ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 71778.3— 2024 (ИСО 16300-3:2017)

Умное производство

ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТЬ ЕДИНИЦ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРИКЛАДНЫХ РЕШЕНИЙ

Часть 3

Верификация и валидация интероперабельности единиц производственных возможностей

(ISO 16300-3:2017, Automation systems and integration — Interoperability of capability units for manufacturing application solutions — Part 3: Verification and validation of interoperability among capability units, 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») и Некоммерческим партнерством «Русское общество содействия развитию биометрических технологий, систем и коммуникаций» (Некоммерческое партнерство «Русское биометрическое общество») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 194 «Кибер-физические системы»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 ноября 2024 г. № 1796-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту ИСО 16300-3:2017 «Системы автоматизации и интеграция. Интероперабельность единиц возможностей для промышленных прикладных решений. Часть 3. Верификация и валидация интероперабельности единиц возможностей» (ISO 16300-3:2017 «Automation systems and integration — Interoperability of capability units for manufacturing application solutions — Part 3: Verification and validation of interoperability among capability units», MOD) путем изменения отдельных фраз (слов, значений показателей, ссылок), которые выделены в тексте курсивом, а также путем изменения его структуры. Внесение указанных технических отклонений направлено на учет потребностей национальной экономики Российской Федерации.

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 стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте, приведены в дополнительном приложении ДА

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6 ДЕЙСТВУЕТ ВЗАМЕН ПНСТ 436—2020 (ИСО 16300-3:2017)

7 Некоторые элементы настоящего стандарта могут быть объектами патентных прав. Международная организация по стандартизации (ИСО) не несет ответственности за установление подлинности каких-либо или всех таких патентных прав

*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

© ISO, 2017
© 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 и определения 2
4 Сокращения 3
5 Интероперабельность MSU 3
5.1 Общие сведения об интероперабельности 3
5.2 Верификация и валидация интероперабельности MSU 4
5.3 Уровни интероперабельности 6
6 Цели верификации и валидации интероперабельности 7
6.1 Механизмы интероперабельности 7
6.2 Цель верификации интероперабельности 8
6.3 Цель валидации интероперабельности 9
7 Процесс верификации интероперабельности 9
7.1 Требуемые артефакты для верификации 9
7.2 Процесс верификации 11
8 Процесс валидации интероперабельности 11
8.1 Требуемые артефакты для валидации 11
8.2 Процесс валидации 12
Приложение А (справочное) Концептуальная структура профиля возможностей с шаблоном интероперабельности для расширения 13
Приложение В (справочное) Адаптация модели качества по *ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010* для валидации интероперабельности MSU 15
Приложение С (справочное) Схемы OPM для верификации и валидации интероперабельности 18
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных национальных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте 20
Библиография 21

Введение

В серии стандартов *«Умное производство. Интероперабельность единиц производственных возможностей для промышленных прикладных решений»* рассмотрены требования пользователей и поставщиков производственного программного обеспечения (ПО) к интероперабельности ПО в области промышленной автоматизации.

Требования пользователей к интероперабельности ПО включают:

- интеграцию прикладной системы автоматизации путем объединения возможностей компонентов ПО из различных источников;
- замену одного компонента в модуле ПО на другой компонент с обеспечением эквивалентных возможностей, необходимых прикладной системе автоматизации;
- интеграцию возможностей модуля ПО с одной платформы системы ресурсов на другую платформу;
- валидацию и верификацию соответствия возможностей модуля ПО требованиям прикладной системы автоматизации.

Требования поставщиков к интероперабельности ПО включают:

- представление набора возможностей компонента ПО, используемого в модуле ПО;
- верификацию возможности компонента ПО быть частью требуемой возможности модуля ПО;
- каталогизацию модулей ПО с точки зрения возможностей для поддержки интероперабельности в прикладной системе автоматизации и обеспечения широкого распространения модулей.

В серии *стандартов «Умное производство. Интероперабельность единиц возможностей для промышленных прикладных решений»* также рассмотрены службы интероперабельности ПО, которые предоставляют:

- доступ к описанию возможностей ПО для обеспечения оценки интероперабельности;
- поиск и определение размещения соответствующих модулей и компонентов ПО, предпочтительно автоматическое и с использованием поисковых систем;
- представление зависимостей между компонентами ПО для приложения автоматизации, размещенного на конкретной платформе системы.

Возможности ПО определены как набор функций и служб с набором критериев для оценки качества функционирования поставщика возможностей и характеризуют, как и что может делать ПО. В ГОСТ Р ИСО 16100-1 — ГОСТ Р ИСО 16100-6 определен метод описания возможностей производственного ПО с использованием профиля возможностей модуля производственного ПО (MSU). По ГОСТ Р ИСО 16100-1 — ГОСТ Р ИСО 16100-6 компонент ПО включен в MSU, а также предоставлен способ обмена возможностями MSU в качестве информации посредством профиля возможностей. Профилирование возможностей ПО является основой для обеспечения служб интероперабельности ПО. ГОСТ Р ИСО 16100-1 — ГОСТ Р ИСО 16100-6 являются основополагающими.

Настоящий стандарт определяет схему верификации интероперабельности модулей производственных возможностей на предмет соответствия требованиям приложения и системного решения.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Умное производство

ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТЬ ЕДИНИЦ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРИКЛАДНЫХ РЕШЕНИЙ

Часть 3

Верификация и валидация интероперабельности единиц производственных возможностей

Smart manufacturing. Interoperability of capability units for manufacturing application solutions.
Part 3. Verification and validation of interoperability among capability units

Дата введения — 2025—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт определяет схему верификации и валидации интероперабельности единиц производственных возможностей (MCU) на предмет соответствия функциональным требованиям целевого производственного приложения.

Настоящий стандарт определяет структуру верификации и валидации, в том числе критерии интероперабельности и этапы процесса.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 57136/ISO/TR 18161:2013 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Подход к интеграции приложений с использованием моделирования требований к обмену информацией и профилирования функциональных возможностей программного обеспечения

ГОСТ Р ИСО 15745-1 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Прикладная интеграционная среда открытых систем. Часть 1. Общее эталонное описание

ГОСТ Р ИСО 16100-1 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Профилирование возможности интероперабельности промышленных программных средств. Часть 1. Структура

ГОСТ Р ИСО 16100-2—2010 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Профилирование возможности интероперабельности промышленных программных средств. Часть 2. Методология профилирования

ГОСТ Р ИСО 16100-3—2010 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Профилирование возможности интероперабельности промышленных программных средств. Часть 3. Службы интерфейса, протоколы и шаблоны возможностей

ГОСТ Р ИСО 16100-5—2011 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Профилирование возможности интероперабельности промышленных программных средств. Часть 5. Методология согласования конфигураций профилей с помощью многоцелевых структур классов возможностей

ГОСТ Р ИСО 16100-6 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Профилирование возможности интероперабельности промышленных программных средств. Часть 6. Службы и протоко-

Издание официальное

лы интерфейса для сопоставления профилей, основанных на многоцелевых структурах классов возможностей

ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010—2015 Информационные технологии. Системная и программная инженерия. Требования и оценка качества систем и программного обеспечения (SQuaRE). Модели качества систем и программных продуктов

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 и определения

В настоящем стандарте применены термины по *ГОСТ Р ИСО 16100-1, ГОСТ Р ИСО 16100-6*, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **профилирование возможностей** (capability profiling): Выбор набора предлагаемых услуг, определенного конкретным интерфейсом в рамках интероперабельности программного обеспечения.

3.2 **валидация интероперабельности** (interoperability validation): Процедура проверки соответствия реализованных механизмов интероперабельности набору характеристик качества (надежность, защищенность, производительность, время отклика и т. д.).

Примечание — Указанные характеристики качества определяют ожидаемое поведение текущих производственных прикладных процессов.

3.3 **верификация интероперабельности** (interoperability verification): Процедура проверки соответствия реализованной и спроектированной интероперабельности производственных процессов.

3.4 **спецификация требований производственного приложения;** MARD (manufacturing application requirements document, MARD): Документ, определяющий процессы для достижения намеченной производственной цели и ресурсы для выполнения процессов.

