

## Рекомендация

### **МСЭ-Т Y.4601 (01/2023)**

СЕРИЯ Y: Глобальная информационная инфраструктура, аспекты протокола Интернет, сети последующих поколений, интернет вещей и "умные" города

Интернет вещей и умные города и сообщества – Услуги, приложения, вычисления и обработка данных

---

**Требования к цифровому двойнику для "умной" системы пожаротушения и структура его возможностей**

## РЕКОМЕНДАЦИИ МСЭ-Т СЕРИИ Y

## ГЛОБАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА, АСПЕКТЫ МЕЖСЕТЕВОГО ПРОТОКОЛА, СЕТИ ПОСЛЕДУЮЩИХ ПОКОЛЕНИЙ, ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ И "УМНЫЕ" ГОРОДА

<b>ГЛОБАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА</b>	
Общие положения	Y.100–Y.199
Услуги, приложения и промежуточные программные средства	Y.200–Y.299
Сетевые аспекты	Y.300–Y.399
Интерфейсы и протоколы	Y.400–Y.499
Нумерация, адресация и присваивание имен	Y.500–Y.599
Эксплуатация, управление и техническое обслуживание	Y.600–Y.699
Безопасность	Y.700–Y.799
Рабочие характеристики	Y.800–Y.899
<b>АСПЕКТЫ ПРОТОКОЛА ИНТЕРНЕТ</b>	
Общие положения	Y.1000–Y.1099
Услуги и приложения	Y.1100–Y.1199
Архитектура, доступ, возможности сетей и административное управление ресурсами	Y.1200–Y.1299
Транспортирование	Y.1300–Y.1399
Взаимодействие	Y.1400–Y.1499
Качество обслуживания и сетевые показатели качества	Y.1500–Y.1599
Сигнализация	Y.1600–Y.1699
Эксплуатация, управление и техническое обслуживание	Y.1700–Y.1799
Начисление платы	Y.1800–Y.1899
IP TV по NGN	Y.1900–Y.1999
<b>СЕТИ ПОСЛЕДУЮЩИХ ПОКОЛЕНИЙ</b>	
Структура и функциональные модели архитектуры	Y.2000–Y.2099
Качество обслуживания и рабочие характеристики	Y.2100–Y.2199
Аспекты обслуживания: возможности услуг и архитектура услуг	Y.2200–Y.2249
Аспекты обслуживания: взаимодействие услуг и СПП	Y.2250–Y.2299
Нумерация, присваивание имен и адресация	Y.2300–Y.2399
Управление сетью	Y.2400–Y.2499
Архитектура и протоколы сетевого управления	Y.2500–Y.2599
Пакетные сети	Y.2600–Y.2699
Безопасность	Y.2700–Y.2799
Обобщенная мобильность	Y.2800–Y.2899
Открытая среда операторского класса	Y.2900–Y.2999
<b>БУДУЩИЕ СЕТИ</b>	Y.3000–Y.3499
<b>ОБЛАЧНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ</b>	Y.3500–Y.3999
<b>ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ И "УМНЫЕ" ГОРОДА И СООБЩЕСТВА</b>	
Общие положения	Y.4000–Y.4049
Определения и терминология	Y.4050–Y.4099
Требования и сценарии использования	Y.4100–Y.4249
Инфраструктура, возможность установления соединений и сети	Y.4250–Y.4399
Структуры, архитектуры и протоколы	Y.4400–Y.4549
<b>Услуги, приложения, вычисления и обработка данных</b>	<b>Y.4550–Y.4699</b>
Управление, контроль и рабочие характеристики	Y.4700–Y.4799
Идентификация и безопасность	Y.4800–Y.4899
Анализ и оценка	Y.4900–Y.4999

Для получения более подробной информации просьба обращаться к перечню Рекомендаций МСЭ-Т.

## Рекомендация МСЭ-Т Y.4601

### Требования к цифровому двойнику для "умной" системы пожаротушения и структура его возможностей

#### Резюме

В Рекомендации МСЭ-Т Y.4601 определены требования к цифровому двойнику для "умной" системы пожаротушения и структура его возможностей.

Цифровой двойник представляет собой цифровой образ целевого объекта и может обладать различными возможностями в зависимости от конкретной области применения, такими как синхронизация движений физического объекта и его цифрового представления или поддержка управления в режиме реального времени (см. Рекомендацию МСЭ-Т Y.4600).

Благодаря внедрению технологии интернета вещей (IoT) и процессу интеграции информации цифровой двойник может обеспечить высокоточное цифровое представление картины пожара, динамическое взаимодействие между физическим объектом и цифровым объектом, а также всестороннее понимание и регулирование прошлой, настоящей и будущей ситуации на месте пожара. Современные технологии пожаротушения не обеспечивают возможности всестороннего динамического обнаружения и прогнозирования. Невозможно предоставить информацию с задержкой и обеспечить удовлетворительную визуализацию взаимодействия персонала и картины пожара.

Благодаря развертыванию шлюзов, датчиков и высококачественных сетей, мультифизическому имитационному моделированию, динамическому анализу и прогнозированию, а также трехмерной (3D) визуализации цифровой двойник "умной" системы пожаротушения обеспечивает интеллектуальные возможности, такие как наблюдение за персоналом, предупреждение об опасности, динамический анализ картины пожара, оптимизация стратегии спасения, предварительное имитационное моделирование, реконструкция истории пожара и т. д. Эти интеллектуальные возможности помогают усовершенствовать процессы принятия решений и уменьшить число жертв.

#### Хронологическая справка

Издание	Рекомендация	Утверждение	Исследовательская комиссия	Уникальный идентификатор*
1.0	МСЭ-Т Y.4601	30.01.2023 г.	20-я	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/15077">11.1002/1000/15077</a>

#### Ключевые слова

Возможности, цифровой двойник, интернет вещей, требования, "умная" система пожаротушения.

\* Для получения доступа к Рекомендации наберите в адресном поле вашего браузера URL-адрес <http://handle.itu.int/>, после которого укажите уникальный идентификатор Рекомендации.  
Пример: <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Международный союз электросвязи (МСЭ) является специализированным учреждением Организации Объединенных Наций в области электросвязи и информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). Сектор стандартизации электросвязи МСЭ (МСЭ-Т) – постоянный орган МСЭ. МСЭ-Т отвечает за изучение технических, эксплуатационных и тарифных вопросов и за выпуск Рекомендаций по ним в целях стандартизации электросвязи на всемирной основе.

На Всемирной ассамблее по стандартизации электросвязи (ВАСЭ), которая проводится каждые четыре года, определяются темы для изучения исследовательскими комиссиями МСЭ-Т, которые, в свою очередь, вырабатывают Рекомендации по этим темам.

Утверждение Рекомендаций МСЭ-Т осуществляется в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции 1 ВАСЭ.

В некоторых областях информационных технологий, которые входят в компетенцию МСЭ-Т, необходимые стандарты разрабатываются на основе сотрудничества с ИСО и МЭК.

## ПРИМЕЧАНИЕ

В настоящей Рекомендации термин "администрация" используется для краткости и обозначает как администрацию электросвязи, так и признанную эксплуатационную организацию.

Соблюдение положений данной Рекомендации осуществляется на добровольной основе. Однако данная Рекомендация может содержать некоторые обязательные положения (например, для обеспечения функциональной совместимости или возможности применения), и в таком случае соблюдение Рекомендации достигается при выполнении всех указанных положений. Для выражения требований используются слова "следует", "должен" (shall) или некоторые другие обязывающие выражения, такие как "обязан" (must), а также их отрицательные формы. Употребление таких слов не означает, что от какой-либо стороны требуется соблюдение положений данной Рекомендации.

## ПРАВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

МСЭ обращает внимание на вероятность того, что практическое применение или выполнение настоящей Рекомендации может включать использование заявленного права интеллектуальной собственности. МСЭ не занимает какую бы то ни было позицию относительно подтверждения, действительности или применимости заявленных прав интеллектуальной собственности независимо от того, доказываются ли такие права членами МСЭ или другими сторонами, не относящимися к процессу разработки Рекомендации.

На момент утверждения настоящей Рекомендации МСЭ не получил извещения об интеллектуальной собственности, защищенной патентами/авторскими правами на программное обеспечение, которые могут потребоваться для выполнения настоящей Рекомендации. Однако те, кто будет применять Рекомендацию, должны иметь в виду, что вышесказанное может не отражать самую последнюю информацию, и поэтому им настоятельно рекомендуется обращаться к соответствующим базам данных МСЭ-Т, имеющимся на веб-сайте МСЭ-Т по адресу: <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© ITU 2023

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1 Сфера применения.....	1
2 Справочные документы .....	1
3 Определения.....	1
3.1 Термины, определенные в других документах.....	1
3.2 Термины, определенные в настоящей Рекомендации.....	2
4 Сокращения и акронимы.....	2
5 Соглашения по терминологии.....	3
6 Краткое описание цифрового двойника для "умной" системы пожаротушения.....	3
7 Требования, предъявляемые к "умной" системе пожаротушения .....	4
7.1 Требования к устройствам .....	5
7.2 Требования к сети.....	6
7.3 Требования к цифровому двойнику.....	6
7.4 Требования к приложениям.....	7
8 Структура возможностей "умной" системы пожаротушения .....	7
8.1 Возможности уровня устройств .....	8
8.2 Возможности сетевого уровня.....	10
8.3 Возможности уровня поддержки услуг и приложений.....	10
8.4 Возможности приложений.....	12
Дополнение I – Примеры применения цифрового двойника для "умной" системы пожаротушения.....	13
I.1 Мониторинг места пожара.....	13
I.2 Разработка стратегии спасения и обучение.....	13
Библиография .....	15



# Рекомендация МСЭ-Т Y.4601

## Требования к цифровому двойнику для "умной" системы пожаротушения и структура его возможностей

### 1 Сфера применения

В настоящей Рекомендации определены требования к цифровому двойнику для "умной" системы пожаротушения и структура его возможностей.

Эти требования и структура возможностей основаны на эталонной модели IoT [ITU-T Y.4000] и общих требованиях IoT [ITU-T Y.4100]. Они сосредоточены на технических аспектах цифрового двойника для "умной" системы пожаротушения.

В сферу применения настоящей Рекомендации входят:

- краткое описание цифрового двойника для "умной" системы пожаротушения;
- требования, предъявляемые к цифровому двойнику для "умной" системы пожаротушения;
- структура возможностей цифрового двойника для "умной" системы пожаротушения.

Примеры применения цифрового двойника для "умной" системы пожаротушения приведены в Дополнении.

### 2 Справочные документы

Указанные ниже Рекомендации МСЭ-Т и другие справочные документы содержат положения, которые путем ссылок на них в данном тексте составляют положения настоящей Рекомендации. На момент публикации указанные издания были действующими. Все Рекомендации и другие справочные документы могут подвергаться пересмотру; поэтому всем пользователям данной Рекомендации предлагается изучить возможность применения последнего издания Рекомендаций и других справочных документов, перечисленных ниже. Перечень действующих на настоящий момент Рекомендаций МСЭ-Т регулярно публикуется. Ссылка на документ, приведенный в настоящей Рекомендации, не придает ему как отдельному документу статус Рекомендации.

- [ITU-T Y.4000]      Рекомендация МСЭ-Т Y.4000/Y.2060 (2012 г.), *Обзор интернета вещей.*
- [ITU-T Y.4100]      Рекомендация МСЭ-Т Y.4100/Y.2066 (2014 г.), *Общие требования к интернету вещей.*
- [ITU-T Y.4113]      Recommendation ITU-T Y.4113 (2016), *Requirements of the network for the Internet of things.*
- [ITU-T Y.4401]      Recommendation ITU-T Y.4401/Y.2068 (2015), *Functional framework and capabilities of the Internet of things.*

### 3 Определения

#### 3.1 Термины, определенные в других документах

В настоящей Рекомендации используются следующие термины, определенные в других документах:

**3.1.1 приложение (application)** [b-ITU-T Y.2091]: Структурированный набор возможностей, которые обеспечивают дополнительные функциональные средства, поддерживаемые одной или несколькими услугами, которые могут предоставляться через интерфейс API.

**3.1.2 устройство (device)** [ITU-T Y.4000]: Применительно к интернету вещей означает элемент оборудования, который обладает обязательными возможностями связи и дополнительными возможностями измерения, срабатывания, а также ввода, хранения и обработки данных.

**3.1.3 цифровой двойник (digital twin)** [b-ITU-T Y.4600]: Цифровой образ целевого объекта.

ПРИМЕЧАНИЕ. – В зависимости от конкретной области применения могут потребоваться различные возможности цифрового двойника (синхронизация, поддержка управления в режиме реального времени и т. п.).

**3.1.4 шлюз (gateway)** [b-ITU-T Y.4101]: Узел интернета вещей, соединяющий устройства с сетями связи. Выполняет необходимое преобразование между протоколами, используемыми в сетях связи, и протоколами, используемыми устройствами.

**3.1.5 Интернет вещей (Internet of things) (IoT)** [ITU-T Y.4000]: Глобальная инфраструктура для информационного общества, которая обеспечивает возможность предоставления более сложных услуг путем соединения друг с другом (физических и виртуальных) вещей на основе существующих и развивающихся функционально совместимых информационно-коммуникационных технологий.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Благодаря использованию возможностей идентификации, сбора, обработки и передачи данных интернет вещей обеспечивает наиболее эффективное использование вещей для предоставления услуг для всех типов приложений при одновременном гарантировании выполнения требований безопасности и конфиденциальности.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – В широком смысле интернет вещей можно рассматривать как концепцию, имеющую технологические и социальные последствия.

**3.1.6 датчик (sensor)** [b-ITU-T Y.4105]: Электронное устройство, которое измеряет физическое состояние или химический состав и доставляет электронный сигнал, соответствующий наблюдаемой характеристике.

**3.1.7 вещь (thing)** [ITU-T Y.4000]: Применительно к интернету вещей означает предмет физического мира (физические вещи) или информационного мира (виртуальные вещи), который может быть идентифицирован и интегрирован в сети связи.

## 3.2 Термины, определенные в настоящей Рекомендации

В настоящей Рекомендации определен следующий термин:

**3.2.1 цифровой двойник "умной" системы пожаротушения (smart firefighting digital twin):** Цифровой двойник для поддержки интеллектуальных услуг пожаротушения.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Цифровой двойник "умной" системы пожаротушения, обеспечивающий цифровое представление предшествующей, текущей и прогнозируемой картины пожара, предоставляет интеллектуальные услуги, которые помогают усовершенствовать процессы принятия решений и сократить число жертв.

