
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ



ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ПНСТ
854—
2023
(ИСО 23704-1:
2022)

Системы киберфизические
ТИПОВАЯ АРХИТЕКТУРА
ДЛЯ КИБЕРФИЗИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ УМНЫМ СТАНКОМ

Часть 1

Общие положения

[ISO 23704-1:2022, General requirements for cyber-physically controlled smart machine tool systems (CPSMT) — Part 1: Overview and fundamental principles, MOD]

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2023

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «МИРЭА — Российский технологический университет» (РТУ МИРЭА) 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 27 ноября 2023 г. № 72-пнст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту ИСО 23704-1:2022 «Общие требования к киберфизическим системам управления умным станком (CPSMT). Часть 1. Обзор и основополагающие принципы» [ISO 23704-1:2022 «General requirements for cyber-physically controlled smart machine tool systems (CPSMT) — Part 1: Overview and fundamental principles», MOD] путем изменения отдельных фраз (слов, значений показателей, ссылок), которые выделены в тексте курсивом. 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)

5 Некоторые элементы настоящего стандарта могут быть объектами патентных прав. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии не несет ответственности за установление подлинности каких-либо или всех таких патентных прав

Правила применения настоящего стандарта и проведения его мониторинга установлены в ГОСТ Р 1.16—2011 (разделы 5 и 6).

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии собирает сведения о практическом применении настоящего стандарта. Данные сведения, а также замечания и предложения по содержанию стандарта можно направить не позднее чем за 4 мес до истечения срока его действия разработчику настоящего стандарта по адресу: 119454 Москва, проспект Вернадского, д. 78 и/или в Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии по адресу: 123112 Москва, Пресненская набережная, д. 10, стр. 2.

В случае отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты» и также будет размещена на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.rst.gov.ru)

© ISO, 2022

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2023

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

II

Содержание

1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Термины, определения и сокращения	2
4 Соответствие типовой архитектуре CPSMT	4
5 Цели и задачи типовой архитектуры CPSMT	4
6 Концепция CPSMT	5
7 Типовая архитектура CPSMT	6
8 Типовая архитектура CPSMT с точки зрения технологии производства	8
9 Интерфейсы типовой архитектуры CPSMT	9
10 Возможности CPSMT	10
Приложение А (справочное) Справочные сведения о CPSMT	11
Приложение В (справочное) SFDS с точки зрения компонента Индустрии 4.0 и административной оболочки	15
Приложение С (справочное) Примеры вариантов использования типовой архитектуры CPSMT	16
Библиография	20

Введение

Станок является ключевым устройством в производстве, так как он незаменим при производстве деталей машин, используемых в различных областях промышленности. Большая часть предприятий идет по пути технологического развития с точки зрения сокращения времени простоя и дефектов, для чего могут быть использованы современные интеллектуальные технологии, такие как интернет вещей.

В настоящее время на рынке представлено множество умных станков на основе интеллектуальных технологий с использованием собственных концепций, например терминологии изготовителей станков (МТВ), разработчиков систем управления умными станками, в том числе систем числового программного управления (ЧПУ), разработчиков решений и поставщиков сервисов. Это может запутывать заинтересованных лиц, в том числе конечных пользователей. По этой и другим причинам необходимы стандарты и субстанциональное моделирование для интеллектуальных систем управления умными станками.

Настоящий стандарт определяет общие требования к киберфизическим системам управления умными станками (CPSMT).

Настоящий стандарт предназначен для использования:

- a) инженерами-конструкторами;
- b) системными архитекторами;
- c) инженерами-программистами МТВ;
- d) разработчиками средств управления умными станками;
- e) разработчиками решений и поставщиков сервисов;
- f) конечными пользователями, такими как операторы умных станков на производстве.

Системы киберфизические

ТИПОВАЯ АРХИТЕКТУРА ДЛЯ КИБЕРФИЗИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ УМНЫМ СТАНКОМ

Часть 1

Общие положения

Cyberphysical systems. Reference architecture for cyberphysically controlled smart machine tool system.
Part 1. General principles

Срок действия — с 2024—01—01
до 2027—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт определяет основные принципы для киберфизических систем управления умными станками (CPSMT) и требования к ним, в том числе:

- типовую архитектуру CPSMT;
- ключевые компоненты и интерфейсы типовой архитектуры CPSMT;
- возможности CPSMT.

Настоящий стандарт включает описание:

- систем CPSMT;
- концепции системы цеховых устройств (SFDS);
- примеров использования типовой архитектуры CPSMT.

Настоящий стандарт не определяет физическую архитектуру или архитектуру реализации CPSMT.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 57100/ISO/IEC/IEEE 42010:2011 Системная и программная инженерия. Описание архитектуры

ГОСТ Р 59799 Умное производство. Модель эталонной архитектуры индустрии 4.0 (RAMI 4.0)

ГОСТ Р ИСО 22400-2 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Ключевые технико-экономические показатели (KPIs) для управления производственными операциями. Часть 2. Определения и описания

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

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

ПНСТ 855—2023 (ИСО 23704-2:2022) Системы киберфизические. Типовая архитектура для киберфизической системы управления умным станком. Часть 2. Типовая архитектура для субтрактивного производства

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 указанию

тeлю «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 **аномалия** (abnormality): Отклонение от стандартного состояния.

Пример — Вибрация, сверхнормативный износ инструмента, геометрическая неточность, перерасход энергии.

3.1.2

аддитивное производство (additive manufacturing): Процесс изготовления деталей, который основан на создании физического объекта по электронной геометрической модели путем добавления материала, как правило, слой за слоем, в отличие от субтрактивного производства и традиционного формообразующего производства.

[Адаптировано из ГОСТ Р 57558—2017, пункт 2.1.2]

3.1.3

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

[ГОСТ Р 59799—2021, пункт 3.1.1]

3.1.4 **числовое программное управление**; ЧПУ (computerized numerical control, CNC): Автоматическое управление процессом устройства, использующим числовые данные, которые вводятся в процессе выполнения операции.

3.1.5 **ассоциированная система CPSMT** (CPSMT associated system): Набор компонентов CPSMT для взаимодействия с первичной системой CPSMT, в том числе система цеховых устройств (SFDS), система управления цехом (SFCS) и система единого интерфейса (UIS).

3.1.6 **первичная система CPSMT** (CPMST primary system): Набор компонентов CPSMT, в том числе умный станок с киберфизическим управлением (CPCM) и система киберподдержки умного станка (CSSM).

3.1.7 **киберфизическая производственная система**; КФПС (cyber-physical manufacturing system, CPMS): Производственная система, состоящая из физической производственной системы и системы киберподдержки (CSS).

3.1.8 **умный станок с киберфизическим управлением**; CPCM (cyber-physically controlled machine tool, CPCM): Физическая система станка с использованием киберфизического управления для обеспечения более эффективной функции управления через блок КФС в дополнение к обычному управлению.

Примечание — Блок КФС является частью типовой архитектуры различных технологий, отвечающих за выполнение функции КФС.

3.1.9 **киберфизическая система управления умным станком**; CPSMT (cyber-physically controlled smart machine tool system, CPSMT): Интеллектуальная система управления умным станком, поддерживающая умное производство и концепцию Индустрия 4.0 с помощью киберфизического управления.

3.1.10 **система киберподдержки**; CSS (cyber-supporting system, CSS): Киберфизическая система, которая поддерживает физическую систему для повышения ее производительности посредством мониторинга, анализа, планирования и выполнения на основе аналитики больших данных/искусственного интеллекта и цифрового двойника.

3.1.11 система киберподдержки умного станка; CSSM (cyber-supporting system for machine tool, CSSM): Система киберподдержки для CPCM, которая обеспечивает принятие решений с точки зрения устранения аномалий и предоставляет данные об аномалиях CPCM в SFCS и во внешние системы, включая людей, аспекты жизненного цикла и уровень иерархии.

3.1.12 цифровой двойник (digital twin): Цифровая копия физических активов, процессов и систем или цифровое представление чего-либо вне его собственного контекста с подключением к данным, что обеспечивает конвергенцию между физическим и виртуальным состояниями с соответствующей скоростью синхронизации.

Примечание — Цифровой двойник используется CSSM в качестве запрашиваемой кибермодели станка для анализа и планирования этапов мониторинга, анализа, планирования и выполнения.

3.1.13 жесткий режим реального времени (hard-real time): Эксплуатационная временная характеристика, при которой обработка данных компьютером при взаимодействии с другим процессом вне компьютера является некорректной, если результаты не производятся в соответствии с заданными временными требованиями.

