного устройства в системной среде проверяется совместимость типа преемника. Однако расширенные свойства, показанные в профиле, не применяются. Например, установленный инженерный инструмент можно использовать для настройки параметров заменяемого устройства. В результате существующие параметры устройства (сеть связи, линеаризация, калибровка датчика и т. д.) могут быть применены к новому устройству. Это еще один пример устранения неисправности с использованием стратегии замены.

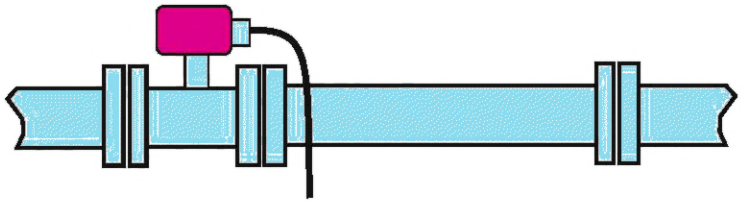
Вариант 4: Замена неисправного устройства на устройство-преемник с отклонениями от требований совместимости. (Рисунок D.1: Профиль возможностей 3)

В этом случае устройство соответствует или превосходит только соответствующие требования, связанные с функциональностью, конструкцией и производительностью, но не требования, связанные с устройством (экземпляр другого типа с ограниченной совместимостью). В нижеприведенном примере, поскольку измерительная труба длиннее, необходимы этапы модернизации установки (рисунок D.2 — физические изменения самой трубы).

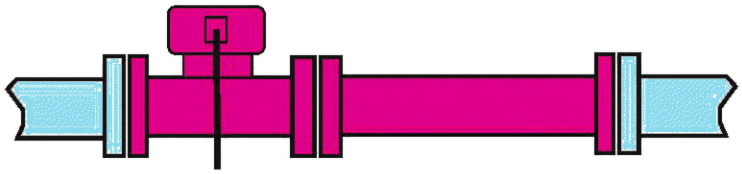
Дополнительные последствия включают в себя изменение соответствующей заводской документации.



Замена идентичным устройством



Замена совместимым устройством (профиль 1 и 2)



Замена устройством-преемником с отклонениями от требований к совместимости (профиль 3)

Рисунок D.2 — Замена неисправного устройства новым устройством

Как и в варианте 3, совместимость типа преемника проверяется в системной среде перед заменой неисправного устройства, что приводит к тем же результатам.

После выбора альтернативы дальнейшие шаги включают действия по реализации решения, адаптацию заводской документации и начало процесса ремонта неисправного устройства.

Пример показывает, что замена неисправного компонента требует различных мер в зависимости от уровня совместимости заменяемого компонента. Описание с использованием профилей совместимости позволяет систематически оценивать все технически значимые характеристики альтернативных замещающих компонентов и поддерживает процесс принятия решений.

Приложение Е
(справочное)

Стратегии пользователей установок

Пользователи установок все чаще оценивают свои инвестиции в оборудование автоматизации, будь то новые установки или модернизированные, с целью достижения долгосрочной доступности и производительности.

Эта оценка приводит к выбору и комбинации стратегий управления жизненным циклом.

Опыт и статистические исследования производителей средств автоматизации показывают, что пользователей установок можно разделить на две основные категории в зависимости от их стратегии, независимо от отрасли.

Первая категория следует стратегии постоянной оптимизации производительности. В этой категории продукты, которые производят пользователи, а следовательно и их предприятия, обычно находятся в жесткой конкуренции, что приводит к необходимости экономии затрат. Увеличение производительности достигается за счет максимизации объема производства при сохранении постоянного использования материалов и энергии. Альтернативно, ресурсы могут быть сокращены (материалы, энергия и т. д.), с сохранением при этом объема производства постоянным. Необходимо учитывать и другие факторы, такие как стабильно высокое качество продукции и доступность оборудования. Примеры этой категории можно найти в энергетике (повышение эффективности электростанции) и в автомобильном производстве (увеличение скорости производственной линии).

