

# Лекция 4. Технологический базис промышленного интернета

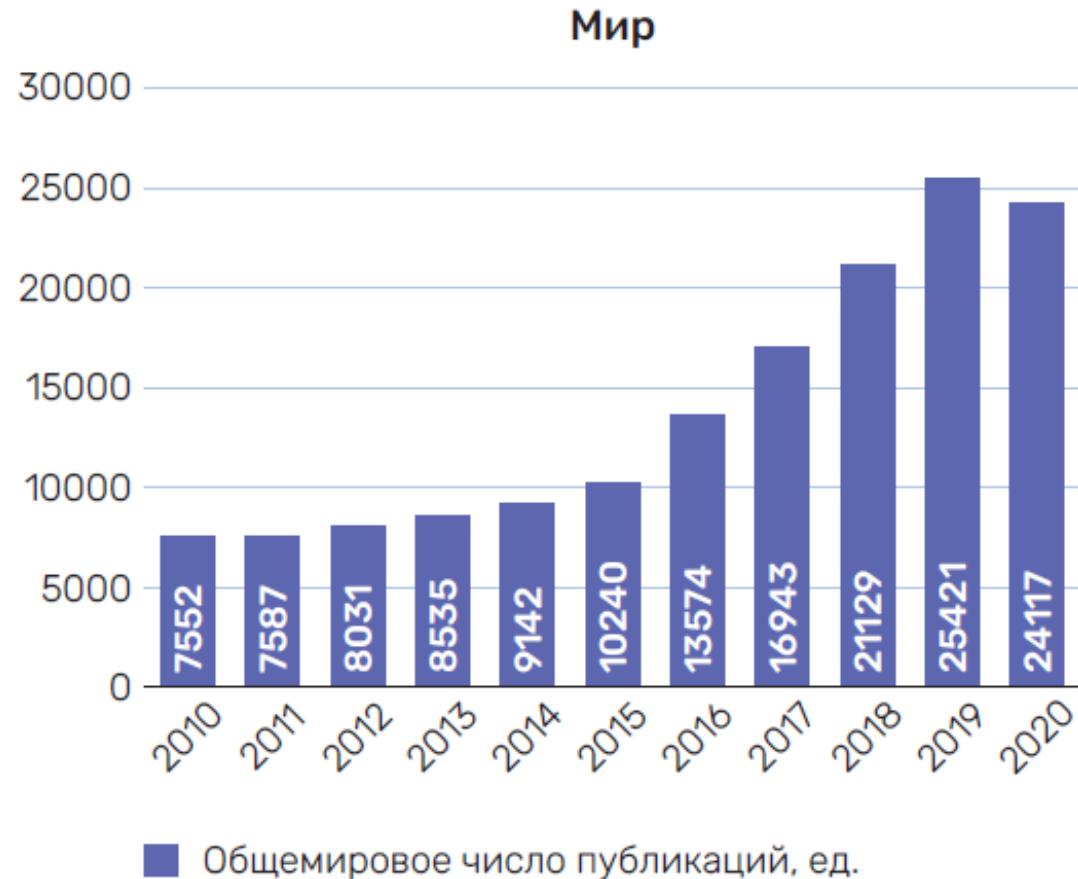
*Д.т.н., профессор Гусева А.И.*

2025 г.

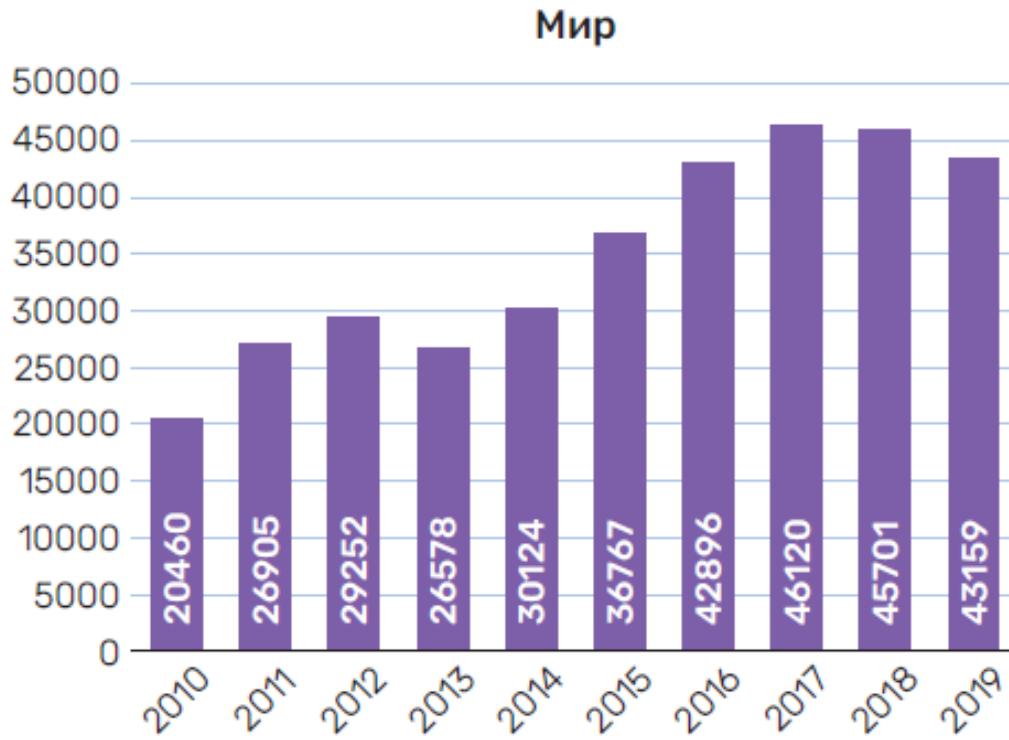
# Интернет вещей и Промышленный интернет

- **Интернет вещей (Internet of Things, IoT)** — это множество физических объектов, подключенных к интернету и обменивающихся данными. Концепция IoT может существенно улучшить многие сферы нашей жизни и помочь нам в создании более удобного, умного и безопасного мира
- Термин «**Интернет вещей**» был впервые употреблен в 1999 году Кевином Эштоном, предпринимателем и соучредителем центра Auto-ID Labs (независимая сеть лабораторий и исследовательская группа в области сетевой радиочастотной идентификации и новых сенсорных технологий) при Массачусетском технологическом институте. Эштон состоял в команде, которая сумела изобрести способ подключения объектов к интернету с помощью технологии RFID
- **Промышленный Интернет вещей (Industrial Internet of Things, IIoT)** — это система объединенных компьютерных сетей и подключенных к ним промышленных (производственных) объектов со встроенными датчиками и программным обеспечением для сбора и обмена данными, с возможностью удаленного контроля и управления в автоматизированном режиме, без участия человека

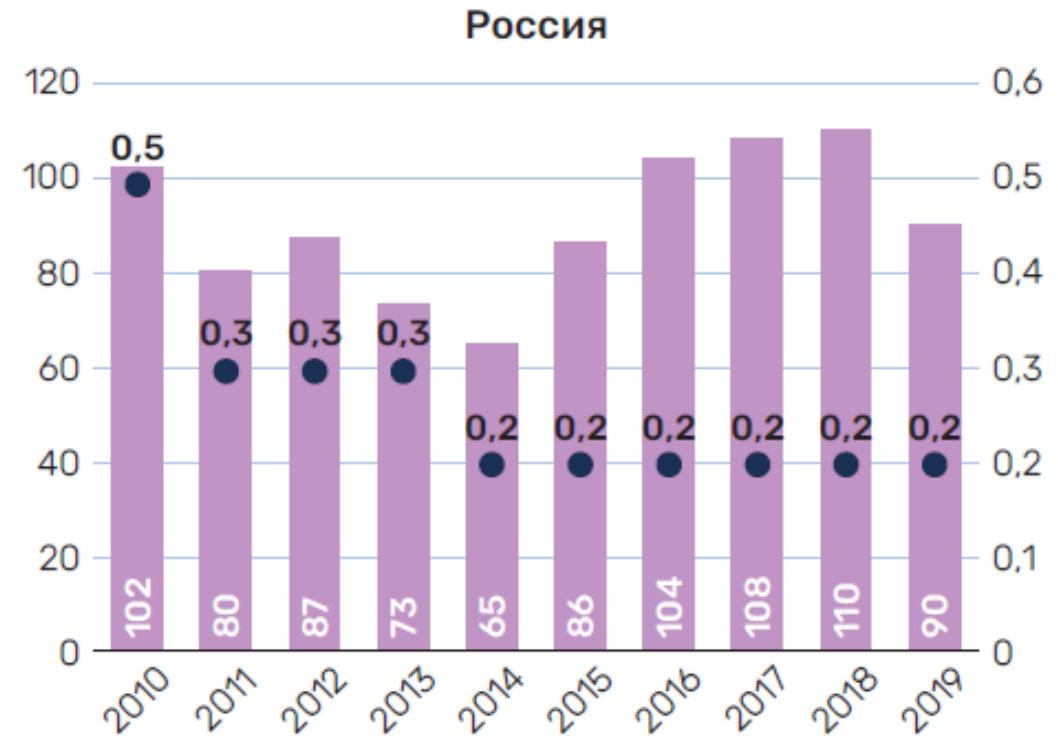
# Ключевые показатели публикационной активности



# Ключевые показатели патентной активности



■ Общемировое число патентных заявлений, ед.