3.5 **единица, модуль производственных возможностей;** MCU (manufacturing capability unit, MCU): Производственный модуль определенного типа (механического, электрического, электронного, аппаратного и/или программного обеспечения и т. д.), предназначенный для выполнения конкретной производственной задачи.

Примечание — Модуль производственных возможностей является модулем производственных ресурсных возможностей или модулем возможностей производственного процесса.

3.6 **единица, модуль возможностей производственного процесса;** MPCU (manufacturing process capability unit, MPCU): Модуль возможностей процесса определенного типа (механического, электрического, электронного, аппаратного и/или программного обеспечения и т. д.), относящийся к выполнению конкретного производственного процесса.

3.7 **единица, модуль производственных ресурсных возможностей;** MRCU (manufacturing resource capability unit, MRCU): Модуль производственных возможностей, включающий ресурсы (человеческие, энергетические, механические, электрические, электронные, аппаратное и/или программное обеспечение и т. д.) и поддерживающий работу производственного приложения (процесс, действия или задачи).

3.8 **профиль производственных возможностей** (manufacturing capability profile): Краткое представление модуля производственных возможностей для сопоставления с требованиями производственного приложения.

3.9 **единица, модуль производственного программного обеспечения;** MSU (manufacturing software unit, MSU): Класс ресурса программного обеспечения, состоящий из одного или более компо-

нентов производственного программного обеспечения, выполняющий определенную функцию в рамках производственной деятельности, одновременно поддерживая механизм обмена общей информацией с другими модулями.

Примечание — Единица программного обеспечения может быть смоделирована, используя язык UML в качестве объекта программного обеспечения.

3.10

механизм обнаружения совпадений (matcher): Метод сравнения предложенного профиля с необходимым профилем возможности интероперабельности.

[*ГОСТ Р ИСО 16100-3—2010, пункт 3.1.6*]

3.11 **интероперабельность модуля производственного программного обеспечения** (MSU interoperability): Способность модуля производственного программного обеспечения поддерживать определенное использование спецификации интерфейса при обмене информацией (службами) с другим модулем производственного программного обеспечения.

4 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

OPM — объектно-процессная модель (Object Process Model);

OPL — объектно-процессный язык (Object Process Language);

UML — унифицированный язык моделирования (Unified Modelling Language).

5 Интероперабельность MSU

5.1 Общие сведения об интероперабельности

Результатом работы производственного приложения является продукт, соответствующий спецификации. Спецификации разрабатываются в соответствии с ожиданиями потребителей или пользователей продукта и включают в себя характеристики целевого продукта, которые должны быть достигнуты без превышения фиксированных пределов производственных затрат и задержек.

Разработку производственного приложения в общем случае начинают с разработки спецификации требований MARD. MARD включает требования к архитектурным, функциональным характеристикам и характеристикам качества, которым должно соответствовать разрабатываемое приложение. Далее на основе MARD проводят проектирование приложения с использованием общепринятых подходов и артефактов проектирования, которое должно установить:

- глобальную структуру приложения;
- модули возможностей;
- взаимосвязи модулей возможностей;
- конфигурации и развертывание приложения.

Общепринятым подходом является использование тех графических и текстовых форм, которые детально определяют производственные процессы и связанные с ними артефакты проектирования.

Настоящий стандарт посвящен требованиям пользователей и поставщиков производственных приложений, касающихся интероперабельности MCU в области промышленной автоматизации. Требования пользователей включают:

- построение производственной прикладной системы путем объединения модулей возможностей;
- выбор соответствующих модулей возможностей, замена модуля возможностей;
- верификация модуля возможностей в отношении требуемого профиля возможностей.

Требования поставщика устанавливают функциональные возможности интероперабельности модулей возможностей.

Процессы производственного приложения состоят из спроектированных и запланированных действий и операций различных типов (человеческих, механических, электрических, аппаратных, сетевых и/или вычислительных и т. д.). Проект производственного приложения определяет функциональную роль, алгоритм управления, действия и функции каждого процесса. В проекте должны быть указаны производственные ресурсы и возможности, необходимые для работы производства. Производствен-

ные ресурсы включают в себя разные типы ресурсов (механические, электрические, аппаратные, сетевые, программные и т. д.) (см. ГОСТ Р 57136), и соответствующие модули возможностей должны быть описаны с использованием шаблона профиля (см. приложение А). Профиль модуля возможностей описывает структурные, функциональные характеристики и характеристики качества модуля возможностей производственных ресурсов.

При проектировании должна быть заложена интероперабельность производственных процессов, определяющая, когда, где и каким образом происходит взаимодействие процессов. Должны быть указаны типы требуемой интероперабельности между производственными процессами, связанные с передачей сообщений, совместным использованием данных, обменом данными, вызовом служб и т. д. Впоследствии профиль модуля возможностей определяет предоставляемые им средства и механизмы интероперабельности. Процессы должны взаимодействовать с применением механизмов и средств интероперабельности в соответствии с решениями на этапе проектирования приложения. Производственные ресурсы, связанные с производственными процессами, такие как устройства, аппаратные блоки, модули программного обеспечения и т. д., должны взаимодействовать с использованием средств интероперабельности, указанных в профиле возможностей.

5.2 Верификация и валидация интероперабельности MSU

Так как процессы выполняются с использованием набора MRCU, то верификация интероперабельности процессов должна включать проверку применяемых профилей MRCU на предмет того, обеспечивают ли они требуемую интероперабельность процессов.

Интероперабельность MCU обеспечивается профилями возможностей отдельных MCU, которые содержат профили MRCU.

Настоящий стандарт определяет верификацию и валидацию интероперабельности MSU. Для проектирования и разработки структуры подмножество MSU считается основной и центральной частью MCU. На рисунке 1 представлены сущности MCU в общем контексте.

