



ВНИИМС

# Цифровая трансформация системы единиц СИ – будущее международной метрологии

Ф.В. Булыгин

# Russia at Expo 2020 Dubai

our theme

**Creative Mind:  
Driving the Future**



EXPO  
2020  
DUBAI  
UAE



RUSSIA  
EXPO 2020  
DUBAI



HOUSTANDARY

THE INTERNATIONAL  
METROLOGIC CONFERENCE  
WITHIN THE FRAMEWORK  
OF WORLD "EXPO-2020"

8 February 2022. Dubai



# Что такое - цифровая экономика (ЦЭ)

**Цифровая экономика** - это хозяйственная деятельность, в которой ключевым фактором производства являются данные в цифровом виде, обработка больших объемов и использование результатов анализа которых по сравнению с традиционными формами хозяйствования позволяют существенно повысить эффективность различных видов производства, технологий, оборудования, хранения, продажи, доставки товаров и услуг.

Из Указа Президента Российской Федерации  
от 09.05.2017 № 203 «О Стратегии развития информационного  
общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы»

# Нормативные правовые акты ЦЭ

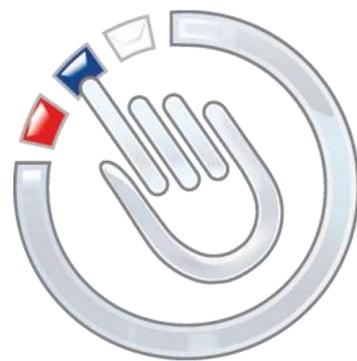
**Указ Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 г. № 203**  
«О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы»

**Распоряжение Правительства Российской Федерации**  
**от 28 июля 2017 г. № 1632-р**  
об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации»

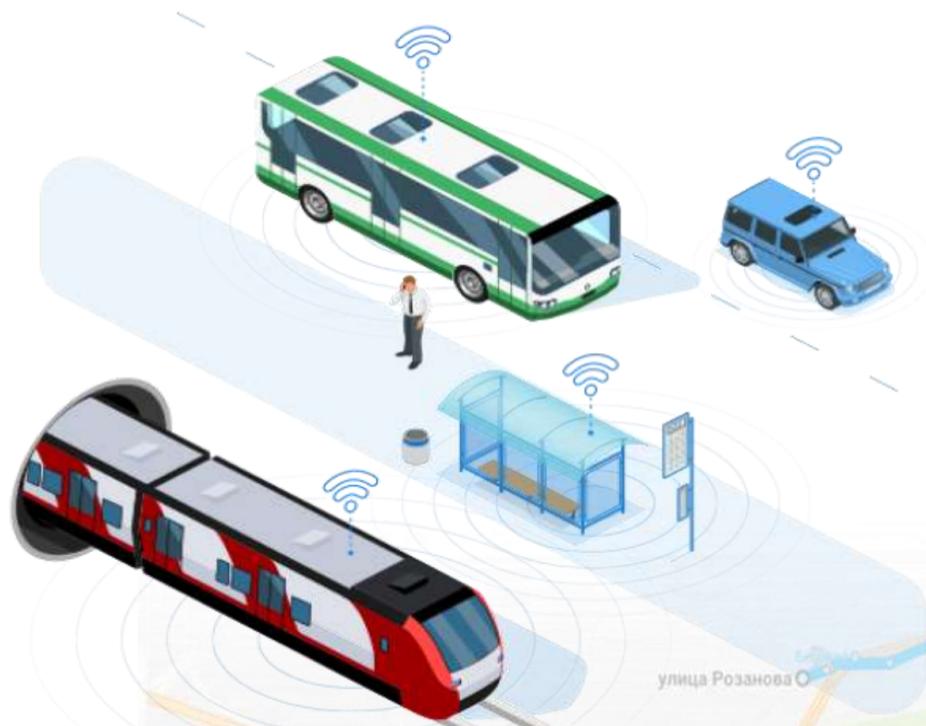
**Решение Высшего Евразийского экономического совета**  
**от 11 октября 2017 г. № 12**  
«Об Основных направлениях реализации цифровой повестки Евразийского экономического союза до 2025 года»

**Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204**  
«О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года»

# Цифровая трансформация отраслей экономики идет полным ходом



**ЭЛЕКТРОННОЕ  
ПРАВИТЕЛЬСТВО  
ГОСУСЛУГИ**



**Яндекс  
UBER**

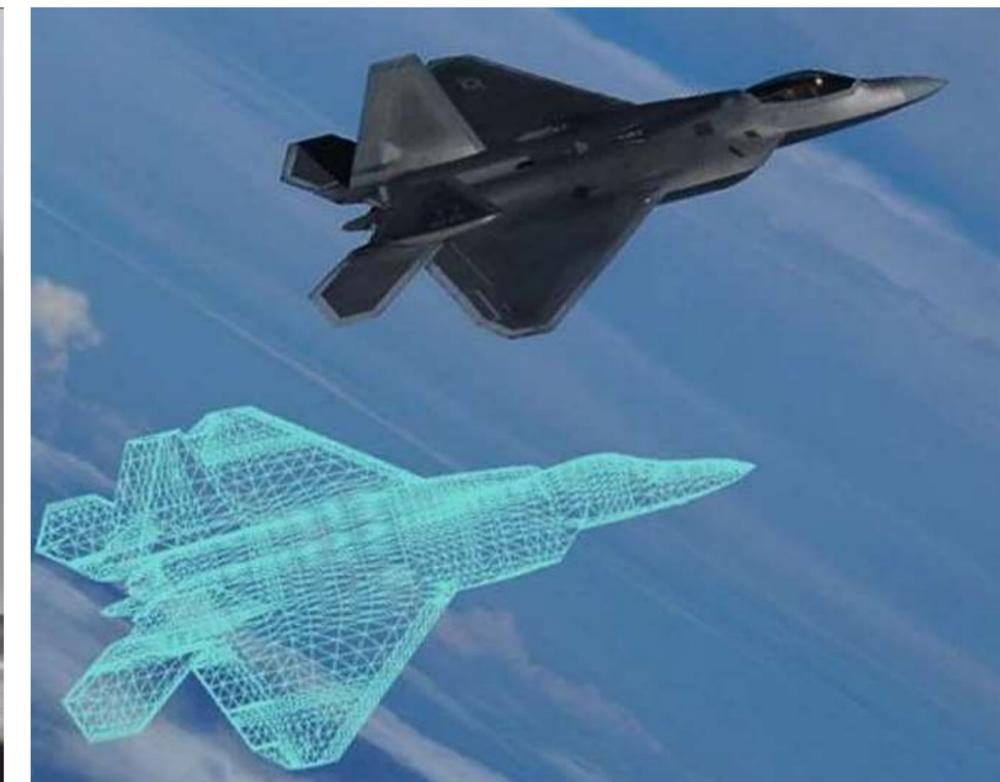
# Направления цифровой трансформации в промышленности