## 4 Сокращения и акронимы

В настоящей Рекомендации используются следующие сокращения и акронимы:

2D	Two Dimensional	Двухмерный
3D	Three Dimensional	Трехмерный
CCTV	Closed Circuit Television	Система видеонаблюдения
EHS	Environment, Health, and Safety	Защита окружающей среды, охрана труда и безопасность
IoT	Internet of Things	Интернет вещей
NFV	Network Functions Virtualization	Виртуализация сетевых функций
PM	Particulate Matter	Взвешенные твердые частицы
RSSI	Received Signal Strength Indicator	Показатель уровня принимаемого сигнала
SDN	Software Defined Network	Сеть с программируемыми параметрами
SSAS	Service Support and Application support	Поддержка услуг и поддержка приложений
TOA	Time of Arrival	Время прибытия



## 5 Соглашения

В настоящей Рекомендации:

Ключевое слово "требуется" означает требование, которому необходимо неукоснительно следовать и отклонение от которого не допускается, если будет сделано заявление о соответствии настоящему документу.

Ключевое слово "рекомендуется" означает требование, которое рекомендуется, но не является абсолютно необходимым. Таким образом, для заявления о соответствии этому документу данное требование не является обязательным.

Ключевые слова "может факультативно" и "может" означают необязательное требование, которое допустимо, но не имеет рекомендательного значения. Эти термины не означают, что вариант реализации поставщика должен обеспечивать выполнение соответствующей функции, активируемой по желанию оператора сети/поставщика услуг. Это означает лишь, что поставщик может факультативно предоставить данную функцию и по-прежнему заявлять о соответствии спецификации.

## 6 Краткое описание цифрового двойника для "умной" системы пожаротушения

Согласно отчету "Мировая пожарная статистика" Международной ассоциации пожарных и спасательных служб (CTIF), пожары ежегодно приводят к 40 тысячам смертей и 50 тысячам травм во всем мире [b-CTIF-Report-25]. Чтобы уменьшить количество жертв, пожарные службы каждой страны сосредоточили свои усилия на разработке систем пожаротушения для повышения безопасности пожарных и эффективности пожарной службы. Однако современным технологиям пожаротушения недостает возможностей всестороннего динамического обнаружения и прогнозирования.

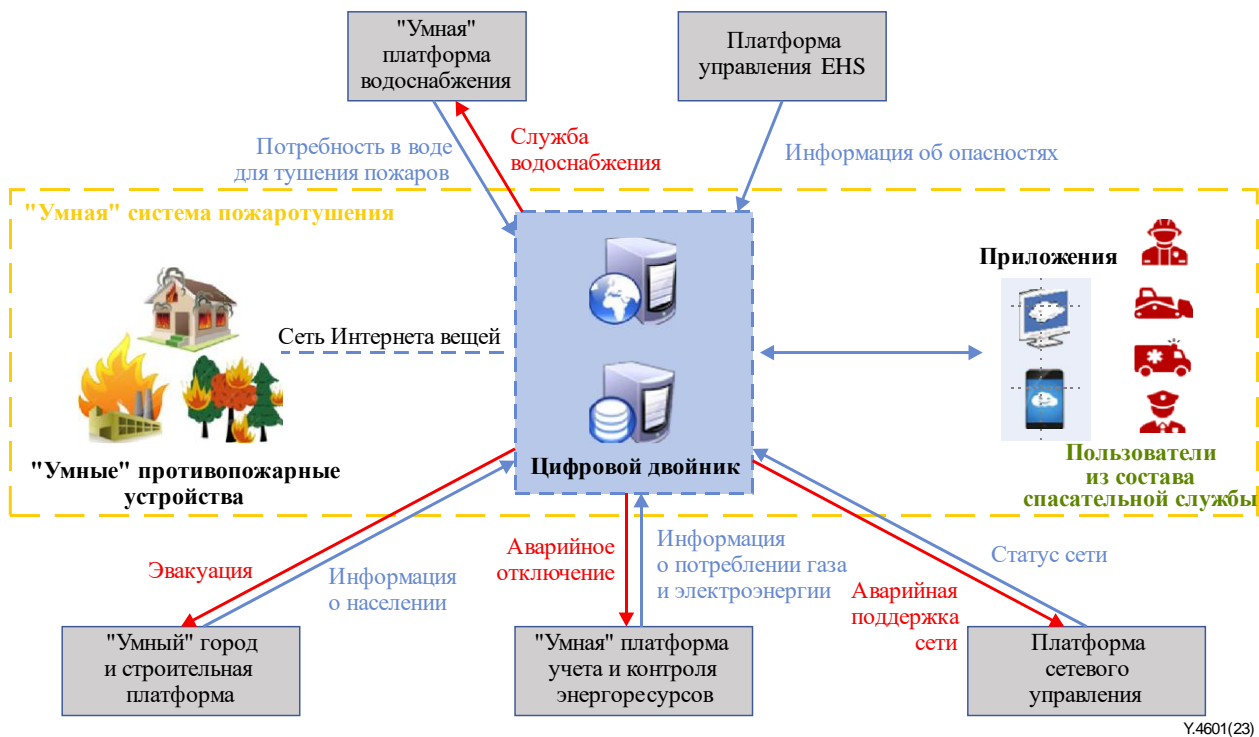
Система пожаротушения, связанная с IoT, обеспечивает главным образом функции противопожарной защиты (детекторы дыма, "умные" огнетушители, рассылка сообщений с инструкциями по эвакуации и т. п.) для сокращения времени реагирования и эвакуации. Некоторые интеллектуальные технологии пожаротушения предоставляют чертежи или карты места пожара, но не обновляют информацию о его состоянии, которое постоянно меняется под действием огня.

Цифровой двойник может использоваться для оказания интеллектуальных услуг пожаротушения ("умная" система пожаротушения).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Цифровой двойник представляет собой цифровой образ целевого объекта и может обладать различными возможностями в зависимости от конкретной области применения, такими как синхронизация движений физического предмета и его цифрового представления или поддержка управления в режиме реального времени [b-ITU-T Y.4600].

Цифровой двойник для "умной" системы пожаротушения использует данные с места пожара для анализа, имитационного моделирования и построения графической модели пожара и, таким образом, обеспечивает цифровое представление предыдущей, текущей и будущей картины пожара. Он объединяет различные независимые технологии в комплексную систему. Цель цифрового двойника для "умной" системы пожаротушения – помочь повысить ситуационную осведомленность пожарных, понять обстановку при пожаре и расширить возможности пожарной службы. В число примеров таких услуг входят, наряду с прочим, наблюдение за персоналом, отслеживание опасностей, анализ картины пожара, оптимизация стратегии спасения, предварительное моделирование и реконструкция истории происшествия.

Общая концептуальная схема цифрового двойника для "умной" системы пожаротушения показана на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Общая концептуальная схема цифрового двойника для "умной" системы пожаротушения**

"Умная" система пожаротушения состоит из датчиков окружающей среды, датчиков спасателей и шлюза для подключения к цифровому двойнику. Устройства "умной" системы пожаротушения могут измерять показатели состояния окружающей среды, такие как температура, местоположение, концентрация  $O_2/CO_2$ , скорость ветра, а также основные показатели жизнедеятельности персонала спасательной службы.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – В состав спасательной службы могут входить пожарные, инженеры, медицинские бригады и другой соответствующий персонал.

Взаимодействие между устройствами "умной" системы пожаротушения и цифровым двойником обеспечивает сеть.