Вторая категория пользователей установок придерживается стратегии поддержания производительности. На таких производствах основное внимание уделяется не повышению производительности, а сохранению статус-кво в течение длительного периода времени. Это может быть связано, например со специфической ситуацией на рынке компании или с длительными процедурами согласования технических изменений на установке. Альтернативно если пользователь планирует демонтировать установку или инвестировать средства позднее, он в основном заинтересован в получении прибыли за оставшееся время использования установки. При этом техническое оснащение производственного процесса в значительной степени отделено от инновационных циклов технологии автоматизации (аппаратного и программного обеспечения). Миграция происходит через большие промежутки времени и обычно только тогда, когда работоспособность системы больше не может быть обеспечена посредством специальных соглашений об обслуживании в течение запланированного времени использования. Примеры этой категории можно найти в энергетике (длительное или продолжительное время использования оборудования на электростанциях), в фармацевтической промышленности (сертифицированные производства) и в сырьевой отрасли (насыщение рынка).

Эти категории не всегда можно четко разграничить, но они представляют собой две крайности, часто встречающиеся в промышленном производстве. Эти крайности характеризуются различными стратегиями управления жизненным циклом, которые описаны в таблице Е.1. В обеих категориях необходимо постоянное планирование жизненного цикла.

Пользователи установок, занимающиеся оптимизацией производительности, обычно имеют долгосрочные планы миграции, позволяющие использовать потенциал новых технологий. Следовательно, они предпочитают раннюю миграцию новейшим технологиям с целью использовать эти инновации для получения конкурентного преимущества (технологический лидер). Помимо раннего обновления программного обеспечения и аппаратных компонентов эти пользователи также используют внешние ноу-хау (например, специалистов по обслуживанию), чтобы свести к минимуму время простоя и, как следствие, потери производительности.

Пользователи установок, которые в первую очередь ориентированы на поддержание производительности, должны обеспечить долгосрочную работоспособность своего оборудования автоматизации с помощью подходящих стратегий управления жизненным циклом. Долгосрочная поддержка продуктов обеспечивается посредством стратегий последней покупки, пересмотра продукта, специальными соглашениями по управлению жизненным циклом, например индивидуального контракта на продление срока службы, или профилактических и экстренных стратегий, которые могут быть необходимы.

Характерные особенности этих двух категорий показаны в таблице Е.1.

Таблица Е.1 — Основные характеристики пользователей установок

Стратегия	Поддержание производительности	Оптимизация производительности
Стратегия работы установки	Снятие прибыли Обеспечение доступности	Повышение производительности. Снижение затрат. Повышение доступности
Требования к управлению жизненным циклом	Нерешительная модернизация системы Долгосрочное управление запасными частями	Перспективность и совместимость компонентов системы. Постоянная модернизация используемого оборудования

Окончание таблицы Е.1

Стратегия	Поддержание производительности	Оптимизация производительности
Технологическая стратегия	Очень позднее внедрение технологии	Очень раннее внедрение технологии
Стратегия управления установкой и обслуживания	Оптимизированные по затратам методы аварийные и профилактические мероприятия для предотвращения простоев производства	Использование потенциала автоматизации для оптимизации производительности
Кадровая стратегия	Оптимизированное по затратам управление обучением и квалификацией. Удержание персонала с ноу-хау	Оптимизированная производительность, управление обучением и квалификацией, принятие принятых технологий во внимание
Стратегия управления жизненным циклом	Последняя покупка Замена Стандартный сервис Обслуживание по специальным соглашениям	Как в поддержании производительности со следующими дополнениями: редизайн миграции

Приложение F
(справочное)

Семантика UML-диаграммы

Элементы UML, которые используются в диаграммах классов и объектов, (см. рисунок 1 и рисунок 6) показаны на рисунке F.1.