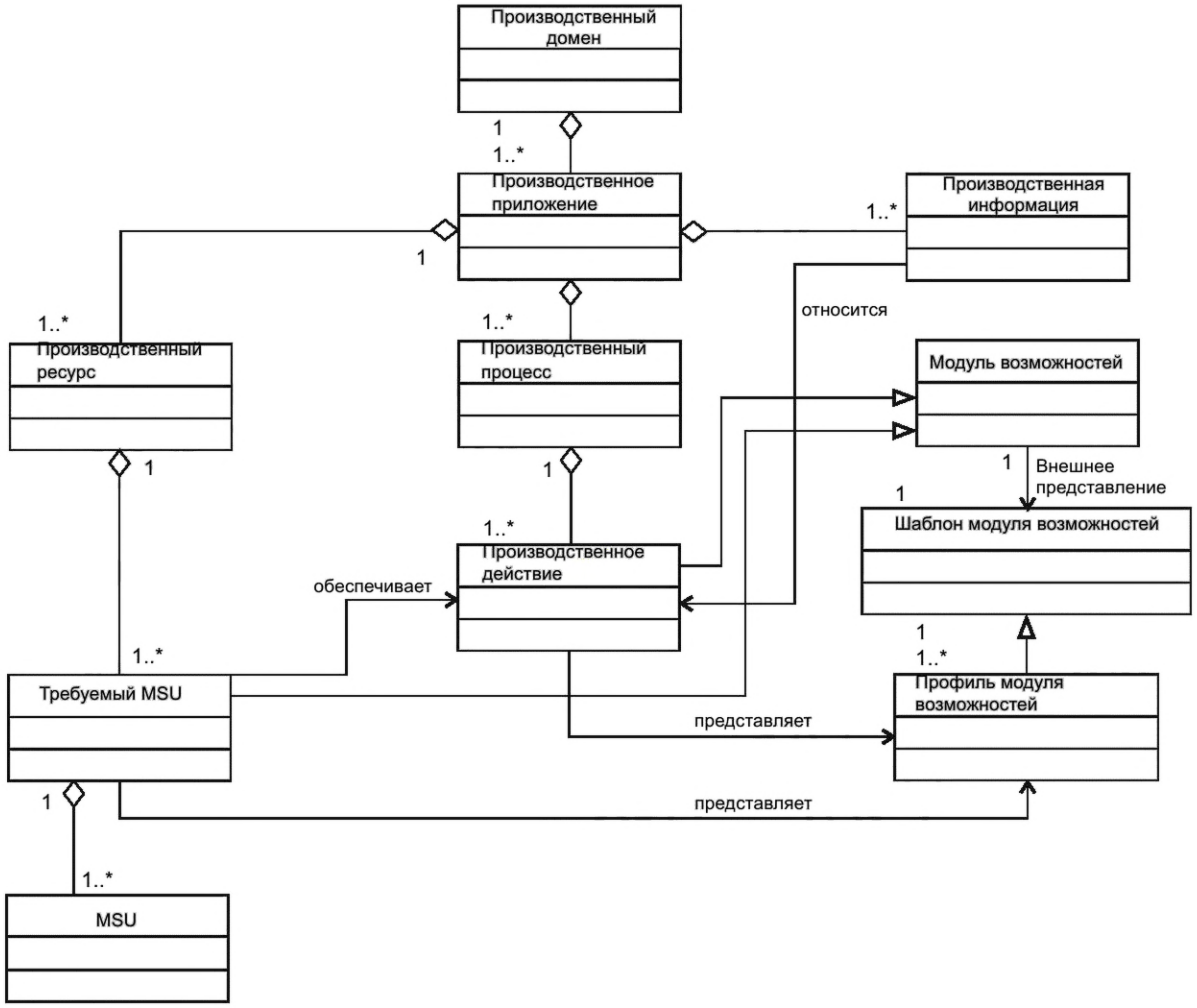

Рисунок 1 — Сущности MCU в общем контексте

Верификация и валидация интероперабельности между процессами и MSU должны быть определены как последовательность этапов с использованием артефактов. MSU могут подлежать разработке или применяться повторно.

Структура интероперабельности ПО использует в качестве основы *ГОСТ Р ИСО 15745*-1 и *ГОСТ Р ИСО 16100*-1 и включает:

- синтаксис и семантику, общие среди MSU;
- функциональные взаимосвязи между MSU;
- службы, интерфейсы и протоколы, предоставляемые MSU;
- обеспечение профилирования возможностей MSU.

Верификация и валидация интероперабельности между MSU затрагивает все перечисленные аспекты интероперабельности и устанавливает степень соответствия реализованной интероперабельности требованиям интероперабельности. В общем контексте MSU создание артефактов приложений включает три этапа разработки, соответствующие трем уровням описания: уровень определения требований, уровень разработки и уровень реализации. Верификация и валидация интероперабельности включает четыре набора артефактов, именуемых A, B, C и D (таблица 1).

Таблица 1 — Четыре набора артефактов

Набор	Описание
A	Схемы проектирования ожидаемых действий MSU и связанных с ними механизмов интероперабельности, которые должны быть разработаны с учетом требований совместного использования данных, обмена сообщениями, вызова и обмена службами или вызова процедур, которые могут происходить между MSU
B	Части кода, реализующие эффективные возможности MSU и рабочие механизмы интероперабельности для совершения MSU соответствующих действий
C	Элементы модели качества, определяющие критерии качества интероперабельности реализованных механизмов и служб. Критерии, подхарактеристики и свойства реализованной интероперабельности MSU должны быть определены в соответствии с моделью качества *ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010*, включая характеристики, подхарактеристики и свойства качества (см. приложение В)
D	Отчеты о качестве с численными или ранжирующими значениями характеристик качества заданной модели качества

Наборы A и B состоят из артефактов, соответствующих схеме ожидаемых механизмов интероперабельности для целевого выполнения текущего приложения. Наборы C и D соответствуют проектируемому качеству интероперабельности и качеству рабочей реализации.

Оценка соответствия между наборами артефактов A и B является целью верификации интероперабельности. Оценка включает в себя изучение уровня соответствия между артефактами проекта и соответствующими артефактами реализации. Проект отдельных MSU должен учитывать профиль их индивидуальных возможностей.

Оценка соответствия между наборами артефактов C и D является целью валидации интероперабельности.

5.3 Уровни интероперабельности

Качество интероперабельности зависит от уровня интероперабельности между MSU. Основные уровни интероперабельности представлены в таблице 2.

Таблица 2 — Уровни интероперабельности

Уровень интероперабельности	Описание
1	Технический уровень, на котором рассматриваются сети и протоколы
2	Синтаксический уровень, касающийся общей структуры данных для обмена информацией между MSU. Должен быть использован общий формат данных
3	Семантический уровень, на котором должна быть обеспечена общая семантика данных обмена путем использования общей эталонной модели обмениваемой информации
4	Поведенческий уровень, на котором производственные приложения, производственные процессы или MSU должны распознавать поведение функций и служб, предоставляемых друг другом. Данный уровень требует, чтобы были достигнуты предыдущие уровни
5	Концептуальный уровень, на котором концептуальные модели, основанные на инженерных методах, должны обеспечивать их интерпретацию и оценку разработчиками соответствующих приложений или процессов. Должна быть использована общая концептуальная модель с общей семантикой

Технический, синтаксический и семантический уровни интероперабельности должны использовать модель качества по *ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010*.

ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010 определяет подробное описание качества ПО для валидации интероперабельности, которое должно быть адаптировано для определения требуемого качества интероперабельности MSU и оценки качества реализованной интероперабельности.

6 Цели верификации и валидации интероперабельности

6.1 Механизмы интероперабельности

Верификация и валидация интероперабельности рассматриваются в контексте разработки производственных приложений MSU. Команда разработчиков приложения определяет документ требований MARD. В соответствии с MARD разрабатывают проект целевого MSU с учетом трех типов требований: требований к процессам, требований к ресурсам и требований к качеству. Профиль возможностей MSU включает исключительно функциональные требования.

Для проведения верификации и валидации интероперабельности должны быть разработаны артефакты (см. 5.2) для включения функциональных требований, требований к интероперабельности и соответствующих критериев качества.

Артефакты набора *A* включают спецификацию функций и служб, которые должны предоставляться профилем MSU. Классификация MSU подробно представлена в *ГОСТ Р ИСО 16100-2*. Данные артефакты включают в себя реализацию проекта необходимых механизмов интероперабельности для соответствия требованиям в области:

- обмена службами;
- вызова функций;
- обмена сообщениями;
- глобального распределения ресурсов;
- обмена файлами;
- обмена информацией;
- доступа к общей базе данных и ее обновления.

Проект интероперабельности состоит из элементов проекта всего производственного приложения, включая проект MSU. Каждый требуемый механизм интероперабельности должен иметь собственное текстовое или графическое описание проекта и соответствующую семантику. Для описания текстовых или графических элементов используется выбранный язык проектирования. Каждый требуемый спроектированный механизм должен иметь одно или несколько решений реализации. Выбор среди реализаций следует проводить согласно требуемым критериями качества текущего приложения с точки зрения надежности, производительности, эффективности, защищенности или других критериев качества (рисунок 2).

При валидации интероперабельности проводят оценку качества интероперабельности MSU с использованием модели качества.