3.1.14 компонент Индустрии 4.0 (Industry 4.0 component): Глобально идентифицируемый участник в системе Индустрии 4.0 с коммуникационными возможностями, состоящий из административной оболочки и актива и предлагающий сервисы с заданными характеристиками качества обслуживания.

3.1.15 система Индустрии 4.0 (Industry 4.0 system): Система, состоящая из компонентов Индустрии 4.0 и компонентов более низкоуровневой классификации связи и отображения, которая служит определенной цели, имеет определенные свойства и поддерживает стандартизированные услуги и состояния.

3.1.16

ключевой показатель эффективности; KPI (key performance indicator, KPI): Показатель эффективности (конкретной бизнес-системы), поддающийся количественному определению и выраженный в терминах целей и задач предприятия.

Примечание — KPI получают непосредственно по результатам физических измерений, данных и/или из других KPI.

[ГОСТ Р ИСО 22400-1—2016, пункт 2.1.5]

3.1.17 станок (machine tool): Механическое устройство, которое является фиксированным и немобильным, приводится в действие с использованием электричества и сжатого воздуха и используется для обработки заготовок путем удаления/добавления материала или механической деформации.

Примечание — Работа станка может быть механической, управляться людьми или компьютерами. Станки могут иметь ряд периферийных устройств, используемых для охлаждения/нагрева станка, кондиционирования процесса, обработки заготовок и инструментов (за исключением подачи заготовок), переработки и обработки отходов, а также других задач, связанных с их основной деятельностью.

3.1.18 типовая архитектура (reference architecture): Базовая архитектура, которая отражает высокоуровневую концепцию доменной архитектуры.

3.1.19 система управления цехом; SFCS (shop floor control system, SFCS): Система, которая управляет цеховой системой, включая SFDS и CPCM в совместном режиме для повышения производительности цеха.

3.1.20 система цеховых устройств; SFDS (shop floor device system, SFDS): Комплекс устройств в цехе, включая технологическое оборудование и манипуляторы.

Примечание — Цеховое устройство с контроллером рассматривается как имеющее киберфизическое управление (CPC) и систему киберподдержки (CSS).

3.1.21 умный станок (smart machine tool): Станок, поддерживающий концепцию, характеристики и возможности умного производства.

3.1.22 умное производство (smart manufacturing): Производство, которое улучшает показатели производительности за счет интегрированного и интеллектуального использования процессов и ресурсов в «кибернетической», «физической» и «человеческой» сферах для создания и предоставления продуктов и услуг.

3.1.23 типовая модель умного производства; SMRM (smart manufacturing reference model, SMRM): Структура для определения взаимосвязей между сущностями умного производства.

3.1.24 мягкий режим реального времени (soft-real time): Эксплуатационная временная характеристика, при которой обработка данных компьютером при взаимодействии с другим процессом вне компьютера ухудшается, если результаты не производятся в соответствии с заданными временными требованиями.

3.1.25 субтрактивное производство (subtractive manufacturing): Процесс механической обработки, шлифовки или уменьшения трехмерного объекта для создания более мелкого детализированного трехмерного объекта с использованием автоматизированного проектирования и методов автоматизированного производства.

3.1.26 система единого интерфейса; UIS (unified interface system, UIS): Система, которая включает в себя интерфейсы с CPCM, CSSM, SFDS, SFCS, людьми, аспектом жизненного цикла и уровнем иерархии.

Примечание — UIS представляет собой усовершенствованную концепцию ЧМИ, включающую более широкий спектр систем, аспект жизненного цикла и уровень иерархии.

3.2 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

ИИ — искусственный интеллект;

ИКТ — информационно-коммуникационные технологии;

КФС — киберфизическая система;

ЧМИ — человеко-машинный интерфейс;

AGV — автоматически управляемое транспортное средство (automated guided vehicle);

AS/RS — автоматизированные складские системы (automated storage and retrieval systems);

BDA — аналитика больших данных (big data analytics);

CPCR — робот с киберфизическим управлением (cyber-physically controlled robot);

CRM — система управления взаимоотношениями с клиентом (customer relationship management);

CSSR — система киберподдержки робота (cyber-supporting system for robot);

ERP — планирование ресурсов предприятия (enterprise resource planning);

MES — система управления производственными процессами (manufacturing execution system);

MTB — изготовитель умного станка (machine tool builder);

PLM — управление жизненным циклом изделия (product lifecycle management);

RAMI 4.0 — типовая модель архитектуры Индустрии 4.0 (reference architecture model Industry 4.0);

SCM — управление логистическими цепочками (supply chain management).

4 Соответствие типовой архитектуре CPSMT

Архитектура CPSMT соответствует типовой архитектуре CPSMT, если в рамках конкретных вариантов использования CPSMT реализованы архитектурные концепции и возможности, определенные в настоящем стандарте.

5 Цели и задачи типовой архитектуры CPSMT

Типовая архитектура CPSMT определяет обобщенную интеллектуальную систему управления умными станками для поддержки Индустрии 4.0 и умного производства с использованием КФС. Типовая архитектура является руководством для проектировщиков интеллектуальных систем управления умными станками и направлена на формирование представления об интеллектуальных системах управления умными станками у заинтересованных сторон.

Примечание — Примерами заинтересованных сторон являются MTB, изготовители систем ЧПУ и других систем управления умными станками, поставщики решений, разработчики приложений, поставщики сервисов, потребители и конечные пользователи.

Типовая архитектура CPSMT способствует достижению следующих целей стандартизации:

а) обеспечение ясной и однозначной коммуникации между всеми заинтересованными сторонами интеллектуальных систем управления умными станками;

б) обеспечение интероперабельности интеллектуальных систем управления умными станками с соответствующими аппаратными устройствами, программным обеспечением, сервисными и производственными системами;

- с) обеспечение качества/возможностей интеллектуальных систем управления умными станками;
- д) обеспечение использования интеллектуальных систем управления умными станками;
- е) обеспечение планомерного развития и модификации интеллектуальных систем управления умными станками.

На рисунке 1 представлен контекст описания типовой архитектуры CPSMT, учитывающий различные точки зрения на архитектуру и составленный на основе описания архитектуры в ГОСТ Р 57100.

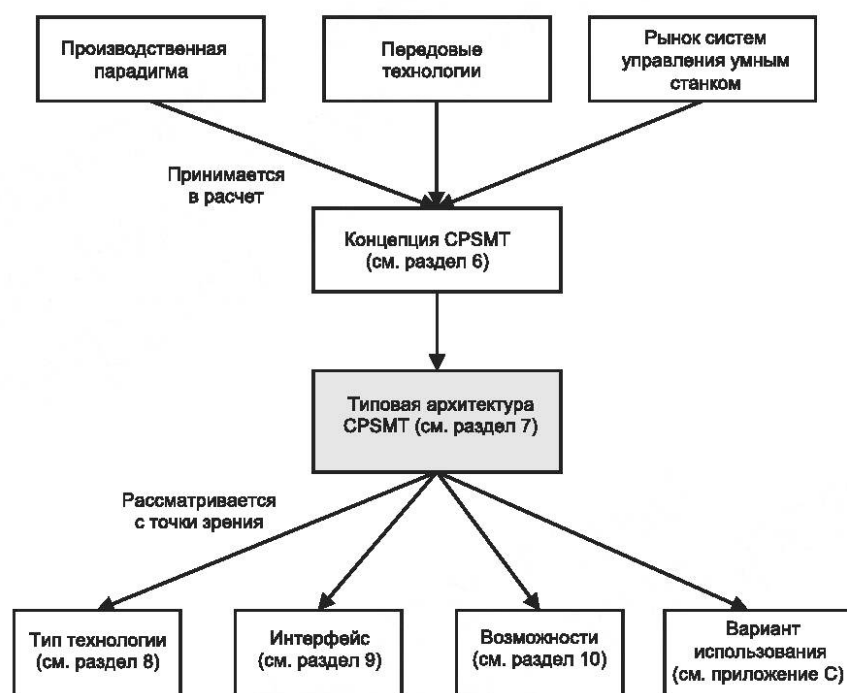


Рисунок 1 — Контекст описания типовой архитектуры CPSMT

Согласно рисунку 1, настоящий стандарт включает в себя следующие описания:

- концепцию CPSMT (см. раздел 6);
 - типовую архитектуру CPSMT (см. раздел 7);
 - типовую архитектуру CPSMT с точки зрения типа производственной технологии (см. раздел 8);
 - типовую архитектуру CPSMT с точки зрения интерфейса (см. раздел 9);
 - типовую архитектуру CPSMT с точки зрения возможностей (см. раздел 10);
 - типовую архитектуру CPSMT с точки зрения вариантов использования (см. приложение С).
- Положения разделов 7—10 определяют основные принципы CPSMT.