Компонент цифрового двойника "умной" системы пожаротушения отвечает за сбор и обработку данных об окружающей среде, данных спасателей и данных, поступающих от других платформ, показанных на рисунке 1. Он также осуществляет графическое моделирование, визуализацию, имитационное моделирование и прогнозирование для целей наблюдения за картиной пожара и разработки стратегии спасения и в конечном итоге выдает информацию о картине пожара, предлагает стратегию спасения и подает команды спасателям.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Цифровой двойник может собирать информацию от других платформ, такую как потребность в воде для тушения пожара, информация об опасностях, информация о населении, информация о потреблении газа и состоянии сети, тем самым помогая в разработке стратегии спасения. Он также может направлять запросы к другим платформам экстренных служб, таких как службы водоснабжения, эвакуации, аварийного отключения и аварийной поддержки сети.

## 7 Требования, предъявляемые к "умной" системе пожаротушения

В дополнение к общим требованиям, указанным в [ITU-T Y.4000] [ITU-T Y.4100] [ITU-T Y.4113], в пп. 7.1–7.4 приведены конкретные требования, предъявляемые к "умной" системе пожаротушения.

## 7.1 Требования к устройствам

Ниже приведены требования, предъявляемые к устройствам "умной" системы пожаротушения.

### 1) Общие требования

- Требуется, чтобы все устройства сообщали о своем состоянии и передавали собранные данные на мобильные устройства спасателей и в цифровой двойник.
- Рекомендуется, чтобы все устройства выполняли самодиагностику и самокалибровку для обеспечения нормального функционирования.

### 2) Датчиковые устройства

- Требуется, чтобы датчики состояния окружающей среды собирали актуальную информацию об условиях пожара, включая, наряду с прочим, географическое положение, температуру, направление распространения и интенсивность пожара.
- Требуется, чтобы датчики состояния окружающей среды собирали актуальную информацию об условиях окружающей среды, включая, наряду с прочим, направление и силу ветра, температуру окружающей среды и погодные условия.

ПРИМЕЧАНИЕ. – В горящем здании пламя, дым и токсичные газы, быстро разносимые ветром по коридорам и лестницам, при отсутствии предварительного уведомления могут привести к несчастным случаям.

- Требуется, чтобы датчики состояния окружающей среды собирали актуальную информацию о последствиях пожара, включая, наряду с прочим, уровень концентрации вредных газов (CO<sub>2</sub>/CO) и реакцию конструкции (геометрическая деформация, охрупчивание и расплавление деревянных и стальных балок, кирпича, дерева и т. п.).
- Требуется, чтобы датчики состояния окружающей среды собирали актуальную информацию о наличии персонала на месте пожара, такую как местоположение пострадавших и пожарных, их количество и данные об их перемещении. К таким технологиям, в частности, относятся технология высокоскоростных беспроводных мультимедийных сетей передачи данных [b-IEEE 802.15.3], технология низкоскоростных беспроводных сетей [b-IEEE 802.15.4] и камеры наблюдения.
- Требуется, чтобы датчики состояния окружающей среды были распределены таким образом, чтобы охватывать все окружающее пространство.
- Требуется, чтобы датчики состояния окружающей среды собирали актуальную информацию о пожарных, такую как основные показатели жизнедеятельности (уровень кислорода в крови, уровень СО в крови, частота пульса, частота дыхания и температура тела), местоположение и параметры окружающей среды, имеющие отношение к здоровью пожарных.
- Требуется, чтобы датчики своевременно передавали информацию всем пожарным и во все диспетчерские центры.
- Рекомендуется, чтобы датчики обеспечивали функцию фильтрации ложных тревог.

### 3) Мобильные устройства

- Требуется, чтобы мобильные устройства поддерживали несколько интерфейсов ввода данных, таких как ввод с помощью физических кнопок и автоматическое распознавание речи.
- Требуется, чтобы мобильные устройства поддерживали функциональные возможности отображения видео/изображений, хранения данных, работы в сети, представления трехмерной (3D) модели, загрузки приложений и обновления.

### 4) Шлюзовое устройство

- Требуется, чтобы шлюзовое устройство поддерживало работу в изолированной сети или подключалось к ней. Шлюзовое устройство может дополнительно поддерживать нарезку сети или использовать физическое разделение во избежание помех со стороны сети общего пользования.

## 7.2 Требования к сети

Ниже приведены требования, предъявляемые к сети для "умной" системы пожаротушения.

- 1) Требуется, чтобы сеть оставалась изолированной от сети общего пользования. Рекомендуется поддержка технологии физической изоляции; дополнительно может поддерживаться технология нарезки сети. К примерам технологии нарезки сети, наряду с прочим, относятся сеть с программируемыми параметрами (SDN) [b-SD-RAN V1.0] и визуализация сетевых функций (NFV) [b-ETSI GS NFV 002]. К примерам технологии физической изоляции, наряду с прочим, относятся воздушный зазор [b-DiFazio], шлюз уровня приложений [b-NEXTER] и шлюз уровня канала [b-NEXTER].
- 2) Требуется, чтобы сеть предоставляла информацию о местоположении, такую как показатель уровня принимаемого сигнала (RSSI), время прибытия (TOA), сдвиг частоты и фазовый сдвиг, которую можно использовать для вычисления местоположения устройства [b-Telink].

## 7.3 Требования к цифровому двойнику

Ниже приведены требования, предъявляемые к компоненту цифрового двойника "умной" системы пожаротушения.

- 1) Общие требования
  - Требуется обеспечить определение местоположения каждого устройства и увязку каждого устройства с его статусом в режиме реального времени.  
ПРИМЕЧАНИЕ. – Например, цифровой компонент отслеживает местоположение пожарных и уведомляет их, когда они находятся вблизи опасной зоны или зоны потенциального риска.
  - Требуется обеспечить поддержку внутренней и внешней навигации и определения местоположения.
  - Требуется следить за состоянием здоровья пожарных и уведомлять их, когда основные показатели жизнедеятельности приближаются к критическим пороговым значениям.
  - Требуется, чтобы вся информация и модели хранились в защищенной локальной базе данных, копия которой должна обновляться в удаленном месте.
  - Требуется, чтобы информация о картине пожара сохранялась для будущих тренировочных упражнений.
  - Требуется обеспечить обмен информацией о картине пожара и направлять ее задействованному персоналу, чтобы помочь разобраться в ситуации дополнительным группам поддержки, таким как полиция, инженерно-техническая группа и служба медицинской помощи.
  - Требуется обеспечить обмен информацией о картине пожара и передавать ее на другие интеллектуальные платформы для аварийного отключения или переключения.
  - Перед моделированием и имитацией необходимо обеспечить первичную обработку данных, такую как очистка данных, извлечение данных, анализ данных и т. п.
- 2) Мультифизическое моделирование
  - Требуется поддержка моделирования архитектуры, топографии и/или структуры окружающей среды.
  - Требуется поддержка моделирования химических и физических свойств опасных материалов (легковоспламеняющихся, горючих, токсичных и т. д.).
  - Требуется поддержка моделирования различных свойств окружающей среды, таких как геометрия, вес, структура и физические и химические свойства материалов.
  - Требуется поддержка моделирования пожарной техники и механизма ее работы.
  - Рекомендуется осуществлять визуализацию картины пожара для спасательной команды и группы поддержки.
- 3) Мультифизическое имитационное моделирование
  - Требуется поддержка аналитического имитационного моделирования текущей картины пожара на основе данных зондирования.

- Требуется прогнозирование развития картины пожара на основе данных зондирования; к таким прогнозам, в частности, относятся прогнозы реакции конструкции, интенсивности пламени, направления и скорости распространения пламени.
- Требуется поддержка имитационного моделирования для оптимизации стратегии спасения.
- Требуется поддержка пространства имитационного моделирования для создания различных виртуальных картин пожара.