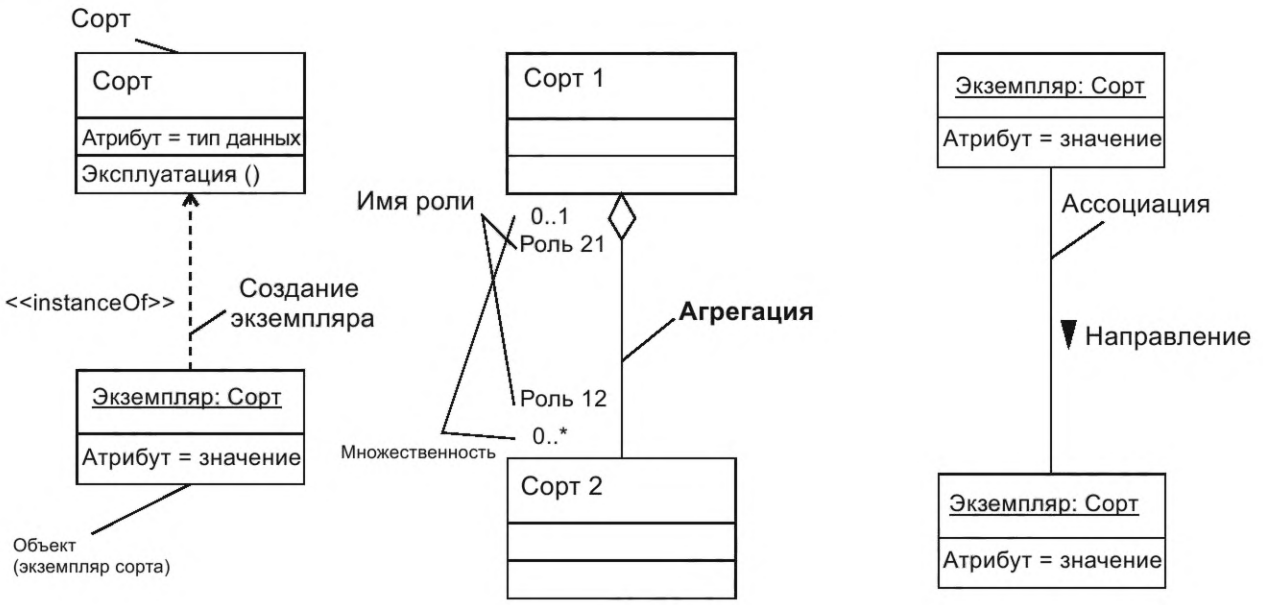


Рисунок F.1 — Семантика элементов UML

Ниже приведены пояснения, использованные на рисунке.

Агрегация — особая форма ассоциации, которая определяет связь целое-часть между агрегатом (целое; класс1) и компонентом (частью; класс 2).

Ассоциация — семантическая связь между двумя или более классами, определяющая связи между их экземплярами.

Атрибут — функция внутри класса, описывающая диапазон значений, которые могут содержать экземпляры класса.

Сорт — описание набора объектов, которые имеют одинаковые атрибуты, операции, методы, отношения и семантику. В данном случае класс обозначает тип продукта.

Направление — указывает, каким образом следует интерпретировать имя роли ассоциации.

Создание экземпляра — обозначает связь между экземпляром и классом, к которому принадлежит экземпляр. Также может быть выражено стереотипом <<instanceOf>>.

Множественность — указывает разрешенное количество объектов на конце ассоциации, «*» обозначает произвольное значение.

Объект — уникальный, идентифицируемый экземпляр класса, который может содержать отдельные значения атрибутов, определенных в классе. В контексте этого документа объект обозначает экземпляр продукта.

Эксплуатация — сервис, который можно запросить у объекта для изменения поведения. Операция имеет сигнатуру, которая может ограничивать фактические возможные параметры.

Имя роли — определение семантического отношения, которое класс или объект в конце ассоциации имеет к классу в начале ассоциации.

Приложение ДА
(справочное)

Стандарты и правила

В ряде случаев стандарты и правила оказывают значительное влияние на жизненный цикл применяемых системы и компонентов. Типичным примером является запрет продуктов, содержащих свинец, в рамках директивы RoHS (Сокращение количества опасных веществ *[13]*) и связанное с этим внедрение процессов пайки без свинца.