Промышленный интернет  
вещей



Сквозные технологии

Виртуальное моделирование и  
испытания



Автоматическое производство  
Фабрики будущего

# Вызовы, которые цифровая трансформация экономики ставит перед метрологией

**Необходимость метрологически обеспечивать многократно возросший парк СИ и датчиков, применяемых в ЦЭ**



**Необходимость метрологически обеспечивать СИ для ЦЭ, имеющие более высокую точность и метрологическую надежность**



**Необходимость создания и развития системы обмена метрологическими данными по направлениям человек - машина и машина - машина**



# Система ОЕИ в состоянии равновесия



# Риски, вызванные ростом числа СИ



# Ответ на вызов



# ЦИФРОВЫЕ ВЫЗОВЫ ДЛЯ МЕТРОЛОГИИ

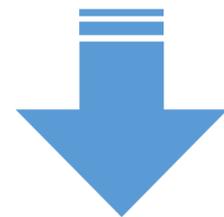
Разработка и внедрение новых типов СИ, обладающих высокой точностью и метрологической надежностью, требует обновления метрологического обеспечения, создания парка эталонов нового поколения, разработки высокоэффективных методов калибровки и поверки

Своевременное устранение метрологических барьеров на пути цифровой трансформации отраслей экономики требует опережающего развития метрологического обеспечения.

Это возможно только на основе **прогнозирования** измерительных потребностей ЦЭ

# ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПОТРЕБНОСТЕЙ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ BIG DATA

Мониторинг состояния  
парка СИ



Формирование массивов  
Big data



Прогнозирование  
измерительных потребностей



# В части создания систем обмена метрологическими данными сделан важный шаг



Принят Федеральный закон от 27.12.2019 № 496 ФЗ «О внесении изменений в федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» (цифровые поправки)

Утверждение типа стандартных образцов (СО) или типа средств измерений (СИ) подтверждается включением сведений об утвержденных типах в ФИФ ОЕИ

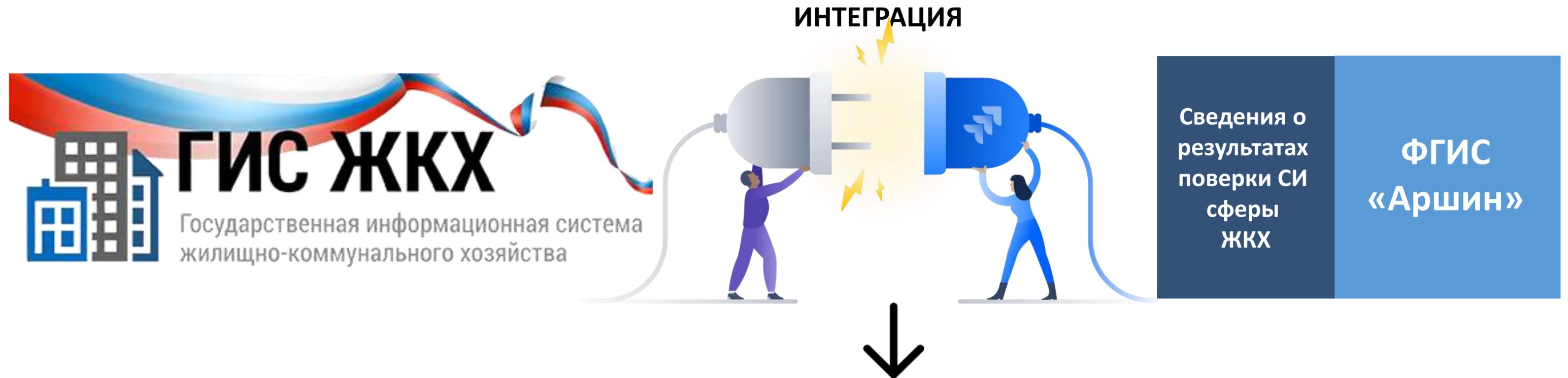
Результаты поверки СИ подтверждаются внесением сведений о результатах поверки в ФИФ ОЕИ

Сведения о результатах поверки СИ передаются в ФИФ ОЕИ проводящими поверку СИ юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями

# РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ОБМЕНА МЕТРОЛОГИЧЕСКИМИ ДАННЫМИ НА ПРИМЕРЕ ДОБАВЛЕНИЯ В «ОНЛАЙН КАССЫ» ИНФОРМАЦИИ О ПОВЕРКЕ ВЕСОВЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ



# ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОЗДАНИЮ ЦИФРОВОГО СЕРВИСА ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О ПОВЕРКАХ В СФЕРЕ ЖКХ



- Автоматическая передача данных о текущем сроке действия поверки СИ
- Исключение ошибок ручного ввода данных
- Прогнозирование потребности населения в метрологических услугах в сфере ЖКХ с привязкой к регионам (на основе сведений о локациях приборов учета)

# Техническая составляющая



# При переходе к ЦЭ ожидается возрастание значимости калибровки

## ПОДТВЕРЖДЕНИЕ КОМПЕТЕНТНОСТИ КАЛИБРОЧНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Аккредитовано 623 лаборатории