#### 4) Визуализация

- Требуется поддержка визуализации архитектуры, топографии или структуры окружающей среды в 3D и двухмерном (2D) режимах.
- Требуется поддержка визуализации всего персонала, устройств, оборудования, источников повышенной опасности и окружающей среды на месте пожара в графическом интерфейсе пользователя.
- Требуется поддержка визуализации состояния персонала, оборудования, устройств, источников повышенной опасности и окружающей среды в месте пожара.
- Требуется поддержка визуализации физического взаимодействия между объектами и окружающей средой (текущего и прогнозируемого).
- Требуется поддержка визуализации внутренней и внешней навигации и определения местоположения.
- Требуется поддержка визуализации процесса оптимизации стратегии.
- Требуется поддержка визуализации влияния изменения стратегии.

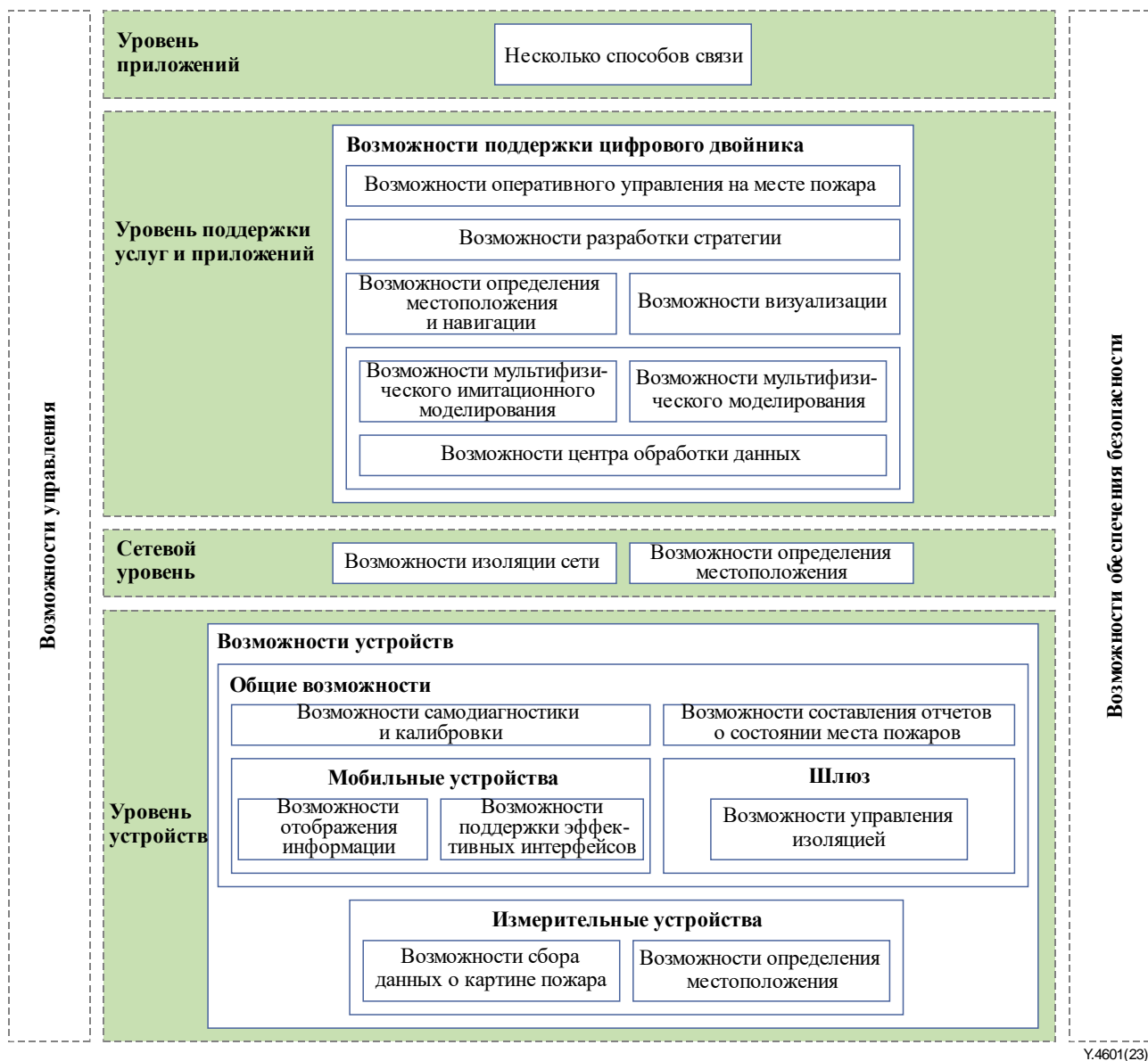
### 7.4 Требования к приложениям

Ниже приведены требования, предъявляемые к приложениям "умной" системы пожаротушения:

- требуется, чтобы приложения поддерживали несколько режимов ввода/вывода, что может способствовать минимизации количества шагов для работы с ними;
- требуется, чтобы приложения поддерживали несколько способов связи, что может облегчить связь между спасателями.

### 8 Структура возможностей "умной" системы пожаротушения

На рисунке 2 показана структура возможностей "умной" системы пожаротушения, основанной на эталонной модели IoT, описанной в [ITU-T Y.4000], которая состоит из четырех уровней и двух межуровневых групп функциональных возможностей. В дополнение к общим возможностям IoT, описанным в [ITU-T Y.4401], для "умной" системы пожаротушения требуются дополнительные или расширенные возможности, указанные на рисунке 2 в рамках из непрерывных линий.



У.4601(23)

**Рисунок 2 – Структура возможностей "умной" системы пожаротушения**

В следующих разделах описаны конкретные возможности "умной" системы пожаротушения.

## **8.1 Возможности уровня устройств**

### **8.1.1 Общие возможности**

#### **1) Возможности самодиагностики и калибровки**

В соответствии с требованиями пункта 7.1 (1) возможности самодиагностики и калибровки обеспечивают нормальную работу и функционирование устройств, включая, в частности:

- выполнение самодиагностики и самокалибровки на основе заданного алгоритма или обращение за поддержкой на уровень поддержки услуг и приложений (SSAS);
- автоматическое и периодическое выполнение самокалибровки на основе предварительно сохраненных эталонных данных и конфигурации при обнаружении аномальных данных;
- автоматическое и периодическое выполнение самодиагностики с анализом рабочего состояния устройств и обнаружением аномальных данных.

## 2) Возможности составления отчетов о состоянии места пожара

В соответствии с требованиями пункта 7.1 (1) функция составления отчетов о состоянии места пожара передает важные данные другим функциям, помогая пользователям оценить состояние устройств, в том числе:

- предоставляя устройствам возможность передавать данные о картине пожара в службу поддержки цифрового двойника и на мобильные устройства спасателей;
- предоставляя устройствам возможность передавать в центр обработки данных сведения о неисправностях устройств на месте пожара и результаты калибровки.

### 8.1.2 Датчиковые устройства

#### 1) Возможности сбора данных о картине пожара

В соответствии с требованиями пункта 7.1 (2) возможности сбора данных о картине пожара позволяют датчиковым устройствам отслеживать и собирать информацию о картине пожара, включая, в частности:

- скорость ветра, направление ветра, температура окружающей среды и погодные условия;
- информацию о картине пожара, связанную со стадией развития пожара, такую как статическое и динамическое распределение температуры, длина языков пламени и выделяемая энергия;
- информацию о картине пожара, связанную с последствиями пожара, такую как концентрация вредных газов ( $\text{CO}_2/\text{CO}$ /цианистый водород) и реакция конструкции по результатам измерения наклона, давления, динамической деформации, вибрации, температуры, магнитного потока и т. д.;
- информацию о картине пожара, связанную с различными факторами стратегии спасения, такую как концентрация, проникновение и влажность взвешенных твердых частиц (PM);
- информацию о картине пожара, связанную с основными показателями жизнедеятельности членов спасательной команды, такую как содержание кислорода в крови, содержание  $\text{CO}$  в крови, частота пульса, частота дыхания и температура тела.

#### 2) Возможности определения местоположения

В соответствии с требованиями пункта 7.1 (2) возможности определения местоположения позволяют датчиковым устройствам обнаруживать положение и движение объектов на основе физических принципов и заданных координат, поступающих из центра обработки данных. К таким устройствам, в частности, относятся системы видеонаблюдения (CCTV), датчики давления, ультразвуковые датчики присутствия и инерциальные опорные системы.

#### 3) Возможности фильтрации ложных тревог

В соответствии с требованиями пункта 7.1 (2) возможности фильтрации ложных тревог позволяют датчиковым устройствам задерживать объявление пожарной тревоги до подтверждения состояния пожара.

**ПРИМЕЧАНИЕ.** – При обнаружении аномалии датчиковые устройства обмениваются данными с окружающими датчиками для подтверждения достоверности пожарной тревоги. Если пожар подтвержден на уровне устройств, немедленно объявляется пожарная тревога, в противном случае датчики передают журнал регистрации событий пожарной тревоги, результаты самодиагностики, результаты самокалибровки и данные окружающих датчиков на платформу цифрового двойника для вторичной проверки.

### 8.1.3 Мобильные устройства

#### 1) Возможности отображения информации

В соответствии с требованиями пункта 7.1 (3) возможности отображения информации позволяют мобильным устройствам пожарных отображать информацию в текстовом, звуковом, графическом форматах или видеоформате.

#### 2) Возможности поддержки эффективных интерфейсов

В соответствии с требованиями пункта 7.1 (3) возможности поддержки эффективных интерфейсов позволяют спасателям эффективно взаимодействовать друг с другом и с "умной" системой пожаротушения, в том числе:

- посредством голосового ввода/вывода;
- посредством ввода изображений и видео;
- посредством ввода с помощью физических кнопок.

#### **8.1.4 Шлюзы**

##### 1) Возможности управления изоляцией

В соответствии с требованиями пункта 7.1 (4) возможности управления изоляцией позволяют шлюзам поддерживать технологии изоляции сети. К таким технологиям относятся нарезка сети, фильтрация пакетов и межсетевые экраны различных типов.

#### **8.2 Возможности сетевого уровня**

##### 1) Возможности изоляции сети

В соответствии с требованиями пункта 7.1 (1) возможности изоляции сети позволяют изолировать сети от сети общего пользования. В число таких методов, наряду с прочим, входят межсетевой экран, виртуальные коммутаторы, VLAN и физическая изоляция.

##### 2) Возможности определения местоположения

В соответствии с требованиями пункта 7.1 (2) возможности определения местоположения позволяют сети использовать надлежащий формат передачи данных и преобразование сигнала для передачи в функцию поддержки цифрового двойника информации о точке доступа, такой как местоположение, частота, время поступления сигнала и показатель уровня принимаемого сигнала (RSSI).

ПРИМЕЧАНИЕ. – Возможности определения местоположения обычно используются для вычисления точного местоположения по трем или более известным опорным точкам доступа.

#### **8.3 Возможности уровня поддержки услуг и приложений**

##### 1) Возможности центра обработки данных

В соответствии с требованиями пункта 7.1 (2) возможности центра обработки данных заключаются в сборе данных от различных устройств, сетей и приложений и их обработке перед дальнейшим моделированием или имитацией. К возможностям центра обработки данных, в частности, относятся:

- контроль рабочего состояния и конфигурации устройств и сети в режиме реального времени;
- контроль данных от датчиков измерения параметров окружающей среды;
- сбор данных от других подключенных платформ или серверов;
- передача команд на другие подключенные платформы или серверы для поддержки экстренных служб;
- предварительная обработка и проверка точности поступающих данных.

##### 2) Возможности мультифизического имитационного моделирования

В соответствии с требованиями пункта 7.3 (3) возможности мультифизического имитационного моделирования позволяют анализировать данные о картине пожара на основе математического моделирования физических и/или химических взаимодействий. К таким возможностям, в частности, относятся:

- обработка собранных данных с поддержкой статистических и вероятностных уравнений;
- обработка собранных данных с помощью физических и/или химических моделей и теорий, таких как термодинамика, аэродинамика, механика, токсикология, физиология человека, химия и материаловедение;
- математическая обработка собранных данных для моделирования взаимодействия в результате проявления действия реальных сил. К таким возможностям, наряду с прочим, относятся анализ методом конечных элементов и анализ с применением функциональной теории плотности.



### 3) Возможности мультифизического моделирования

В соответствии с требованиями пункта 7.3 (2) возможности мультифизического моделирования позволяют цифровому двойнику "умной" системы пожаротушения строить модели предшествующей, текущей и прогнозируемой картины пожара, включая, в частности:

- описательные 2D/3D модели персонала, оборудования, устройств и конструкций окружающей среды в месте пожара, такие как геометрия, расположение и форма объектов;
- физические и/или химические 3D-модели персонала, оборудования, устройств и окружающей среды, увязанные с такими принципами и механизмами, как физико-химические свойства материалов.

### 4) Возможности визуализации

В соответствии с требованиями пункта 7.3 (4) возможности визуализации позволяют системе поддержки цифрового двойника визуализировать модели, данные и результаты имитационного моделирования, включая, в частности:

- особенности картины пожара;
- свойства объектов и состояние персонала на месте пожара;
- результаты имитационного моделирования в базовом представлении для упрощения интерпретации сложных систем и наборов данных;
- результаты стратегии спасения;
- перемещения спасателей и пострадавших на месте пожара.

### 5) Возможности определения местоположения и навигации

В соответствии с требованиями пункта 7.3 (1) возможности определения местоположения и навигации позволяют цифровому двойнику отслеживать местоположение и движение объектов, а также обеспечивать навигационные указания, включая, в частности:

- запросы информации о местоположении персонала, устройств, пожара, источников опасности и оборудования, а также отслеживание положения в режиме реального времени;
- навигационные указания спасателям на основе результатов прогнозирования картины пожара;
- планирование и поиск оптимального маршрута (с точки зрения времени и безопасности) в зависимости от картины пожара в режиме реального времени.

### 6) Возможности разработки стратегии

В соответствии с требованиями пункта 7.3 (1) возможности разработки стратегии заключаются в развитии и оптимизации стратегий спасения, включая, в частности:

- разработку стратегий спасения, таких как маршрут входа спасателей, маршрут эвакуации, последовательность спасательных операций, оборудование, необходимое для сведения к минимуму количества жертв;
- анализ возможных результатов реализации разработанных стратегий спасения;
- сортировку разработанных стратегий спасения на основе прогнозируемых результатов, таких как затраты времени, возможные потери, материальный ущерб и вероятность успеха, а также выбор оптимальных стратегий в соответствии с требованиями;
- сочетание оптимальных параметров прогнозируемых результатов и стратегий спасения, применявшихся в прошлом, для оптимизации стратегии спасения.