Директива EuP (Требования к экодизайну энергопотребляющих продуктов *[15]*) является еще одним, гораздо более актуальным примером. Это рамочная директива ЕС по энергоэффективному и экологически чистому проектированию электротехнической продукции. Эта директива не имеет прямого действия, но она может вступить в силу посредством последующих правовых актов, касающихся отдельных групп устройств. Первые регламенты по отдельным продуктам для нескольких отдельных групп продуктов уже подготовлены или готовятся в настоящее время. Правила, касающиеся электродвигателей особенно важны для технологий автоматизации. Согласно Регламенту 640/2009 *[15]* на рынок будет разрешено выводить только двигатели, соответствующие, как минимум, уровню эффективности IE2. также в эксплуатацию может быть разрешено вводить только еще более энергоэффективные двигатели IE3 или двигатели IE2 в сочетании с электронными преобразователями частоты. Существующие двигатели IE1 больше не могут быть допущены на рынок. Еще один класс энергоэффективности IE4 также находится на стадии планирования.

Таким образом, затронут весь объем автоматизации из-за широкого спектра областей применения приводов не только в классическом машиностроении и промышленном производстве, но также для насосов, компрессоров и контроллеров клапанов в перерабатывающей промышленности. Несмотря на то, что более эффективные двигатели потребляют меньше энергии и выделяют меньше тепла, при замене устройства могут возникнуть проблемы с требованиями совместимости, указанными в 4.4. В частности, это влияет на требования совместимости с точки зрения конструкции. С точки зрения технологии установки и подключения зачастую невозможно избежать конструктивных изменений в установке. Кроме того, в будущем двигатели будут все чаще управляться электронно, что также приведет к изменениям в технологии подключения.

Более того, растущее использование преобразователей частоты обычно затрудняет соблюдение требований совместимости в отношении местоположения. Особое внимание следует уделить соблюдению пределов ЭМС, предписанных требованиями ЭМС. Для этого необходимы дополнительные фильтры. В будущем все более широкое использование регулируемых приводов и двигателей с электронным управлением также окажет влияние на точность напряжения электроснабжения электростанции. В частности, это влияет на синусоидальную кривую напряжения, что может вызвать проблемы для других устройств и систем.

Эти правила также распространяются на приводы, работающие с постоянной скоростью вращения. Таким образом, следует ожидать значительного падения рынка контакторов и устройств плавного пуска, что повлияет на доступность запасных частей для этой продукции.

Пример директивы EuP показывает, что решения по миграции будут неизбежны во многих существующих приложениях. Эти решения обычно связаны с дополнительными финансовыми затратами.

Приложение ДБ
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных национальных и межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте

Таблица ДБ.1

Обозначение ссылочного национального, международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта
ГОСТ IEC 61800-2—2018	IDT	IEC 61800-2:2015 «Системы силовых электроприводов с регулируемой скоростью. Часть 2. Общие требования. Номинальные технические характеристики низковольтных систем силовых электроприводов переменного тока с регулируемой скоростью»[1)]
ГОСТ Р МЭК 61987-1—2010	IDT	IEC 61987-1:2006 «Измерения и управление в производственных процессах. Структуры и элементы данных в каталогах производственного оборудования. Часть 1. Измерительное оборудование с аналоговыми и цифровыми выходами»[2)]
ГОСТ Р МЭК 62264-1—2014	IDT	IEC 62264-1:2013 «Интеграция систем управления предприятием. Часть 1. Модели и терминология»
ГОСТ Р МЭК 62402—2023	IDT	МЭК 62402:2019 «Управление устареванием»

Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов:

- IDT— идентичные стандарты.

[1)] В настоящее время действует IEC 61800-2:2021.

[2)] В настоящее время действует IEC 61987-1:2024.