Предварительная оценка соответствия под руководством экспертов РСК

Методическая поддержка на протяжении всего срока действия Свидетельства РСК

Информация о зарегистрированных лицах вносится в ФИФ ОЕИ



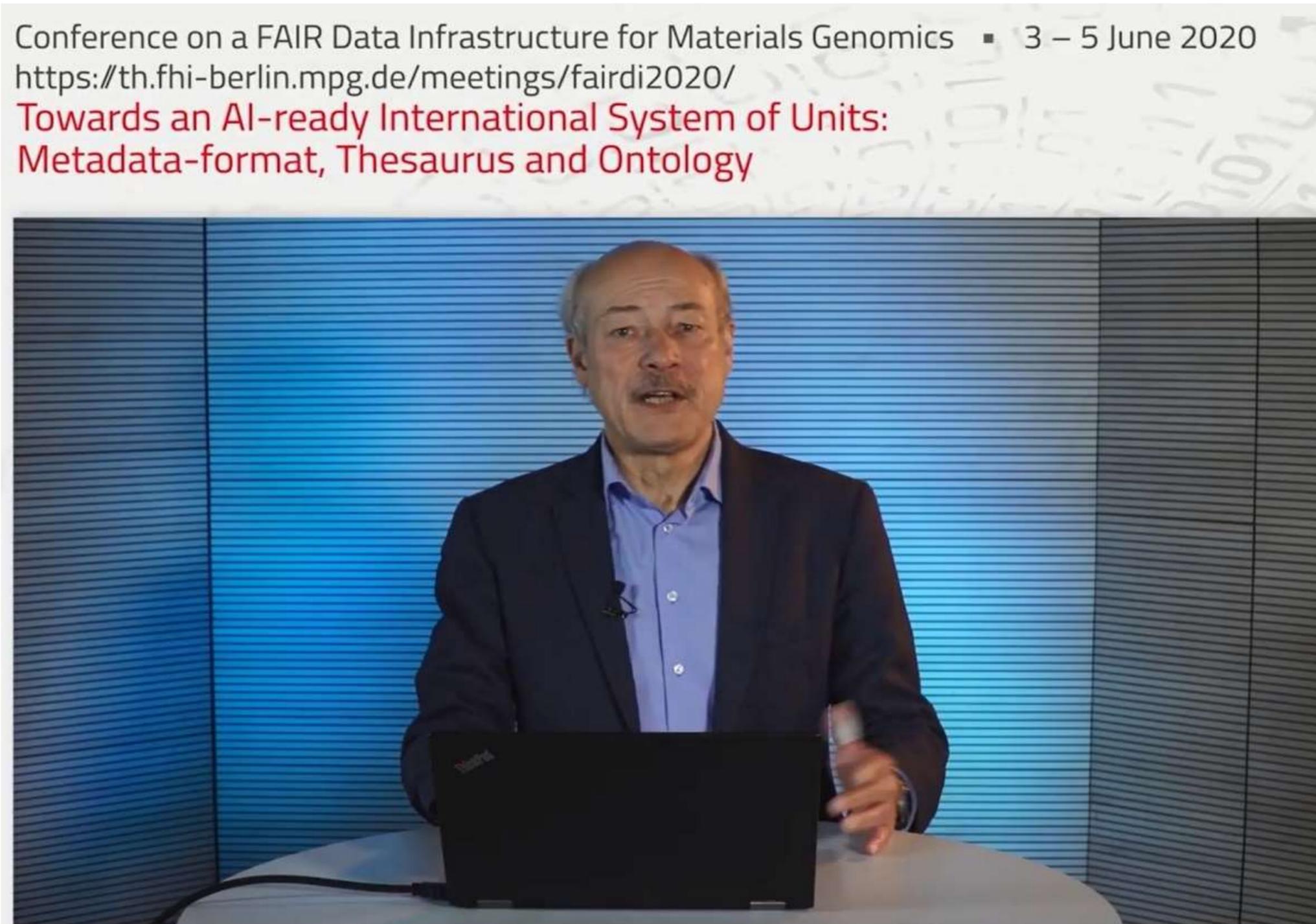
**Что в это время делают наши  
коллеги за рубежом?**

**ПТБ стремится стать лидером в  
области цифровой трансформации  
метрологии**



# Президент ПТБ Иоахим Ульрих

На пути к готовой к искусственному интеллекту международной системе единиц: формат метаданных, тезаурус и онтология

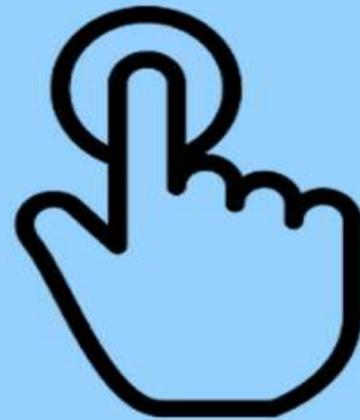


# Что такое – FAIR Data?

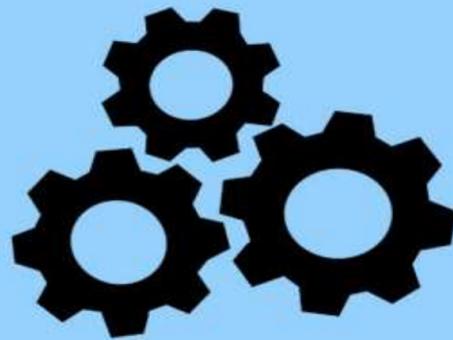
**F**  
Findable



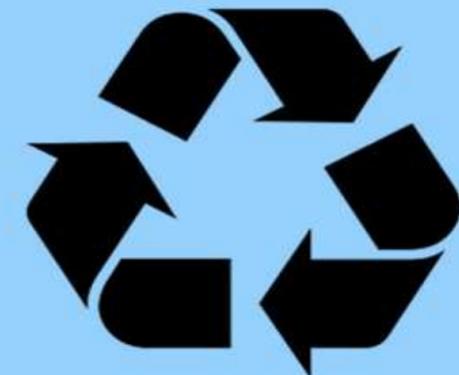
**A**  
Accessible



**I**  
Interoperable



**R**  
Reusable



# Система СИ берет свое начало от Метрической Конвенции и является основой глобальной метрологии



102 полных и ассоциированных члена (государств)

Основа глобальной торговли и науки

97,6 % мирового ВВП

# Обновленная СИ определяет размеры единиц на основе фиксированных значений ФФК



$$1 \text{ s} = \frac{9\,192\,631\,770}{\Delta\nu(^{133}\text{Cs})_{\text{hfs}}}$$

Введена 20 мая 2019 года

Зафиксированы точные значения констант. Единицы определяются из констант.