### 7) Возможности оперативного управления на месте пожара

В соответствии с требованиями пункта 7.3 (2) возможности оперативного управления на месте пожара позволяют передавать данные, инструкции и команды устройствам и соответствующему персоналу, включая, в частности:

- информацию о местоположении, данные об окружающей среде и основные показатели жизнедеятельности пожарных спасательной команды;
- предупредительные сигналы, когда спасательная команда приближается к опасной или потенциально опасной зоне;

- предупредительные сигналы, когда основные показатели жизнедеятельности членов спасательной команды приближаются к критическому порогу;
- команды и стратегии для спасателей вместе с наиболее вероятным результатом, определенным методами мультифизического имитационного моделирования;
- своевременные запросы к другим подключенным платформам для выдачи инструкций в соответствии с картиной пожара.

#### **8.4 Возможности приложений**

##### 1) Несколько способов связи

В соответствии с требованиями пункта 7.4 разнообразные возможности связи позволяют членам спасательной команды общаться друг с другом и с платформой поддержки цифрового двойника разными способами, в том числе:

- с поддержкой автоматического распознавания речи;
- с поддержкой избирательных вызовов, групповых вызовов, трансляции членам спасательной команды и обращений к платформе поддержки цифрового двойника.

## Дополнение I

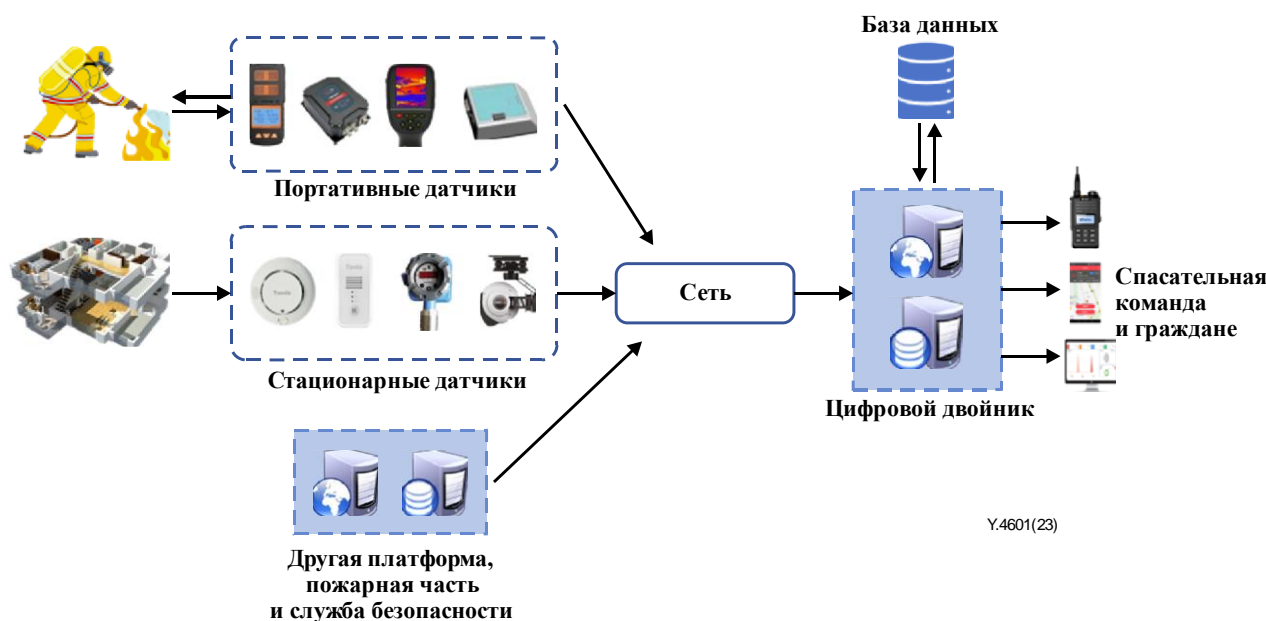
### Примеры применения цифрового двойника для "умной" системы пожаротушения

(Данное Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

#### I.1 Мониторинг места пожара

При возникновении пожара цифровой двойник "умной" системы пожаротушения собирает информацию об окружающей среде и местоположении с использованием датчиков и сети. Затем платформа вызывает предварительно сохраненную архитектурную или топологическую модель для визуализации собранной информации об окружающей среде и местоположении. Таким образом, модель наглядно отображает картину пожара в режиме реального времени.

Как показано на рисунке I.1, портативные датчики отвечают за сбор информации о местоположении, основных показателях жизнедеятельности членов спасательной команды и окружающей обстановке, а стационарные – за сбор информации об опасных газах, температуре, задымлении, структурных переменных окружающей среды и местоположении персонала. Затем эта информация передается по сети в цифровой двойник "умной" системы пожаротушения. Цифровой двойник сопоставляет информацию об окружающей среде и персонале с предварительно сохраненной архитектурной или топологической моделью для визуализации картины пожара. Таким образом, пожарная часть и спасательная команда получают информацию о ситуации на месте пожара.



Y.4601(23)

Рисунок I.1 – Мониторинг картины пожара

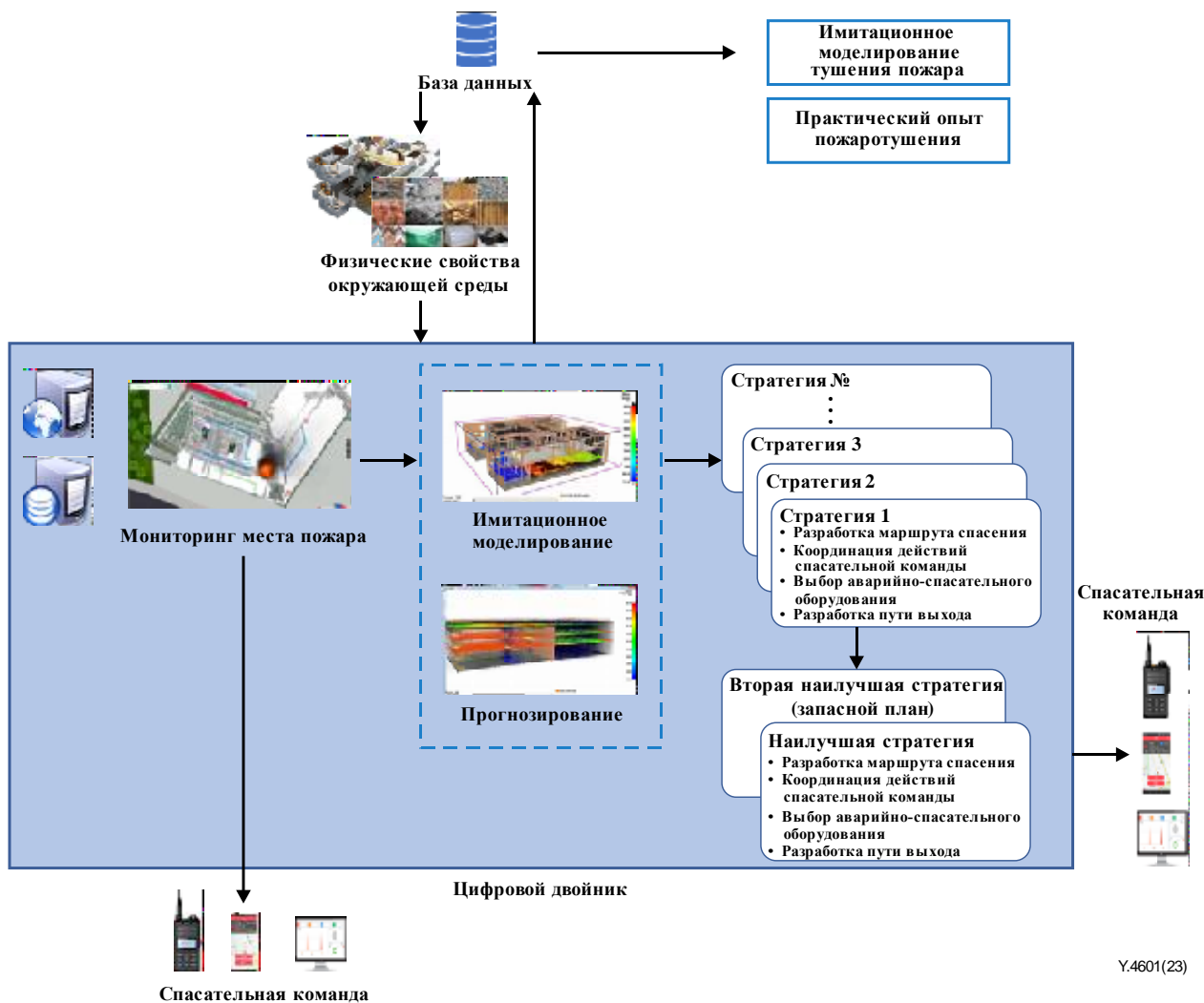
#### I.2 Разработка стратегии спасения и обучение