■ Число патентных заявлений российских авторов, ед.

● Удельный вес России в общемировом  
числе патентных заявлений, %

# Основные показатели публикационной и патентной активности по группам технологий

	Научные публикации			Патентные заявки		
	Мир	Россия	Доля России, %	Мир	Россия	Доля России, %
Технологии построения сетей связи	2020 11181	177	1,6	2019 28668	45	0,2
	2015 7307	41	0,2	2015 29448	43	0,3
	2010 7137	16	0,2	2010 16242	52	0,3
Протоколы и стандарты передачи данных	2020 667	12	1,8	2019 3271	10	0,3
	2015 270	4	0	2015 2128	3	0,1
	2010 128	0	0	2010 1857	1	0,1
Кибербезопасность	2020 2715	37	1,4	2019 6003	4	0,1
	2015 410	5	0	2015 2203	0	0
	2010 45	0	0	2010 251	0	0
Оборудование для обеспечения взаимодействия	2020 2352	46	2,0	2019 9404	35	0,4
	2015 606	4	0	2015 4923	40	0
	2010 117	2	1,7	2010 2555	50	2,0
Оконечные устройства	2020 7555	68	0,9	2019 3721	1	0,03
	2015 1872	15	0	2015 1690	0	0
	2010 169	0	0	2010 134	0	0
IoT-платформы	2020 4638	89	1,9	2019 10391	4	0,04
	2015 882	7	0	2015 3258	1	0
	2010 48	0	0	2010 331	0	0

Кривая технологической зрелости



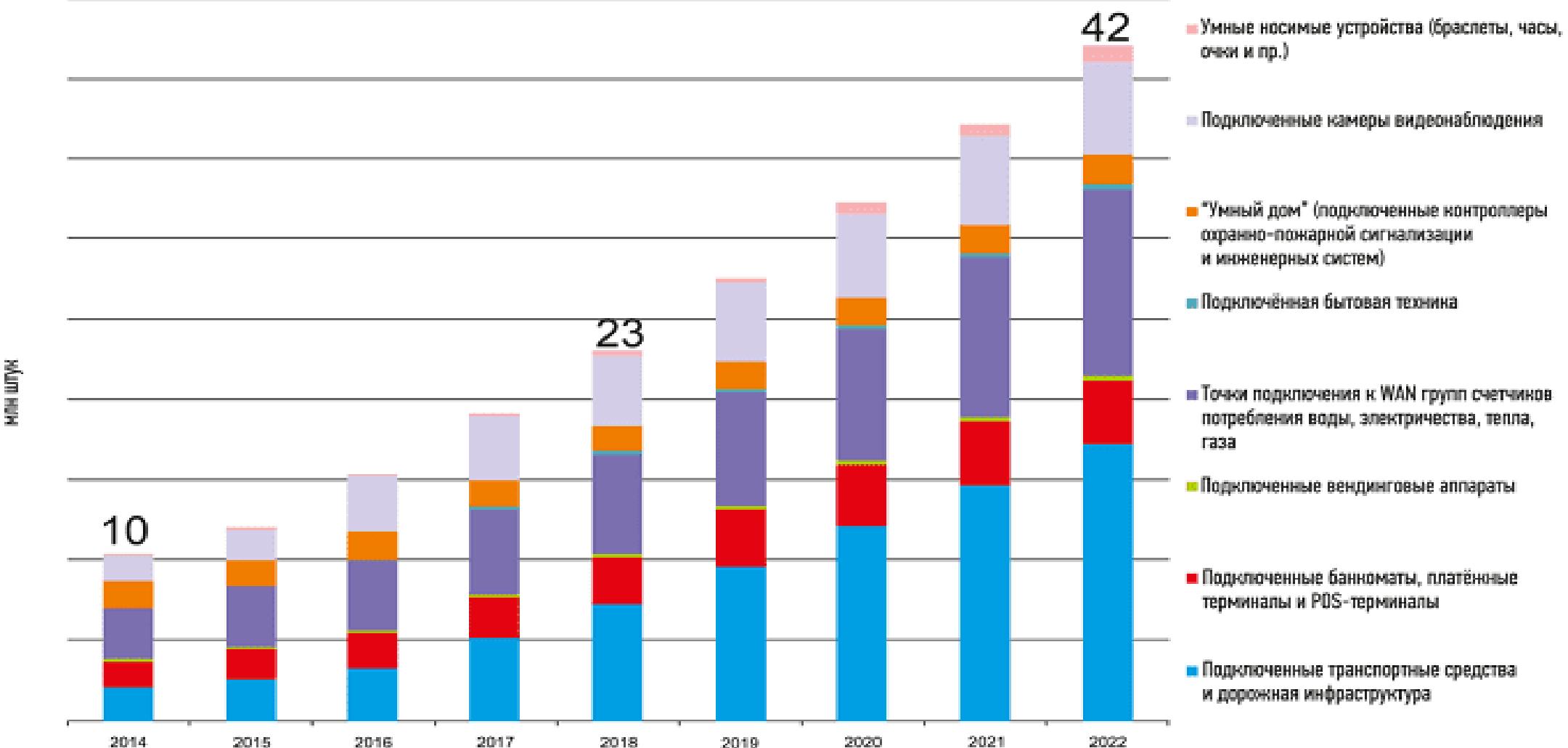
# Мировой рынок Интернета вещей

- Содержит три ключевые продуктовые линейки: отраслевые платформы, аппаратные и программные системы передачи данных, устройства и приложения для различных отраслей
- К первой группе относятся платформы, объединяющие различные технологии для определенной сферы применения. В 2020 г. этот сегмент достиг отметки в 216 млрд долл., а к 2028 г., по прогнозам, увеличится более чем в 5 раз – до 1,11 трлн долл. Среди них наибольший объем рынка на текущий момент занимает промышленный интернет, который сохранит лидерские позиции и в ближайшей перспективе. В ближайшие семь лет мировой рынок промышленного интернета вещей будет расти со среднегодовым темпом роста 16,7% и в 2027 году его объем достигнет \$263,4 млрд.
- В линейке аппаратных и программных систем представлены такие компании, как Infineon Technologies, Texas Instruments, Analog Devices, Qualcomm, STMicroelectronics<sup>19</sup>. Большинство из них занимаются разработкой трансиверов, сенсоров и устройств, с ними связанных. Рынок трансиверов на горизонте до 2024 г. составит 18,5 млрд долл., ожидается ежегодный прирост более чем на 10%. Рынок сенсоров Интернета вещей к 2026 г. составит 29,6 млрд долл.
- На рынке устройств и приложений для отраслей представлено множество решений. В число компаний-лидеров входят Dell, Advantech, Apple, Aeris Communication, HTC<sup>22</sup>

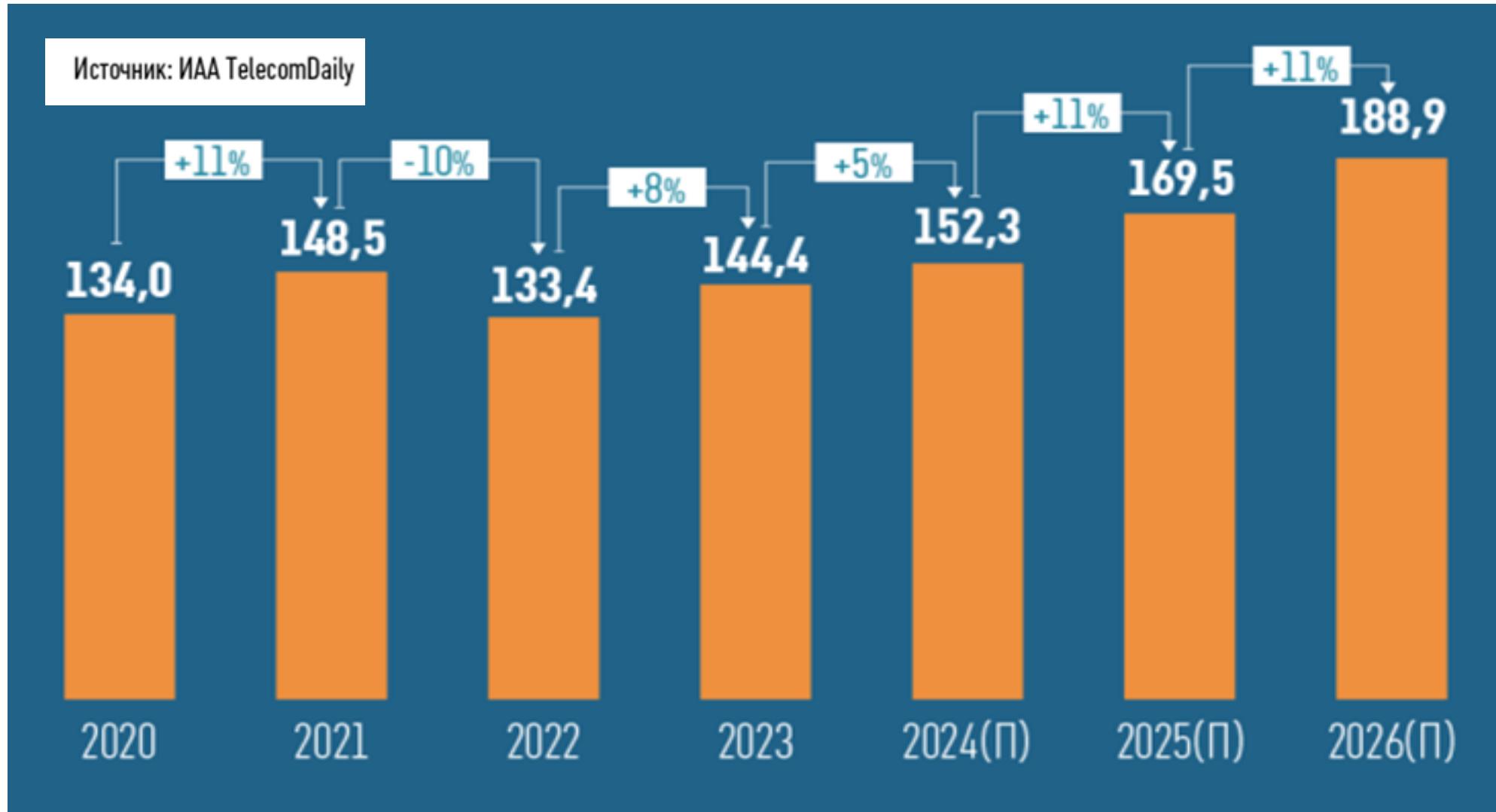
# Мировой рынок Интернета вещей

- **Достижения в области беспроводных технологий:** развитие в сфере внедрения Сети 5G и обновления технологий WiFi. Более 300 миллионов подключений 5G были активными во всем мире в 2023 году, по прогнозам, превысят 1 миллиард за 2025 г.
- **Растущий спрос на автоматизацию и Аналитика данных:** предсказывается CAGR 25% с 2023 г. по 2028 г. Тренд – востребованность граничных вычислений
- **Потребительское принятие интеллектуальных устройств:** около \$90 млрд в 2023 г., прогнозируется рост до \$160 млрд к 2026
- **Государственные инициативы и инвестиции:** «Умные города», цифровая трансформация и т.д.

# Российский рынок Интернета вещей: текущее положение по отраслям и прогнозы аналитиков

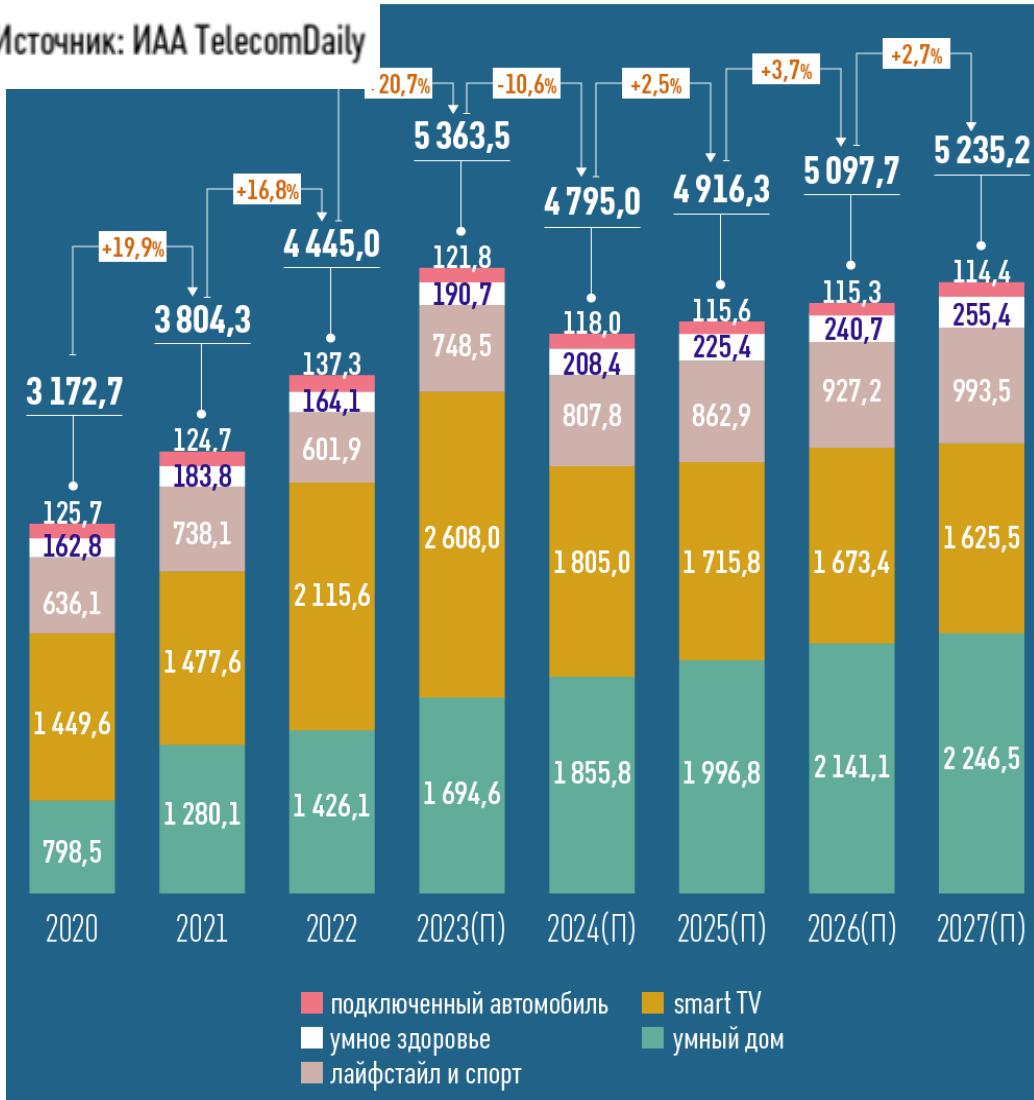


# Объем российского рынка промышленного Интернета, млрд рублей

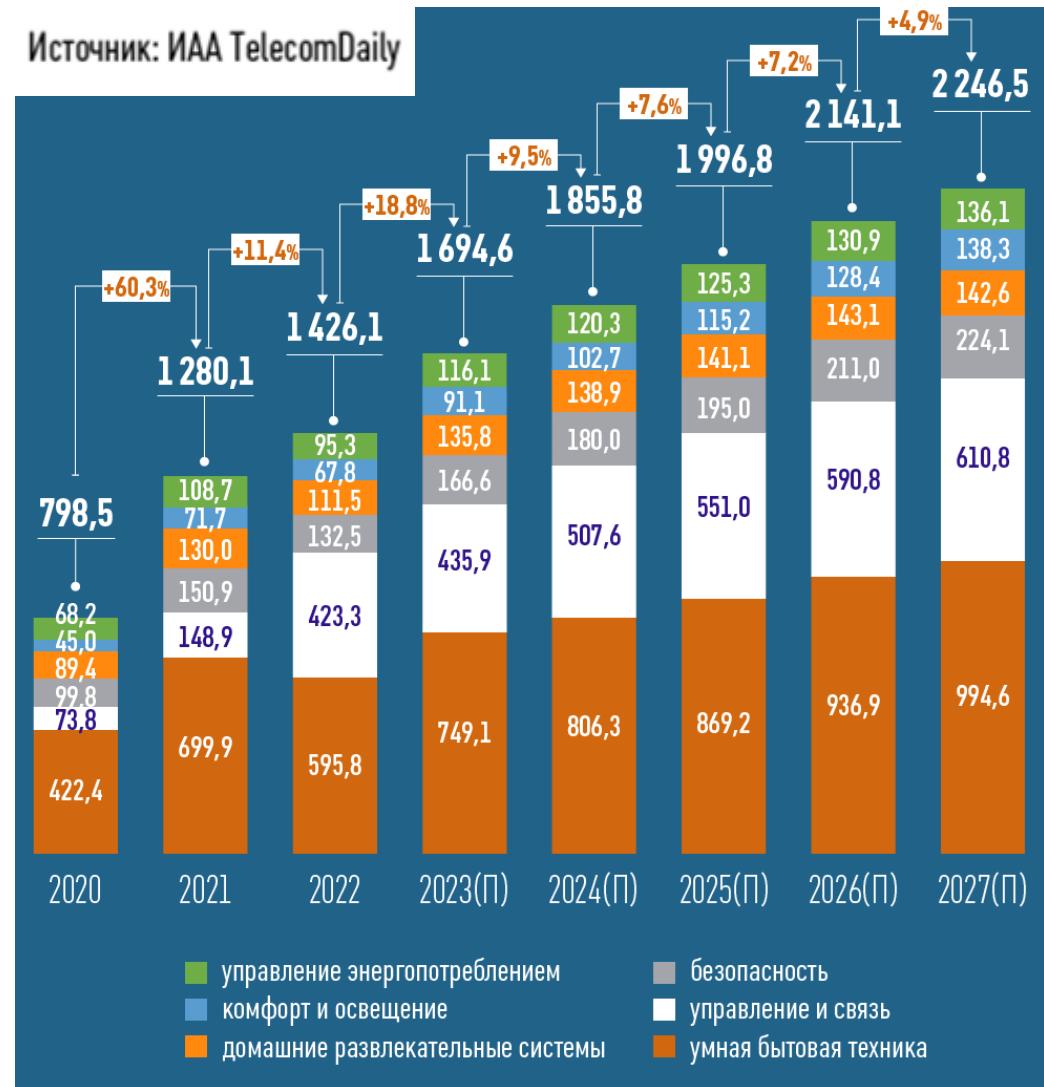


# Объем российского рынка потребительского Интернета вещей и «Умного дома», млн \$

Источник: ИАА TelecomDaily



Источник: ИАА TelecomDaily



# Технологический базис Промышленного интернета

Приложения

- Энергетика
- Производство
- Строительство
- Здравоохранение
- Добыча полезных ископаемых
- Транспорт
- Торговля
- Финансы

Платформа Промышленного интернета

- Управление устройствами (АСУ ТП, SCADA)
- Инструменты интеллектуального анализа данных
- Средства сбора и хранения данных

Среда передачи данных

- Фиксированная связь, спутниковая связь, мобильная связь
- Сетевые шлюзы (маршрутизаторы, коммутаторы)
- Локальные сети (Ethernet, LPWAN, WiFi, BlueTooth, ZigBee)
- Сенсоры, датчики, счетчики

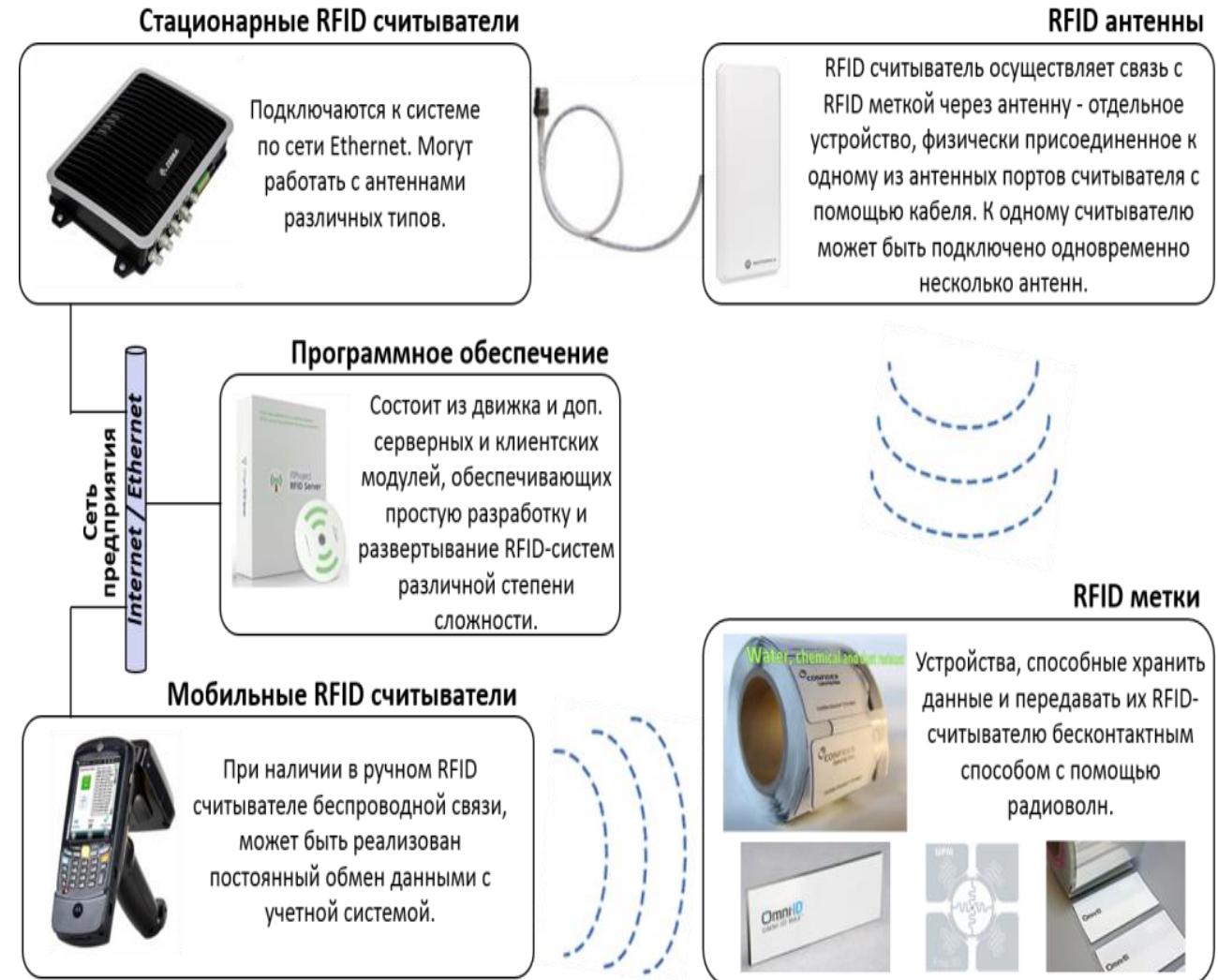
Среда сбора данных

Подключаемое оборудование

**Среда сбора данных**

# RFID технология (Radio Frequency Identification)

- **RFID-система состоит из двух элементов — самой метки (транспондер, тег) и радиопередатчика, который ее активирует**
- в основе технологии лежит радиочастотная передача и запись информации (радиоволновым методом все необходимые данные записываются на чип, там сохраняются и при помощи специального устройства для сбора информациичитываются с него)



# RFID технология (Radio Frequency Identification)

## Виды RFID-меток (тип питания):

- **Пассивные идентификаторы** — нет встроенного источника питания, необходимую для работы энергию получают от считывающего оборудования
- **Активные RFID-метки** — оснащены встроенной аккумуляторной батареей, с установленной периодичностью самостоятельно передают идентифицирующую информацию
- **Пассивные метки с встроенной батареей** — передача сигнала с такого идентификатора активируется при запросе, который поступает от радиопередатчика

## Виды RFID-меток (тип установленной памяти):

- **RW** — можно многократно записывать и стирать идентифицирующую информацию
- **WORM** — можно записать необходимую информацию и многократно ее считывать, стереть сведения нельзя
- **RO** — информация записывается только один раз при изготовлении, стереть часть данных или добавить дополнительные сведения нельзя

## Виды RFID-меток (частота):

- **сверхчастотные (860—960 МГц)** — метки с наибольшей дальностью действия, изначально разрабатывались для удобной организации складского хозяйства
- **высокочастотные (13,56 МГц)** — недорогие и экологически безопасные метки, используются в логистике и платежных системах, устанавливаются в карты для оплаты проезда в автобусах, метро и другом общественном транспорте и т.п.
- **низкочастотные (125—164 кГц)** — обычно применяются для чипирования животных и людей, не позволяют считывать информацию на большом расстоянии
- **ближнего действия (UHF)** — в отличие от остальных меток работают в условиях повышенной влажности, а также (за счет магнитного поля антенны) передают сигнал даже при наличии металлических частей в упаковке продукции

# RFID технология (Radio Frequency Identification)

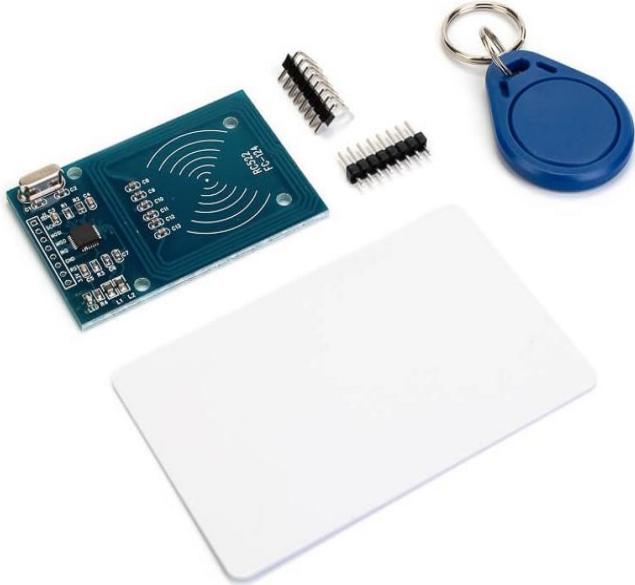
RFID-системы делятся на виды, в зависимости от используемой метки и радиопередатчика:

- **PRAT** — здесь используется активный транспондер и пассивный приемник информации, дальность работы системы может достигать 600 м
- **ARPT** — противоположность предыдущему типу: активное устройство для получения данных передает сигнал и принимает ответ от пассивного тега
- **ARAT** — передатчик в такой системе всегда активен, транспондер же может быть как активным, так и пассивным со встроенным аккумулятором.

Виды считывателей:

- **Мобильные устройства** — обычно не имеют постоянной связи с ПК или облачным хранилищем, всю полученную информацию накапливают в памяти и при подключении к компьютеру копируют ее на жесткий диск. Обладают небольшой дальностью действия. В некоторых случаях также, как и стационарные считыватели, могут не только получать, но и записывать информацию
- **Стационарное оборудование** — наиболее мощные и быстродействующие модели. Устанавливаются на столешницах, стенах или складских транспортных средствах (погрузчиках и т. п.), могут работать с антennами различных типов. Подключаются к программируемым контроллерам, персональным компьютерам, интегрируются с установленной на предприятии системой управления

# RFID технология (Radio Frequency Identification)



## Преимущества:

- метки практически невозможно подделать, предусмотрена функция перезаписи неограниченное количество раз
- допускается интеграция микрочипов в любую часть объекта, стандарты European Article Number не используются
- микросхема вмещает до десяти гигабайт данных о предмете
- непосредственный контакт или прямая видимость не обязательны
- идентификация проводится на расстоянии около 300 м
- комплекс работает бесперебойно от 10 лет
- интеллектуальные решения принимаются в режиме онлайн
- технология может использоваться в самых агрессивных условиях, а метки читаться через краску, грязь, воду, пар, древесину
- групповой учет нескольких движущихся объектов – до двухсот меток.

# Беспроводные сенсорные сети WSN (Wireless Sensor Networks)

- **Беспроводная сенсорная сеть, или беспроводная датчиковая сеть**, — распределённая, самоорганизующаяся сеть множества датчиков и исполнительных устройств, объединённых между собой посредством радиоканала
- **область покрытия** подобной сети может составлять от нескольких метров до нескольких километров за счёт способности ретрансляции сообщений от одного узла к другому
- беспроводные сенсорные сети состоят из миниатюрных вычислительных устройств — **мотов**, снабжённых датчиками (например, температуры, давления, освещённости, уровня вибрации, местоположения и т. п.) и передатчиками, работающими в заданном радиодиапазоне



Основаны, как правило, на технологии Zigbee

# **Беспроводные сенсорные сети WSN (Wireless Sensor Networks)**

## **Преимущества:**

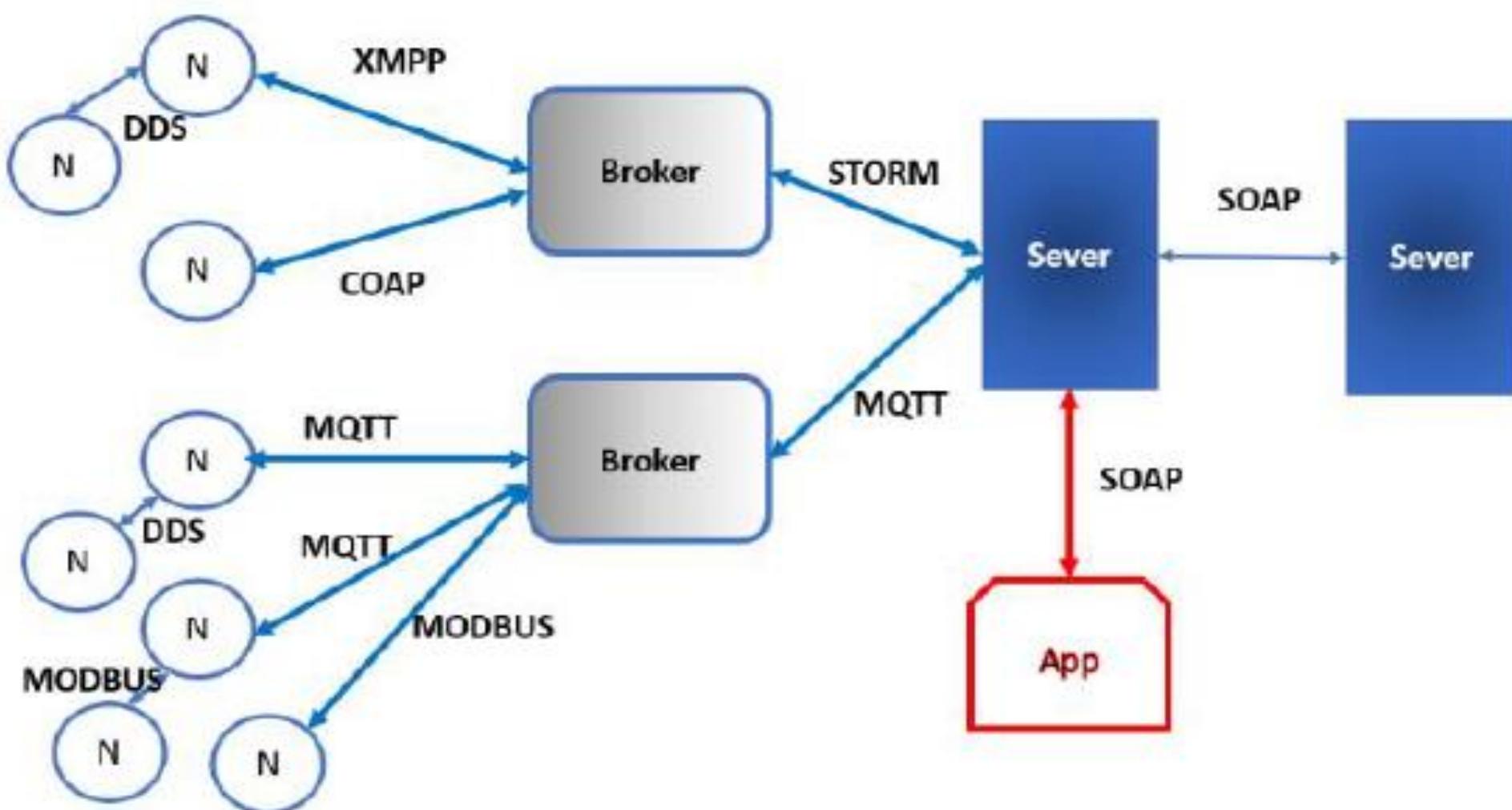
- отсутствие необходимости в прокладке кабелей для электропитания и передачи данных**
- низкая стоимость комплектующих, монтажа, пуско-наладки и технического обслуживания системы**
- быстрота и упрощенность развертывания сети**
- надежность и отказоустойчивость всей системы в целом при выходе из строя отдельных узлов или компонентов**
- возможность внедрения и модификации сети на любом объекте без вмешательства в процесс функционирования самого объектах**
- возможность быстрого и при необходимости скрытного монтажа всей системы в целом**

# Инфраструктура локальных сетей Интернета вещей

Технология	Назначение	Базовые характеристики
BlueTooth	Персональные сети (PAN)	Низкая пропускная способность, малое энергопотребление
Wi-Fi	Локальные сети (LAN)	Высокая пропускная способность, высокое энергопотребление
ZigBee	Локальные сети (LAN)	Низкая пропускная способность, малое энергопотребление
GSM, GPRS, EC-GSM-IoT	Территориально распределенные сети (WAN), глобальное покрытие	Низкая пропускная способность, недорогие сотовые модемы
HSPA	Территориально распределенные сети (WAN), глобальное покрытие	Высокая пропускная способность, высокое энергопотребление, недорогие сотовые модемы
LNE, NB-IoT	Территориально распределенные сети (WAN), глобальное покрытие	Широкий диапазон скоростей, снижение стоимости и энергопотребления в будущих релизах 3GPP
Стриж	LPWAN -территориально распределенные сети с низким энергопотреблением	Низкая пропускная способность, малое энергопотребление, нелицензируемый диапазон частот (868 МГц)
LoRa	LPWAN - территориально распределенные сети с низким энергопотреблением	Низкая пропускная способность, малое энергопотребление, нелицензируемый диапазон частот
SigFox	LPWAN - территориально распределенные сети с низким энергопотреблением	Низкая пропускная способность, малое энергопотребление, нелицензируемый диапазон частот

**Среда передачи данных**

# Сетевая инфраструктура Интернета вещей



# Протокол Modbus

- открытый коммуникационный протокол, основанный на архитектуре «клиент-сервер»
- широко применяется в промышленности для организации связи между электронными устройствами
- может использоваться для передачи данных через последовательные линии связи RS-485, RS-422, RS-232, а также сети TCP/IP (Modbus TCP)
- контроллеры на шине Modbus взаимодействуют, используя клиент-серверную модель, основанную на транзакциях, состоящих из запроса и ответа, их основа — элементарный пакет протокола, так называемый PDU (Protocol Data Unit)

# Протокол MQTT (Message Queue Telemetry Transport)

- предназначен для телеметрии и дистанционного мониторинга
- используется для обмена сообщения между устройствами по принципу "издатель-подписчик", позволяет устройствам посылать и получать данные при возникновении некоторого события
- обладает встроенными средствами защиты (аутентификация)



**Connect** – установить соединение с брокером  
**Disconnect** – разорвать соединение с брокером

**Publish** – опубликовать данные в топик на брокере  
**Subscribe** – подписаться на топик на брокере  
**Unsubscribe** – отписаться от топика

# Сетевая инфраструктура

Протокол	Транспорт	Операции	Особенности
Modbus	TCP	Процедуры получения и отправки данных в режиме «клиент-сервер»	Имеет самое широкое распространение для Промышленного Интернета вещей
COAP	UDP	Процедуры записи и получения необходимых конкретных параметров	Представляет собой двоичную версию протокола HTTP, упрощенную под задачи транспортировки данных по линиям с ограниченной пропускной способностью
MQTT	TCP	Процедуры обработки публикаций/подписки	Поддерживает различные классы QoS и механизм очередей Имеет самое широкое распространение для Промышленного Интернета вещей
STORM	TCP	Процедуры публикаций/подписки Операции с транзакциями	Поддерживает операции с транзакциями Поддерживает большое количество совместимых библиотек
SOAP	TCP	Удаленный вызов методов Процедуры запроса параметров	Возможность удаленного вызова процедуры Нейтральность к платформе

# Сетевая инфраструктура

- Основная проблема - большое количество объектов мониторинга и разнородных датчиков, с которых будут собираться данные
- В среднем один клиент (частное Домохозяйство ЖКХ) имеет около 50 датчиков
- Пул пользователей насчитывает около 20 миллионов клиентов
- Для передачи одного значения от датчика частного домохозяйства конечному брокеру необходимо передать около 350 байт информации
- Соответственно, одно чтение со всех устройств требует передачи примерно 325 ГБ информации
- Частота считывания устройства - одно сообщение в течение 10 минут
- Прогнозируемый объем данных, получаемых в год, может превысить 230 ТБ

# Сетевая инфраструктура

Все рассматриваемые выше протоколы являются надстройками над стеком TCP/IP и используют его, как транспорт

Наиболее перспективным является MQTT, так как он поддерживает качество обслуживания, обеспечивает проверку доставки сообщений, обеспечивает "сквозную" связь, как от брокера к сенсорным узлам, так и от брокера к серверу

На уровне инфраструктуры для сбора данных между **контроллером управления и мониторинга** и контроллерами датчиков, счётчиков и модулей ввода/вывода, поддерживающих порты Ethernet 10/100 для подключения к IP сетям и Интернет (TCP/IP, UDP, HTTP(S) Modbus TCP, SNMP, MQTT, KNX IP), одновременно используется технологии GSM/3G модем, Wi-Fi, Bluetooth 4.0 и BluetoothLowEnergy, а также универсальный приёмопередатчик для работы со сторонними устройствами (433 MHz)

# Платформы промышленного интернета

# Облачные вычисления

- Существует несколько типов архитектур, которые можно построить на **cloud computing** (облачных вычислениях)
- Все они подразумевают распределенную логику обработки данных, так называемый **preprocessing** (препроцессинг)
- К ним относится:
  - ***туманные и облачные вычисления***
  - ***границные и облачные вычисления***
  - ***границные, туманные и облачные вычисления***

# Облачные вычисления

Концепция облачных вычислений – централизованная модель обработки данных в центре удаленных данных

С увеличением объемов передаваемых данных и использования IoT:

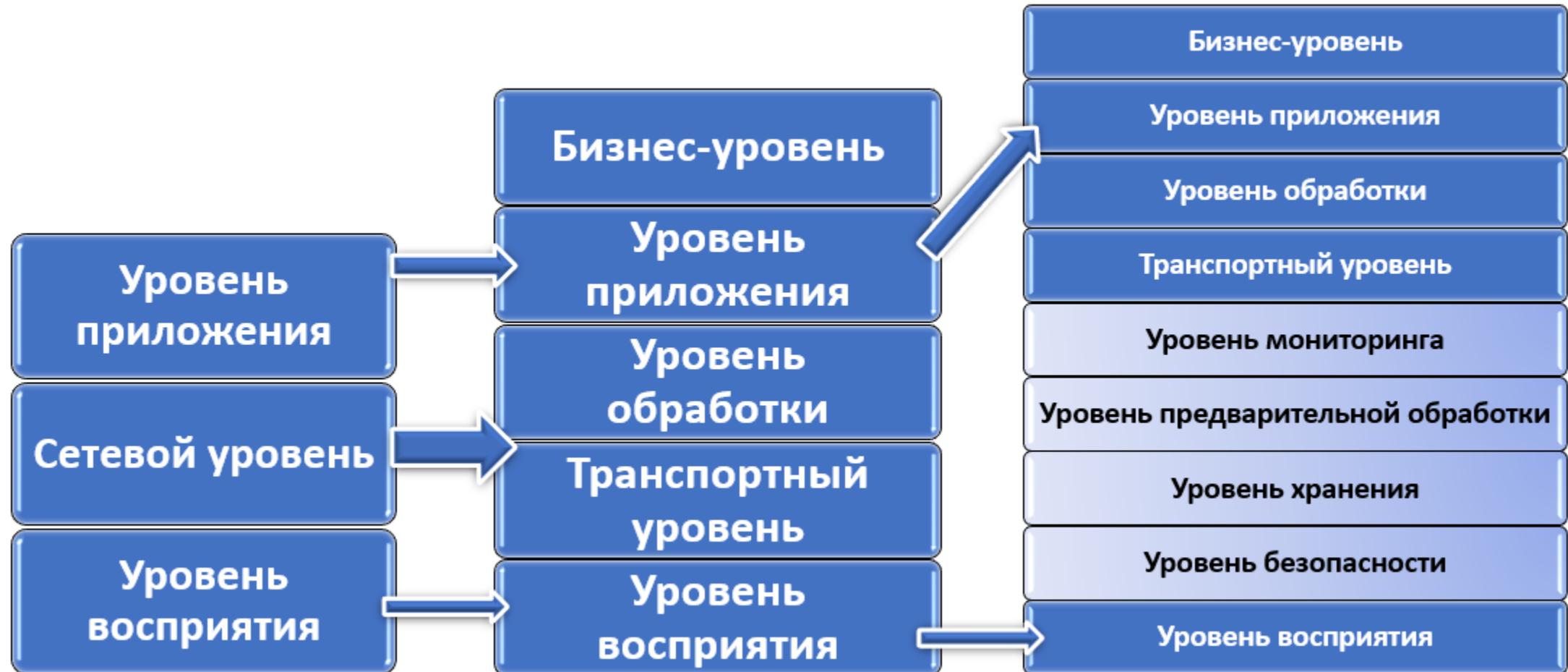
1. Данные с уровня восприятия IoT хранятся в огромных массивах, и между этими данными необходимо постоянно выявлять взаимосвязи и противоречия, т.е. вычислительные возможности с линейным ростом централизованных облачных вычислений не могут удовлетворить потребности обработки данных из нескольких источников данных
2. Пропускная способность сетей и скорость передачи данных стали слабым местом из-за увеличения количества пользователей (данные, сгенерированные устройствами IoT, к 2021 году превысят 847 зеттабайт, а IP-трафик глобального центра обработки данных сможет поддерживать только объем в 19,5 зеттабайт)
3. Большинство конечных пользователей на краю сети, обычно являются мобильными устройствами, не имеющими достаточных вычислительных ресурсов для хранения и обработки большого количества информации, и ограниченные во время работы от батареи
4. Безопасность данных и сохранение конфиденциальности являются сложными задачами в «облачных» вычислениях из-за передачи информации на дальние расстояния и аутсорсинга, поэтому обработка данных на границе облака может снизить риск утечки информации

# Границные и туманные вычисления

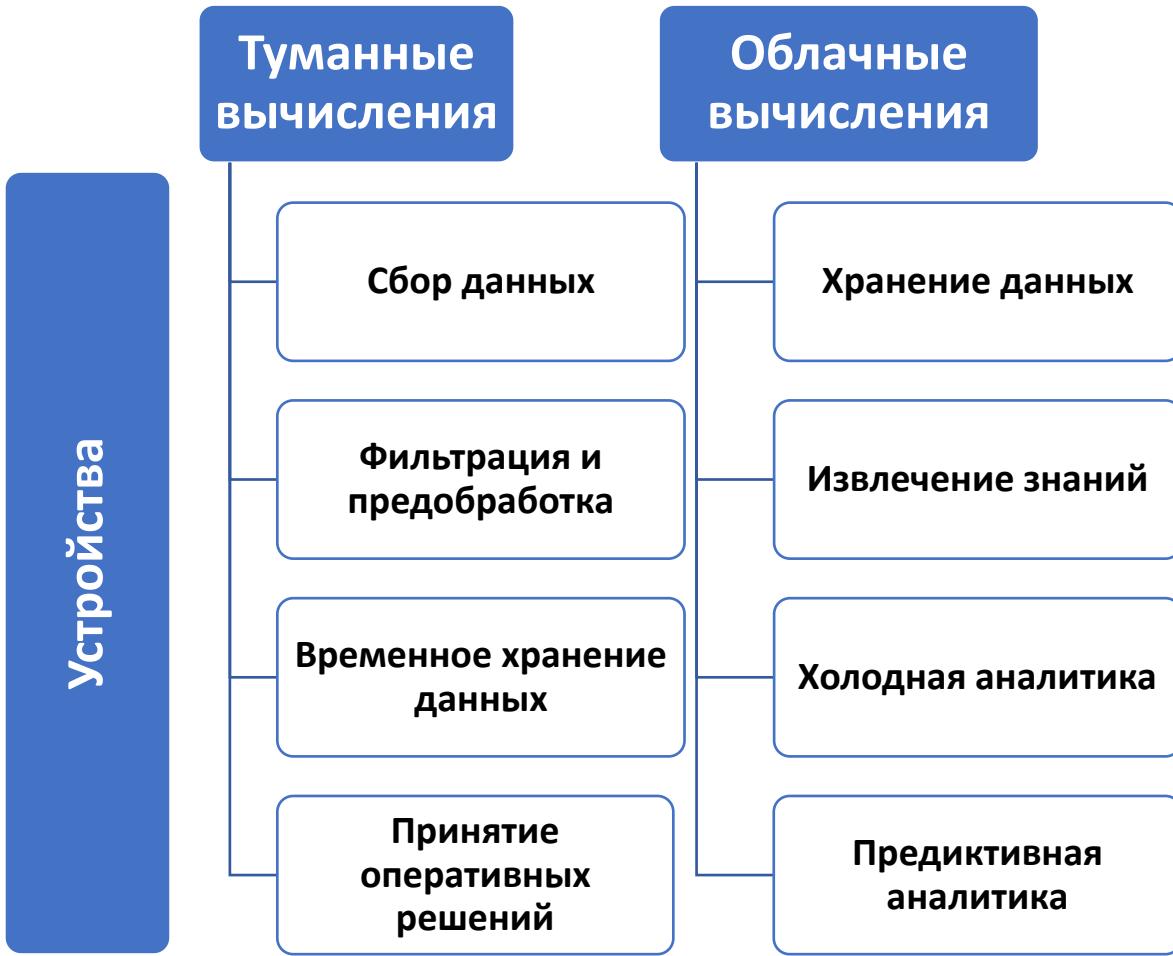
*Границные вычисления* – новая вычислительная модель, которая позволяют хранить, обрабатывать данные на границе сети и предоставлять интеллектуальные услуги вблизи источника данных совместно с «облачными» вычислениями

*Туманные вычисления* - предполагают перенос вычислений и хранения данных из традиционного облака в промежуточный слой устройств, расположенных ближе к краю сети, что позволяет сократить нагрузку на коммуникационную среду и устройства

# Облачные, граничные и туманные вычисления

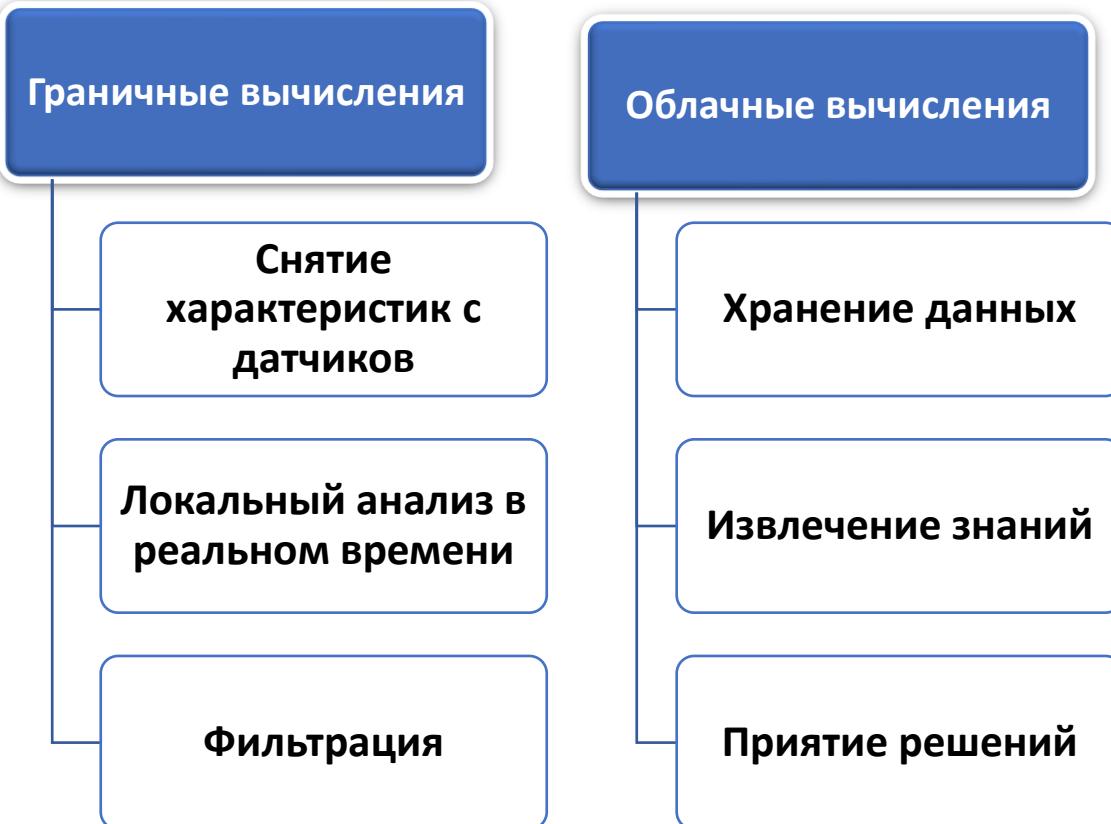


# Туманные и облачные вычисления



**Основная идея туманных вычислений состоит в том, чтобы отфильтровать и обработать данные до того, как они поступят на облачный сервер, т.е. использовать локальные вычислительные мощности, но не прекращать взаимодействие с облачными сервисами**

# Границные и облачные вычисления



Основная идея границных вычислений состоит в том, чтобы отфильтровать и обработать данные на устройствах, расположенных как можно ближе к инженерным объектам

# Граничные , туманные и облачные вычисления



# Приложения

# Примеры внедрения интернета вещей в России

Направление	Компания	Задачи
Системные интеграторы и ИТ-сервисы	Техносевр, Сибинтек, Айтеко, Revolta Engineering	- подборка оптимальных платформ - разработка новых решений - внедрение технологий на предприятиях
Системы информационной безопасности	Лаборатория Касперского	- обеспечение безопасности в решениях IoT
ИТ-сервисы и Интернет-платформы для транспорта	ТранспортТВ, StarLine, Яндекс + КАМАЗ	- производство беспилотного транспорта - предоставление информационно-медийных услуг на общественном транспорте - организация системы безопасности для автотранспорта - развертывание умной транспортной инфраструктуры
ИТ-решения в энергетике и ЖКХ	Перспективные линейные технологии, Стриж Телематика	- поставка измерительного оборудования и различных решений для сферы энергетики и ЖКХ
ИТ-решения для сельского хозяйства	Neoflex, Revolta Engennering	- поставка интеллектуальных систем для оптимизации и повышения эффективности с/х
ИТ-системы и устройства для Умного дома	GS Group, Аквасторож	- разработка решений для Умного дома
Платформы и облачные решения для Интернета Вещей	Яндекс, 1С, Ростелеком, Tibbo Systems	- разработка платформ для автоматизации бизнес процессов - разработка облачных платформ для хранения данных - разработка ПО для систем управления и мониторинга
Электроника	Микрон, Ангстрем, Т8, Т-Платформы	- построение платформенных аппаратных решений, сетей и инфраструктуры для IoT - поставка микроэлектронных компонентов и датчиков, компьютеров, сетевого и телекоммуникационного оборудования
Связь	МТС, Мегафон, Билайн, Теле2, Ростелеком	- стимулирование внедрения технологий IoT - развитие услуг M2M

# Измеримые показатели эффективности IoT-решений по отраслям

Отрасль	Показатели эффективности
Энергетика и ЖКХ	<ul style="list-style-type: none"><li>- увеличение доходов</li><li>- экономия ресурсов</li><li>- сокращение сроков планирования нагрузок сети</li><li>- оперативная замена устаревшего и неисправного оборудования и элементов сети</li></ul>
Промышленность	<ul style="list-style-type: none"><li>- сокращение производственного цикла</li><li>- снижение эксплуатационных расходов</li><li>- оптимизация планирования</li><li>- повышение времени бесперебойной работы оборудования и сокращение его простоев</li><li>- улучшение качества продукции</li></ul>
Транспорт и логистика	<ul style="list-style-type: none"><li>- снижение расходов топлива</li><li>- уменьшение времениостояния транспортных средств</li><li>- сокращение времени на проведение проверок технического состояния</li><li>- снижение зависимости от работы диспетчеров</li><li>- оптимизация затрат на логистику</li></ul>
Торговля и финансы	<ul style="list-style-type: none"><li>- повышение продаж</li><li>- уменьшение затрат на операционное обслуживание торговых автоматов</li><li>- удаленное решение неисправностей банкоматов</li><li>- сокращение простоев автоматов</li><li>- снижение расходов автострахования</li></ul>
«Умный» город и безопасность	<ul style="list-style-type: none"><li>- снижение мошенничества при оплате парковок</li><li>- снижение затрат на уличное освещение</li><li>- оптимизация городского движения</li></ul>
Сельское хозяйство	<ul style="list-style-type: none"><li>- экономное использование с/х ресурсов</li><li>- снижение расходов на с/х процессы</li><li>- повышение доходности на единицу поголовья скота</li></ul>

# Типовые угрозы и уязвимости промышленного интернета

## Типовые угрозы:

кибербезопасность

юридические угрозы

угрозы, связанные с деятельностью регулирующих органов

отсутствие стандартов

### Незащищенный веб-интерфейс

- невозможность изменения верительной информации, установленной по умолчанию
- «слабые» пароли
- уязвимость для атак на основе межсайтовых скриптов, подделки запросов и записей SQL

### Слабость средств аутентификации и проверки полномочий

- Отсутствие механизмов контроля доступа

### Незащищенные сетевые сервисы

### Отсутствие шифрования данных и проверки целостности при передаче

### Отсутствие обеспечение конфиденциальности

### Недостаточные возможности настройки параметров безопасности

- отсутствие разделения полномочий администратора и пользователя
- отсутствие журнала безопасности и возможности предупреждений пользователей о событиях безопасности
- отсутствие возможности выбора механизмов шифрования
- наличие «слабых» паролей

### Незащищенное программное или микропрограммное обеспечение

- отсутствие механизмов защиты обновлений
- незащищенный сервер обновлений

### Недостаточная физическая защищенность

- наличие доступа к ПО через порты USB
- наличие съемных носителей информации

# Правовое регулирование Интернета вещей

- Дорожная карта развития высокотехнологичной области «Интернет вещей» утверждена протоколом заседания президиума Правительственной комиссии по цифровому развитию, использования информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности от 8 декабря 2020 г. № 31
- В 2019-2020 годах приняты два стандарта промышленного интернета вещей
  - ГОСТ Р ИСО/МЭК 29161—2019 «Информационные технологии (ИТ). Структура данных. Уникальная идентификация для интернета вещей» (введен 01.03.2020)
  - ГОСТ Р 58603—2019 «Информационные технологии (ИТ). Интернет вещей. Протокол организации очередей доставки телеметрических сообщений MQTT. Версия 3.1.1» ( введен 01.01.2021).
- Утверждены предварительные национальные стандарты (ПНСТ), раскрывающие такие IoT-протоколы, как NB-Fi и LoRaWAN RU