Част. сверхтонкого перехода Cs 133

$\Delta\nu$

Скорость света

$c$

Постоянная Планка

$h$

Элементарный заряд

$e$

Постоянная Больцмана

$k$

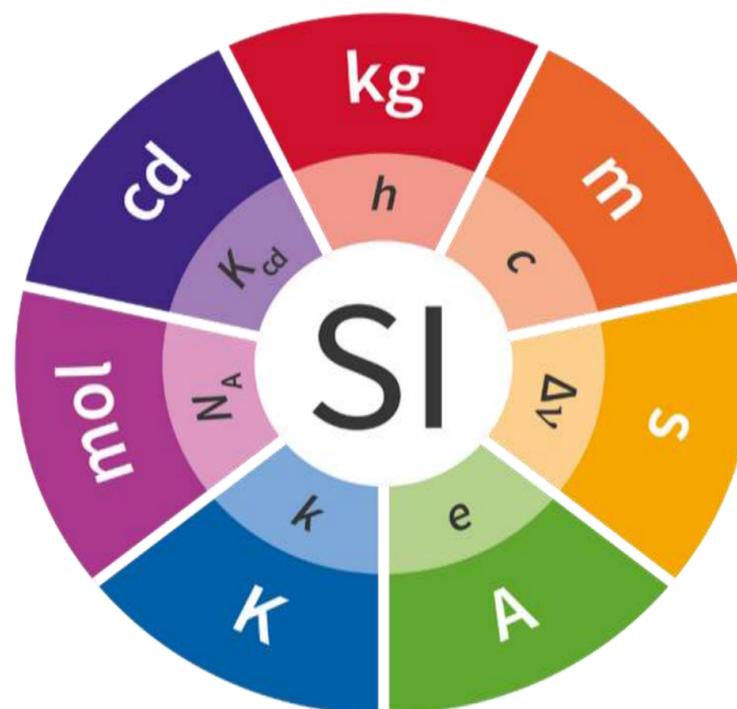
Постоянная Авогадро

$N_A$

Световая отдача

$K_{\text{cd}}$

**16 ноября 2018 года новая СИ была принята на 26-ой ГКМВ и 20 мая 2019 года введена в действие**



**Каким должен стать следующий шаг?**

**Мы должны сделать новую СИ готовой для применения в цифровой индустрии (индустрии 4.0)**

# Ключевая цель - обеспечение единства измерений в Индустрии 4.0

Решение:

Получение и применение стандартизированной, машинно-интерпретируемой измерительной информации на протяжении всего жизненного цикла данных



Цифровая система СИ



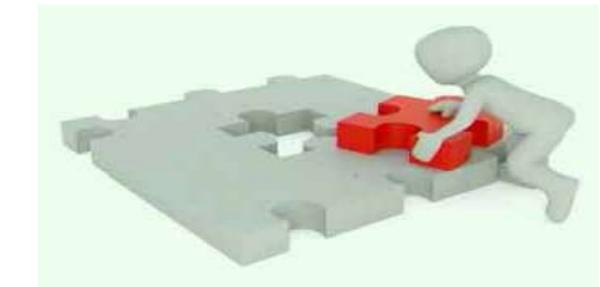
# Преимущества

**Обмен цифровыми данными является надежным «по природе» и конфиденциальным «по природе»**

Цифровые интерфейсы и совместимость данных дают возможность создавать сквозные цифровые процессы

**Обеспечивается устойчивость и целостность при использовании измерительных данных**

Основанное на надежных данных исследования, разработки и производство гарантируют качество и воспроизводимость



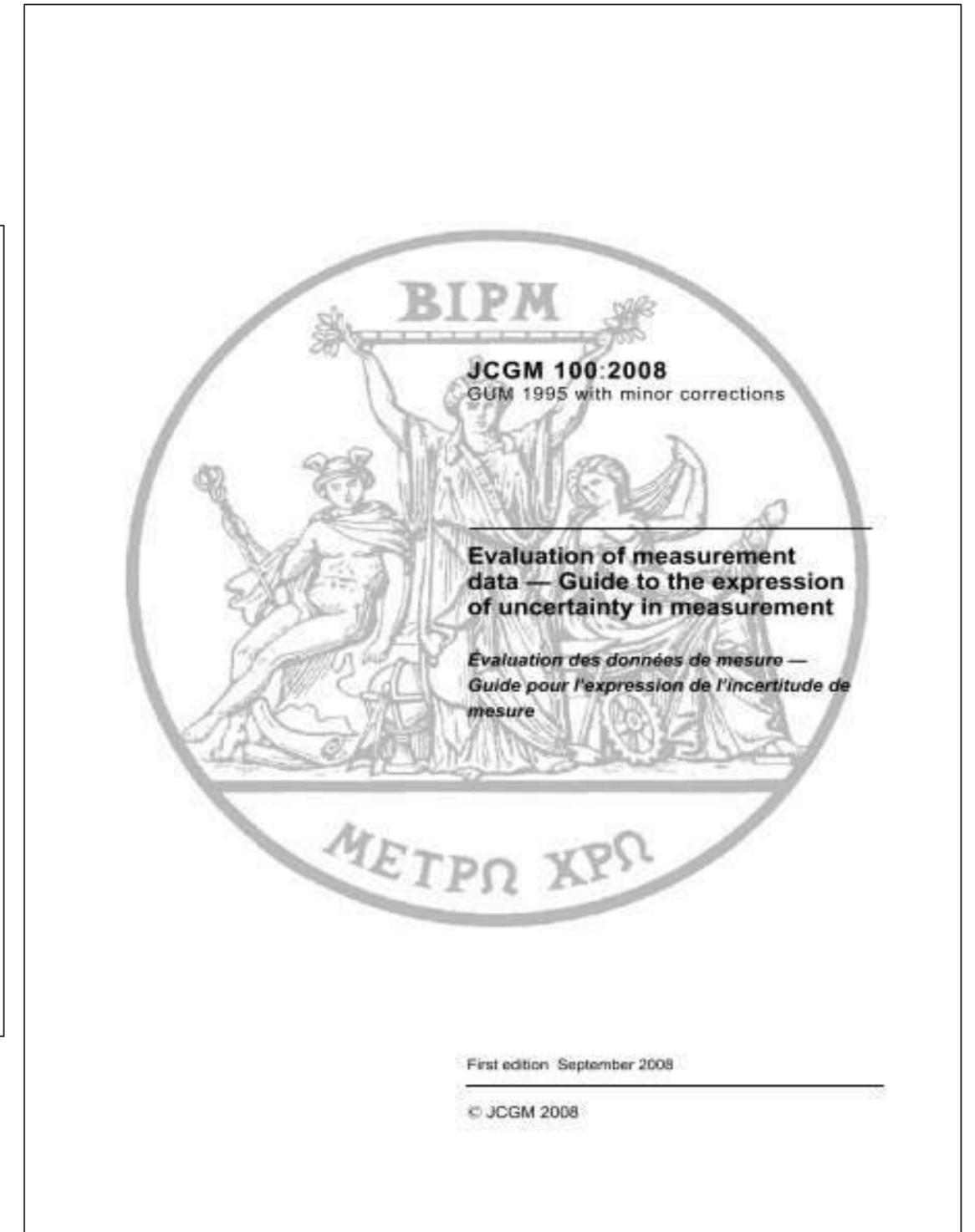
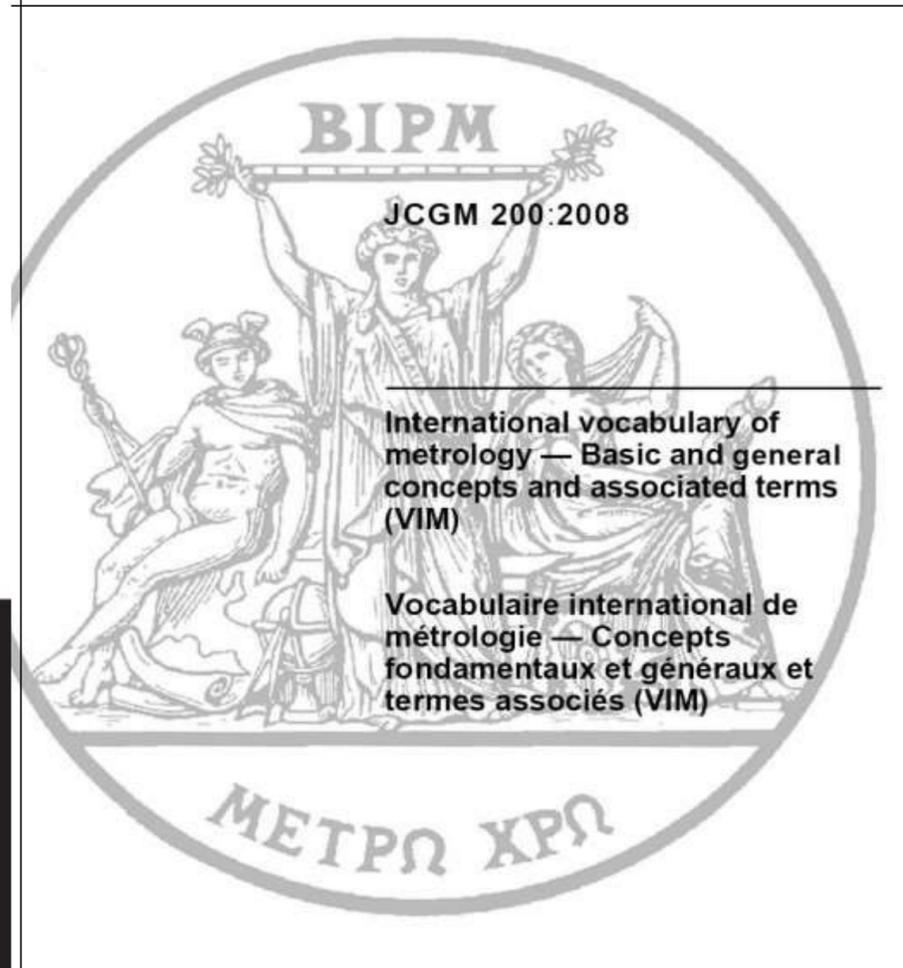
# Перевод брошюры СИ и других документов в машиночитаемый формат

Bureau  
International des  
Poids et  
Mesures



РОССТАНДАРТ

Федеральное агентство  
по техническому регулированию  
и метрологии



МЕЖДУНАРОДНАЯ СИСТЕМА ЕДИНИЦ (СИ)

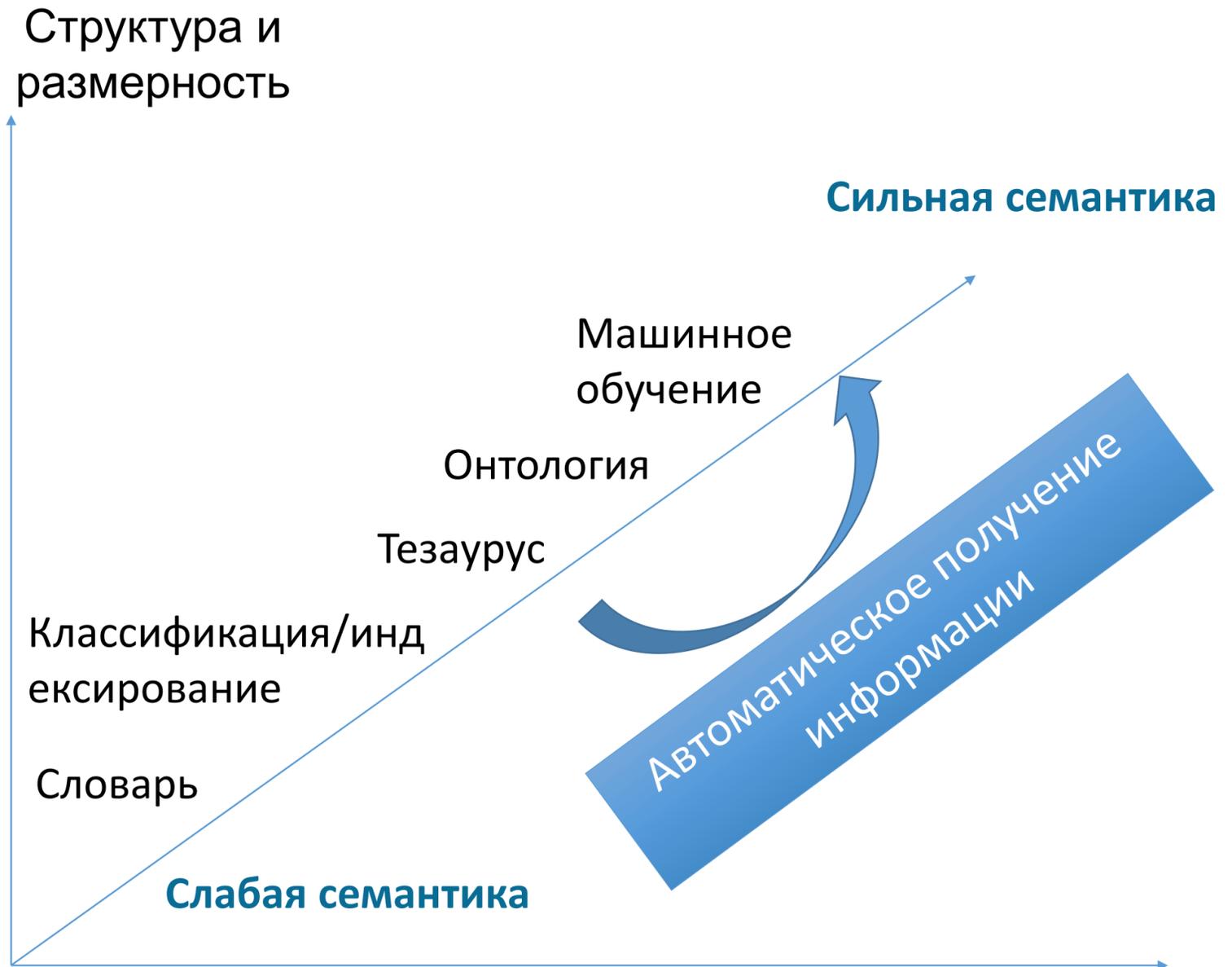
ИЗДАНИЕ 9-е | 2019 г.

First edition September 2008

© JCGM 2008

# Для обеспечения машиночитаемости необходимо описание контекста

## Тезаурус, словарь и онтологии



**Контролируемый словарь, тезаурус и онтология** обеспечивают надежную обработку информации и возможности извлечения информации для:

- ❑ Общение человека с человеком (например, словари, глоссарии)
- ❑ Человеко-машинная коммуникация (например, поиск информации для электронного администрирования)
- ❑ Связь машина-машина-человек (например, расширенные возможности анализа процессов измерения с помощью расширенных семантических ссылок)

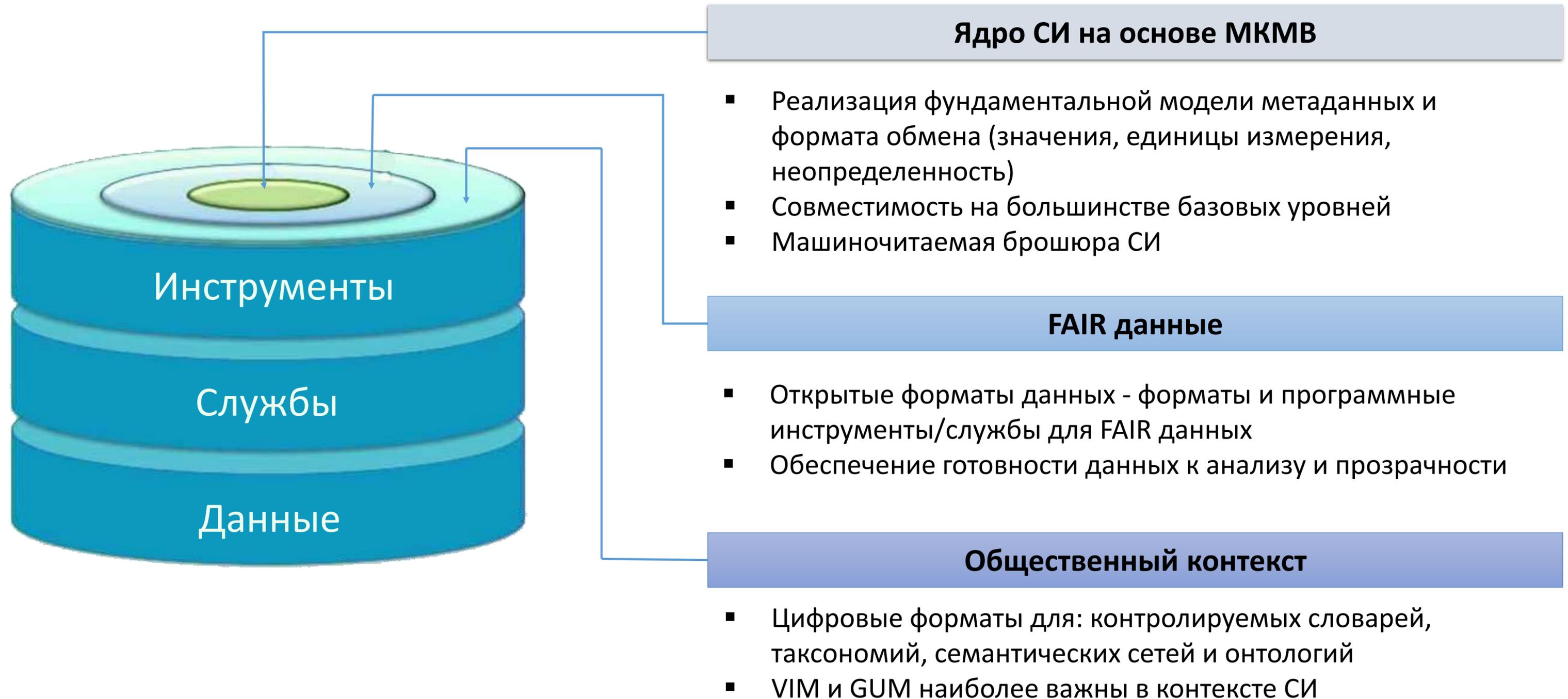
семантика – смысловое значение единиц языка

Сила семантического выражения

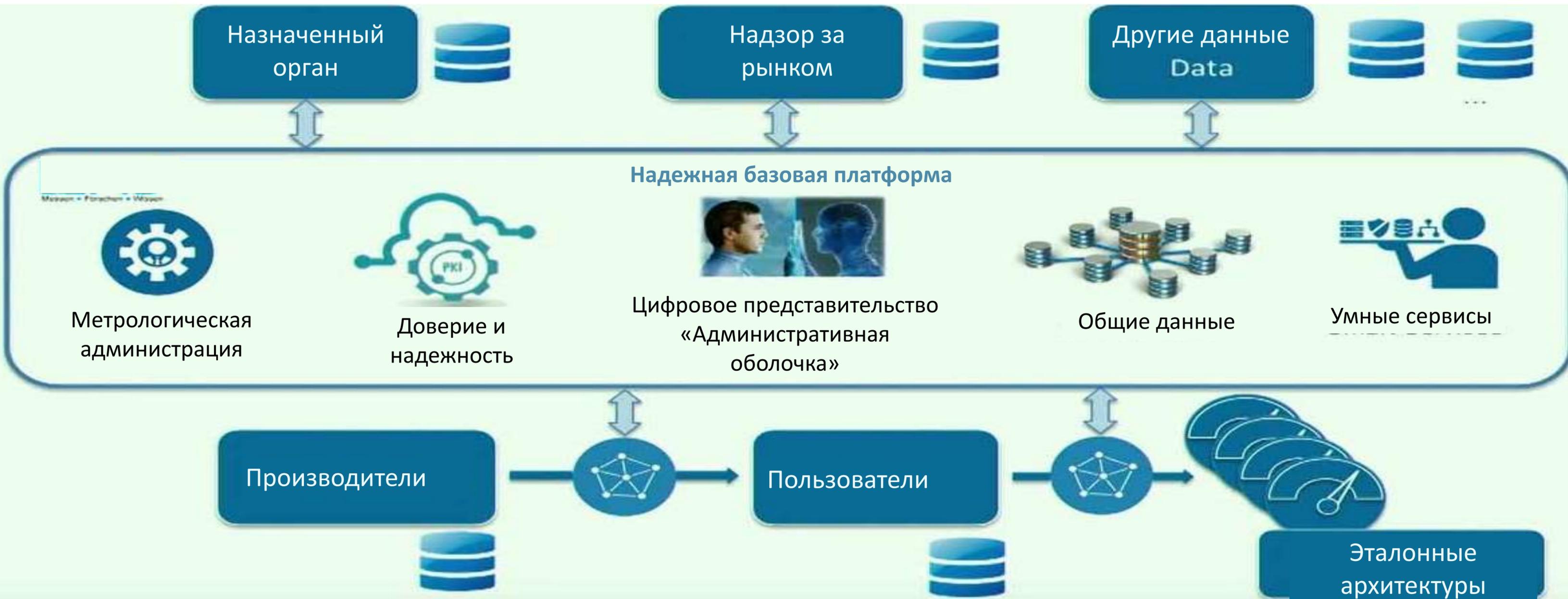


Разработка тезауруса в области метрологии

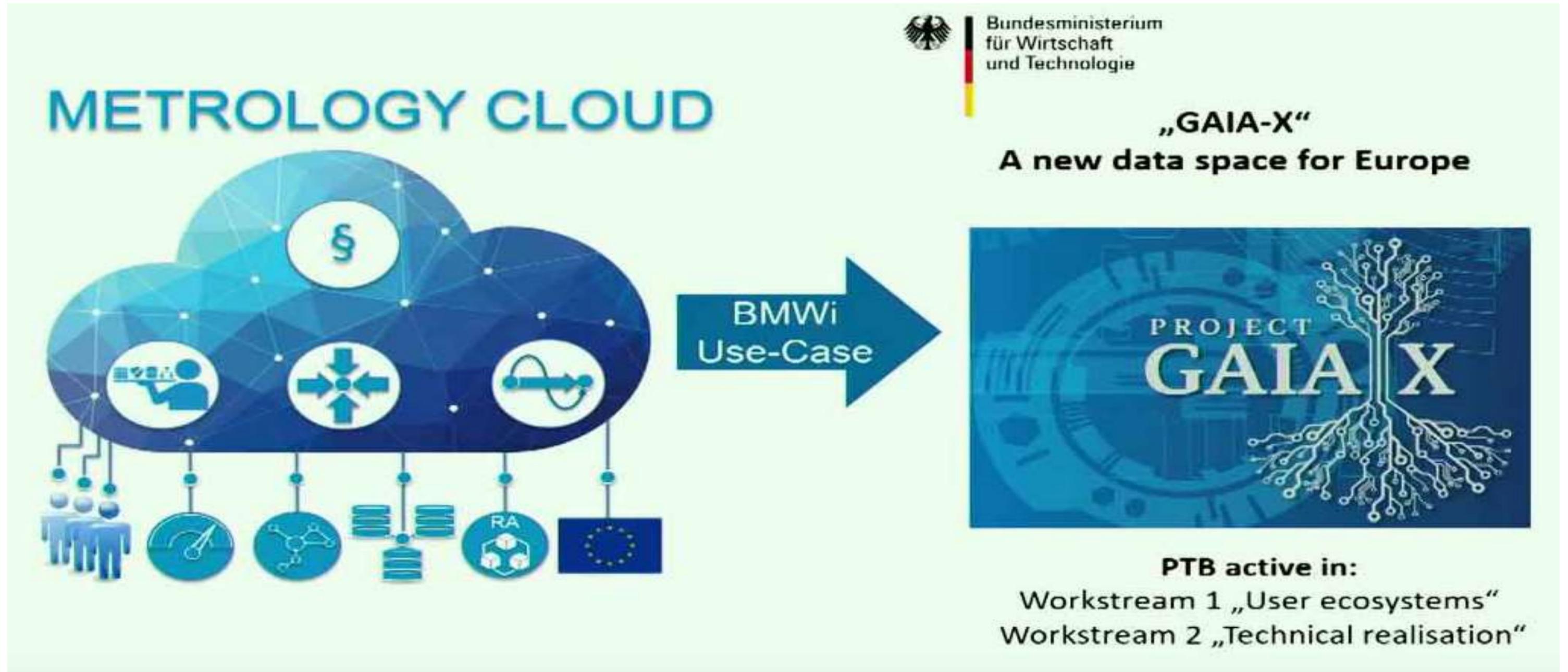
# Структура машинно-оперируемой цифровой СИ



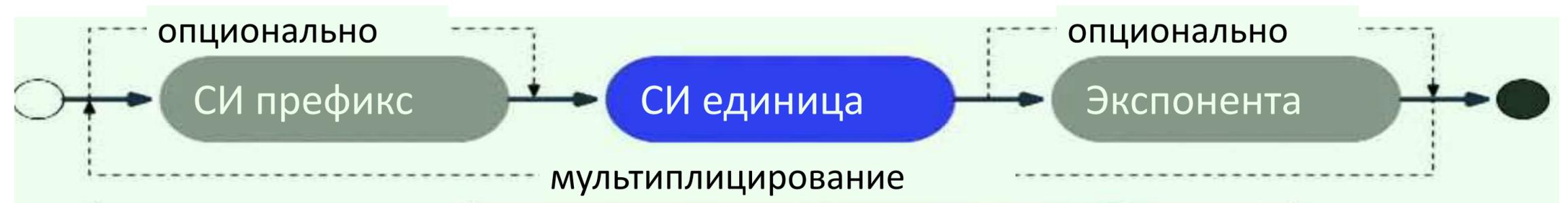
# Национальное метрологическое облако



# Европейское метрологическое облако



# Цифровой формат метаданных СИ (сертификат калибровки)



| Реальный количеств. тип расширенный                                    | Компоненты (реального количественного типа) |          |         |              |                         |                 |
|--|---|----------|---------|--------------|-------------------------|-----------------|
|  | Метка                                       | Значение | Единица | Дата и время | Расширенная неопределн. | Интервал охвата |
| Базовый реальный тип с расширенной неопределенностью измерений         |   |          |         |              |                         |                 |
| Базовый реальный тип с интервалом покрытия (вероятностно-симметричный) |   |          |         |              |                         |                 |

Обязательно

Опционально

# Долговременная цель

Создание машинно-выполняемого цифрового формата базиса системы СИ, который:

- Является международно признанным, надежным, стандартизированным, авторитетным и недвусмысленным
- Основан на Международной системе единиц, представленной в 9-й редакции брошюры МБМВ
- Позволяет данным из различных источников быть:
  - ✓ надежными
  - ✓ готовыми к анализу
  - ✓ находимыми, доступными, совместимыми, повторно используемыми (принципы FAIR)
  - ✓ понимаемым для пользователей и машин

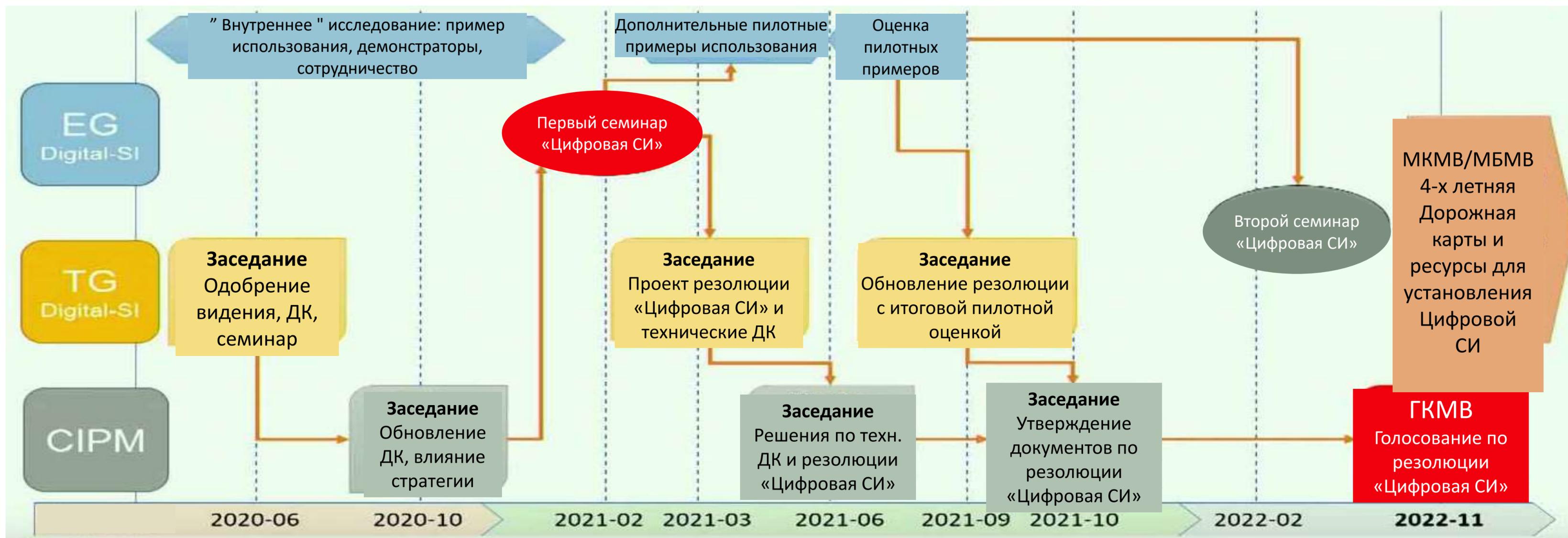
# Первые шаги по созданию цифровой СИ

- В рамках МКМВ и ККЕ создана рабочая группа «Цифровая СИ»
- Создана экспертная группа по единообразному обмену цифровыми данными (координируется РТВ, с ноября 2019 года)
- Задачи рабочей группы:
  - ✓ обеспечить основанную на СИ цифровую связь с промышленностью;
  - ✓ установить, что готово для цифровой науки и ИИ;
  - ✓ координация со всеми заинтересованными сторонами (семинар в феврале 2021 года);
  - ✓ предоставить машиночитаемую брошюру СИ



# От резолюции 26-ой ГКМВ о новой СИ к резолюции 27-ой ГКМВ «О цифровой СИ»

## Дорожная карта по внедрению идеи в сознание международных организаций



# Глобальный международный симпозиум: Международная система СИ в цифровом формате

## Цели и задачи

- ❑ Обеспечение обмена и совместимости данных в глобальной инфраструктуре качества
- ❑ Выработка совместных целей сотрудничества
- ❑ Выработка подходов для стандартов метаданных, услуг и инструментов цифровой СИ
- ❑ изучение практики использования для поиска требований и опорных ступеней



# The International System of Units (SI) in **FAIR** digital data.



FINDABLE



ACCESSIBLE



INTEROPERABLE



REUSABLE

## Digital Calibration Certificates

Session 5:00 – 6:40 am UTC

Session 1:00 – 2:40 pm UTC



# 18-20 октября 2021 г. прошла 110 сессия Международного комитета по мерам и весам



R. Sitton (BIPM)

Céline Fellag Ari...

Andy Henson (BI...

Celine Planche

# **Проект резолюции В**

## **О глобальной цифровой трансформации и Международной системе единиц измерений**

**Генеральная конференция по мерам и весам на своем 27-м заседании,**

**принимая во внимание:**

- что правительства, промышленность, научные круги и гражданское общество в течение многих лет работают над всеобъемлющей цифровой трансформацией и при этом нарастающими темпами:
  - создают системы для сбора, агрегирования, анализа и интерпретации цифровых данных;
  - внедряют сетевые сенсорные системы для различных научных и промышленных применений;
  - обмениваются данными на местном, национальном, региональном и международном уровнях;
- важнейшую роль Международной системы единиц (СИ) в обеспечении точности и глобальной сопоставимости измерений, необходимых для международной торговли, производства, здоровья и безопасности человека, защиты окружающей среды, научных исследований;

## Ожидая,

- что поддержание и укрепление уверенности в точности и глобальной сопоставимости измерений потребует создания полного цифрового представления системы СИ, включая надежные, однозначные и поддающиеся машинному оперированию цифровые представления единиц величин, результатов измерений и их неопределенностей;
- что для успешного осуществления такой всеобъемлющей цифровой трансформации потребуются взаимодействие с широким кругом заинтересованных сторон, включая ИСО, МЭК, МОЗМ, ИЛАК, КОДАТА и другие научные, регуляторные и инфраструктурные сообщества;

## Приветствует

- недавние усилия по формулированию руководящих принципов цифровой трансформации в метрологии наряду с гибкой и инклюзивной структурой управления для ее разработки и внедрения;

## Призывает

- СИРМ продолжить свою деятельность по укреплению роли Метрической Конвенции как признанного во всем мире якоря доверия к метрологии в цифровую эпоху;
- СИРМ **предпринять в приоритетном порядке**, разработку и продвижение цифровой основы системы СИ, которая включает:
  - цифровое представление системы СИ, совместимое со стандартами и протоколами обмена цифровыми данными, пригодное для использования в дополнение к существующим нецифровым решениям;
  - содействие использованию **цифровых сертификатов калибровки** в существующей метрологической инфраструктуре;
  - внедрение FAIR принципов для цифровых метрологических данных и метаданных, заботясь о том, чтобы другие сообщества признали критическую важность метрологической прослеживаемости;

# Приглашает

- Национальные метрологические институты и Региональные метрологические организации укреплять уровень приверженности и сотрудничества с СИРМ для разработки, продвижения и внедрения цифровой основы системы СИ;
- все организации, заинтересованные или осуществляющие деятельность, связанную с поддержкой инфраструктуры качества, присоединиться к совместной деятельности по развитию цифровой основы СИ на благо всеобщего процветания.

**Доклад закончен**