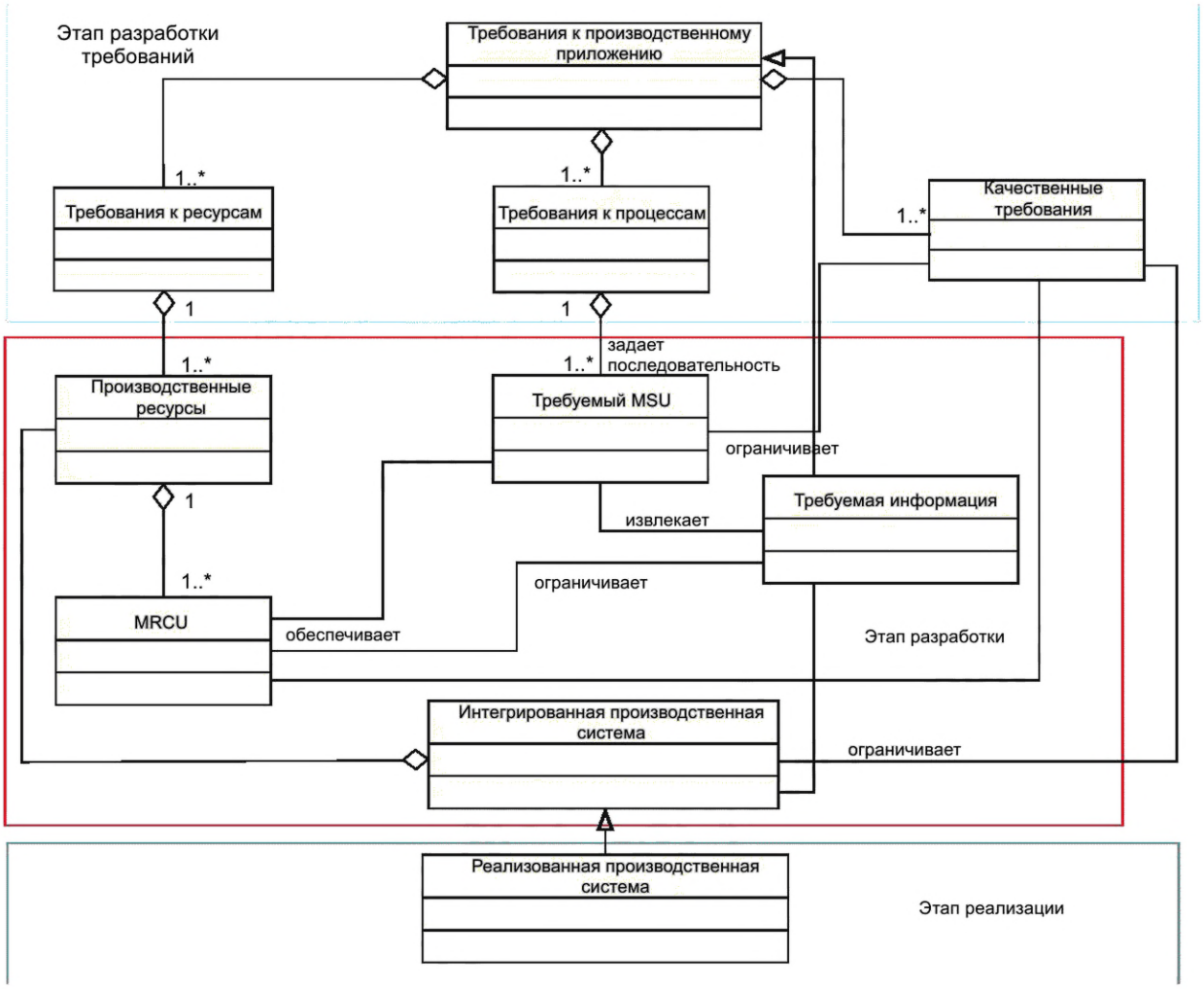

Рисунок 2 — Артефакты для верификации интероперабельности между MSU

Артефакты набора A описывают ожидаемые возможности и интероперабельность MSU; артефакты набора B — реализованную интероперабельность. Верификация заключается в проверке уровня соответствия между артефактами двух наборов.

Артефакты набора C описывают ожидаемое качество интероперабельности MSU; артефакты набора D — качество реализованных MSU. Валидация интероперабельности заключается в проверке соответствия ожидаемых характеристик, подхарактеристик и свойств качества MSU, описанных набором C, критериям качества реализованной интероперабельности, представленным набором D. Набор артефактов D строится на основе данных и значений метрик, собранных в соответствии с разделами 4 и 5 и определенных в *[1]*.

6.2 Цель верификации интероперабельности

Верификация включает проверку:

- уровня соответствия между профилем возможностей ожидаемой интероперабельности и профилем возможностей реализованной интероперабельности MSU (рисунок 3);
- уровня соответствия между требованиями к интероперабельности проектируемых MSU и интероперабельностью, обеспечиваемой реализованными (или приобретенными) MSU;
- механизмов и средств интероперабельности, предоставляемых программной средой, в которой работают MSU.

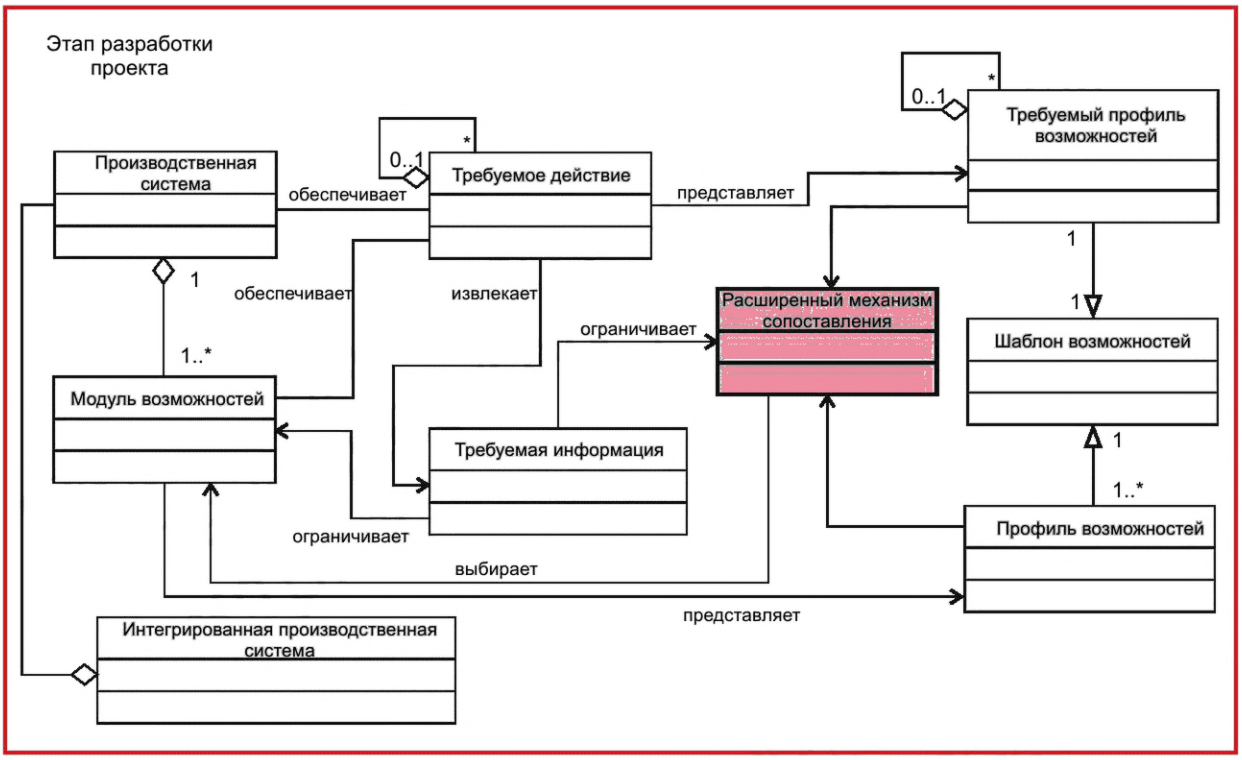

Рисунок 3 — Верификация соответствия требуемой интероперабельности (ожидаемой) и реализованной интероперабельности

Расширенный механизм сопоставления проводит сравнение требуемых профилей возможностей, включая интероперабельность MSU, с профилями возможностей используемых MSU. Расширенный механизм сопоставления также проводит верификацию интероперабельности по отношению к функциональным свойствам. Валидацию интероперабельности проводят по отношению к артефактам, описывающим требуемые качественные характеристики, и к артефактам, описывающим их реализацию.

6.3 Цель валидации интероперабельности

Валидация интероперабельности включает проверку:

- степени соответствия интероперабельности критериям качества;
- механизмов интероперабельности, имеющих низкий уровень соответствия и низкий рейтинг по отношению к целевым критериям качества;
- уровня риска каждого механизма интероперабельности с точки зрения функциональности, надежности, времени отклика, защищенности, производительности или переносимости.

7 Процесс верификации интероперабельности

7.1 Требуемые артефакты для верификации

Для реализации процесса верификации должна быть определена спецификация требований к интероперабельности на уровне проектирования производственных действий как часть профилей возможностей MSU.

Требования к интероперабельности позволяют определить механизмы интероперабельности для целевой работы текущего производственного приложения:

- профиль возможностей MSU;
- профиль интерфейса модулей для обеспечения интероперабельности;
- операционная среда хостинга производственных модулей.

Для выполнения производственного процесса в производственном приложении проектируются действия. Верификация включает оценку соответствия между требуемой интероперабельностью про-

ектируемых MSU и интероперабельностью MSU, осуществляющих действия в рамках производственного процесса. Оценку уровня соответствия проводят между артефактами набора A, описывающими требуемую интероперабельность, и интероперабельностью работающих MSU набора B.

Главным ориентиром для разработки спецификации требований к интероперабельности должен быть проект производственных процессов. Процессы должны быть спроектированы с использованием диаграмм представления, диаграмм действий UML или другой диаграммы, обеспечивающей представление взаимодействий и отношений между процессами. Внутри процесса каждое действие описывается с помощью специальной диаграммы действий, в которой указаны необходимые механизмы интероперабельности. Механизм интероперабельности может выполнять одну или несколько операций, явно представленных на диаграмме действий:

- доступ к памяти, совместно используемый двумя MSU или более;
- требуемый доступ к файлу, совместно используемому двумя MSU или более;
- требуемый доступ к базе данных, совместно используемой двумя MSU или более;
- сообщение, отправленное одному или нескольким программам MSU;
- сообщение, полученное конкретными MSU. Сообщения отправляются и принимаются с использованием протокола связи, доступного для производственной прикладной среды;
- прямой вызов функции или службы, предоставляемой другими MSU;
- косвенный вызов функции или службы, предоставляемой другими MSU. Данный тип вызова требует соответствующей программной инфраструктуры. В дополнение к языкам программирования и операционным системам среды хостинга MSU может быть использовано одно промежуточное ПО или более, например OMG CORBA, RMI JAVA и OPC.

Этапы спецификации требований к интероперабельности представлены на рисунке 4.

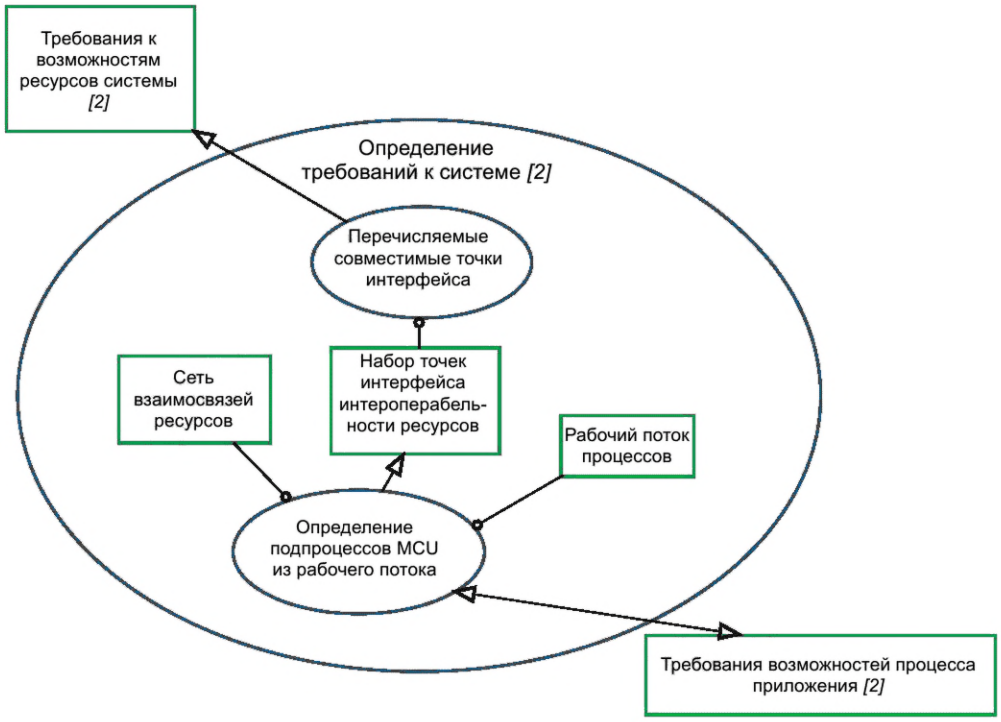

Рисунок 4 — Этапы разработки спецификации требований к интероперабельности

Спецификации требований к интероперабельности включают весь набор средств интероперабельности, который группа разработчиков текущего производственного приложения приняла в качестве необходимого для выполнения действий MSU. Указанные действия взаимодействуют посредством обмена данными, обмена сообщениями, вызова операций, обмена службами и других возможных форм интероперабельности.

7.2 Процесс верификации

Для проверки соответствия доступных средств производственной среды и профилей MSU спецификации требований к интероперабельности применяется процесс сопоставления к каждому отдельному MSU для проверки уровня соответствия между:

a) требованиями к интероперабельности отдельных MSU (UIR);

b) набором средств интероперабельности (IFS), предоставляемым производственной программной средой;

c) последовательностью интероперабельности программного обеспечения (SIS), реализующей или использующей адекватные механизмы интероперабельности как часть внедренного (или принятого) профиля MSU.

Оценку уровня соответствия можно проводить между набором UIR и соединением двух наборов IFS и SIS.

8 Процесс валидации интероперабельности

8.1 Требуемые артефакты для валидации

В производственной среде система управления производством включает MSU, предназначенные для контроля производства, управления, мониторинга незавершенного производства, отслеживания всей производственной информации и получения данных в реальном времени от различного оборудования. MSU должны обмениваться данными, сообщениями, а также выполнять или вызывать службы других модулей.

Для оценки требуемых критериев качества необходимо рассмотреть ограничения, связанные с каждым используемым механизмом интероперабельности между MSU. Требуемые критерии качества определяются как обязательные артефакты, связанные с соответствием между артефактами наборов C и D (5.2).

Набор ограничений может усложнить валидацию интероперабельности в отношении конкретных связанных критериев качества. Приведенные ниже параметры определяют интероперабельность между MSU:

- версия языка программирования: когда взаимодействующие MSU кодируются с использованием разных версий языка программирования;
- язык программирования: когда взаимодействующие MSU кодируются с использованием разных языков программирования;
- версия операционной системы: когда взаимодействующие MSU запускаются в разных версиях операционной системы или среды;
- операционная система или среда: когда взаимодействующие MSU запускаются в разных операционных системах или средах;
- версия платформы хостинга: когда взаимодействующие MSU запускаются с использованием разных версий платформ разработки ПО;
- платформа хостинга: когда взаимодействующие MSU запускаются с использованием разных платформ разработки ПО;
- протокол связи;
- объекты прав доступа для чтения, записи или запуска:
  a) доступ к простым данным,
  b) доступ к сложным данным,
  c) процедура доступа,
  d) метод доступа,
  e) доступ к службе,
  f) доступ к файлам,
  g) доступ к базе данных.

Использование любого перечисленного параметра должно быть квалифицировано в отношении набора критериев качества, таких как надежность, эффективность, производительность, защищенность и др.

Основным артефактом для валидации интероперабельности является модель качества для требуемых механизмов интероперабельности. Модель качества интероперабельности представляет собой эталон, которому должна соответствовать реализованная интероперабельность между MSU. Для

целевой модели качества интероперабельности рекомендуется использовать модель для оценки качества системы и ПО *[3]*.

8.2 Процесс валидации

В качестве эталона процесса валидации интероперабельности используется *ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010*. Валидация интероперабельности сфокусирована на таких характеристиках, как:

a) функциональность: способность MSU предоставлять функции и интероперабельность в соответствии с заявленными и подразумеваемыми потребностями при использовании в указанных условиях;

b) надежность: способность интероперабельности MSU поддерживать уровень производительности системы при использовании в указанных условиях;

c) удобство использования: способность интероперабельности MSU быть понятой, используемой и оцененной разработчиком;

d) уровень производительности: способность интероперабельности MSU обеспечивать требуемую производительность при имеющихся ресурсах в указанных условиях;

e) сопровождаемость: возможность изменения интероперабельности MSU;

f) переносимость: способность интероперабельности MSU поддерживать свое поведение при размещении в другой среде хостинга.

Валидация интероперабельности заключается в проверке той степени, в которой измеренные критерии реализованного качества соответствуют ожидаемому качеству, указанному на этапе проектирования интероперабельности.

Согласно *ГОСТ Р ИСО 16100-1* функции системы организации производства зависят от того, насколько критерии интероперабельности обеспечиваются возможностями интероперабельности, предоставляемыми платформой ПО производственного приложения, а также от качества возможностей, соответствующих MSU. Таким образом, процесс валидации должен быть основан на сопоставлении критериев качества интероперабельности и реализованной интероперабельности. Критерии интероперабельности сопоставлены с моделью качества по *ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010* в таблице 3.