6 Концепция CPSMT

Интеллектуальная система управления умным станком должна поддерживать умное производство в цехе. CPSMT является интеллектуальной системой управления умным станком, реализующей умное производство в цехе путем использования КФС.

Концепция CPSMT включает:

- высокоуровневые концепции, в том числе:
 - умное производство;
 - концепцию Индустрия 4.0;
 - КФС;
- технологии внедрения современных интеллектуальных систем управления умными станками;
- передовые технологии, в том числе:
 - станки/технологии машинной обработки;
 - интернет вещей/ИКТ;
 - автономное управление;

- цифровой двойник;
- прогностическое техническое обслуживание;
- аналитику больших данных;
- ИИ;
- моделирование и симуляцию;
- периферийные/туманные/облачные вычисления;
- SFCS;
- компьютеризированные X и устаревшие интерфейсы.

Возможности CPSMT включают:

- а) автономную работу с аномалиями умных станков (см. 10.2) на основе анализа больших данных, ИИ и технологии цифровых двойников путем мониторинга, анализа, планирования и выполнения;
- б) взаимодействие с интеллектуальными производственными системами производственного предприятия (см. раздел 9) для оптимизации производственных систем цеха и офисного помещения.

Примечание — См. приложение А.

7 Типовая архитектура CPSMT

7.1 Общие сведения

Типовая архитектура CPSMT представляет собой систему систем. Отдельные системы объединяются и интегрируются. На рисунке 2 показана типовая архитектура CPSMT.

Точка зрения на типовую архитектуру CPSMT от цели, масштаба и возможностей заинтересованной стороны.

В настоящем стандарте типовая архитектура CPSMT представлена с точки зрения управления и эксплуатации. Внутреннее и внешнее взаимодействие систем осуществляется через интерфейсы.

Примечание — Варианты использования типовой архитектуры CPSMT приведены в приложении С.

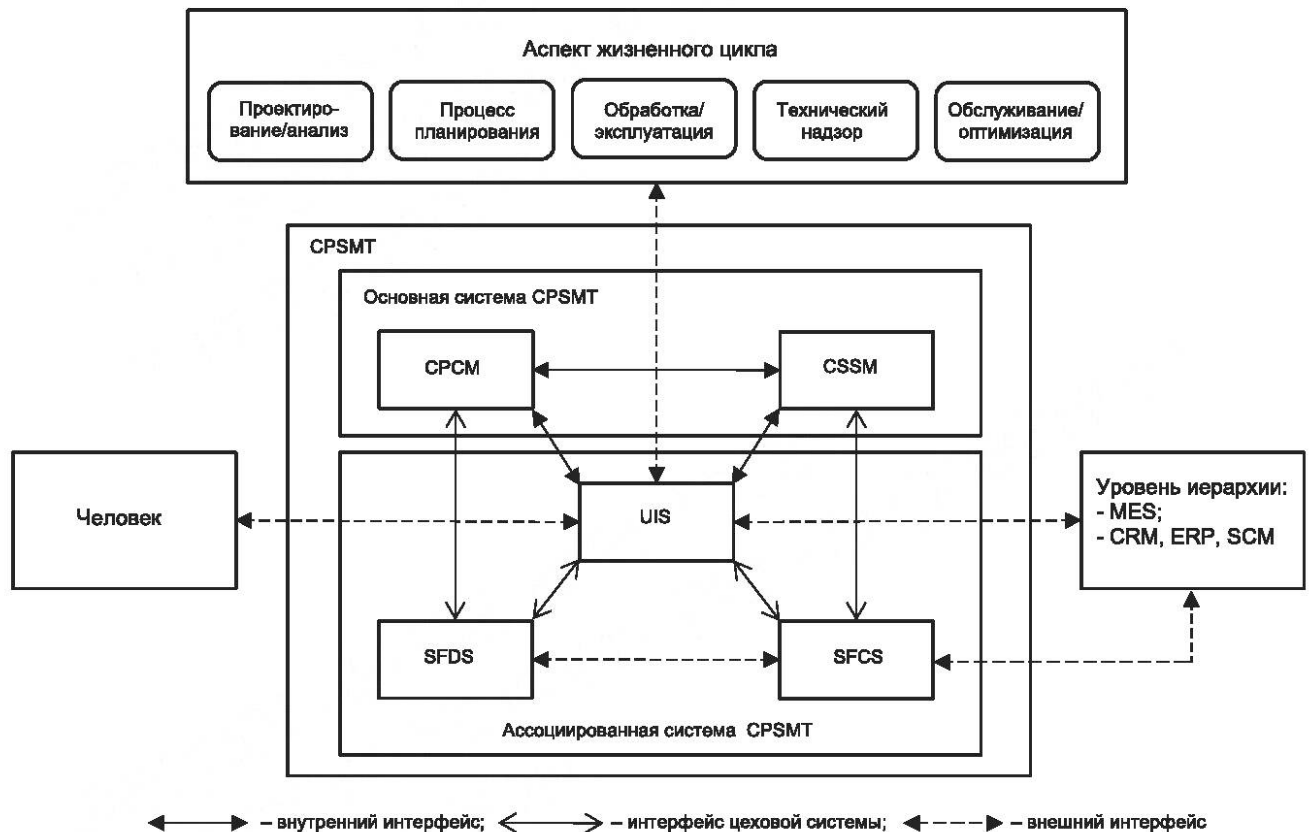


Рисунок 2 — Типовая архитектура CPSMT

CPSMT включает в себя первичную систему CPSMT и ассоциированную систему CPSMT. Первичная система CPSMT состоит из CPCM и CSSM (см. 10.2).

Примечания

1 Примером CPCM является умный станок с расширенным управлением технологического процесса и автоматизированной средой подключения к роботу для обработки материалов.

2 Примером CSSM является вычислительное устройство для умного станка, которое собирает данные датчика вибрации и акустической эмиссии, а также определяет износ инструмента и прогнозирует остаточный срок службы.

Ассоциированная система CPSMT включает в себя SFDS, SFCS и UIS (см. 10.2 —10.6).

Примечания

1 Примером SFDS является набор устройств в цехе для загрузки или разгрузки деталей или транспортных устройств, взаимодействующих с системой умных станков.

2 Примером SFCS является контроллер цеха, который используется для отслеживания, планирования и составления отчетов о работе цеха.

3 Примером UIS является усовершенствованная консоль управления умным станком или внешний ЧМИ с возможностью коммуникации с внешними сущностями и системами умных станков.

CPSMT взаимодействует с внешними сущностями (например, людьми), аспектами жизненного цикла и уровнями иерархии через связи между UIS и CPCM/CSSM, SFDS и SFCS.

7.2 Умный станок с киберфизическим управлением (CPCM)

CPCM должна управляться схемой киберфизического управления, что обеспечивает возможности, указанные в 10.2—10.4. CPCM обменивается данными с CSSM, SFCS, SFDS, UIS, датчиками и контроллером умного станка.

Схема киберфизического управления в CPCM должна выполнять генерацию управляющих инструкций для управления умным станком на основе:

- a) данных, полученных от контроллера, UIS и датчиков в жестком режиме реального времени;
- b) данных, полученных от CSSM в мягком режиме реального времени.

Тип контроллера (например, программируемый логический контроллер, контроллер умного станка, контроллер двигателя, контроллер лазера) должен быть определен на этапе реализации.

Схема киберфизического управления должна предоставлять инструкции по управлению умным станком на основе данных от SFCS как в событийном, так и в периодическом режимах.

CPCM должна получать и управлять инженерными данными от UIS и/или оператора, например данные о корпусе станка и программе обработки [1], [2].

Должно быть обеспечено взаимодействие с SFDS. Это может быть сделано путем прямого доступа к системе управления умным станком через соответствующий интерфейс сигналов управления.

Собранные данные от CPCM должны быть переданы в UIS и CSSM.

Примечание — Элементы CPCM определяются типом технологии производства (см. ПНСТ 855—2023 и [3]).