Библиография

[1] ZVEI — Немецкая ассоциация производителей электротехники и электроники е. В.: «Положение о программном обеспечении для предоставления стандартного программного обеспечения, являющегося неотъемлемой частью поставок» Внесение изменений в «Общие условия поставок продукции и услуг электротехнической и электронной промышленности» (GL), июль 2004 г. (ZVEI — German Electrical and Electronics Manufacturers' Association e. V.: «Software clause for the provision of standard software forming an integral part of supplies» Amending the «General Conditions for the supply of Products and Services of the Electrical and Electronics Industry» (GL), July 2004)

[2] Namur: NE53 — «Программное обеспечение для Feldgeräten und signalverarbeitenden Geräten mit Digitalelektronik», 2003 г. (Namur: NE53 — «Software von Feldgeräten und signalverarbeitenden Geräten mit Digitalelektronik», 2003)

[3] IEC 61158 (все части) Промышленные сети. Спецификации полевых шин (Industrial communication networks — Fieldbus specifications)

[4] DIN 31051—2019 Основы технического обслуживания (Fundamentals of maintenance)

[5] Хауф Т., Вайгель О. Langfristige Sicherstellung der Feldgeräteintegration. — In EKA — Entwurf komplexer Automatisierungssysteme . — PP. 81—90. — 04. 2008

[6] Ниманн Дж., Тичкевич С., Весткэмпер Э. Проектирование устойчивых жизненных циклов продукции, Берлин, 2009 (Niemann J., Tichkiewitch S., Westkämper E., Design of Sustainable Product Life Cycles, Berlin, 2009)

[7] IEC 61804-2 Функциональные блоки (FB) для управления процессами и язык описания электронных устройств (EDDL). Часть 2. Спецификация концепции FB (Function blocks (FB) for process control and electronic device description language (EDDL) — Part 2: Specification of FB concept)

[8] IEC TR 62390 Общее устройство автоматизации. Руководство по профилю. (Common automation device — Profile guideline)

[9] Albert W. Total Cost of Ownership bei Prozessleitsystemen: In ATP edition, pp. 24—30, January/February 2010

[10] Association of German Engineers: VDI 2884 — Beschaffung, Betrieb und Instandhaltung von Produktionsmitteln unter Anwendung von Life-cycle Costing (LCC). — December. 2005

[11] Dressler T., Trilling U. Instandhaltung der Prozessnahen Technik — Cost of Ownership. — In Automatisierungstechnische Praxis./edition 38, pp. 42—46 — February. 1996

[12] Niemann Jörg. Mehr Produkterfolg mit — Life Cycle Management. — In WB Industrielle Metallbearbeitung/edition 138 (2005) — No. 9, pp. 26—31

[13] Директива Европейского союза: 2002/95/EC, «Об ограничении использования некоторых опасных веществ в электрическом и электронном оборудовании» (European Union directive: 2002/95/EC «On the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment»)

[14] IEC 61804-3 Функциональные блоки (FB) для управления процессами и описание электронных устройств. Язык (EDDL) — Часть 3. Синтаксис и семантика EDDL (Function Blocks (FB) for process control and Electronic Device Description Language (EDDL) — Part 3: EDDL syntax and semantics)

[15] Постановление комиссии (ЕС) № 640/2009 от 22 июля 2009 г. по реализации Директивы 2005/32/ЕК Европейского парламента и Совета относительно требований экодизайна для электродвигателей. (COMMISSION REGULATION (EC) No 640/2009 of 22 July 2009 implementing Directive 2005/32/ EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for electric motors)

УДК 658.518.3:006.354 ОКС 25.040.40

Ключевые слова: цифровая промышленность, измерение процесса, управление процессами, автоматизация процессов, управление жизненным циклом, жизненный цикл систем и компонентов

Редактор *Н.А. Аргунова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Р.А. Ментова*
Компьютерная верстка *М.В. Малеевой*

Сдано в набор 27.12.2024. Подписано в печать 28.01.2025. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 6,98. Уч.-изд. л. 5,58.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
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