Таблица 3 — Критерии качества интероперабельности с применением *ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010*

Критерий качества интероперабельности	Наименование в *ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010*	Пункт в *ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010—2015*
Уровень интероперабельности	—	—
Надежность	Надежность	4.2.5
Готовность	Готовность	4.2.5.2
Безопасность	Свобода от риска	4.1.4
Защищенность	Защищенность	4.2.6

Приложение А
(справочное)

Концептуальная структура профиля возможностей с шаблоном интероперабельности для расширения

Согласно *ГОСТ Р ИСО 16100-5—2011, пункт 6.3.1*, шаблон профиля возможностей содержит общую часть в соответствии с *ГОСТ Р ИСО 16100-2—2010*, пункт *6.3*, и *ГОСТ Р ИСО 16100-3—2010*, пункт 7.2.2, и специфичную часть в соответствии с *ГОСТ Р ИСО 16100-2—2010*, пункт 6.3. Специфичная часть должна, по меньшей мере, содержать элементы, указанные в *ГОСТ Р ИСО 16100-2*, а также следующие:

- наименование словаря MDD;
- формат описания MDD (например, список объектов MDD);
- описание MDD (например, упорядоченный по времени доступ к объектам MDD).

Концептуальная структура шаблона профиля возможностей представлена в таблице А.1.

Таблица А.1 — Концептуальная структура шаблона профиля возможностей

Common part	Общая часть
Template ID	Идентификатор шаблона
Capability class name and reference CCS	Имя класса возможностей
Software unit ID	Идентификатор единицы ПО
Vendor name	Наименование поставщика
Version number and history	Номер версии и история
Computing facilities required	Требуемые вычислительные средства
Processor	Процессор
OperatingSystem&Options	Операционные системы и опции
Language	Язык
RuntimeMemory	Запоминающее устройство времени прогона программы
DiskSpace	Пространство на диске
MultiUserSupport	Многопользовательская поддержка
RemoteAccess	Дистанционная выборка
AddOns&PlugIns	Дополнения и сменные платы
Measured performance of the unit	Измеренная характеристика единицы ПО
ElapsedTime	Время работы (истекшее время)
NumberOfTransactionsPerUnitTime	Число транзакций в единицу времени
Reliability data of the unit	Данные о надежности единицы ПО
UsageHistory	История применения
NumberOfShipments	Число поставок
IntendedSafetyIntegrityLevel	Планируемый безопасный уровень целостности
CertificationBody	Орган по сертификации
Support policy	Политика поддержки
Price data	Данные о цене
Capability class reference dictionary name	Наименование словаря-справочника
Number of profile attributes	Число атрибутов профиля
Number of methods	Число методов
Number of resources	Число ресурсов
Number of constraints	Число ограничений
Number of extensions	Число расширений
Number of lower levels	Число нижних уровней
Number of subtemplates at next lower level	Число подшаблонов на следующем нижнем уровне

Окончание таблицы А.1

Specific part for capability class	Часть, специальная для класса возможностей
Reference MDD name	Наименование словаря MDD
MDD description format	Формат описания MDD
MDD description	Описание MDD
Set of MDD objects	Набор объектов MDD
List of MDD objects	Список объектов MDD
Time ordered MDD objects	Объекты MDD, упорядоченные по времени
Event ordered MDD objects	Объекты MDD, упорядоченные по событиям
Interoperability MDD objects	Интероперабельность объектов MDD
List of capability class attributes	Список атрибутов класса возможностей
List of capability class methods	Список методов класса возможностей
List of capability class resources	Список ресурсов класса возможностей
List of capability class constraints	Список ограничений класса возможностей
List of capability class extensions	Список расширений класса возможностей
List of capability class lower levels	Список нижних уровней класса возможностей
List of capability class subtemplates	Список подшаблонов класса возможностей

Приведенный шаблон профиля возможностей содержит дополнительное поле «интероперабельность объектов MDD», в котором пользователи шаблона могут указать механизмы интероперабельности для использования в модулях возможностей.

Приложение В
(справочное)

Адаптация модели качества по *ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010* для валидации интероперабельности MSU

ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010 определяет три типа качества (рисунок В.1) с точки зрения восприятия качества разработчиками и пользователями:

- качество при использовании;
- внешнее качество;
- внутреннее качество.

Для валидации интероперабельности производственного приложения SQuaRE определяет проверку соответствия между ожидаемым качеством системы или ПО и качеством внедренной системы или ПО для каждого типа качества (при использовании, внешнего и внутреннего).

Для определения требуемого качества интероперабельности должны быть разработаны три набора требований.

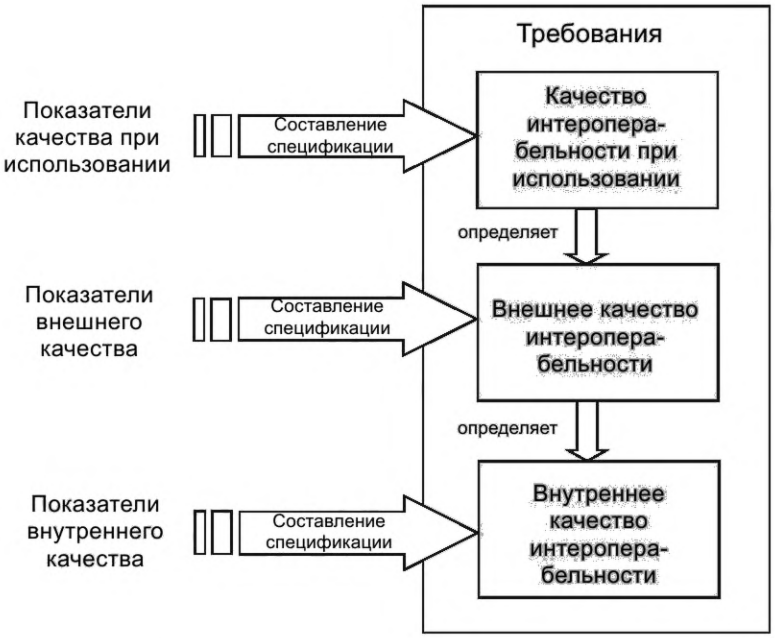

Рисунок В.1 — Спецификация требований качества интероперабельности

На каждом иерархическом уровне качества должна быть определена модель качества с точки зрения характеристик, подхарактеристик и свойств качества. Эта задача, как правило, выполняется экспертом по качеству производственного приложения. Далее три древовидные модели качества интероперабельности должны быть объединены.

ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010 определяет общую модель качества, соответствующие характеристики и подхарактеристики для уровней качества. Модели качества могут быть адаптированы для интероперабельности, требуемой для MSU производственного приложения. Из общей модели качества могут быть заимствованы 6 характеристик и 27 подхарактеристик. Характеристики качества, применимые для интероперабельности, включают:

- функциональность: способность MSU предоставлять функции и интероперабельность в соответствии с заявленными и подразумеваемыми потребностями при использовании в указанных условиях;
- надежность: способность интероперабельности MSU поддерживать уровень производительности системы при использовании в указанных условиях;
- удобство использования: способность интероперабельности MSU быть понятой, используемой и оцененной разработчиком;
- уровень производительности: способность интероперабельности MSU обеспечивать требуемую производительность при имеющихся ресурсах в указанных условиях;
- сопровождаемость: возможность изменения интероперабельности MSU;

- переносимость: способность интероперабельности MSU поддерживать свое поведение при размещении в другой среде хостинга.

Характеристики и подхарактеристики, принятые для качества интероперабельности между MSU, представлены в таблице В.1.

Таблица В.1 — Характеристики и подхарактеристики, принятые для качества интероперабельности между MSU

Характеристики качества	Подхарактеристики качества
Функциональность	Функциональная пригодность. Точность. Защищенность
Надежность	Тестируемость. Отказоустойчивость. Восстанавливаемость
Удобство использования	Определимость пригодности. Изучаемость. Тестируемость
Уровень производительности	Временные характеристики. Использование ресурсов
Сопровождаемость	Адаптируемость. Анализируемость. Модифицируемость. Тестируемость
Переносимость	Адаптируемость. Устанавливаемость. Взаимозаменяемость

Каждая подхарактеристика должна быть определена инженером по качеству производственного приложения с указанием его контекстуального значения и способа оценки. Подхарактеристики имеют разные приоритеты. Приоритет каждой подхарактеристики определен иерархической шкалой, установленной в соответствии с функциональными приоритетами и приоритетами качества всего приложения.

Для каждой подхарактеристики инженер по качеству должен установить набор показателей для количественной оценки подхарактеристики с учетом ожидаемых значений, определенных на этапе спецификации требований к качеству.

Оценка качества интероперабельности должна включать три дерева, созданные инженером по качеству для качества при использовании, для внешнего качества и внутреннего качества (рисунок В.2).

Валидация интероперабельности заключается в проверке смещений между числовыми значениями показателей характеристики или подхарактеристики, которые представляют собой оценку характеристик качества реализованной интероперабельности между MSU, и ожидаемыми значениями показателей, указанными инженерами по качеству на этапах спецификации требований к интероперабельности и проекта интероперабельности для MSU.

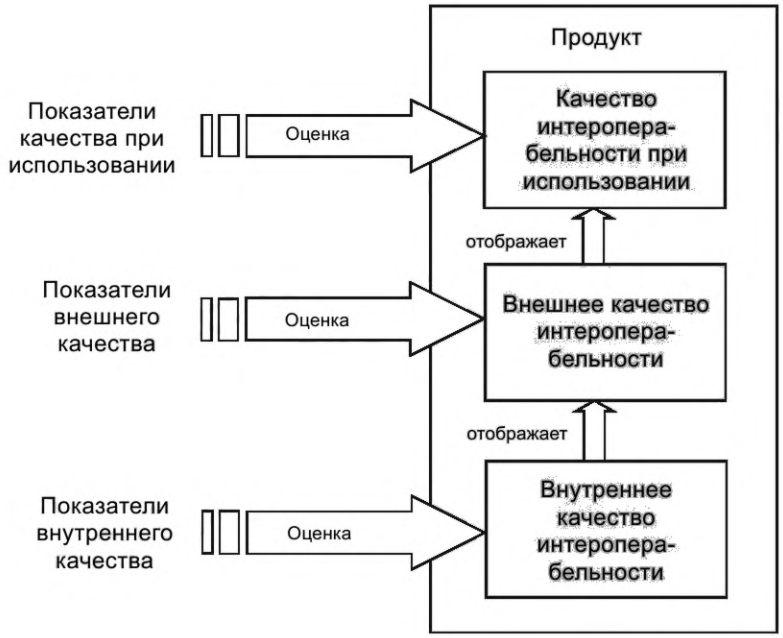

Рисунок В.2 — Типы оценки качества интероперабельности

Процессы валидации интероперабельности в соответствии с *[3]* показаны на рисунке В.3.

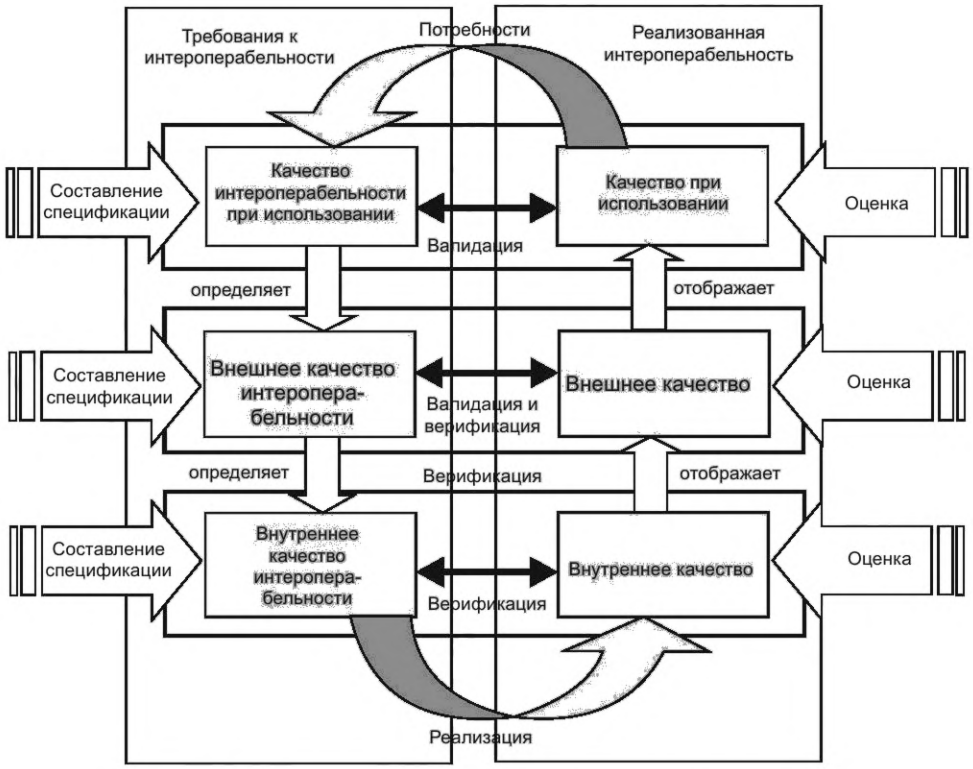

Рисунок В.3 — Схема верификации и валидации интероперабельности

Математические определения и рекомендации для практических измерений внутреннего качества, внешнего качества и качества при использовании представлены в *[1]*. В *[1]* определены простые измерения, на базе которых могут быть измерены все показатели. Инженер по качеству должен определить наборы показателей для количественного измерения внутреннего, внешнего качества и качества при использовании.

Приложение С
(справочное)

Схемы OPM для верификации и валидации интероперабельности

Методология OPM предоставляет собой два семантически эквивалентных способа представления одной и той же модели: графический и текстовый. Текстовая модель в OPL генерируется в подмножестве английского языка таким образом, чтобы сохранить ограничения графической модели. Так как синтаксис и семантика OPL являются подмножеством английского естественного языка, эксперты в определенной области знаний смогут легко понимать текстовую модель.

На рисунках С.1, С.2 и С.3 представлена обязательная часть настоящего стандарта с использованием OPM. Производственное приложение разработано для реализации продукта, соответствующего спецификациям. Спецификации разрабатываются в соответствии с ожиданиями потребителей или пользователей продукта (рисунок С.1).

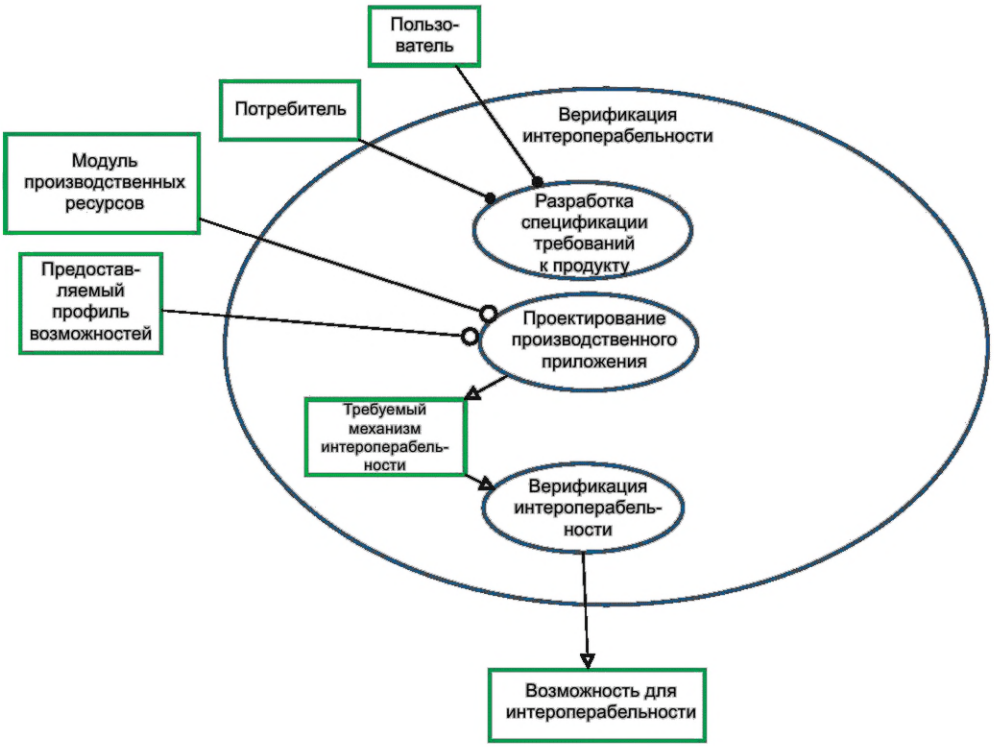

Рисунок С.1 — Общая концепция верификации и валидации интероперабельности

Проект приложения разрабатывают с использованием подходящих формализмов для конструктивных элементов, касающихся:

- глобальной структуры приложения;
- узлов или компонентов;
- их взаимозависимости;
- их конфигурирования и развертывания.

Структура производственного приложения представлена тремя иерархическими уровнями: уровень процессов, уровень действий и уровень функций в *ГОСТ Р ИСО 16100-1*. Для выполнения целей производственного приложения требуются ресурсы различных типов (рисунок С.2). Типы ресурсов включают человеческие, энергетические, механические, электрические, аппаратные, сетевые, программные и т. д. Для каждого типа ресурсов необходим набор модулей для обеспечения целевого функционирования производственного приложения.

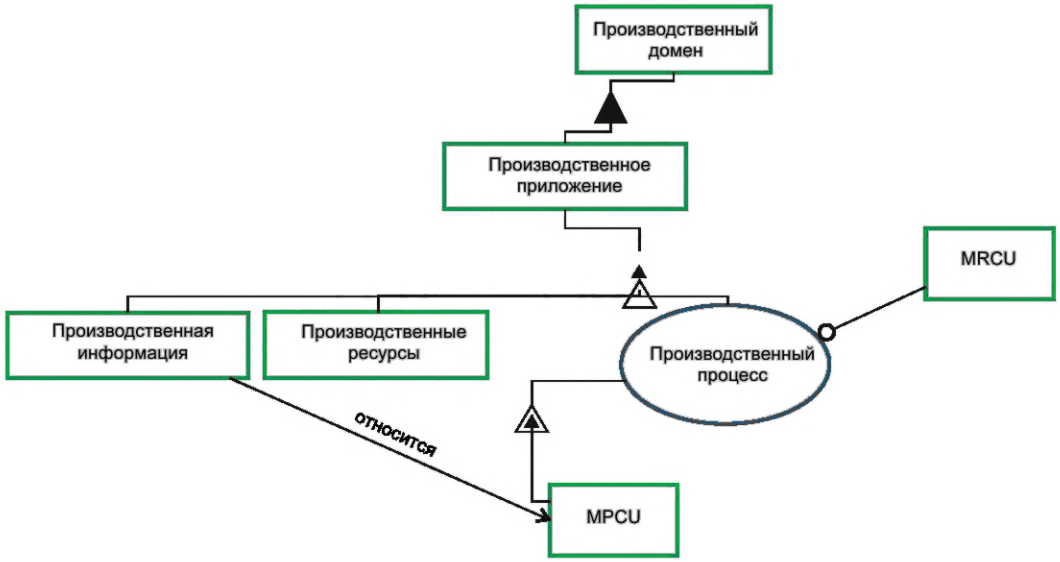

Рисунок С.2 — Ресурсы производственного приложения

Верификация и валидация выполняются с применением артефактов разработанного приложения и включают взаимодействия для проверки соответствия между спроектированной и реализованной интероперабельностью между MSU (рисунок С.3).

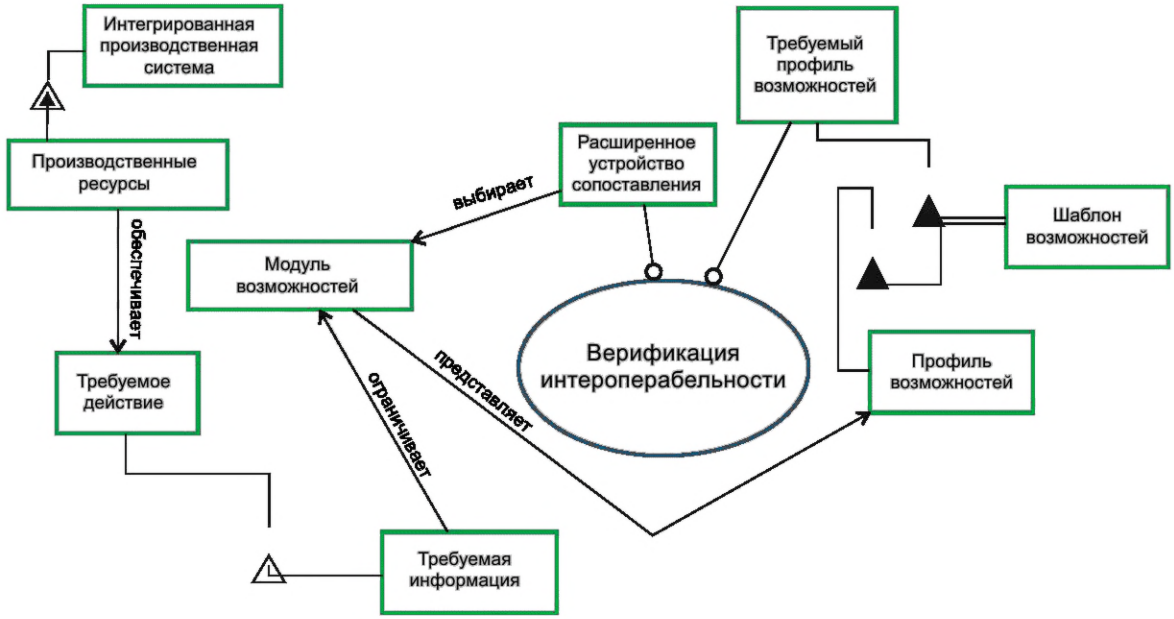

Рисунок С.3 — Верификация интероперабельности и сопоставление профилей возможностей

Приложение ДА
(справочное)

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

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного национального стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта
ГОСТ Р ИСО 16100-1—2012	IDT	ISO 16100-1:2009 «Системы автоматизации и интеграция. Профилирование возможности интероперабельности промышленных программных средств. Часть 1. Структура»
ГОСТ Р ИСО 16100-2—2010	IDT	ISO 16100-2:2003 «Системы автоматизации и интеграция. Профилирование возможностей программных средств организации производства для функциональной совместимости. Часть 2. Методология профилирования»
ГОСТ Р ИСО 16100-3—2010	IDT	ISO 16100-3:2005 «Системы автоматизации и интеграция. Профилирование возможности интероперабельности промышленных программных средств. Часть 3. Службы интерфейса, протоколы и шаблоны возможностей»
ГОСТ Р ИСО 16100-6—2014	IDT	ISO 16100-6:2011 «Системы автоматизации и интеграция. Профилирование возможности интероперабельности промышленных программных средств. Часть 6. Службы и протоколы интерфейса для сопоставления профилей, основанных на многоцелевых структурах классов возможностей»
ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010—2015	IDT	ISO/IEC 25010:2011 «Системная и программная инженерия. Требования и оценка качества систем и программного обеспечения (SQuaRE). Модели качества систем и программного обеспечения»
Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов: - IDT — идентичные стандарты.		

Библиография

[1]	ИСО/МЭК 25020:2019	Системная и программная инженерия. Требования и оценка качества систем и программной продукции (SQuaRE). Основные принципы измерения качества
[2]	ИСО 16300-1:2018	Системы промышленной автоматизации и интеграция. Интероперабельность единиц производственных возможностей для промышленных прикладных решений. Часть 1. Критерии интероперабельности единиц производственных возможностей согласно требованиям к применению
[3]	ИСО/МЭК 25000:2014	Системная и программная инженерия. Требования и оценка качества систем и программной продукции (SQuaRE). Руководство

УДК 004.738:006.354 ОКС 25.040.01

Ключевые слова: умное производство, интероперабельность модулей возможностей, верификация, валидация

Редактор *Л.В. Коретникова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 20.12.2024. Подписано в печать 09.01.2025. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,26. Уч.-изд. л. 2,77.

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