7.3 Система киберподдержки умного станка (CSSM)

CSSM должна собирать:

- данные станка через датчики и контроллеры;
 - контекстные данные о станках, такие как программа обработки деталей из UIS или от оператора.
- CSSM должна выполнять функции контроля.

Рекомендуется, чтобы CSSM проводила анализ (включая прогнозирование и диагностику) и планирование (включая моделирование и оптимизацию).

Данные, созданные в CSSM во время мониторинга, анализа и планирования, должны быть сохранены.

Данные, созданные или сохраненные в CSSM, должны быть переданы в CPCM, SFCS и в UIS.

Примечание — Элементы CSSM определяются типом технологии производства (см. ПНСТ 855—2023 и [3]).

7.4 Система цеховых устройств (SFDS)

Цеховое устройство может быть с контроллерами или без контроллеров.

Цеховое устройство с контроллерами может иметь свой блок КФС и систему киберподдержки.

Каждое устройство в SFDS может получать контекстные данные путем запроса у UIS.

Должно быть обеспечено взаимодействие с CPCM. Это может быть сделано с помощью интерфейса управляющего сигнала.

Выходные данные SFCS могут передаваться на другие устройства для согласования с работой на уровне цеха. Собранные и сгенерированные данные из SFDS могут быть переданы в UIS и SFCS.

Примечания

1 Элементы SFDS определяются типом технологии производства (см. ПНСТ 855—2023 и [3]).

2 Дополнительная информация о SFDS приведена в приложении В.

7.5 Система управления цехом (SFCS)

SFCS должна взаимодействовать с CPCM и CSSM для получения всех соответствующих данных.

SFCS может взаимодействовать с SFDS для доставки решений на другие устройства в SFDS с целью оптимизации ключевых показателей эффективности (KPI) производства.

SFCS может взаимодействовать с UIS для обмена данными.

SFCS может выполнять мониторинг, анализ (включая прогнозирование и диагностику), планирование (включая моделирование и оптимизацию) и выполнение на основе обработки данных и технологии цифровых двойников аналогично CSSM.

Выходные данные SFCS (например, план распределения задач) должны передаваться в CPCM и могут передаваться на устройства в SFDS. Другие данные, сгенерированные в SFCS, могут храниться или передаваться на уровень иерархии, аспекты жизненного цикла и оператору через UIS.

7.6 Система унифицированного интерфейса (UIS)

UIS должна получать данные:

- от CPCM, т. е. данные датчика и данные контроллера;
- CSSM.

UIS должна доставлять данные от оператора к CPCM и CSSM.

UIS должна доставлять контекстные данные с уровня иерархии и аспектов жизненного цикла в CPCM и CSSM.

UIS может доставлять контекстные данные с уровня иерархии, аспектов жизненного цикла и от оператора в SFDS и SFCS.

Конкретная структура UIS определяется целями реализации, поэтому выходит за рамки настоящего стандарта. UIS может быть реализована как усовершенствованная консоль ЧПУ или внешний ЧМИ, как указано в 7.1.

UIS не следует реализовывать в обход прямых соединений между CPCM, CSSM, SFDS и SFCS.

8 Типовая архитектура CPSMT с точки зрения технологии производства

Умный станок является важнейшим производственным ресурсом класса оборудования для изготовления изделий по различным технологиям, включая:

- субтрактивное производство (например, резка);
- аддитивное производство (например, наложение);
- формообразующее производство (например, гибка);
- другие технологии производства.

Типовая архитектура CPSMT, включая компоненты и интерфейсы между компонентами CPSMT, может изменяться в зависимости от типа технологии производства.

9 Интерфейсы типовой архитектуры CPSMT

9.1 Общие сведения

В настоящем разделе установлены требования к интерфейсам типовой архитектуры CPSMT.

9.2 Интерфейс между CPCM и CSSM

CPCM и CSSM связаны через прямой интерфейс. Целью данного интерфейса является обработка аномалий в системе умного станка (см. 10.2) на основе анализа данных и цифрового двойника посредством мониторинга, анализа, планирования и выполнения.

Интерфейс между CPCM и CSSM должен быть установлен.

9.3 Интерфейс между CPCM и SFDS

CPCM и SFDS связаны через прямой интерфейс. Целью данного интерфейса является обмен данными в автономном режиме (см. 10.2), включая:

- автоматическую установку заготовки на паллет;
- систему подачи инструмента;
- устройства для обработки материалов, т. е. роботы.

Интерфейс между CPCM и SFDS рекомендуется установить.

9.4 Интерфейс между CPCM и SFCS

CPCM и SFCS связаны через прямой интерфейс. Целью данного интерфейса является обмен данными для улучшения KPI (см. 10.3), включая:

- перепланирование операций;
- перераспределение устройств.

Интерфейс между CPCM и SFCS рекомендуется установить.

9.5 Интерфейс между CPSMT и аспектами жизненного цикла через UIS

CPSMT связана с аспектами жизненного цикла через UIS. Целью данного интерфейса является обмен данными жизненного цикла, включая:

- проектирование/анализ;
- планирование процесса;
- обработку/эксплуатацию;
- технический осмотр;
- обслуживание/оптимизацию.

Интерфейс между CPSMT и аспектами жизненного цикла рекомендуется установить.

9.6 Интерфейс между CPSMT и уровнем иерархии через UIS

CPSMT связана с уровнем иерархии через UIS. Целью данного интерфейса является обмен данными, включая:

- мониторинг;
- анализ;
- планирование;
- диагностику;
- моделирование;
- оповещения.

Интерфейс между CPSMT и уровнем иерархии рекомендуется установить.

9.7 Интерфейс между CPSMT и оператором через UIS

CPSMT связан с оператором через UIS. Целью данного интерфейса является обмен данными о станке и цехе, включая:

- мониторинг;
- анализ;
- планирование;
- диагностику;

- моделирование;
- оповещения.

Интерфейс между CPSMT и оператором должен быть установлен.

10 Возможности CPSMT

10.1 Общие сведения

Архитектура CPSMT должна обеспечивать реализацию возможностей, определенных в следующих подразделах.

Примечание — Как указано в области применения, настоящий стандарт не определяет способ реализации возможностей.

10.2 Умный станок с автономной обработкой аномалий

Первичная система CPSMT должна принимать меры в автономном режиме при возникновении аномалий.

Примечания

1 Типы аномалий умного станка зависят от типа технологии производства (см. ПНСТ 855—2023 и [3]).

2 Классы аномалий приведены в А.4.

10.3 Умный станок с автономным взаимодействием с различными цеховыми устройствами

Первичная система CPSMT должна быть способна взаимодействовать с различными устройствами в автономном режиме, например системой обработки, роботами.

10.4 Умный станок с автономным взаимодействием с системой управления цехом (SFCS)

Первичная система CPSMT должна быть способна взаимодействовать с SFCS в автономном режиме с целью улучшения KPI на уровне цеха, например сроков изготовления, качества продукции или себестоимости продукции.

Примечание — KPI для управления производственными операциями приведены в ГОСТ Р ИСО 22400-2.

10.5 Умный станок, взаимодействующий с аспектами жизненного цикла

CPSMT должна иметь возможность обмена данными по аспектам жизненного цикла, включая проектирование/анализ, планирование процессов, механическую обработку и эксплуатацию, технический контроль, обслуживание и оптимизацию.

Примечание — Данная возможность необходима для доступа к данным в устаревших системах, например компьютерного проектирования, инженерно-технических работ, планирования процессов, производства, контроля, которые будут использоваться для реализации возможностей CPSMT. Путем отправки данных управления и результатов работы из CPSMT в устаревшие системы могут быть обновлены данные жизненного цикла. Таким образом могут быть реализованы парадигмы обработки с обратной связью, оптимизации жизненного цикла и эволюции цифрового двойника.

10.6 Умный станок, взаимодействующий с уровнем иерархии

CPSMT должен иметь возможность обмена данными на уровне иерархии.

Примечание — Данная возможность способствует отображению мониторинга и анализа, связанного с управлением KPI производства на уровне иерархии. Таким образом умный станок в цехе может быть приведен в соответствие с динамическими изменениями производственного предприятия, соответствующими концепции Индустрии 4.0.

10.7 Умный станок с поддержкой заинтересованных сторон

CPSMT должен оказывать поддержку заинтересованным сторонам путем предоставления различных функций, например отображения данных мониторинга и анализа данных, связанных с эксплуатацией и обслуживанием умных станков.

Приложение А (справочное)

Справочные сведения о CPSMT

А.1 Общие положения

Умное производство — это производство, улучшающее аспекты производительности за счет комплексного и интеллектуального использования процессов и ресурсов в «кибернетической», «физической» и «человеческой» сферах для создания и предоставления продуктов и услуг, которые взаимодействуют с другими областями в производственно-сбытовой цепи предприятия.

Умное производство включает продукты, встроенные в решения по автоматизации, и технологически оснащенные устройства, способные к вычислительной работе и автономному принятию решений. Отличием от традиционного производства являются улучшенные возможности ИКТ, доступность для широкого круга заинтересованных сторон, возможность сбора, анализа и совместного использования данных, интеллектуальное использование ресурсов и взаимосвязь всех элементов друг с другом.

Умный станок является основным средством производства, усовершенствованным благодаря передовым технологиям и производственным парадигмам.

А.2 Аналогия модели RAMI 4.0 с киберфизической точки зрения

RAMI 4.0 — это репрезентативная типовая модель умного производства (SMRM).

RAMI 4.0 является типовой моделью Индустрии 4.0 (см. *ГОСТ Р 59799*). Основной целью концепции Индустрия 4.0 является облегчение взаимодействия и сотрудничества между техническими объектами, т. е. объекты должны быть виртуально представлены и взаимосвязаны. В контексте производства техническим объектом является объект, представляющий ценность для организации и представляющий собой не только физические объекты, но и нематериальные объекты, например идеи, архивы и программное обеспечение.

Модель RAMI 4.0 в трехкоординатном отображении представлена на рисунке А.1 и имеет три оси координат:

- ось координат «Уровни иерархии»: уровни иерархии функциональных моделей, которые описывают уровни функций и областей управления, связанных с производственными организациями. Уровни выполняют разные функции и работают в разных временных масштабах. Полевые устройства и продукты включены в качестве компонентов, составляющих физический производственный процесс (см. *ГОСТ Р МЭК 62264-1* и *ГОСТ Р МЭК 61512-1*);
- ось координат «Уровни»: структура для описания архитектурных аспектов компонентов и систем Индустрии 4.0 (см. *ГОСТ Р 59799*);
- ось координат «Жизненный цикл»: количество процессов, которые объект проходит от создания до ликвидации.

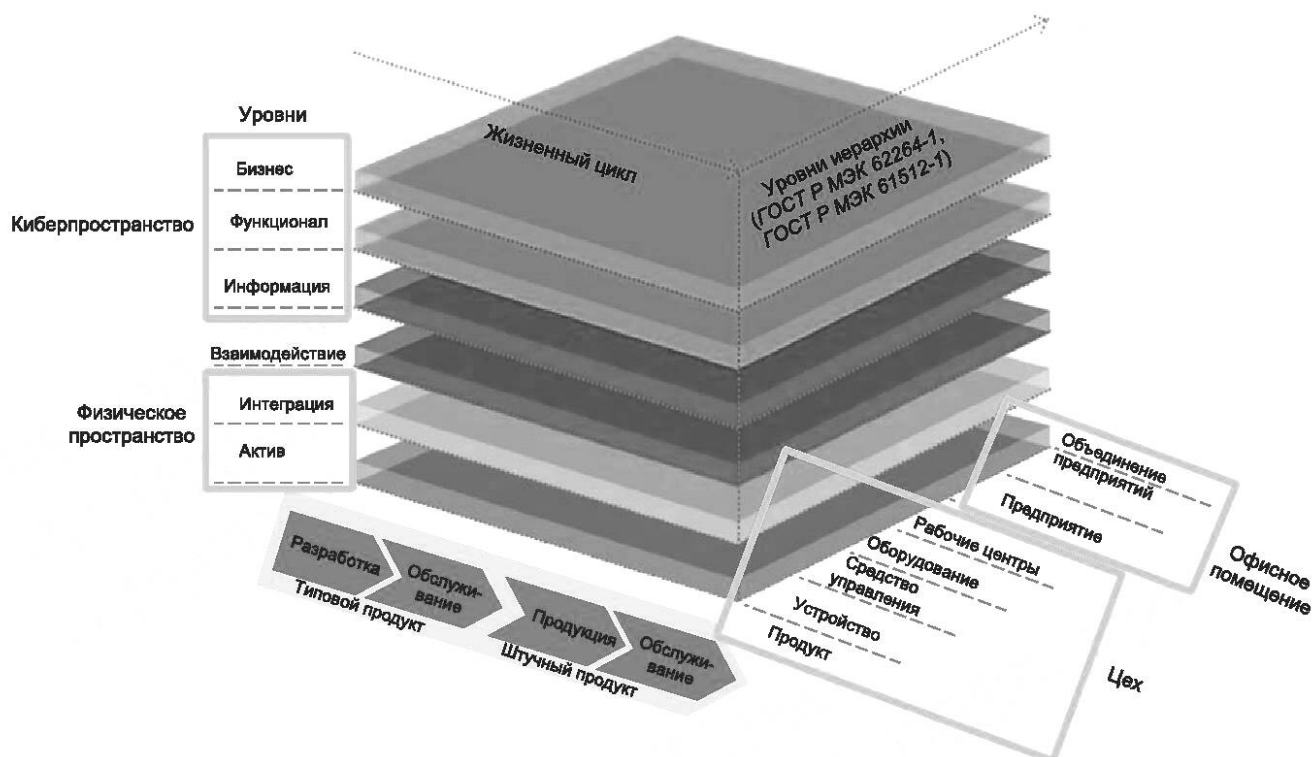


Рисунок А.1 — Аналогия модели RAMI 4.0 с киберфизической точки зрения (см. ГОСТ Р 59799)

С киберфизической точки зрения модель RAMI 4.0 имеет следующие преобразования.

Ось координат «Уровни» RAMI 4.0 включает две области:

- «физическое пространство», в том числе активы и интеграцию;
- «киберпространство», в том числе бизнес-уровень, функциональный и информационный уровни.

Ось координат «Уровни иерархии» RAMI 4.0 включает две области:

- «офисное помещение», в том числе коммуникации с внешними предприятиями;
- «цех», в том числе продукт, устройство, средство управления, оборудование и рабочие центры.

Ось координат «Жизненный цикл» применима как к физическому пространству, так и к киберпространству.

А.3 Киберфизическая производственная система (КФПС)

По аналогии с А.2, модель RAMI 4.0 для производственных систем может быть преобразована в модель КФПС.

Концепция CPMS представлена на рисунке А.2 следующим образом:

- в дополнение к трем аспектам модели RAMI 4.0, имеется киберфизический аспект;
- физическое пространство представлено производственной системой, состоящей из цеха и офисного помещения и связанной с киберпространством;
- киберпространство представлено CSS.

На основе принципа интеллектуальных производственных систем, КФПС может быть составлена следующим образом:

- «офисное помещение» состоит из CRM, PLM/ERP и SCM;
- «цех» включает продукцию, процесс и ресурс, к которому принадлежит умный станок;
- CSS включает мониторинг, анализ, планирование и выполнение на основе аналитики больших данных и цифрового двойника.

Три аспекта модели RAMI 4.0 могут быть сопоставлены с киберфизическим аспектом следующим образом:

- «продукт», «устройство», «средство управления», «оборудование» и «рабочий центр» могут быть сопоставлены с «цехом»;
- «предприятие» и «объединение предприятий» могут быть сопоставлены с «офисным помещением»;
- «информация», «функция» и «бизнес» могут быть сопоставлены с «киберподдерживающей системой»;

- «типовой продукт и штучный продукт» аспектов жизненного цикла в типовом производстве могут быть сопоставлены с типовым жизненным циклом производственной системы, состоящим из «проектирования», «разработки», «эксплуатации», «обслуживания», «сервиса» и «оптимизации».

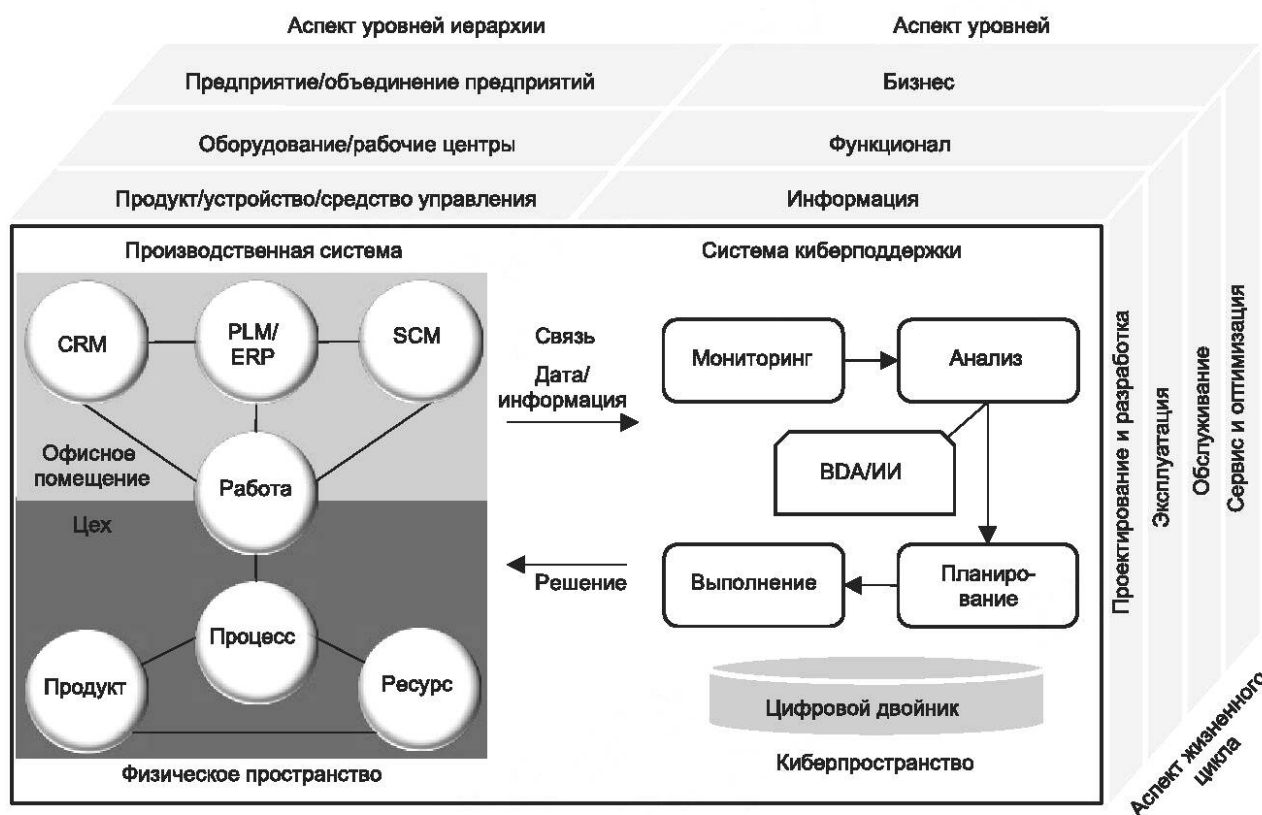


Рисунок А.2 — КФПС

A.4 CPSMT

Концепция CPSMT получается из концепции на рисунке А.2 путем замены производственной системы в физическом пространстве CPMS на умный станок (см. рисунок А.3).

В киберфизическом аспекте станок в физическом пространстве взаимодействует с CSS через двунаправленный интерфейс для реализации интеллектуальных функций на основе мониторинга, анализа, планирования и выполнения с использованием аналитики больших данных и цифрового двойника. Умный станок взаимодействует с цехом как элемент цеховой системы.

В аспекте уровня иерархии умный станок напрямую взаимодействует с «продуктом», «устройством», «средством управления», «оборудованием» и «рабочим центром». Умный станок косвенно взаимодействует с «предприятием» и «объединением предприятий».

В аспекте уровней для умного станка не имеет значения «бизнес», поэтому аспект включает «актив», «интеграцию», «взаимодействие», «информацию» и «функционал».

В аспекте жизненного цикла умного станка может быть определен как:

- проектирование (автоматизированное проектирование);
- анализ (автоматизированная инженерия);
- планирование процессов (автоматизированное планирование процессов);
- обработка с ЧПУ;
- технический контроль (компьютеризированный контроль);
- обслуживание и оптимизация.

В современном понимании под интеллектуальностью станков подразумевают «нулевое время простоя» и «нулевые дефекты», определяя аномалии:

- корпуса умного станка;
- режущих инструментов;
- заготовки (качество);
- окружающей среды (энергия, выбросы и отходы).

Для обеспечения интеллектуальности станка необходимо проводить мониторинг, анализ, планирование и выполнение состояния станка на основе аналитики больших данных и цифрового двойника посредством двунаправленной связи.

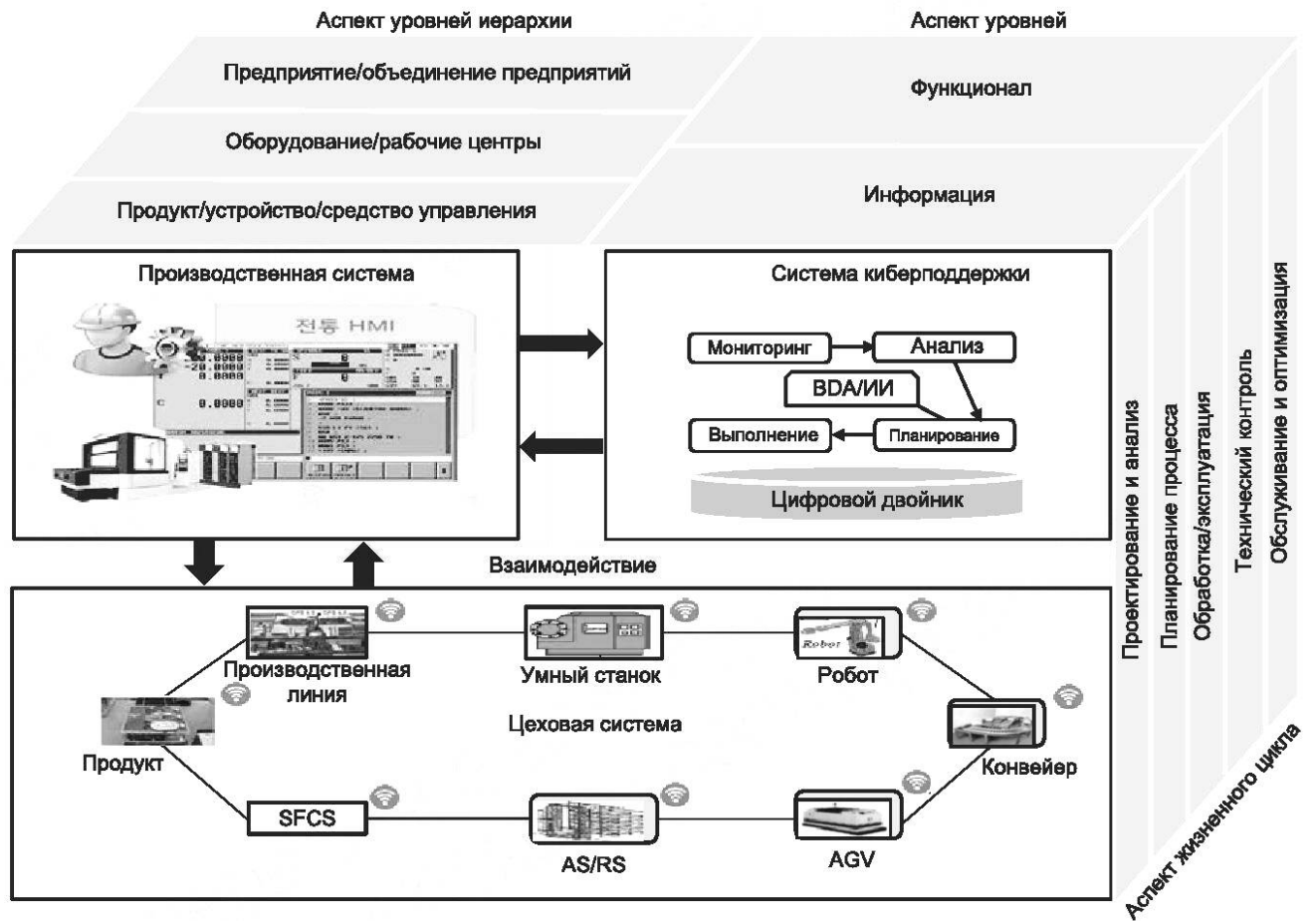


Рисунок А.3 — Концепция CPSMT

Приложение В
(справочное)

SFDS с точки зрения компонента Индустрии 4.0 и административной оболочки

Компонент Индустрии 4.0 — это всемирно идентифицируемый участник, состоящий из административной оболочки и актива в системе Индустрии 4.0 и предлагающий сервисы с определенными характеристиками качества обслуживания.

Административная оболочка и компоненты Индустрии 4.0 служат основой для совместной работы на уровне цеха (см. 10.3), взаимодействия с аспектами жизненного цикла (см. 10.4), взаимодействия с уровнем иерархии (см. 10.5) и взаимодействия с заинтересованными сторонами (см. 10.6) в качестве схемы обмена данными, независимого от платформы. Связь через административную оболочку называется «связью, совместимой с Индустрией 4.0». Каждый CSS имеет интерфейс, функция которого сопоставлена с функцией административной оболочки.

Примечание — Подробная информация об административной оболочке и компоненте Индустрии 4.0 приведена в ГОСТ Р 59799.

На рисунке В.1 представлена концепция SFDS с точки зрения компонента Индустрии 4.0 и административной оболочки с учетом следующих положений:

- CPCM обменивается данными с CPCR для координации движения посредством связи между устройствами;
- CPCM взаимодействует с CSSM для обеспечения интеллектуальности умного станка;
- CPCR взаимодействует с CSSR для обеспечения интеллектуальности умного станка;
- CPCM, CSSM, CPCR и CSSR взаимодействуют с SFCS для совместной работы;
- CPCM, CSSM, CPCR и CSSR взаимодействуют с UIS для обмена данными.

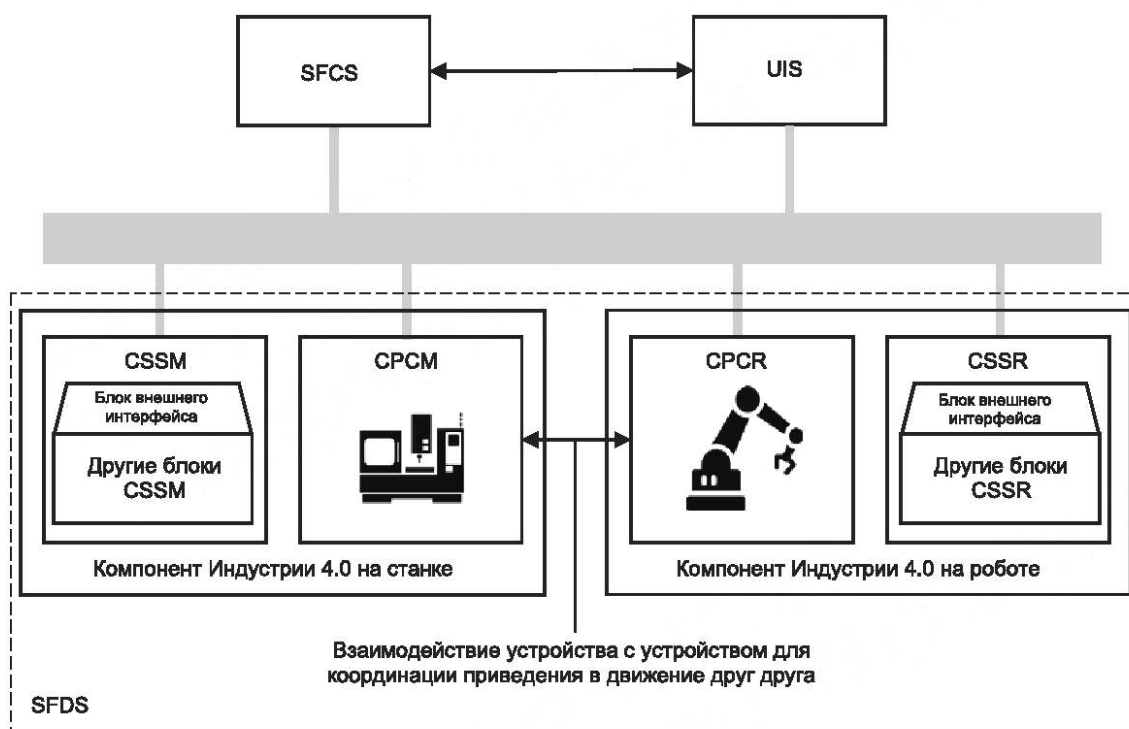


Рисунок В.1 — SFDS с точки зрения компонента Индустрия 4.0 и административной оболочки

Приложение С
(справочное)

Примеры вариантов использования типовой архитектуры CPSMT

С.1 Общие сведения

Типовая модель CPSMT является руководством для различных заинтересованных сторон:

- стороны поставщика, включая поставщиков ЧПУ, МТВ и поставщиков услуг, в качестве средства для проектирования разработки системы продукта;
- стороны конечного пользователя, включая малые предприятия, средние и крупные отрасли, в качестве средства проектирования внедрения системы.

С.2 Пример варианта использования для поставщика

На рисунке С.1 показан пример концепции проектирования с использованием типовой архитектуры CPSMT с учетом следующих положений:

- верхняя часть рисунка представляет собой концепцию рабочей ячейки, рассматриваемую поставщиком МТВ/ЧПУ;
- нижняя сторона представляет собой отображение рабочей ячейки на типовую архитектуру CPSMT.

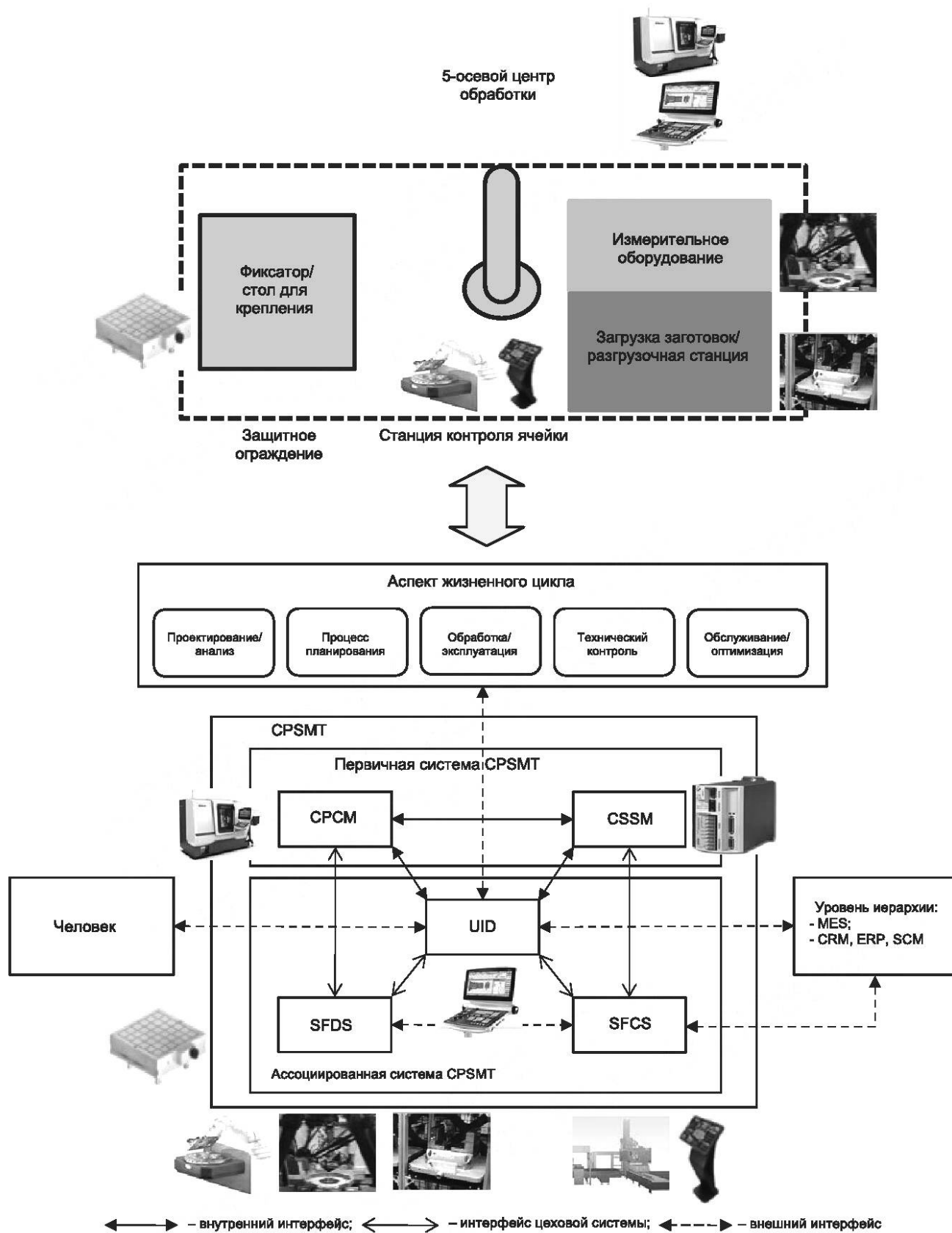


Рисунок С.1 — Использование настоящего стандарта при проектировании станка

С.3 Пример варианта использования для конечного пользователя

На рисунке С.2 представлены принципы внедрения технологий Индустрии 4.0, включающие подготовку, анализ, творческий проект, оценку и реализацию [4].

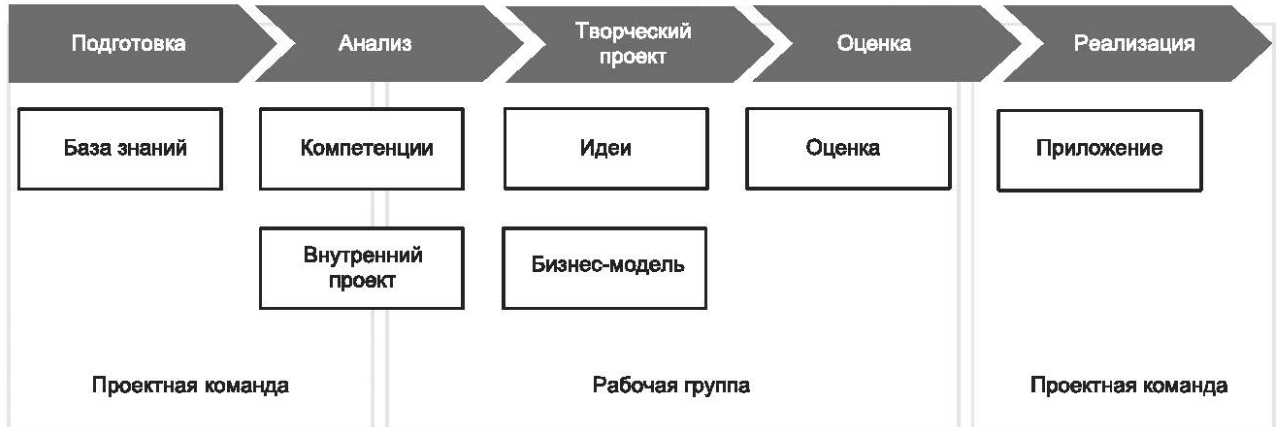


Рисунок С.2 — Принципы внедрения технологий Индустрии 4.0

Покупка высокотехнологичной системы CPSMT без проектирования внедрения малоперспективна, так как это не просто автономная машина, а система систем.

Типовая архитектура CPSMT предоставляет следующие рекомендации конечным пользователям:

- перед внедрением первичной системы CPSMT рекомендуется спроектировать интеграцию системы в существующую инфраструктуру;
- рекомендуется определить способ интеграции/взаимодействия с (существующей) SFDS;
- рекомендуется определить способ интеграции/взаимодействия с (существующей) SFCS;
- рекомендуется определить способ интеграции/взаимодействия с (существующим) аспектом жизненного цикла;
- рекомендуется определить способ интеграции/взаимодействия с (существующим) аспектом уровня иерархии;
- рекомендуется определить способ интеграции/взаимодействия с (существующим) ЧМИ.

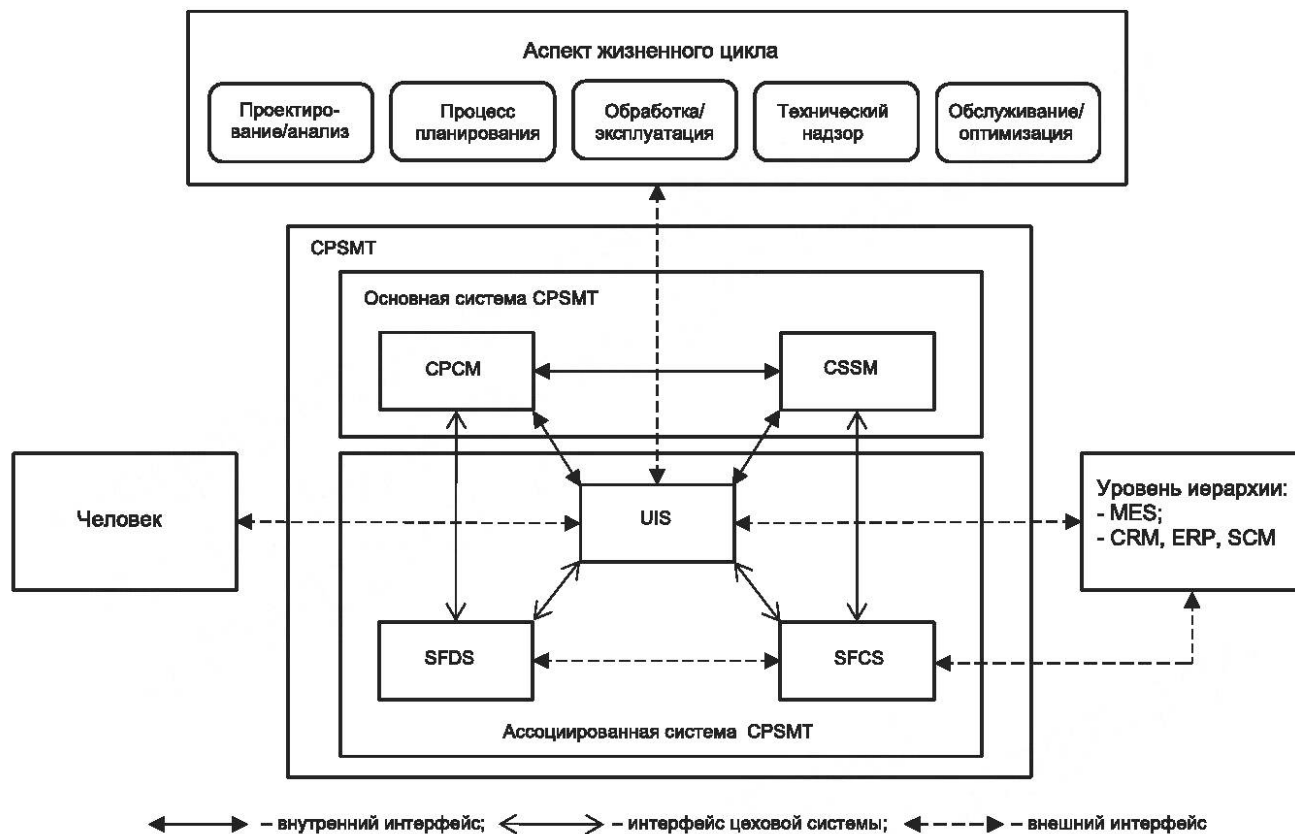


Рисунок С.3 — Первичная система CPSMT и инфраструктура

Библиография

- [1] ИСО 14649-1:2003 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Управление физическими устройствами. Модель данных для устройств числового программного управления. Часть 1. Общее представление и основные принципы (Industrial automation systems and integration — Physical device control — Data model for computerized numerical controllers — Part 1: Overview and fundamental principles)
- [2] ИСО 6983-1:2009 Автоматизированные системы и интеграция. Числовое программное управление станком. Формат программы и определение адресных слов. Часть 1. Формат данных для систем управления позиционированием, прямолинейным перемещением и перемещением по контуру (Automation systems and integration — Numerical control of machines — Program format and definitions of address words — Part 1: Data format for positioning, line motion and contouring control systems)
- [3] ИСО 23704-3:2023 Общие требования к киберфизическим системам управления умным станком (CPSMT). Часть 3. Типовая архитектура CPSMT для аддитивного производства [General requirements for cyber-physically controlled smart machine tool systems (CPSMT) — Part 3: Reference architecture of CPSMT for additive manufacturing]
- [4] Guideline Industrie 4.0: Guiding principles for the implementation of Industrie 4.0 in small and medium sized business. VDMA, 2016

УДК 004.738:006.354

ОКС 25.040.20

Ключевые слова: умное производство, киберфизическая система, киберфизическая система управления станком, типовая архитектура, Индустрия 4.0

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

Сдано в набор 29.11.2023. Подписано в печать 11.12.2023. Формат 60×84%. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,37.

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.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru