
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ



ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ПНСТ
(проект)

НАЦИОНАЛЬНАЯ КИБЕРФИЗИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА

Общие положения

ПНСТ

(проект)

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Ассоциацией участников технологических кружков

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 194 «Киберфизические системы»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от № -ст

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: 115054, г. Москва, улица Щипок, д. 5/7, стр.2,3, комната 21, e-mail: info@tc194.ru и/или в Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии: 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)

© Российский институт стандартизации, оформление, 202_

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
- 2 Нормативные ссылки
- 3 Термины и определения
- 4 Общие положения
- 5 Аппаратные средства НКФП
- 6 Программные средства НКФП
- 7 Протоколы и системы коммуникации НКФП
- 8 Примеры киберфизических сред в рамках НКФП

НАЦИОНАЛЬНАЯ КИБЕРФИЗИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА

Общие положения

National cyber-physical platform. General principles

Срок действия – с 20__-__-__

до 20__-__-__

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает общие положения (принципы) Национальной киберфизической платформы, ее архитектуру и описывает применяемые программные и аппаратные средства.

Настоящий стандарт не устанавливает требований к шифрованию данных и к средствам криптографической защиты информации.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 59026 Информационные технологии. Интернет вещей. Протокол беспроводной передачи данных на основе стандарта LTE в режиме NB-IoT

ГОСТ Р 70036 Информационные технологии. Интернет вещей. Протокол беспроводной передачи данных на основе узкополосной модуляции радиосигнала (NB-Fi)

ГОСТ Р 71168 Информационные технологии. Интернет вещей. Спецификация LoRaWAN RU

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

ПНСТ

(проект)

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 и определения по ПНСТ «Национальная киберфизическая платформа. Термины и определения».

4 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

НКФП – Национальная киберфизическая платформа;

ПЛИС – программируемая логическая интегральная схема;

MIPS – микропроцессор без блокировок в конвейере (Microprocessor without Interlocked Pipeline Stages);

ARM – усовершенствованная RISC-машина (Advanced RISC Machine);

STM32 – 32-разрядный микроконтроллер, разработанный STMicroelectronics.

5 Общие положения

НКФП предназначена для создания и поддержания киберфизических сред, включающих как киберфизические системы, так и отдельные устройства.

Киберфизическая среда представляет собой человеко-машинную, деятельностьную систему, имеющую в основании киберфизическую систему и обладает следующими характеристиками:

- несет социальную функцию и общественную ценность;
- гетерогенная и распределенная в пространстве;
- обладает высоким уровнем автономности (самодостаточности)

функциональных элементов;

- включает в себя каналы и протоколы связи между функциональными элементами;

- имеет систему управления, задающую логику взаимодействия элементов в опоре на модельно-онтологическое описание системы в целом;

- может проектироваться как модифицируемая в ходе реализации и эксплуатации и, следовательно, имеющая неопределенный заранее срок службы.

НКФП представляет собой комплексную среду разработки, производства и последующей доработки аппаратно-программных решений, призванных интеллектуализировать деятельность. Концептуальная архитектура НКФП представлена в виде структурной схемы инструментария («верстака») разработчика киберфизических сред и систем (см. рисунок 1).

Инструменты НКФП можно разделить на три группы, составляющие единство киберфизических систем:

- аппаратные средства (раздел 6);
- программные средства (раздел 7);
- протоколы и системы коммуникации (раздел 8).

Инструментарий НКФП

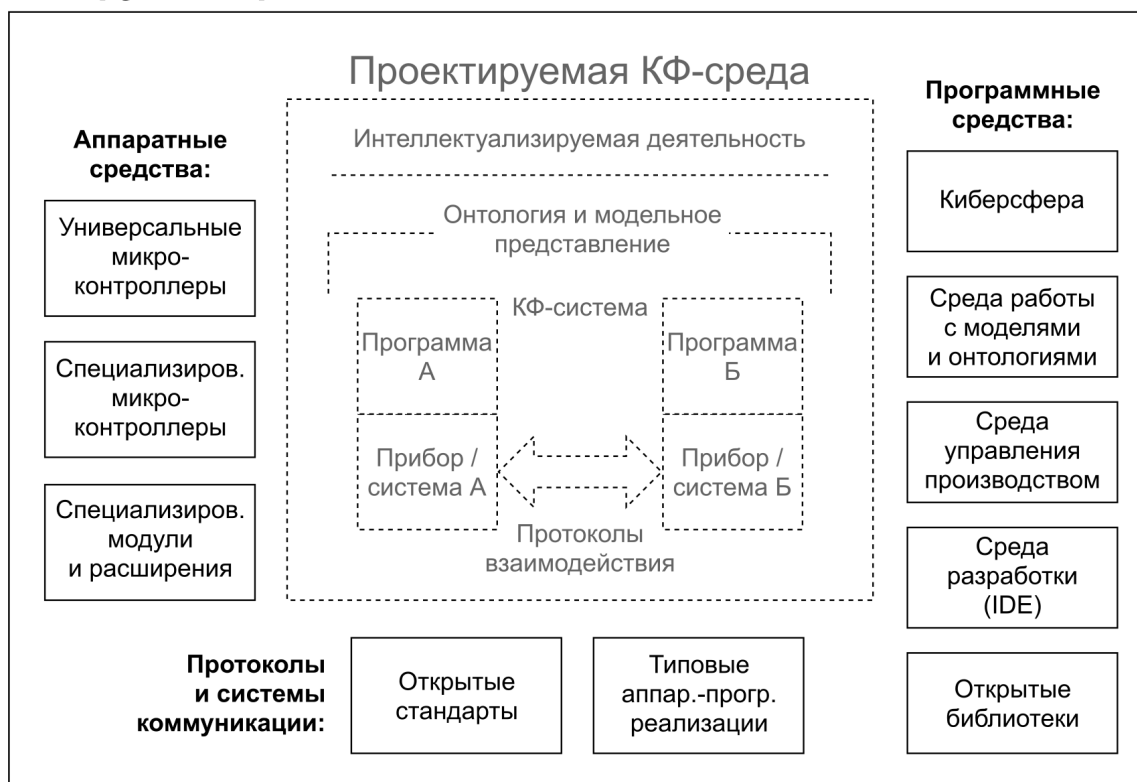


Рисунок 1 – Концептуальная архитектура НКФП в виде инструментария

Единство инструментария НКФП осуществляется посредством проектируемой киберфизической среды, которая представлена через описание интеллектуализируемой деятельности и, одновременно, через описание создаваемой киберфизической системы. Первая может быть представлена с помощью онтологического или модельного представления, вторая — через аппаратные, программные и прочие спецификации.

ПНСТ (проект)

Группы инструментов и отдельные инструменты взаимосвязаны: аппаратные средства программируются в предлагаемой интегрированной среде разработки, реализация моделей и программных решений ограничена представленными модулями, протоколы и системы коммуникации реализуются с помощью предлагаемых аппаратных и программных инструментов.

Типовые требования к архитектуре НКФП включают в себя:

- прозрачность, открытость и документированность платформы, в том числе открытость спецификаций и кода программной части платформы;
- модульность и последовательное развитие компонентов платформы.

6 Аппаратные средства НКФП

Любая киберфизическая система, лежащая в основе киберфизической среды, может быть представлена в виде уровней аппаратной реализации (см. рисунок 2), начиная с физического уровня реализации (который не рассматривается в рамках данного документа) до полноценных киберфизических систем.

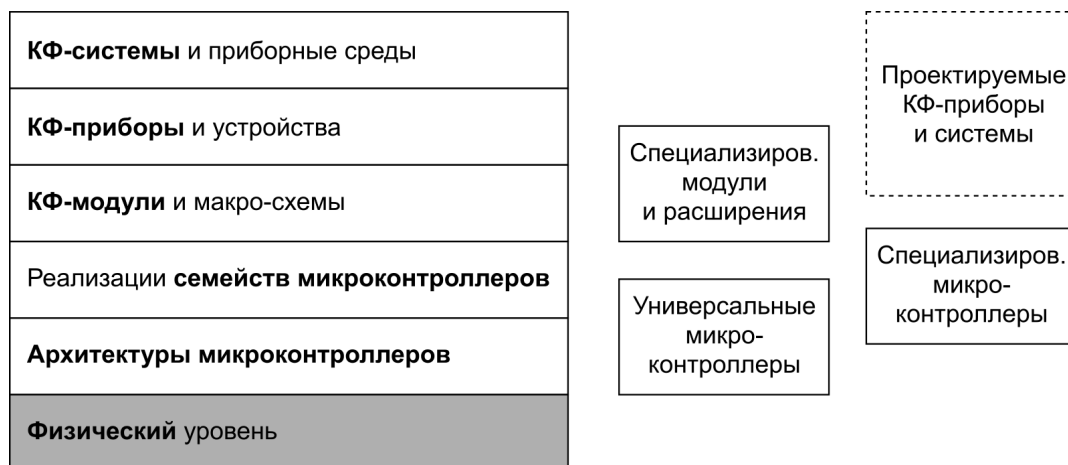


Рисунок 2 – Уровни аппаратной реализации киберфизической системы в соотнесении с аппаратными инструментами НКФП

Над физическим уровнем располагается уровень архитектур микроконтроллеров (например, MIPS), уровень реализации архитектур в виде семейств микроконтроллеров (например, серия STM32 на архитектуре ARM), уровень отдельных киберфизических модулей и макросхем, реализующих определенные функции киберфизических

приборов и систем, наконец, уровни киберфизических приборов и киберфизических систем.

Аппаратные средства НКФП могут быть соотнесены с уровнями аппаратной реализации киберфизических систем, как показано на рисунке 2.

6.1 Общие требования

В рамках НКФП должны быть обеспечены принципы открытости и модульности на всех уровнях аппаратной реализации киберфизической системы: поддержка множества аппаратных архитектур, в том числе открытых (например, RISC-V), а также конкретных их реализаций в виде чипов от широкого круга производителей, обеспечение совместимости киберфизических модулей, связности отдельных приборов и компонентов киберфизических систем посредством открытых протоколов. Это обеспечивается за счет требований к открытости и документированности архитектуры НКФП, расширяемости ее программных компонентов.

6.2 Универсальные микроконтроллеры

К универсальным микроконтроллерам НКФП относятся цифровые микросхемы, направленные на решение широкого класса задач управления киберфизическими устройствами, обеспечивающие базовые вычислительные возможности, совместимые с распространенными системами ввода-вывода (такими как интерфейс UART, шины USB, I2C, CAN или их открытыми аналогами) и программируемые с помощью популярных языков высокого уровня (например, C). Универсальные микроконтроллеры НКФП включают как существующие на международном рынке линейки универсальных микроконтроллеров как AVR Mega или STM32, так и отечественные аналоги таких линеек. Открытая архитектура универсальных микроконтроллеров НКФП позволит встраивать универсальные микроконтроллеры в широкую линейку киберфизических приборов и систем, а также создавать новые киберфизические модули на их основе.

6.3 Специализированные микроконтроллеры

К специализированным микроконтроллерам НКФП относятся цифровые микросхемы, направленные на решения специализированных задач, таких как обработка потокового видео, радиосвязь, аппаратное ускорение графических вычислений или алгоритмов искусственного интеллекта, в т.ч. программируемые с помощью популярных языков высокого уровня. Специализированные микроконтроллеры НКФП также должны разрабатываться на базе открытых архитектур,

что обеспечит совместимость таких микроконтроллеров с универсальными микроконтроллерами, киберфизическими приборами и системами.

6.4 Специализированные модули и расширения

На более высоких уровнях аппаратной реализации киберфизических систем представлены специализированные киберфизические модули, реализуемые на базе доступных электронных компонентов и обеспечивающие критическую функциональность будущих киберфизических устройств и систем. Киберфизические модули предполагают открытую архитектуру и возможность их расширения для обеспечения совместимости с другими системами и дополнительной функциональности. Можно привести следующие примеры первоочередных тематических линеек подобных специализированных киберфизических модулей НКФП:

- универсальные модули управления питанием для устройств и систем;
- системы мониторинга и связи (включая прием, передачу, ретрансляцию с использованием существующих и вновь создаваемых протоколов) для различных сред: радио (от высокопроизводительной передачи до реализации протоколов NB-Fi (см. ГОСТ Р 70036), LoraWAN Ru (см. ГОСТ Р 71168), OpenUNB (см. [1]), NB-IoT (см. ГОСТ Р 59026), МИРТ и аналогов), инфракрасный обмен, акустика и др.;
- контроллеры для умного дома или умного сельского хозяйства с набором необходимых интеллектуальных датчиков и подсистем управления, которые можно комбинировать с существующими на рынке массовыми решениями;
- модули для интерактивного взаимодействия носимых людьми и техникой (беспилотными аппаратами и др.) устройств — систем для игр и состязаний, которые можно адаптировать к различным сценариям.

Специализированные киберфизические модули и их расширения должны создаваться в контексте конкретных прикладных задач, но предполагают вариативность применения, в том числе реализацию разработчиками собственных киберфизических систем в опоре на данные модули.

7 Программные средства НКФП

Программные средства НКФП могут быть соотнесены с уровнями программной реализации киберфизических систем, как показано на рисунке 3.



Рисунок 3 – Уровни программной реализации киберфизической системы в соотнесении с программными инструментами НКФП

В основе программного управления киберфизической системой лежит архитектура вычислительной системы (в т.ч. набор инструкций, регистров и других ее характеристик). В опоре на архитектуры строятся системные компоненты программного обеспечения, в т.ч. слои абстракции аппаратной реализации (HAL), операционные системы и драйверы. Следующим уровнем является генерация кода и компиляция кода, предназначенная для перевода языков высокого уровня, в т.ч. графических, в машинный код или специальные инструкции, характерные для данной архитектуры и системных компонентов. Уровень разработки программного обеспечения включает в себя написание кода, работу с графическим представлением программы, отладку программ. Разработка программного обеспечения на следующем уровне программной реализации киберфизических систем включается в более комплексные процессы управления разработкой и производством (т.н. процессы DevOps), в т.ч. обеспечения совместной полипозиционной разработки, процесса производства киберфизических систем и др. Целостное представление киберфизических систем возможно благодаря работе с уровнем представления онтологий и моделей, лежащих в основе системы, а также анализу данных киберфизических систем.

7.1 Общие требования

Программные средства НКФП должны обеспечивать работу на всех уровнях программной разработки киберфизических систем – от системных компонентов до работы с данными, онтологиями и моделями. Это обеспечиваются совместимостью компонентов, в т.ч. применяемыми открытыми архитектурами, а также открытым кодом программных средств НКФП.

Программные средства НКФП должны быть совместимы с аппаратными средствами НКФП, в т.ч. с различными поддерживаемыми архитектурами вычислительных систем.

7.2 Интегрированная среда разработки (IDE)

Основным уровнем программной составляющей НКФП является среда для разработки киберфизических систем — интегрированная среда разработки (IDE) и более комплексные инструменты на ее основе, включающие САПР, публикуемая под открытым кодом и позволяющая объединить в себе весь цикл разработки систем.

Интегрированная среда разработки включает в себя следующие базовые функции:

- функциональный дизайн систем с использованием графических языков программирования, таких как расширенные иерархические машины состояний;
- непосредственное написание программ и генерация кода с использованием различных языков высокого уровня и компиляторов, в т.ч. генерация кода в опоре на графическое представление программ;
- документирование программ, устройств и процесса разработки;
- совместная работа над проектом, встроенные инструменты коммуникации в ходе разработки систем.

Ключевой особенностью программных средств НКФП является сочетание различных парадигм программирования, в том числе с применением специальных графических языков и сред, включающих прозрачные для пользователя генераторы программного и машинного кода.

Например, создание программ в опоре на язык расширенных иерархических машин состояний позволяет создавать автодокументируемое графическое представление программы, одинаково понимаемое дизайнером интерфейса и программистом, а конечные инструкции для последующей загрузки в микроконтроллер производятся встроенным генератором кода. На рисунке 4 представлен пример программы управления встраиваемой системой, представленной на таком графическом языке программирования.

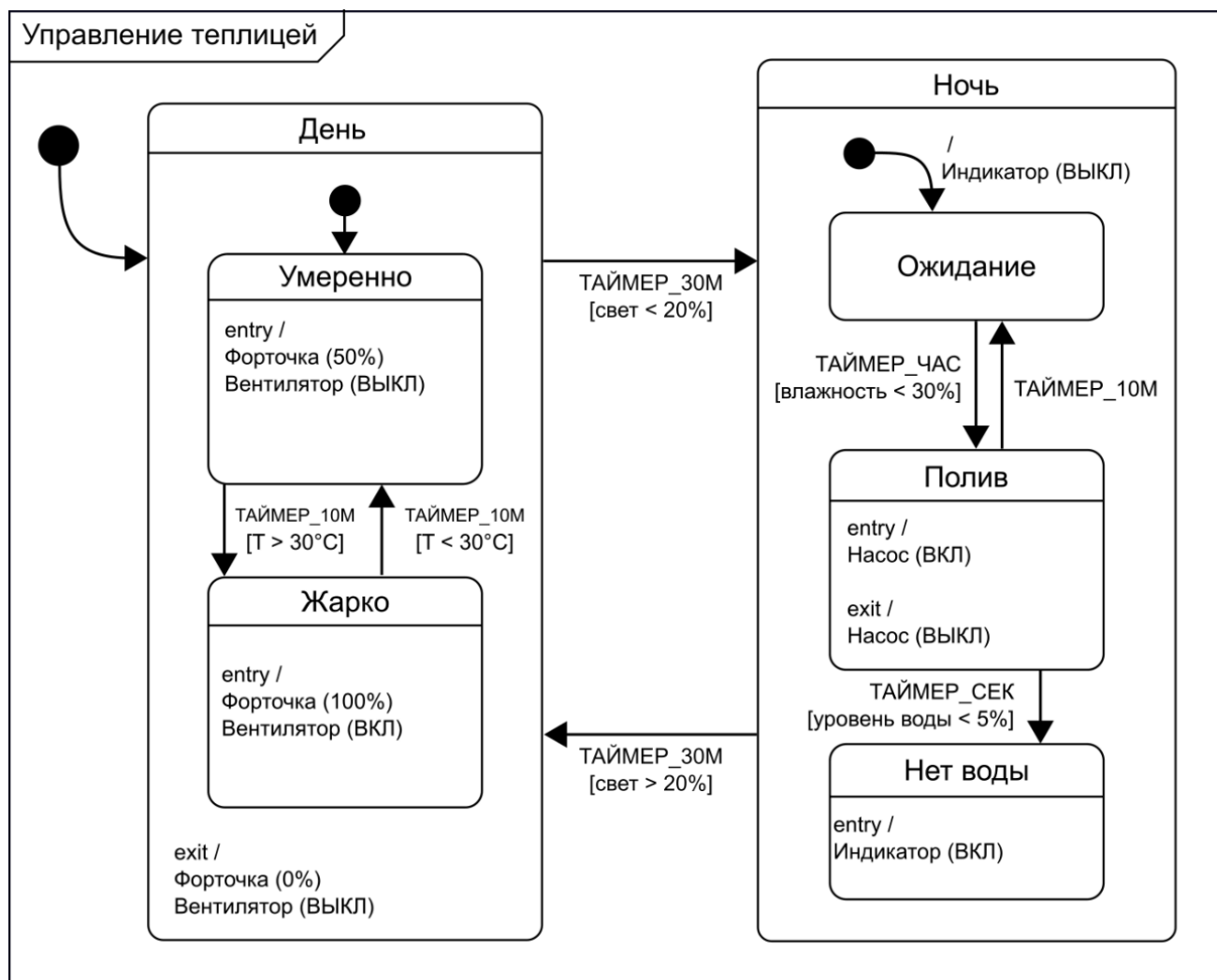


Рисунок 4 – Пример программы работы системы в виде диаграммы расширенной иерархической машины состояний

7.3 Среда управления производством

Среда управления производством предназначена для организации коллективной работы над проектом и включения разработчиков в весь технологический процесс создания устройства или системы: от проектирования до производства, поддержки и модификации.

В состав среды управления производством входят:

- средства организации процесса разработки (DevOps) для киберфизических систем, в т.ч. интеграция системы контроля версий и совместной работы;
- системы автоматической сборки и прошивки устройств, тестирования и документирования проекта.

7.4 Среда работы с моделями и онтологиями

ПНСТ (проект)

Среда работы с моделями и онтологиями предназначена для проектирования киберфизических систем, а именно описанию моделей и онтологий, применяемых при создании устройств и систем, особенно в случае киберфизических систем, которые работают со сбором и анализом данных о реальном мире и автономно принимают решения с опорой на данные заложенные в них онтологии.

7.5 Киберсфера

Среду работы с моделями и онтологиями НКФП дополняет специальный программный сервис Киберсфера, призванный хранить данные, собираемые киберфизической системой в привязке к используемой модели и ее человеко-читаемого описания. Работу Киберсферы можно показать на примере системы мониторинга, которая регистрирует данные о климате, сохраняя два вещественных числа — среднесуточную температуру и влажность, состоящей из сотен территориально распределенных датчиков. Все собранные системой мониторинга данные привязываются к модели реальности, для которой достаточно этого данного уровня детализации. При расширении системы и добавлении более сложных измерителей, например, сбор данных об освещенности, силе и направлении ветра, необходимо заново задать модель данных, чтобы вновь сохраняемые данные были связаны уже с новой моделью (см. рисунок 5) и могли быть правильно интерпретированы.

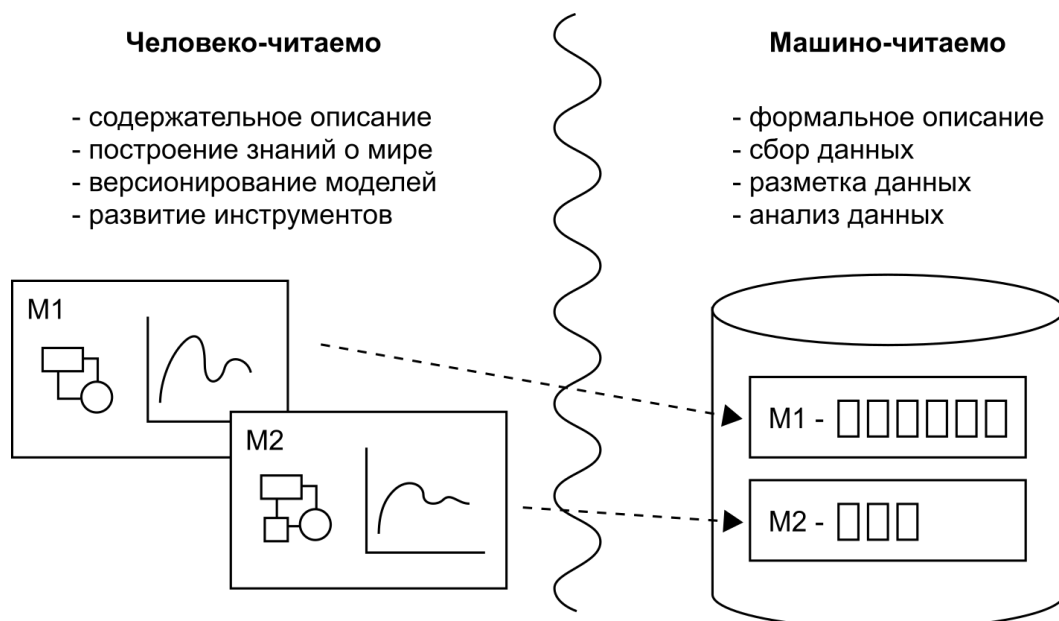


Рисунок 5 – Принцип работы с моделями и данными, хранящимися в Киберсфере

Киберсфера позволяет накапливать данные для построения знаний, в том числе локальных знаний сообществ практики. При переходе от описания модели к ее

реализации в киберфизической системе, модель «компилируется» и используется для связи с данными, которые будут накоплены при последующей работе системы в опоре на обновленную модель.

Киберсфера в рамках НКФП может быть реализована как программное обеспечение с открытым кодом, устанавливаемое локально, или в качестве общедоступного облачного сервиса.

7.5 Открытые библиотеки

Реализация программных средств НКФП требует наличия большого числа программных компонентов и библиотек. Примером таких библиотек является реализация слов абстракции аппаратной реализации (HAL) для различных архитектур или семейств микроконтроллеров. Данные программные средства должны быть организованы в виде документированных библиотек с открытым кодом.

8 Протоколы и системы коммуникации НКФП

К третьей группе инструментов НКФП следует отнести протоколы и системы коммуникации киберфизических систем и их компонентов, а также инструменты, обеспечивающие реализацию протоколов для киберфизических систем в опоре на разные физические среды (электрический провод, радио, инфракрасный обмен, акустика в воздухе и воде и др.).

8.1 Общие требования

Ключевым требованием к стандартам протоколов и систем коммуникации в рамках НКФП является их открытость и документированность. Это позволяет обеспечивать их работу с различными реализациями аппаратных и программных средств НКФП.

8.2 Открытые стандарты

Открытые стандарты протоколов и систем коммуникации киберфизических систем и их компонентов позволяют создавать распределенные, в т.ч. гетерогенные аппаратно-программные комплексы. Стандарты протоколов и систем коммуникации в рамках НКФП должны включать в себя линейку стандартов для различных применений. В качестве примеров аналогичных по функциональности протоколов интернета вещей можно привести: NB-Fi (см. ГОСТ Р 70036), LoraWAN Ru (см. ГОСТ Р 71168), OpenUNB (см. [1]), NB-IoT (см. ГОСТ Р 59026), МИРТ) и их аналоги.

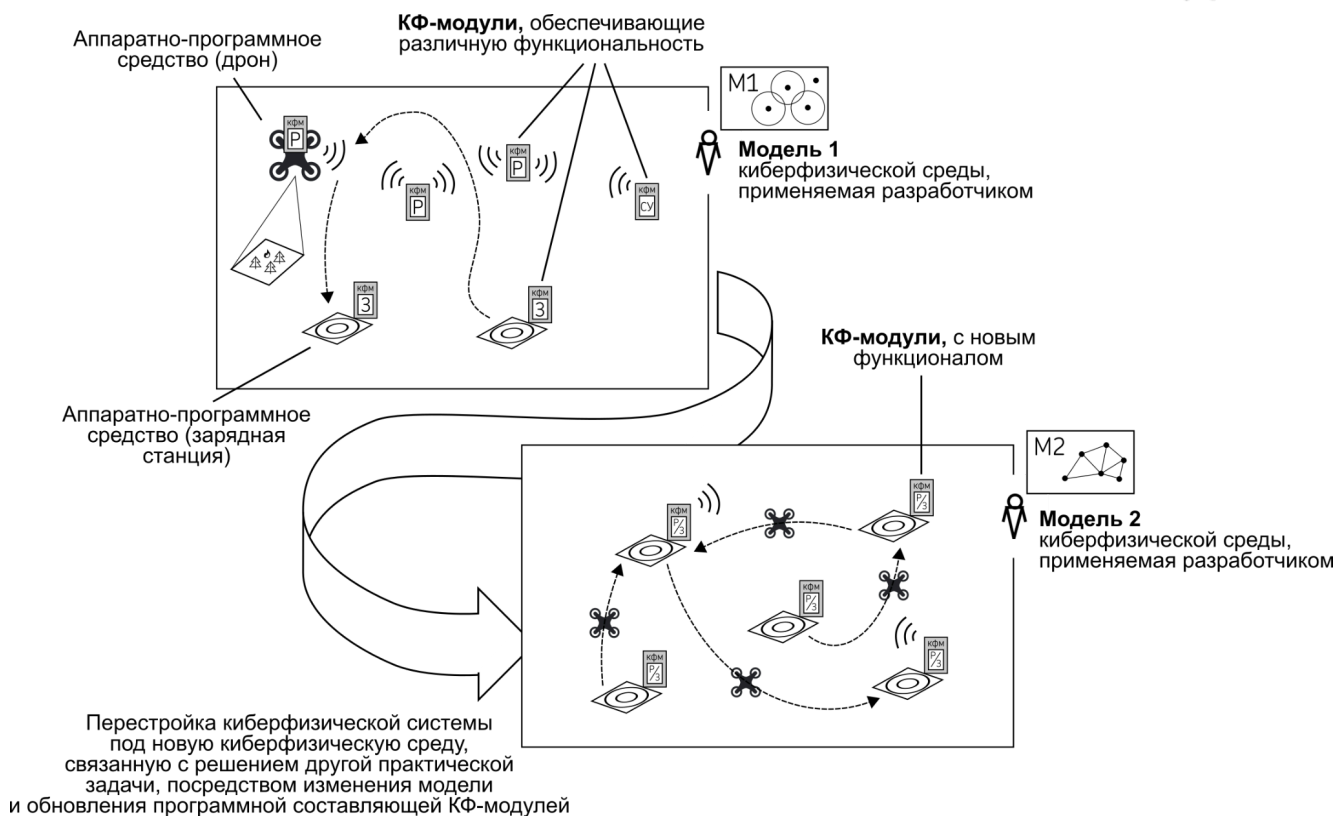
8.3 Типовые аппаратно-программные реализации

Применение протоколов связи невозможно без инструментов аппаратно-программной реализации (в т.ч. специальных микроконтроллеров и модулей связи). Протоколы и системы коммуникации НКФП должны включать примеры типовых реализаций протоколов связи. Такие типовые аппаратно-программные реализации должны обеспечивать реализацию связности распределенных киберфизических систем в условиях их эксплуатации и в соответствии с заданными техническими требованиями.

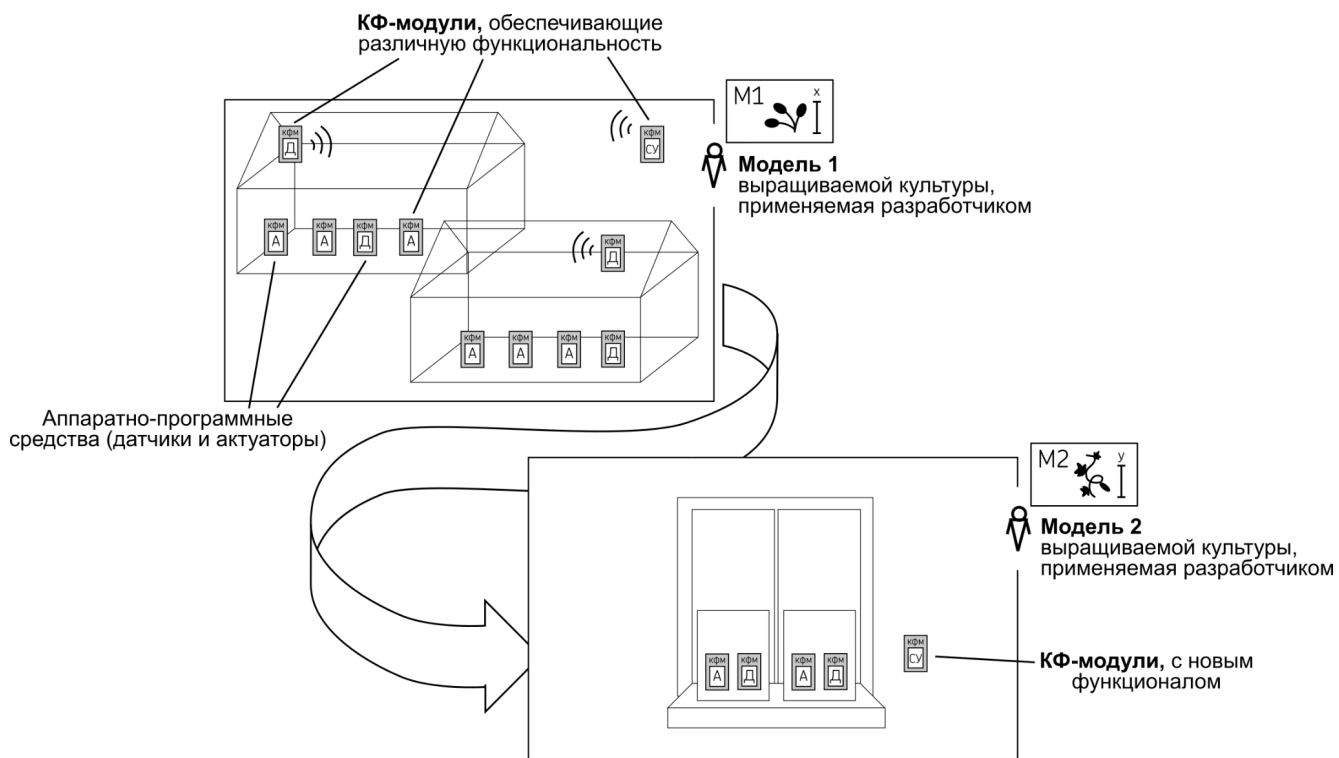
На первом этапе реализации НКФП, в отсутствие специализированных контроллеров связи, данные инструменты могут быть реализованы на базе киберфизических модулей, основанных на универсальных микроконтроллерах общего назначения на базе открытых архитектур (например, RISC-V), с применением технологий ПЛИС и аналогов.

9 Примеры киберфизических сред в рамках НКФП

На рисунке 6 (а и б) представлены примеры киберфизических сред для сферы беспилотных авиационных систем (БАС) и умного сельского хозяйства, которые могут создаваться с использованием НКФП. Пример 6-а иллюстрирует применение БАС для точечного мониторинга территории с использованием киберфизических модулей — отдельных систем управления, ретрансляторов и зарядных станций для беспилотников, эта же киберфизическая среда может быть при необходимости адаптирована для создания логистической сети с применением БАС. Пример 6-б связан с решением задач умного сельского хозяйства как в промышленном тепличном, так и домашнем формате — в обоих случаях применяется система из датчиков и исполнительных устройств (призванных включать насосы, вентиляторы и др.) Важно отметить, что обе системы строятся из унифицированных модулей с функциональной специализацией и могут перестраиваться при изменении модельно-онтологического описания и функционала системы в целом, что и показано в каждом из примеров.



(а)



(б)

Рисунок 6 – Примеры киберфизических сред

Библиография

- [1] ПНСТ 820–2023 Информационные технологии. Интернет вещей. Протокол передачи данных для высокочастотных сетей на основе сверхузкополосной модуляции радиосигнала (OpenUNB)