Как показано на рисунке I.2, после получения информации о месте пожара цифровой двойник сопоставляет всю эту информацию с предварительно сохраненной моделью окружающей среды для мониторинга картины пожара. С помощью методов мультифизического имитационного моделирования и моделирования с использованием предварительно сохраненных данных о свойствах предметов и явлений окружающей среды создается виртуальная картина пожара с имитацией влияния пожара и других опасных факторов на персонал спасательной службы.

Цифровой двойник также обеспечивает прогнозирование развития картины пожара для спасателей, помогая им избежать потенциальных рисков, вызванных топографическими или структурными изменениями при пожаре. Как показано в пунктирной рамке на рисунке I.2, имитационное моделирование позволяет предсказать, например, что огонь распространится на три других этажа в течение одного часа, а в левом здании интенсивность пожара будет выше; этот прогноз позволит

уведомить членов спасательной команды о потенциальных рисках и лимитированном времени на спасение. Затем цифровой двойник может разработать стратегию спасения на основе имитационного моделирования в режиме реального времени и прогнозирования: цифровой двойник может разработать несколько стратегий, но направить спасательной команде только самую оптимальную и вторую наилучшую стратегию на основе всесторонней оценки затрат времени, возможных потерь, материального ущерба и вероятности успеха.

Имитационное моделирование также можно использовать при обучении, чтобы обеспечить приобретение учащимися опыта работы в аварийных ситуациях в безопасной, изолированной, воспроизводимой, контролируемой и измеримой среде, что имеет большое практическое значение. Имитационное моделирование основано на накопленных данных о пожарах и реалистичных предполагаемых картинах.



У.4601(23)

Рисунок I.2 – Разработка стратегии спасения и обучение

## Библиография

- [b-ITU-T Y.2091] Рекомендация МСЭ-Т Y.2091 (2011 г.), *Термины и определения для сетей последующих поколений.*
- [b-ITU-T Y.4101] Рекомендация МСЭ-Т Y.4101/Y.2067 (2017 г.), *Общие требования и возможности шлюза для приложений интернета вещей.*
- [b-ITU-T Y.4105] Recommendation ITU-T Y.4105/Y.2221 (2010), *Requirements for support of ubiquitous sensor network (USN) applications and services in the NGN environment.*
- [b-ITU-T Y.4600] Recommendation ITU-T Y.4600 (2022), *Requirements and capabilities of a digital twin system for smart cities.*
- [b-IEEE 802.15.3] IEEE 802.15.3-2016, *IEEE Standard for High Data Rate Wireless Multi-Media Networks.*  
<<https://ieeexplore.ieee.org/document/7524656>>
- [b-IEEE 802.15.4] IEEE 802.15.4-2015, *IEEE Standard for Low-Rate Wireless Networks.*  
<<https://ieeexplore.ieee.org/document/7460875/definitions#definitions>>
- [b-ETSI GS NFV 002] ETSI GS NFV 002 V1.2.1 (2014), *Network Functions Virtualisation (NFV); Architectural Framework.*  
<[https://docbox.etsi.org/isg/nfv/open/Publications\\_pdf/Specs-Reports/NFV%20002v1.2.1%20-%20GS%20-%20NFV%20Architectural%20Framework.pdf](https://docbox.etsi.org/isg/nfv/open/Publications_pdf/Specs-Reports/NFV%20002v1.2.1%20-%20GS%20-%20NFV%20Architectural%20Framework.pdf)>
- [b-CTIF-Report-25] International Association of Fire and Rescue Services (2020), *World Fire Statistics No.25.*  
<[https://www.ctif.org/sites/default/files/2020-06/CTIF\\_Report25.pdf](https://www.ctif.org/sites/default/files/2020-06/CTIF_Report25.pdf)>
- [b-DiFazio] Gary DiFazio (2019), *Belden Industrial Cybersecurity – What is Network Air-gapping?*  
<<https://www.belden.com/blogs/industrial-security/network-air-gapping>>
- [b-NEXTEP] NEXTEP Broadband (2001), *Firewall Architecture.*  
<[http://www.tech2u.com.au/products/dsl/pdf/Firewall\\_Architecture.pdf](http://www.tech2u.com.au/products/dsl/pdf/Firewall_Architecture.pdf)>
- [b-SD-RAN V1.0] ONF SD-RAN 1.0, (2021), *A cloud-native platform for software-defined RAN consistent with O-RAN.*  
<<https://www.helpnetsecurity.com/2021/01/27/onf-sd-ran/>>
- [b-Telink] Telink (2019), *Indoor Positioning 101.*  
<<https://www.telink-semi.com/indoor-positioning-101/>>



## СЕРИИ РЕКОМЕНДАЦИЙ МСЭ-Т

Серия А	Организация работы МСЭ-Т
Серия D	Принципы тарификации и учета и экономические и стратегические вопросы международной электросвязи/ИКТ
Серия E	Общая эксплуатация сети, телефонная служба, функционирование служб и человеческие факторы
Серия F	Нетелефонные службы электросвязи
Серия G	Системы и среда передачи, цифровые системы и сети
Серия H	Аудиовизуальные и мультимедийные системы
Серия I	Цифровая сеть с интеграцией служб
Серия J	Кабельные сети и передача сигналов телевизионных и звуковых программ и других мультимедийных сигналов
Серия K	Защита от помех
Серия L	Окружающая среда и ИКТ, изменение климата, электронные отходы, энергоэффективность; конструкция, прокладка и защита кабелей и других элементов линейно-кабельных сооружений
Серия M	Управление электросвязью, включая СУЭ и техническое обслуживание сетей
Серия N	Техническое обслуживание: международные каналы передачи звуковых и телевизионных программ
Серия O	Требования к измерительной аппаратуре
Серия P	Качество телефонной передачи, телефонные установки, сети местных линий
Серия Q	Коммутация и сигнализация, а также соответствующие измерения и испытания
Серия R	Телеграфная передача
Серия S	Оконечное оборудование для телеграфных служб
Серия T	Оконечное оборудование для телематических служб
Серия U	Телеграфная коммутация
Серия V	Передача данных по телефонной сети
Серия X	Сети передачи данных, взаимосвязь открытых систем и безопасность
<b>Серия Y</b>	<b>Глобальная информационная инфраструктура, аспекты протокола Интернет, сети последующих поколений, интернет вещей и "умные" города</b>
Серия Z	Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи